



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ZUZUBAK BİTKİSİNİN (*ALLIUM TURCICUM*) GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL
SENTEZİ VE ANTİMİKROBİYAL UYGULAMALARI**

Şahabettin YAVUZ

Danışman
Doç. Dr. Beşir DAĞ

Mayıs-2024
BATMAN

T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZUZUBAK BİTKİSİNİN (ALLIUM TURCICUM) GÜMÜŞ
NANOPARTİKÜL SENTEZİ VE ANTİMİKROBİYAL
UYGULAMALARI

Şahabettin YAVUZ

Danışman
Doç. Dr. Beşir DAĞ

Mayıs-2024
BATMAN

TEZ KABUL VE ONAYI

Şahabettin YAVUZ tarafından hazırlanan “Zuzubak Bitkisin (Allium Turcicum) Gümüş Nanopartikül Sentezi ve Antimikrobiyal Uygulamaları” adlı tez çalışması 17/05/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

.....

Danışman

Doç. Dr. Beşir DAĞ

.....

Üye

Doç. Dr. Mehmet Nuri ATALAR

.....

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Murat ÖTER
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdür V.

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

İmza

Şahabettin YAVUZ

04.05.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS/ TEZİ

Zuzubak Bitkisinin (*Allium Turcicum*) Gümüş Nanopartikül Sentezi Ve Antimikrobiyal Uygulamaları

Şahabettin YAVUZ

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Beşir DAĞ

2024, 61 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

Doç. Dr. Beşir DAĞ

Doç. Dr. Mehmet Nuri ATALAR

Bu çalışmada, Zuzubak Bitkisinin (*Allium Turcicum*) kullanılarak gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) kolay, düşük maliyetli ve çevre dostu bir yöntemle sentezlendi. Ultraviyole (UV)-görünür Spektrofotometre analizi sonuçlarına göre, nanokristallerin karakteristik bir tepe noktası 438.3 nm'de belirlendi. Alan Emisyon Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM), Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) ve Atomik Güç Mikroskopisi (AFM) analizleri, biyosentezlenen AgNP'lerin morfolojik yapılarının küresel olduğunu gösterdi. XRD analizi sonuçlarına göre, AgNP'lerin kristal yapılarının kübik olduğu tespit edildi. Nanopartiküllerin boyutu, Debye-Scherrer denklemi kullanılarak 29.34 nm olarak hesaplandı. Sentezlenen nanomalzemenin zeta boyutu 117.4 nm olarak ölçüldü. AgNP'lerin gıda patojenleri olan *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Escherichia coli* ATCC25922 ve *Candida albicans* üzerindeki inhibisyon etkileri Minimum İnhibitör Konsantrasyon (MİK) yöntemiyle belirlendi.

Anahtar Kelimeler: AgNP'ler, nanopartiküller, Zuzubak bitkisi

ABSTRACT

MS THESIS

Silver Nanoparticle Synthesis and Antimicrobial Applications of Zuzubak Plant (Allium Turcicum)

Şahabettin YAVUZ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY**

Advisor: Assoc. Prof. Beşir DAĞ

2024, 61 Pages

Jury

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

Doç. Dr. Beşir DAĞ

Doç. Dr. Mehmet Nuri ATALAR

In this study, silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized using the Zuzubak Plant (*Allium Turcicum*) via an easy, low-cost, and eco-friendly method. According to the analysis results of Ultraviolet (UV)-visible Spectrophotometry, the nanocrystals exhibited a characteristic peak at 438.3 nm. Analyses by Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM), Transmission Electron Microscopy (TEM), and Atomic Force Microscopy (AFM) revealed that the biosynthesized AgNPs possessed spherical morphologies. XRD analysis indicated that the crystal structures of AgNPs were cubic. The size of the nanoparticles was calculated to be 29.34 nm using the Debye-Scherrer equation. The zeta size of the synthesized nanomaterial was measured to be 117.4 nm. The inhibitory effects of AgNPs on food pathogens including *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Escherichia coli* ATCC25922, and *Candida albicans* were determined using the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) method.

Keywords: AgNP's, , nanoparticles, Zuzubak plant

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması sürecinde, çalışmanın bu noktaya gelmesine katkıda bulunan tez danışmanım Doç. Dr. Beşir DAĞ'a, akademik bilgilerinden yararlandığım Doç.Dr. Mehmet Fırat BARAN'a, Dr. Ayşe BARAN'a içten teşekkürlerimi sunarım. Bilgi, deneyim ve zamanlarını bu çalışmaya ayırdıkları için minnettarım. Kendilerine ömür boyu mutluluk ve başarılar dilerim.

Bu süreçte desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli aileme de en derin şükranlarımı sunarım.

Şahabettin YAVUZ
BATMAN-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
KISALTMALAR	v
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Nanoteknoloji	3
2.2. Nanopartiküler Nedir?	4
2.2.1. Nanopartiküler sınıfları	4
2.2.2. Nanopartiküllerin özellikleri	6
2.2.3. Nanopartiküllerin uygulama alanları	7
2.3. Nanopartiküler Sentez ve Yöntemleri	7
2.4. Yeşil Sentez (Green Sythesis)	9
2.4.1. Yeşil Sentez karakterizasyonu	10
2.5. Gümüş ve Gümüş Nanopartiküller	12
2.5.1. Gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal etkileri	13
2.5.2. Gümüş partiküllerin kullanım alanları	14
2.5.3. Gümüş partiküllerin biyosentezi ve kararlılığı	15
2.6. Allium Turcicum	16
2.7. Nanopartiküller Alanında Yapılan Çalışmalar	18
3. MATERYAL ve METOT	25
3.1. AT Bitkinin Toplanması	25
3.2. Çalışmada Kullanılan kimyasallar ve Mikrobiyolojik materyaller	25
3.3. Zuzubak (<i>Allium Turcicum</i>) Özütünün Elde Edilmesi	25
3.4. Gümüş Metal çözeltisinin hazırlanması	25
3.5. Kullanılan Materyaller	25
3.6. AT-AgNp'ler Yapısı ve Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Kullanılan Spektroskopik Cihazlar	26
3.7. Antimikrobiyal Etki Çalışmaları	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	28
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
KAYNAKLAR	37

EKLER	42
ÖZGEÇMİŞ	50



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Nanoteknoloji görseli	3
Şekil 2. 2. Nanopartikül sentezindeki yaklaşımlara ait örnekler ; a) Aşağıdan yukarıya yaklaşım,	8
Şekil 2. 3. AgNP'lerin uygulama alanları	15
Şekil 2. 4. Allium turcicum	17
Şekil 2. 5. Allium turcicum'un Türkiye'deki yayılışı (Batman)	18
Şekil 2. 6. Allium turcicum'un Türkiye'deki yayılışı (Batman)	18
Şekil 4. 1 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin UV-Vis Analizi	28
Şekil 4. 2 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin SEM Analizi ...	29
Şekil 4. 3 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin EDX Analizi ...	30
Şekil 4. 4 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin TEM Analizi ..	31
Şekil 4. 5 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AT-AgNP'lerin XRD Analizi	32
Şekil 4. 6 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin ZETA Potansiyel Analizi	33
Şekil 4. 7 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin FTIR Analizi ..	34

KISALTMALAR

AFM	:Atomik Güç Mikroskopisi
AgNP'ler	:Gümüş Nanopartiküller
EDAX	:Enerji Dağılımlı X-ışını
FE-SEM	:Alan Emisyon Taramalı Elektron Mikroskobu
FT-IR	:Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi
MİK	:Minimum İnhibitör Konsantrasyon
SEM	:Taramalı Elektron Mikroskobu
TEM	:Transmisyon Elektron Mikroskobu
TG-DTA	:Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analiz
UV	:Ultraviyole
XRD	:X-ışını Kırınımı

1. GİRİŞ

Son yıllarda, nanoteknolojideki gelişmelere paralel olarak metal nanopartiküllere olan ilgi artmıştır (Jamkhande ve ark., 2019; Aktepe ve Baran, 2021a; Saravanan ve ark., 2021). Metal nanopartiküller, gıdalarda antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılmasının yanı sıra, teşhis, biyobelirteç, hücre etiketleme, kanser tedavisi, ilaç dağıtımı ve su arıtma gibi çeşitli uygulamalarda da değerlendirilmektedir (Baran ve ark., 2021; Mousavi ve ark., 2018; Kumari ve ark., 2019; Akintelu ve Folorunso, 2020; Kowsalya ve ark., 2021).

Nanopartiküller, kimyasal indirgeme, elektrokimyasal indirgeme, fizikokimyasal indirgeme, fotokimyasal indirgeme gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemlerle üretilir (Iravani ve ark., 2014; Yadi ve ark., 2018). Ancak, bu yöntemler genellikle toksik kimyasallar veya biyolojik olarak parçalanamayan maddelerin kullanımını gerektirir (Jayaprakash ve ark., 2017; Banderia ve ark., 2020).

Bu nedenle, geleneksel üretim yöntemlerinin getirdiği dezavantajları ortadan kaldırmak için, çevreyi kirletmeyen, hızlı ve düşük maliyetli "yeşil sentez" prosedürleri, nanopartiküllerin üretiminde tercih edilmektedir (Badeggi ve ark., 2020; Bandeira ve ark., 2020). Bu bağlamda, bu tür nanomalzemelerin bakteriler, mantarlar, algler, bitkiler, deniz yosunları ve virüsler gibi doğal kaynaklardan sentezlenmesine yönelik bilimsel çalışmalar artmaktadır.

Nanopartiküllerin biyosentezi sırasında en yaygın kullanılan metaller arasında çinko, altın, gümüş, nikel, demir, platin, selenyum, titanyum ve palladyum bulunmaktadır (Selim ve ark., 2020; Keskin ve ark., 2021; Baran ve ark., 2020; Hatipoğlu, 2021a; Hatipoğlu, 2021b; Atalar ve ark., 2021; Baran, 2019a; Baran, 2019b; Umaz ve ark., 2019; Hatipoğlu, 2021c; Ezhilarasi ve ark., 2020; Katata-Seru ve ark., 2018; Naseer ve ark., 2020; Abu- Elghait ve ark., 2021; Xiong ve ark., 2020).

Özellikle gümüş nanopartiküller (AgNP'ler), küçük boyutları nedeniyle hücre zarı proteinlerine bağlanarak bakteri hücrelerinde reaktif oksijen türlerinin oluşumunu katalize edebilirler. Bu durum, oksidatif stres nedeniyle hücre ölümüne yol açabilir (Hoseinnejad ve ark., 2017; Alkhalaf ve ark., 2020). Diğer yandan, bitki ekstraktlarında

bulunan birçok bileşik (örneğin, polifenoller, askorbik asitler, flavonoidler, terpenoidler ve proteinler), doğal antimikrobiyal özelliklere sahiptir (Garibo ve ark., 2020).

Bu çalışmada, çevre dostu bir sentez yöntemi kullanılarak biyolojik bir kaynaktan (*Allium turcicum* yaprak özütü) faydalanılarak başarılı bir şekilde AgNP'ler sentezlendi. Ultraviyole/görünür ışık absorpsiyon spektrofotometresi (UV-vis), X-ışını kırınımı (XRD), termogravimetrik ve diferansiyel termal analiz (TG-DTA), Fourier transform infrared Spektroskopisi (FT-IR), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji dağılımlı X-ışını (EDAX) analizleri ile partiküller karakterize edildi. Elde edilen bu partiküllerin mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal etkisine bakıldı ve üremeleri üzerinde inhibe edici etki gösterdikleri tespit edildi.

"Zuzubak Bitkisi'nin (*Allium turcicum*) Gümüş Nanopartikül Sentezi ve Antimikrobiyal Uygulamaları" başlıklı bu araştırma, doğal bir kaynaktan gümüş nanopartiküllerin sentezlenmesini ve bu nanopartiküllerin antimikrobiyal özelliklerini incelemeyi amaçlamaktadır. Zuzubak bitkisinin özünden elde edilen gümüş nanopartiküller, çevre dostu bir üretim yöntemi sunarak yeşil nanoteknolojinin potansiyelini gösterebilir. Bu nanopartiküllerin antibakteriyel ve antifungal etkileri, tıbbi, endüstriyel ve çevresel uygulamalarda kullanımlarını teşvik etmektedir. Araştırmanın önemi, bitki kaynaklı materyallerin nanoölçekte sentezlenmesinin, nanoteknoloji ve bitki biyolojisi arasında yeni bir araştırma alanı açması ve gelecekteki biyolojik, tıbbi ve endüstriyel uygulamalara yol açmasıdır. Bu çalışma, doğal kaynaklardan elde edilen nanopartiküllerin biyolojik aktivitelerini anlamak ve potansiyel uygulamalarını keşfetmek için önemli bir adım olarak görülmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Nanoteknoloji

Nano kelimesi, Yunanca "nannos" kelimesinden türemekte olup "küçük yaşlı adam veya cüce" anlamına gelir. Günümüzde nano, teknik bir ölçü birimi olarak kullanılır ve herhangi bir birimin milyarda birini ifade eder, genellikle de metre ile birlikte kullanılır. Nanometre, 1 metrenin milyarda biri ölçüsünde bir uzunluğu temsil eder, bu da yaklaşık olarak ardarda dizilmiş 5 ila 10 atomu içerir. Teknoloji, insanın çevresini değiştirmesinde kullanılan her türlü bilgi birikimi ve bilimsel ilkelerin fiziksel nesnelerin tasarımı ve üretiminde kullanılması olarak tanımlanabilir. Nanoteknoloji ise, en genel anlamıyla, istisnai derecede küçük (yaklaşık atom boyutlarında) yapıların ticari bir amacı hizmet edecek şekilde düzenlenmesidir. Başka bir ifadeyle, maddeler üzerinde 100 nanometre ölçeğinden küçük boyutlarda gerçekleştirilen işleme, ölçüm, modelleme ve düzenleme gibi çalışmalar, nano-teknoloji çalışmaları olarak nitelendirilir (Demirdöven ve Karacar, 2016).



Şekil 2. 1. Nanoteknoloji görseli

21.yüzyılın en önemli teknolojik gelişimi olan nanoteknoloji, geniş bir uygulama yelpazesıyla birçok bilim alanından başlayarak sağlık, mühendislik, gıda ve elektronik gibi pek çok farklı sektörde etkili olmaktadır. Bu gelişen teknoloji, her geçen gün daha da önem kazanmakta ve uygulamaları artmaktadır (Yakar, 2018).

Nanoteknoloji uygulamalarının bir avantajı, nanoölçekteki malzemelerin daha hafif, daha sağlam ve programlanabilir olmasıdır. Bu özellikler, imalatı daha az malzeme kullanımını ve üretim süreçlerinde daha az enerji tüketimini beraberinde getirir. Örneğin, nano ölçekte üretilen elektronik devre elemanları, daha az enerji harcanarak üretilir ve bu sayede bilgisayarlar daha küçük, hızlı ve kapasite bakımından daha büyük olabilir. Nanoteknoloji aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliğe de katkı sağlar. Hidrojen enerjisiyle çalışan araçlar, daha az yakıt tüketimiyle çevreyi daha az kirletecek ve bu, çevre dostu bir yakıt tüketimini teşvik edecektir. Nano filtreler aracılığıyla temiz su elde etmek ve nanoteknolojiyle üretilen ambalajlar sayesinde gıda israfını önlemek de mümkün hale gelir (Yakar, 2018).

Nanoteknolojinin tıp alanındaki uygulamaları da dikkat çekicidir. Nano ölçekli malzemeler ve nano elektronik biyosensörler, hastalıkları teşhis etmek, izlemek, tedavi etmek ve önlemek amacıyla kullanılır. Bu, tıp alanında önemli bir ilerleme sağlar ve hastalıklara daha etkili müdahale imkânı tanır.

Son olarak, nanoteknolojiyle üretilen özel kumaşlar, leke tutmama, buruşmama, sıvı dökülmelere karşı dayanıklılık ve kendi kendini ışıkla temizleme gibi özelliklere sahiptir. Bu tür ürünler, günlük yaşamımızı kolaylaştırır ve daha dayanıklı ürünlerin kullanılmasını sağlar.

2.2. Nanopartiküler Nedir?

Yüz nanometre boyutundaki materyal ve daha küçük toz parçacıkları genellikle nanopartikül olarak adlandırılır. Nanopartiküller, son derece küçük yapıları nedeniyle solunum yoluyla vücuda girdiklerinde, özellikle ciğerlerin en derin noktalarına, alveollere, kadar ilerleyebilirler. Bu nanopartiküller, hücrelere ve dokulara kolayca nüfuz edebilme yeteneğine sahiptir, bu sayede alveollerden kan damarlarına geçerek tüm organizmaya yayılabilirler. Bu süreç sonucunda, hücre hasar görebilir veya hücre içine nüfuz edip genetik materyali etkileyebilir. Ayrıca, kontrolsüz hücre bölünmesine yol açarak potansiyel olarak kanserojen etkiler gösterebilirler. Bu tehlikeler, büyük nanopartiküllerin benzer etkileri gösterememesiyle ayrılır (Zaidova, 2022).

2.2.1. Nanopartiküler sınıfları

Nanopartiküller genellikle üç temel sınıfa ayrılır:

Tek boyutlu nanopartiküller

İki boyutlu nanopartiküller

Üç boyutlu nanopartiküller

Tek boyutlu nanopartiküller, nanometre ölçeğinde bir boyuta sahip olan nanopartiküllerdir. Metal oksit nanofiberleri, metal nanorodlar, karbon nanotüpler ve nanoteller gibi yapılar, tek boyutlu nanopartiküllerin örnekleridir (Zaidova, 2022).

İki boyutlu nanopartiküller ise nanometre ve mikrometre ölçeklerinde boyutlara sahiptir. Bu sınıf, geniş bir uygulama yelpazesine sahip olup, metal karbürler, metal nitrürler, grafen, metal ince filmler ve nanoplatlar gibi örnekleri içerir (Ağaçfıdan ve ark., 2005).

Üç boyutlu nanopartiküller, nanometre ölçeğinde boyutlara sahip olmasa da, iç morfolojileri ve özellikleri nanometre ölçeğindedir. Grafen sünger, grafen köpük, metal köpük ve metal nano çiçekler, üç boyutlu nanopartiküllerin örnekleridir (Panacak ve ark., 2006).

Nanopartiküllerin kökenine ve bileşenine göre de farklı sınıflandırmalar yapılmaktadır. Doğal ve antropojenik kökenlerine göre sınıflandırma yapılabileceği gibi, kimyasal bileşimlerine göre organik ve inorganik olarak da sınıflandırılabilirler (Simone-Finstroen ve ark., 2010).

Bu nanomalzemelerin kullanımına olan talep artmaktadır, özellikle gıda ambalajında gözlemlenen büyük artışlar dikkat çekicidir. Geliştirilmiş ambalajlama, gaz bariyeri özelliklerini artırmak için nanomalzemelerin polimer matrisine karıştırılmasıyla gerçekleşirken, aktif paketleme doğrudan gıda ile etkileşime geçen nanopartiküllerin kullanımını içerir. Metal nanopartiküller, özellikle bakteri, virüs ve mantar gibi patojenik mikroorganizmalara karşı güçlü antimikrobiyal özellikleri nedeniyle aktif paketleme için kullanılır (Gong ve ark., 2007).

Nanopartiküller farklı sentez yöntemleriyle üretilebilir. Kimyasal yöntemlerle üretilen saf ve homojen nanopartiküller, yüksek maliyet, zaman alıcılığı, düşük üretim hızı gibi dezavantajlara sahiptir. Bu nedenle, çevre dostu, hızlı ve düşük maliyetli olan yeşil sentez yöntemleri önerilir. Bitki özleri kullanılarak yapılan bu yeşil sentez yöntemi, toksik kimyasallar içermez ve diğer yöntemlere kıyasla daha kararlıdır (Kayser, ve ark., 1997).

Nanopartiküllerin çeşitli fizikokimyasal, manyetik ve optoelektronik özellikleri, küçük boyutları, geniş yüzey alanı/hacim oranı gibi faktörler nedeniyle katalizörlerden elektronik bileşenlere, tıbbi teşhis görüntüleme sistemlerine kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Metal nanopartiküllerin biyosidal özellikleri, bakteri, virüs ve mantar gibi çeşitli patojenik mikroorganizmalara karşı etkinliğini gösterir. Bu nedenle, özellikle gıda ambalajında kullanılan gümüş nanopartiküllerin kullanımı titiz bir şekilde düzenlenmiş ve sınırlıdır, çünkü maddelerin insan sağlığına zarar verebilme potansiyeli bulunmaktadır (Hussain, ve ark., 2005).

2.2.2. Nanopartiküllerin özellikleri

Nanopartiküller, heterojen bir yapıya sahip olup en az iki ayrı bölüme, yani yüzey ve çekirdek malzemesine sahiptir. Bu özellik, nanoparçacığın kimyasal özelliklerinin yüzey ve çekirdek arasında farklılık gösterdiği anlamına gelir. Özellikle nanoparçacığın dış atom katmanı, hem kendi çekirdeğine hem de genel kompozisyonuna farklı kimyasal özellikler katar. Tasarlanmış nanoparçacıkların yüzeyleri genellikle farklı kimyasal gruplarla fonksiyonlandırılmıştır. (Ateş ve ark., 2013).

Nanoparçacıkların çekirdek malzemesi, genellikle partikülün ana uygulama alanlarını belirleyen önemli bir faktördür. Ancak, nanoparçacıkların yüzey alanı da büyük bir öneme sahiptir çünkü bu, nanoparçacıkların çevresel davranışlarını belirler. Örneğin, bazı fonksiyonel gruplar, hidrofobik partiküllerin çözünürlüğünü artırabilir ve onları bir sulu çözelti içinde stabilize edebilir (Ateş ve ark., 2013).

Bulk halinde aynı malzemelerle karşılaştırıldığında, nanoparçacıkların yoğun ilgi görmesinin temel nedeni, çok yüksek bir yüzey-hacim oranına sahip olmalarıdır. Bu durum, reaktif yüzey alanının büyük partiküllerle karşılaştırıldığında daha yüksek olmasına neden olur. Partikül yüzeyindeki atomların mol fraksiyonu, partikül boyutuyla orantılı olduğu için, partikülün yüzey serbest enerjisi partikül büyüklüğüyle birlikte değişir (Ateş ve ark., 2013).

Nanopartikül ölçeğinde, reaktivlik genellikle boyut azaldıkça artar. Bazı durumlarda, nano-malzeme ile bulk faz arasındaki reaksiyon hızı, alan normalizasyonu yapıldıktan sonra bile yüksek kalır. Nanoparçacıklarda görülen agregasyon, bu malzemelerin reaktif yüzey alanını etkileyebilir. Bu özellikleri nedeniyle nanopartiküller, çeşitli endüstriyel uygulamalarda ve nanoteknolojik araştırmalarda geniş bir ilgi görmektedir (Ateş ve ark., 2013).

2.2.3. Nanopartiküllerin uygulama alanları

Nanomalzemeler, olağanüstü özellikleri sayesinde birçok farklı endüstri ve uygulama alanında kullanılmaktadır. Savunma sanayisinden tekstil sektörüne, otomotiv sanayisinden inşaata, elektronikten tıbbi uygulamalara kadar geniş bir yelpazede kullanım potansiyeline sahiptirler. Bu özel materyallerin çeşitli uygulamaları arasında, spor ekipmanlarının dayanıklılığını artırmak için nanoparçacıkların kullanılması, kumaşlara nane ölçekte katkı maddeleri eklenerek dayanıklılığın artırılması, bilgisayar ve elektronik cihazlarda su geçirmez, yansıtma, çizilmeye karşı dayanıklı özellikler kazandıran nano ince filmlerin kullanımı öne çıkmaktadır (Ramsden, 2011).

Tıp alanında, nanoteknolojinin kullanımı yeni tedavi yöntemlerine olanak sağlamaktadır. Nanoölçekteki aletler, antikorlar ile bağlandıklarında tümör hücrelerini spesifik bir şekilde hedefleyebilirler. Ayrıca, nano materyallerden yapılmış taşıyıcı sistemler, küçük ilaç moleküllerini istenilen yerlere taşıyarak toplam ilaç tüketimini ve yan etkileri azaltabilir. Tıbbi görüntüleme tekniklerinde de nano materyallerin kullanımı önemli bir gelişme sağlamıştır (Jain, 2010).

Çevre biliminde, nanoparçacıkların yer altı sularını kirleten organik çözücülerini tespit ederek arıtma ve temizleme işlemlerinde kullanılması için yöntemler geliştirilmektedir. Ayrıca, nanoteknoloji temiz enerji üretiminde de etkili bir rol oynamaktadır; örneğin, daha verimli güneş pilleri ve çevre dostu pillerin üretiminde kullanılmaktadır (Tian ve ark., 2007).

Ancak, nanomatemeryallerin çevresel etkileri ve insan sağlığına olan olası riskleri konusunda hala birçok soru işareti bulunmaktadır. Bu materyallerin toksik etkileri, direkt zehir etkisi veya tetikledikleri yan etkilerle ortaya çıkabilir. Nanoölçekteki materyallerin özellikleri, büyük parçacıklardan farklılık gösterir ve bu da çeşitli tepkilere neden olabilir. Bu nedenle, nanomatemeryallerin çevresel ve sağlıkla ilgili etkilerini daha iyi anlamak için devam eden araştırmalar önemlidir.

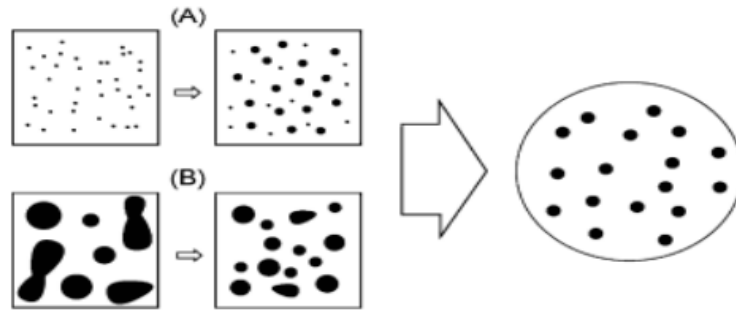
2.3. Nanopartiküler Sentez ve Yöntemleri

Nanoteknoloji, atom ve moleküler seviyede malzemelerin sentezi, karakterizasyonu ve uygulanmasıyla ilgilenen hızla gelişen bir alandır (Eren, 2020). Bu teknoloji, malzemelere nano ölçekte yeni fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kazandırmayı amaçlamaktadır. Nanopartiküller, boyutları 1-100 nanometre arasında

değişen malzemelerdir ve bu küçük boyutları nedeniyle geniş yüzey alanına sahiptirler. 'Nano' kelimesi Yunanca'da cüce anlamına gelir ve bir nanometre, metrenin milyarda birine eşit olan bir uzunluk birimidir.

Nanopartiküllerin küçük boyutu ve geniş yüzey alanı, farklı mekanik, elektriksel, manyetik ve kimyasal özelliklere sahip olmalarına olanak tanır. Bu nedenle nanomalzemeler, boya, gıda, tekstil, elektronik, tarım ve hayvancılık, doku mühendisliği, kanser teşhisi, tıp, ilaç ve genetik gibi birçok uygulama alanında kullanılır (Bayğu, 2020).

Nanomalzemeler doğal ve yapay olarak iki sınıfa ayrılabilir. Doğal nanomalzemeler doğada kendiliğinden oluşurken, yapay nanomalzemeler fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle sentezlenir. Metal ve metal oksit nanopartikülleri, manyetik nanopartiküller, kuantum noktalar, fullerenler, dendrimerler, karbon nanotüpler ve diğer nanomalzemeler, bu sentez yöntemleri kullanılarak elde edilebilir. Nanopartikül sentez yöntemleri genel olarak top-down ve bottom-up yaklaşımları altında incelenir. Top-down yaklaşımında maddeye enerji verilerek, maddenin makro boyuttan nano boyuta küçültülmesi sağlanır. Bottom-up yaklaşımında ise atomik veya moleküler boyuttaki malzemelere kimyasal reaksiyonlar ile enerji verilerek nanopartiküller elde edilir. Bu yaklaşım daha ucuz ve etkili bir yöntemdir, bu nedenle top-down yöntemine göre daha fazla tercih edilmektedir (Ediz, 2018).



Şekil 2. 2. Nanopartikül sentezindeki yaklaşımlara ait örnekler ;
a) Aşağıdan yukarıya yaklaşım,
b)Yukarıdan aşağıya yaklaşım

Fiziksel yöntemlerle nanopartikül sentezi genellikle pahalı ekipmanlar, yüksek sıcaklık ve yüksek basınç gerektirirken, kimyasal yöntemlerde çevreye zararlı olabilen çeşitli toksik kimyasallar kullanılabilir. Bu nedenle, son yıllarda biyolojik sentez veya

yeşil sentez (green synthesis) olarak adlandırılan yöntemler daha fazla ilgi görmektedir. Yeşil sentez, çevre dostu, ekonomik ve biyouyumlu bir alternatif sunar (Devatha ve Thalla, 2018).

Yeşil sentezde, bakteri, fungus, alg, maya ve bitkilerin çeşitli kısımları (kök, gövde, yaprak, çiçek vb.) kullanılarak metal nanopartiküller sentezlenebilir. Bu yöntem, inorganik metal iyonlarının bitkisel ekstraktlardaki biyoaktif bileşenlerle reaksiyona girmesi sonucu metal nanopartiküllerin oluşmasını sağlar. Yeşil sentezin avantajları arasında düşük maliyet, çevre dostu olma, kolay uygulanabilirlik ve biyolojik uyumluluk bulunmaktadır. Özellikle paladyum (Pd), altın (Au) ve gümüş (Ag) gibi metallerin nanopartikülleri, limonotu, pancar, karanfil ve nar gibi bitkilerin ekstraktları kullanılarak başarıyla sentezlenmiştir. Bu nanopartiküllerin sentezlenen şekil, boyut ve yüzey yükü gibi özelliklerinin çeşitli bitki ekstraktlarına bağlı olarak değişebileceği bilinmektedir (Mousavi ve ark., 2018).

Ayrıca, gümüş nanopartiküllerin (AgNP) özellikle anti-oksidan, antibakteriyel, antikanser, antimikrobiyal ve antifungal gibi biyolojik aktivitelere sahip olduğu bilinmektedir. AgNP'lerin yüzeylerinin güçlü oksidatif potansiyele sahip olması ve gümüş iyonlarının çevreye salınmasından kaynaklanan antimikrobiyal özellikleri vardır. Bu nanopartiküllerin antibakteriyel aktivitesi, partikül boyutunun önemli bir faktör olduğu, daha küçük nanopartiküllerin daha geniş bir yüzey alanına sahip olduğu için daha etkili olduğu gözlemlenmiştir (Umaz ve Koç, 2019).

Sonuç olarak, yeşil sentez yaklaşımı çevreye dostu, ekonomik ve biyolojik aktiviteleri açısından zengin nanopartiküllerin sentezinde önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmaların devamı, çeşitli uygulama alanlarında kullanılabilecek daha etkili ve sürdürülebilir nanomateriyallerin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

2.4. Yeşil Sentez (Green Sythesis)

Yeşil sentez, çevresel etkisi düşük, ekonomik ve biyolojik uyumluluğu olan bir nanomateriyal sentez yöntemini ifade eder. Geleneksel sentez yöntemlerinde sıkça kullanılan çözücüler ve kimyasallar yerine genellikle bitki özleri, mikroorganizmalar veya diğer biyolojik kaynaklar kullanılır. Bu yöntem, çevre dostu olmasıyla öne çıkar, çünkü enerji tüketimi ve maliyet açısından verimlidir. Yüksek sıcaklık ve basınç gibi ekstrem koşullara gerek duymaz, bu da enerji tasarrufu sağlar. Ayrıca, yeşil sentezle

Üretilen nanomalzemeler biyolojik sistemlerle uyumlu ve biyouyumlu özelliklere sahiptir, bu da biyomedikal uygulamalarda avantajlıdır. Bitki zleri, mikroorganizmalar, algler ve mantarlar gibi çeşitli biyolojik kaynaklar kullanılabileceğinden, yeşil sentez geniş bir uygulama potansiyeline sahiptir. Bu yöntem, nanoteknolojinin farklı alanlarında kullanılabilecek çeşitli nanomateryallerin sürdürülebilir bir şekilde elde edilmesini sağlar (Algzey, 2021).

2.4.1. Yeşil Sentez karakterizasyonu

Yeşil sentezle elde edilen nanomateryallerin karakterizasyonu, bu materyallerin özelliklerini ve yapısını anlamak, kontrol etmek ve belirli uygulamalara uygunluğunu değerlendirmek için önemlidir. Karakterizasyon, nanomateryallerin boyutu, şekli, kimyasal bileşimi, yüzey özellikleri ve diğer önemli özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli analitik tekniklerin kullanılması içerir. Yeşil sentezle üretilen nanopartiküller genellikle çeşitli biyolojik kaynaklardan türetilmiş olduğu için, özel karakterizasyon yöntemleri ve stratejiler gerekebilir.

Boyut ve kil Analizi: Nanopartiküllerin boyutu ve şekli, genellikle taramalı elektron mikroskobu (SEM) veya transmisyon elektron mikroskobu (TEM) gibi yüksek çözünürlüklü görüntüleme teknikleri kullanılarak belirlenir. Bu analizler, partikül morfolojisini ve uniformitesini değerlendirir.

Kimyasal Analiz: Nanomateryallerin kimyasal bileşimi, genellikle X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS), enerji dağılımı spektroskopisi (EDS), ve nükleer manyetik rezonans (NMR) gibi teknikler kullanılarak belirlenir. Bu analizler, nanopartiküllerin yüzey bileşimini ve kimyasal özelliklerini açığa çıkarır.

Kristal Yapı Analizi: Nanopartiküllerin kristal yapısı, genellikle X-ışını kırınımı (XRD) kullanılarak belirlenir. Bu analiz, kristal fazlarını, kristal boyutunu ve kristalinin yapısını açığa çıkarır.

Yüzey zellikleri: Nanopartiküllerin yüzey özellikleri, genellikle BET (Brunauer-Emmett-Teller) yüzey alanı analizi ve zeta potansiyeli ölçümleri gibi teknikler kullanılarak değerlendirilir. Bu analizler, yüzey reaktivitesi, dispersiyon özellikleri ve stabilite hakkında bilgi sağlar.

Spektroskopik Analizler: Nanopartiküllerin spektroskopik özellikleri, özellikle biyolojik kaynaklardan tremise, Fourier transform infraruj (FT-IR) spektroskopisi veya

Raman spektroskopisi gibi tekniklerle incelenebilir. Bu analizler, materyalin kimyasal bağlarını ve moleküler yapılarını belirlemede yardımcı olur.

Yeşil sentezle elde edilen nanomateriyallerin karakterizasyonu, bu materyallerin özelliklerini anlamak ve uygulamalar için optimize etmek açısından kritik öneme sahiptir. Bu analizler, nanoteknoloji alanında ilerlemelerin ve yeşil sentezle üretilen nanomateriyallerin çeşitli uygulamalarda kullanılmasının temelini oluşturur.



2.5. Gümüş ve Gümüş Nanopartiküller

Gümüş, antik çağlardan bu yana su ve süt içine atılarak gıdaların raf ömrünü uzatmak, gümüş kap ve aletler kullanarak gıda muhafazasında başarı elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Örneğin, suyun ve sütün içine gümüş paralar atılarak oda sıcaklığında bakteriyel büyümenin önüne geçildiği bilinmektedir. Ayrıca, Rus MIR uzay istasyonu ve NASA uzay mekiğinde kullanılan suların antimikrobiyal ajan olarak gümüş içerdiği rapor edilmiştir.

Gümüşün su dezenfeksiyonunda, yanıkların ve kronik ülserlerin tedavisinde kullanımının milattan önce 1000'li yıllara kadar uzandığı bilinmektedir. Literatürde, 1800'lerde göz damlası olarak kullanıldığı, ancak daha sonra penisilin bulunmasıyla kullanımının azaldığı ve 1960'larda yanık tedavisinde %0.5'lik gümüş nitrat çözeltisinin tekrar yaygın olarak kullanılmaya başlandığı belirtilmiştir. 1968'de gümüş nitratin sülfonamid ile birleştirilmesiyle gümüş sülfadiazin kremi elde edilmiş, bu krem pek çok mikroorganizmaya karşı etkili olması nedeniyle yanık tedavisinde yaygın olarak kullanılmıştır.

Dağ (2022) yaptığı bir çalışmada, gümüş nanopartiküllerin (AgNP'ler) sentezi için *Stachys annua* L. subsp bitkisini araştırmıştır. AgNP'lerin karakterizasyonu için FTIR, UV-Vis, XRD ve SEM analizleri yapılmıştır. UV-Vis spektrumu, AgNP'lerin maksimum absorpsiyonunun 469 nm'de olduğunu göstermiştir. SEM analizi, ortalama 75,21 nm boyutunda küresel şekilli AgNP'lerin oluştuğunu göstermiştir. XRD analizi, AgNP'lerin (111), (200), (220) ve (311) yüz merkezli kübik kristal yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Araştırmada aynı zamanda bitki ekstraktının ve AgNP'lerin antioksidan aktivitesini incelenmiştir. DPPH • temizleme, ABTS •+ temizleme ve indirgeme gücü analizleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, AgNP'lerin ve bitki ekstraktının standart BHT'den daha yüksek antioksidan etkiye sahip olduğu bulunmuştur. DPPH serbest radikal temizleme etkisi açısından, AgNP'ler ve ekstrakt sırasıyla $10,2 \pm 0,34$ $\mu\text{g/mL}$ ve $9,26 \pm 0,37$ $\mu\text{g/mL}$ IC₅₀ değerleriyle standart BHT'den daha etkili olduğunu göstermiştir. ABTS •+ aktivitesi açısından ise, AgNP'lerin ($4,11 \pm 0,04$ $\mu\text{g/mL}$) ve ekstraktın ($3,96 \pm 0,10$ $\mu\text{g/mL}$) standart BHT'den daha yüksek aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Erenler ve arkadaşları (2021), *Tagetes erecta* yapraklarından elde edilen özüt kullanılarak gümüş nanopartiküllerin (te-AgNPs) sentezi üzerine bir çalışma

gerçekleştirmiştir. Yapraklar, yaklaşık saf su ile 55°C'de 3.0 saat boyunca ısıtılmış ve sonrasında süzülerek filtre edilmiştir. Ham özüt elde etmek için süzülen çözeltinin bir kısmının çözücüsü döner buharlaştırıcı ile uzaklaştırılmıştır. Diğer süzülen çözelti, gümüş nitrat çözeltisi ile 65°C'de 2.5 saat boyunca etkileştirilerek te-AgNPs elde edilmiştir. te-AgNPs yapısının aydınlatılması için spektroskopik metotlar kullanılmıştır. Karakteristik hidroksil titreşimi, Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR) spektrumunda 3214 cm⁻¹'de belirlenmiştir. Ultraviolet-Visible (UV-Vis) spektrofotometre ile maksimum absorpsiyon 422 nm'de gözlemlenmiştir. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) spektral analizi ile ürünün ortalama büyüklüğü 46.26 nm olarak tespit edilmiştir. X-Işını Kırınımı (XRD) spektrumu, te-AgNPs'ın yüzey merkezli kübik kristal yapısında olduğunu göstermiştir.

Ayrıca, özüt ve te-AgNPs örneklerinin antioksidan aktivitesi test edilmiştir. te-AgNPs örneği, 2,2-Difenil-1-pikrilhidraliz (DPPH), 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonat) (ABTS) temizleme aktivitesi ve indirgeme gücü analizleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, te-AgNPs örneğinin belirgin bir antioksidan aktivite sergilediğini, belirli IC₅₀ değerleri ile DPPH, ABTS temizleme testlerinde önemli derecede etkili olduğunu göstermiştir.

Gümüşün antimikrobiyal özellikleri, gümüşün geniş spektrumlu antibiyotik olması, bakteri direncinin neredeyse bulunmaması ve düşük derişimde toksik olmaması gibi avantajlara sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu özellikleri, gümüş nanopartiküllerin üretiminde çeşitli mikroorganizma türleri kullanılarak yapılan çalışmaları da tetiklemiştir.

Günümüzde metal nanopartiküller, özellikle gümüş nanopartiküller, elektronik, malzeme bilimi, nanotıp gibi yeni teknolojilerde geniş bir kullanım alanına sahiptir ve bilim dünyasının ilgisini çekmektedir. Bu nanopartiküllerin özellikleri ve avantajları, çeşitli uygulama alanlarında kullanılmalarını desteklemektedir.

2.5.1. Gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal etkileri

Gümüş iyonu, geniş spektrumlu antimikrobiyal etkisi nedeniyle uzun yıllardır çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Diğer metal iyonları olan bakır, çinko, titanyum, altın gibi iyonlar da antimikrobiyal özelliklere sahiptir, ancak yapılan çalışmalar bakteri, virüs ve diğer ökaryotik mikroorganizmalar için en yüksek etkinliğe sahip olan iyonun gümüş olduğunu göstermiştir (Beykaya ve Çağlar, 2016).

Gümüşün mikroorganizmalar üzerindeki etkisi henüz tam olarak anlaşılamamış olsa da prokaryot hücrelerde gümüşün ve sentezlenen nanopartiküllerin oluşturduğu morfolojik ve yapısal farklılıklar üzerine yapılan çalışmalar, bu sistematik mekanizmanın anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Gümüşün prokaryot hücrelerde, özellikle hücre membranıyla etkileşime girerek, içerdikleri sulfidril grubu içeren proteinleri etkisizleştirdiği ve zar geçirgenliğini azaltarak bakteri hücrelerini yok ettiği bir teori öne sürülmektedir (Beykaya ve Çağlar, 2016).

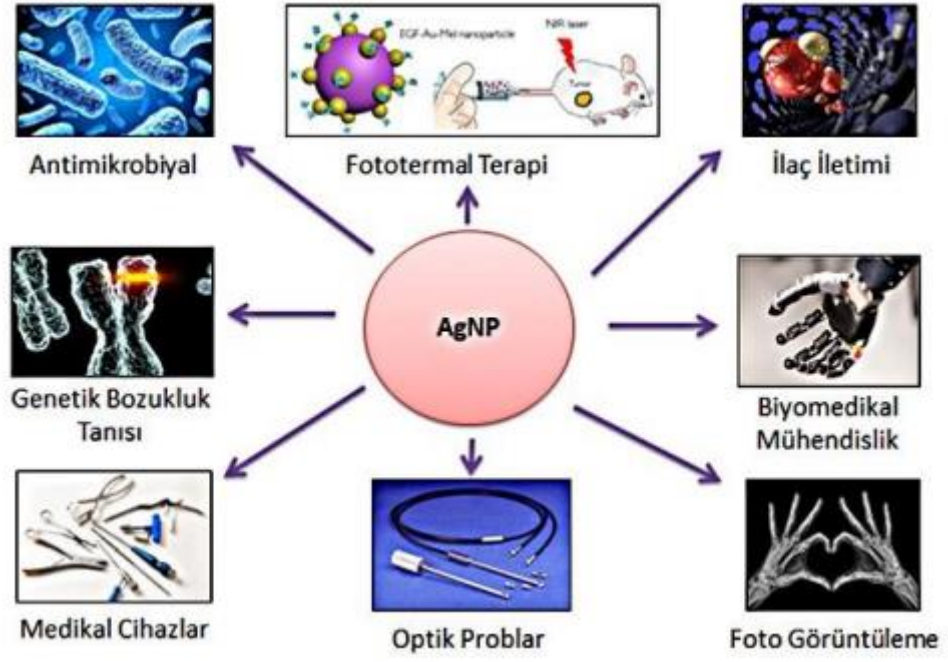
Gümüş, farklı iyonik formlarda bulunurken, Ag^{+1} çözücülerde daha serbest kalabilirken, Ag^{+2} ve Ag^{+3} kararsız yapıdadır. Nanometre boyutundaki partiküllerin yüzey alanının artmasıyla birlikte antimikrobiyal etkileşimin arttığı düşünülmektedir.

Gümüş iyonunun antimikrobiyal etki sistemi, etkilediği mikroorganizma türüne bağlı olarak değişmekle birlikte, absorpsiyon, akümülyasyon ve sitoplazmik zarın polaritesinin bozulması gibi mekanizmaları içerir. Bu durumda hücre genetik materyali zarar görebilir ve +1 değerlikli gümüş iyonunun birikimine bağlı olarak hücrelerin çoğalma yetenekleri ortadan kalkabilir. Ayrıca, gümüşün tiyol grupları ile hücredeki proteinlere etkileşimde bulunduğu ispatlanmıştır (Beykaya ve Çağlar, 2016).

Gümüş nanopartiküllerin büyüme üzerindeki etkisi incelenirken, altın nanopartiküllerle yapılan denemelerde altın nanopartiküllerinin deney şartlarında mikroorganizma gruplarına karşı herhangi bir inhibisyon etkisine sahip olmadığı belirlenmiştir. Bu çalışmalar, gümüş nanopartiküllerin mikrobiyal büyüme üzerindeki özel etkisinin altın nanopartiküllerle kıyaslandığında daha belirgin olduğunu göstermektedir (Beykaya ve Çağlar, 2016).

2.5.2. Gümüş partiküllerin kullanım alanları

Gümüş nanopartiküller ($AgNP$ 'ler); fototermal terapi, genetik hastalık teşhisi, biyomedikal mühendislik, tıbbi cihazlar, optik problemler, foto görüntüleme gibi mekanik, elektrik, manyetik, katalitik, fotokimyasal alanlarda kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, ilaç taşıyıcı ve biyosensör olarak, yiyecek ve ürün paketlemede, su arıtma ya da su sterilizasyonunda, UV ışığın zararlı etkisini önlemede, deterjanlardaki antibakteriyel spreylerde, plastiklerde, kozmetik ve tekstilde de kullanılmaktadır (Calderón-Jiménez ve ark., 2017; Gonzalez ve ark.; 2017; Karahan ve Çölgeçen, 2021). $AgNP$ 'lerin geniş bir kullanım alanına sahip olması, etkili üretim tekniklerinin anlaşılmasını ve farklı yöntem yaklaşımlarını önemli kılmıştır.



Şekil 2. 3. AgNP'lerin uygulama alanları

2.5.3. Gümüş partiküllerin biyosentezi ve kararlılığı

Bitki materyali veya bitki doku kültürü ile gümüş nanopartiküllerin (AgNP'ler) biyosentezi, basit, hızlı, verimli ve çevre dostu bir teknik olarak öne çıkmaktadır. Bu teknik, bitki dokularının kullanımıyla gerçekleştirilen kallus üretimi ile başarılı bir şekilde uygulanabilir. Bitkinin yaprak, sürgün, kök veya çeşitli organlarından elde edilen hücre kültürleri, AgNP'lerin stabilizasyonu için önemli olan çeşitli polar grupları içeren kallus ekstraktları olarak kullanılabilir (Karahana ve Çölgeçen, 2021).

Biyomoleküllerin AgNP'lerin yüzeyine tutunması, elektrostatik ve sterik etkileşimler aracılığıyla gerçekleşir. Bu reaksiyonlar, pozitif gümüş iyonlarına bağlanan uygun bir stabilizatörün varlığında ortaya çıkar. DNA, RNA, antikor, aptamer ve peptid gibi biyomoleküller, AgNP'nin yüzeyine immobilize edilebilir. Aynı zamanda tiol grupları da AgNP'lerin yüzeyinde immobilizasyon için kullanılabilir. Ancak, AgNP'lerin yüzeyine biyomoleküllerin immobilizasyonunu sağlamak için AgNP'lerin agregasyonunun en aza indirilmesi önemlidir. Bu nedenle, AgNP'lerin optimum koşullarda üretilmesi gerekmektedir (Karahana ve Çölgeçen, 2021).

Proteinler, hidrofobik etkileşimler ve elektrostatik etkileşimler gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla AgNP'lere bağlanabilir. Örneğin, sitrat kaplı AgNP'ler, tiol, antikor, amin, protein ve polimer gibi çeşitli moleküllerle kolayca etkileşime girebilir. Ayrıca, polivinilpirolidon (PVP), AgNP'lerin yüzeyine güçlü bir şekilde bağlanabilir ve bu, tanik asit veya sitrat kaplı AgNP'lere kıyasla daha yüksek stabilite gösterebilir. Biyomoleküllerin AgNP'lerin yüzeyine bağlanması genellikle karboksil (COOH) veya amin grupları ile gerçekleşir (Karahana ve Çölgeçen, 2021).

2.6. *Allium Turcicum*

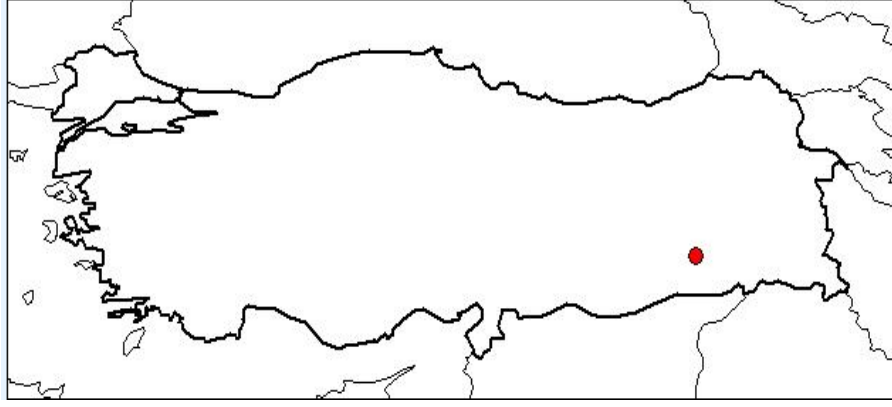
Allium, bilimsel adlandırmasıyla bilinen yabani soğan cinsidir. Yabani soğanlar, geniş bir taksonomik çeşitliliğe sahip bir bitki grubunu kapsar. Cinsin morfolojik özelliklere ve moleküler verilere dayalı en son sınıflandırması, 15 alt türde yaklaşık 780 türü içermektedir (Friesen ve ark., 2006). Daha sonraki eklemelerle birlikte, bilinen toplam tür sayısı 850'yi aşmıştır. Türlerin sınıflandırılması devam ettiği için, bu sayı hala artmaktadır (Kaya ve Özhatay, 2015). Bu bitkiler genellikle güneybatı ve orta Asya'ya özgüdür ve genellikle kurak mevsimlerin hâkim olduğu ıssız bölgelerde bulunur (Mehrabi ve Fazeli-nasab, 2012). Sıklıkla ıssız yaylalarda, dağ yamaçlarında, tarlalarda, yol kenarlarında ve hatta tepelerde yetişirler (Tekeli ve Gökce, 2016).

Türkçe literatürde genellikle "Soğan" türleri olarak adlandırılan bu bitkiler, bazı bölgelerde "sarımsak çiçeği" olarak da bilinir. "*Allium*" kelimesi, Latince sarımsak anlamına gelir, ve "sp." İngilizcede "tür" veya "türü" anlamına gelen "specie" kelimesinin kısaltmasıdır.

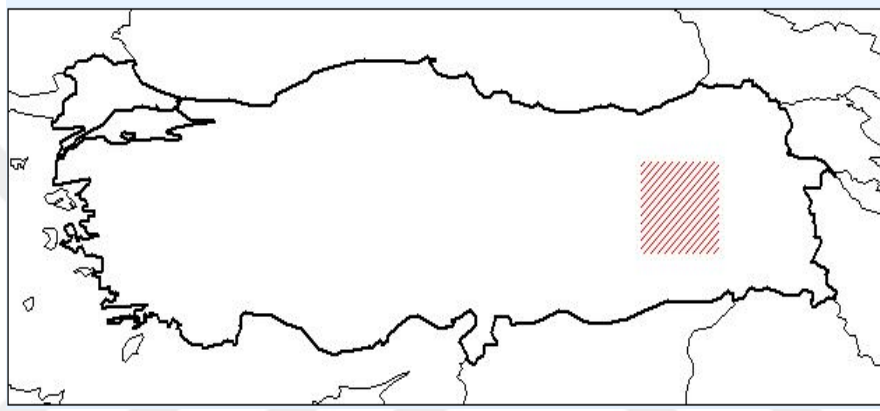


Şekil 2. 4. *Allium turcicum*

Türksoğanı (*Allium turcicum*) Nergisgiller (Amaryllidaceae) ailesinden bir türdür. Türkiye'de sadece Yukarı Fırat alt bölgesinde doğal yayılım göstermektedir. Türksoğanı, soğaniller familyasına aittir ve yabani soğan türleri arasında öne çıkar. Bitkinin morfolojik özellikleri, uzun, ince yaprakları ve top şeklindeki çiçek başları ile karakterizedir. Çiçekleri genellikle beyaz renkte olup, toplu halde görülebilir. *Allium* cinsine özgü olarak, Türksoğanı da keskin bir kokuya sahiptir, bu da genellikle soğan veya sarımsak gibi diğer türleriyle ilişkilendirilir (Özhatay ve Johnson, 1996).



Şekil 2. 5. *Allium turcicum*'un Türkiye'deki yayılışı (Batman)



Şekil 2. 6. *Allium turcicum*'un Türkiye'deki yayılışı (Batman)

Türksoğanı, yerel ekosistemlerde önemli bir rol oynamakta ve bazı bölgelerde geleneksel tıbbi kullanımları da mevcuttur. Ayrıca, bazı insanlar tarafından yemeklerde baharat olarak da kullanılmaktadır. Ancak, bu bitkinin ekolojik dengesine ve doğal habitatına dikkat edilmesi önemlidir, çünkü aşırı toplama veya ekosistemdeki dengesizlikler, türün korunmasını tehdit edebilir.

Türksoğanı, biyolojik çeşitliliği koruma çabaları ve bitki kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı konusundaki bilinçlendirme çalışmalarında da önemli bir rol oynaması açısından önemlidir.

2.7. Nanopartiküller Alanında Yapılan Çalışmalar

Baran'ın (2018) araştırması, *Prunus avium* (kiraz) yaprağı özütü kullanılarak gümüş nanopartikül (AgNP) sentezi ve antimikrobiyal etkisinin incelendiği bir çalışmadır. Kiraz bitkisinin yapraklarından elde edilen özüt ile ortalama 39.37 nm

boyutlarındaki küresel biçimli AgNP'ler sentezlenmiştir. Bu nanopartiküller, SEM/EDX, XRD, TGA-DTA, UV-vis ve FT-IR cihazlarıyla karakterize edilmiştir.

Araştırmada elde edilen nano partiküllerin antimikrobiyal etkisinin mikroorganizmalar üzerinde yapılan minimum inhibisyon konsantrasyon (MİK) metodu ile gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu sonuçlar, kiraz yaprağı özütü ile sentezlenen AgNP'lerin mikrobiyal aktivitelere karşı etkili olduğunu göstermektedir.

Baran'ın çalışması, kiraz yaprağı özütünün gümüş nanopartikül sentezi için başarılı bir biyosentez yöntemi olduğunu ve elde edilen nano partiküllerin antimikrobiyal özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, bitki özütleri kullanılarak sentezlenen nanopartiküllerin biyomedikal uygulamalarda potansiyel bir alternatif olarak düşünülebileceğini vurgulamaktadır.

Eren ve Baran'ın (2019) çalışması, fıstık bitki yapraklarından elde edilen özüt kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin (AgNP'lerin) karakterizasyonunu içermektedir. Bu çalışmada, AgNP'lerin 460.67 nm maksimum absorbansa sahip küresel bir görünüme ve 16.7 nm kristal boyutuna sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu nanopartiküllerin ticari antibiyotiklere karşı daha düşük konsantrasyonlarda etkili olduğu ve yeşil yöntemle sentezlenen AgNP'lerin güçlü antibakteriyel etkiler sergilediği tespit edilmiştir. Çalışmanın bulguları, yeşil yöntemle sentezlenen AgNP'lerin antibakteriyel özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, nanoteknolojik araştırmaların artmasıyla birlikte sentezlenmiş AgNP'lerin çeşitli alanlarda kullanım potansiyeline işaret etmektedir. Özellikle, bu nanopartiküllerin farmasötik ürünlerin üretiminde, ilaç sanayisinde, biyomedikal uygulamalarda ve endüstriyel ürünlerin geliştirilmesinde yeni bir alan açabileceği vurgulanmaktadır.

Çeven ve arkadaşlarının (2021) çalışması, çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT), grafen, baryum titanat (BaTiO_3), nikel oksit (NiO) ve demir oksit (FeO_2) katkılı filmler üzerinde yaptıkları araştırmaya dayanmaktadır. Bu çalışma sonucunda, nanopartikül takviyeli filmlerde anti statik özellikler elde edildiği belirlenmiştir. Nanopartikül takviyesi, iletkenliği olumlu yönde arttırırken termal özelliklerde dramatik bir değişim olmadığı ifade edilmiştir.

Malzeme karakterizasyon analizi sonuçlarına göre, farklı nano parçacık katkılı film yüzeyleri incelendiğinde genel olarak üç aşamalı bir degradasyonun olduğu gözlemlenmiştir. Termogravimetrik analiz (TGA) grafiklerinde polimerik yapıların bozulma başlangıç sıcaklıklarının genel olarak birbirinden farklı olduğu belirtilmiştir. Fourier dönüşlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) sonuçlarına göre, poliester ve PBT

polimerine ait karakteristik bantlar baskın görülmüştür. Aktif madde oranının değişmesiyle filmlere ait FT-IR spektrumlarında belirgin değişimler gözlemlenmemiştir, ancak ilave edilen tüm nanopartikül katkılarına ait karakteristik piklerin gözlenmesi homojen bir polimer yüzey karışımının üretildiğini doğrulamaktadır.

Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) termogram sonuçları incelendiğinde, nano parçacık katkılı filmlerde kullanılan aktif madde oranının değişmesiyle filmlerin camlaşma ve erime sıcaklıklarının çok fazla etkilenmediği tespit edilmiştir. Taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve enerji dağılımı X-ışını (EDX) görüntülerinde, nano malzemelerin film yüzeylerinde çok küçük aglomerasyonlar oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Özdinçer ve arkadaşlarının (2017) çalışması, CoFe_2O_4 nanopartiküllerinin başarılı bir şekilde sentezlendiğini ve bu sürecin MEG'e desteklenen ortak çökeltme yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirildiğini raporlamaktadır. Bu yöntem, kısa reaksiyon süreleri sağlayarak iyi kristalize nanopartiküllerin üretilmesine ve aglomerasyonun azaltılmasına olanak tanımaktadır. Elde edilen numunenin yüksek saflıkta nanokristallere sahip olduğu, XRD (X-ışını kırınımı) ve EDX (enerji dağılımı X-ışını) analizleriyle kanıtlanmıştır.

SEM (taramalı elektron mikroskopu) görüntü sonuçları, kalsine edilmiş numunenin düzensiz bir şekil gösterdiğini ve heterojen bir morfolojiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. CoFe_2O_4 nanopartiküllerinin boyut analizi, SEM görüntülerinden elde edilmiş olup yaklaşık 30-345 nm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kalsinasyon işlemi sırasında elde edilen CoFe_2O_4 nanopartikülleri, mıknatıs tarafından çekildi ve ferromanyetik davranışlar sergiledi. Bu sonuçlar, sentezlenen nanopartiküllerin mıknatıslanma özellikleri ve ferromanyetik davranışlarının potansiyel uygulamalarını değerlendirmek adına önemli bir bulgu sağlamaktadır.

Bir başka çalışmada ise, Nartop'un (2016) "Biyosentetik gümüş nanopartiküllerinin *Pyracantha coccinea* bitkisinin gövde eksplantlarının yüzey sterilizasyonunda kullanımı" adlı araştırmada, havacıva bitkisinin sulu ekstresinin gümüş nitrat çözeltisi ile karıştırılmasının ardından renkte bir değişim gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu değişim, başlangıçta açık sarıdan açık kahverengiye doğru bir koyulaşma şeklinde ortaya çıkmış ve çözeltinin kolloidal bir yapı kazanmıştır. Gözlenen renk değişimi, gümüş nanopartiküllerinin oluştuğunun bir göstergesidir ve bu nanopartiküllerin yüzeysel plazmon vibrasyonlarından kaynaklandığı bilinmektedir.

Gümüş iyonlarının havacıva bitkisinin ekstresi ile karıştırılması sonucunda indirgenerek gümüş nanopartiküllerinin oluşması, renk değişimi takibi ve UV-Vis

spektroskopi ile belirlenmiştir. 320-500 nm aralığındaki dalga boylarında yapılan ölçümlerde, karışımın 429 nm'de 0.368 absorbans ile pik değeri gösterdiği ifade edilmiştir. Bitki ekstreleri kullanılarak elde edilen gümüş nanopartikül içeren kolloidal çözeltilerin maksimum absorbanslarının 425-439 nm aralığında değiştiği ve bu değerlerin UV-vis spektrumunda metalik gümüşün karakteristikleriyle örtüştüğü belirtilmiştir.

Bu bulgular, havacıva bitkisi ekstresi kullanılarak gümüş nanopartikül sentezinin görsel olarak izlenebileceğini ve UV-Vis spektroskopisi ile bu nanopartiküllerin karakteristik özelliklerinin belirlenebileceğini göstermektedir. Bu tür bitkisel ekstraktlar, çevre dostu ve biyolojik yöntemlerle nanopartikül sentezi için umut vadeden birer kaynak olabilir.

Esmeray ve Özata'nın (2019) çalışmasında, nano partiküllerin çevresel kullanım alanlarına vurgu yapılmış ve özellikle gümüş nanopartiküllerin temel laboratuvar malzemeleri kullanılarak kimyasal olarak sentezlenebilirliği incelenmiştir. Çalışmanın odak noktalarından biri, nano partiküllerin sentezlenmesi ve karakterizasyonudur.

Gürmen ve diğerleri (2020), nanopartiküllerin, hacimsel yapıya sahip malzemelerden önemli ölçüde farklı ve üstün özellikler sergilediğini belirtmektedir. Bu üstün özellikler sayesinde nanopartiküller, elektrik-elektronik, biyomedikal, otomotiv ve kimya gibi birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Nanopartiküllerin fizikokimyasal ve morfolojik özellikleri, kullanılan başlangıç malzemesinin karakteristiğinden etkilendiğinden, farklı üretim yöntemlerinin geliştirildiği gözlemlenmektedir.

Portakal (2008) ise nanometre boyutundaki inorganik bileşiklerin diğer maddelerden farklı olduğunu ve özellikle elektron tutucu etki gibi yapısal boyutlara özgü özelliklere sahip olduklarını belirtmektedir. Bu tür bileşikler "nanopartikül" olarak adlandırılmaktadır. Nanopartiküllerin özellikleri, 1970'lerden beri bilim insanları tarafından incelenmekte ve belirlenmeye çalışılmaktadır. Başlangıçta optik ve elektronik cihazlar üzerinde yoğunlaşan çalışmalar, şimdi biyoölçümler üzerinde de yapılmaktadır. Bu kısa yazı, biyoölçümlerde nanopartiküller ile yapılan son uygulamaları ele almaktadır.

Yavuz ve Yılmaz (2021) ise nanoteknoloji ve klinik uygulamaları hakkında artan literatüre rağmen, nanopartiküller ve hücreler arasındaki moleküler düzeydeki etkileşim mekanizmalarının tam olarak anlaşılamadığını belirtmektedir. Nanopartikül üretimi, nanoteknolojide yapılması planlanan yeniliklerdeki ilk basamağı oluştururken, bu partiküllerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle geniş bir yelpazede üretilebildiği vurgulanmaktadır. Bu çalışmada, nanoteknoloji kavramı ve tarihçesine değinildikten

sonra, nanopartiküllerin biyolojik yöntemlere dayalı üretimleri ve etkileri detaylıca incelenmektedir.

Hanks ve diğerleri (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, *Pistia stratiotes* bitkisinin Ag(I) ve Ag NP'leri tarafından kontamine sularda nanopartikülleri uzaklaştırma yeteneği incelenmiştir. Çalışmada farklı Ag konsantrasyonları (0.02, 0.2 ve 2 mg L⁻¹) kullanılmış ve *Pistia stratiotes*'in 0.02 mg L⁻¹ altındaki Ag ve Ag NP konsantrasyonlarında hayatta kalabildiği ve ağır metal NP'lerinin uzaklaştırılmasında potansiyel bir fitoremediator olduğu sonucuna varılmıştır.

Asztemborska ve diğerleri (2015) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise *Sinapis alba* ve *Lepidium sativum* bitkilerinin Pt NP'lerini alma yetenekleri incelenmiş ve alınan NP'lerin bitki organlarına transloke olma yetenekleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, kullanılan iki bitkinin de farklı Pt konsantrasyonlarına toleranslı olduğu ve bu bitkilerin Pt alımında başarılı olduğu belirlenmiştir.

Andreotti ve diğerleri (2015) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise *Halimione portulacoides* ve *Phragmites australis* bitkileri kullanılarak Cu NP'lerinin fitoremediasyon potansiyelleri incelenmiştir. Bu çalışmada, her iki bitkinin de bakırı köklerinde akümüle ettiği ancak bu akümülyasyonun metalin NP formunda eklendiğinde 4-10 kat daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Türker (2002) tarafından yapılan bir çalışmada gümüş nanopartiküllerinin asal gaz yoğunlaştırma yöntemiyle, He atmosferinde, 1500 °C'de ve düşük basınçta üretildiği belirtilmiştir. Bu çalışmada üretilen nanopartiküllerin ortalama boyutunun 15-180 nm arasında değiştiği ve küresel ve gözenekli bir yapıya sahip oldukları tespit edilmiştir. Gözenekli yapıya sahip olan nanopartiküllerin elektriksel özellikleri incelenmiş ve elektrik iletkenliğinin sıcaklıkla arttığı gözlemlenmiştir.

Korchagin ve arkadaşları (2004) nano gümüş partiküllerini elektron ışıını buharlaştırma yöntemiyle Ar, N₂ ve He atmosferlerinde ve yüksek sıcaklıklarda üretmişlerdir. Bu çalışma sonucunda elde edilen gümüş nanopartiküllerinin ortalama boyutunun 70-80 nm olduğu ve küresel yapıda olduğu belirlenmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin katalizör olarak kullanılacak olması nedeniyle katalitik özellikleri incelenmiştir.

Maribel ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yapılan bir çalışmada ise kimyasal indirgeme yöntemiyle gümüş nitrat başlangıç malzemesi kullanılarak antibakteriyel kaplamalarda kullanılmak üzere nano yapıda gümüş elde edilmiştir. Elde edilen gümüş nanopartiküllerinin yüksek saflıkta olduğu EDX analizi ile belirlenmiş, TEM analizi ise

partiküllerin ortalama 40-60 nm boyutunda ve dar bir boyut dağılım aralığına sahip olduğunu göstermiştir.

2008 yılında Sharma ve arkadaşları tarafından yaş sentezleme yöntemi kullanılarak antibakteriyel kaplamada kullanılmak üzere gümüş nanopartikülleri üretilmiştir. Bu çalışmada kullanılan yöntem üç aşamadan oluşmaktadır: çözelti ortamının belirlenmesi, çevreye duyarlı indirgenme ajanının belirlenmesi ve elde edilen nanopartiküllerin kararlılığını sağlamak için çevreye duyarlı toksik olmayan malzemelerin seçimi. Elde edilen gümüş nanopartikülleri farklı morfolojiye sahip olup ortalama boyutları 20-50 nm arasındadır.

2008 yılında yapılan bir çalışmada Shi ve arkadaşları USP tekniğini kullanarak gümüş tabanlı nanopartiküllerini MgO partiküllerinin üzerinde üretmiştir. Bu çalışmada sıcaklık, konsantrasyon, Ag/MgO mol oranı ve gaz akış hızının nanopartikül boyut ve morfolojisine olan etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, düşük konsantrasyon ve Ag/MgO mol oranında, düşük sıcaklıkta ve yüksek gaz akış hızında ortalama 48 nm boyutunda ve dar bir boyut dağılımına sahip ürün elde edildiği belirlenmiştir.

MgO nanopartiküllerinin hücre sayısını veya metabolik aktiviteyi etkilemediği ve apoptotik veya nekrotik etkiye neden olmadığı belirtilmiştir (Wilhelmi, 2012). Ancak, MgO nanopartiküllerinin tetiklediği toksik etkiler de tespit edilmiştir. MgO nanopartiküllerine maruz kalan hücrelerde morfolojik değişiklikler, azalmış hücre canlılığı, hücre sayısında azalma, mitokondriyal ve lizozomal aktivitede azalma gibi etkiler gözlemlenmiştir (Mittag, 2019).

Selvi ve Sivakumar (2014), Hindistan'ın Tamil bölgelerinde ormanların elde edilen toprak örneklerinde 21 farklı *Fusarium* sp. içeride izole olmayanlar. Morfolojik karakterizasyona dayanılarak, bu mantarların en çok olduğu *Fusarium oxysporum* olarak tanımlandığı belirlenmiştir. Çalışmada, *F. oxysporum*'un gümüş nanopartiküllerinin üretilbildiği ve bu süreçte hızlı olduğu görülmüştür. Ayrıca birkaç ay boyunca kötü boyutta ve karanlıkta bile bu sürecin devam ettiği tespit edilmiştir.

Packia ve Fazila (2014), *Argyreia cymosa* (Roxb) yapraklarını kullanarak antimikrobiyal gümüş nanopartiküllerin çevre dostu ve biyosentez yöntemleriyle elde hazırlamışlardır. Bu etkili, gümüş nanopartiküllerin çevrede stabil tutulduğu belirlendi.

Oyagi ve diğerleri (2014), rooibos çayı özütünden elde edilen gümüş nanopartiküllerin ucuz ve çevre dostu olduğunu vurgulamışlardır. Bu çalışma, yeşil sentez tekniklerinin çevre dostu olmayan ve pahalı olan makinelerin yerini sürdürebilir.

Saware ve arkadaşları (2014), *Ficus benghalensis* (FB) yaprak özütünden elde edilen gümüş nanopartiküllerin çevre dostu, hızlı, ekonomik ve çıkarılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca proteinlerin gümüş nanopartiküllerinin çözülmesinde stabil olmasında önemli bir rol oynadığını ifade etti.

Saifuddin (2008) tarafından başka bir çalışmada, hem yeşil bitki ekstraktı hem de mikroorganizmalar kullanılarak yapılan biyosentezde, canlı görünümlü metal iyonlarını indirgeyerek toksik metallerin toksisitelerinin azaldığı bildirilmiştir.

Nematollahi (2015), bitkisel ve bitkisel zararlı nanomateryal üretimi için ucuz ve ayrılabilir kaynaklar olduğunu belirtmiştir. Ayrıca son yıllarda bitki özütlerinin fiziksel ve kimyasal metotlara alternatif olarak dağıtılması ve sağlık alanında yaygın olarak dağıtılması vurgulanmıştır. Özellikle İran'da endemik bir bitki olan *Salvia limbata*'nın özütünden elde edilen fitokimyasal gümüş nanopartiküllerin, kimyasal kullanımının azaltılabileceği ve daha çevre dostu olduğu belirtildi.

Beykaya ve Çağlar (2015) tarafından yapılan derleme çalışması, nanoteknolojinin önemi ve gelişimi ile gümüş nanopartiküllerin sentezi ve antimikrobiyal etkinliklerinin incelenmesine odaklanmıştır. Çalışmada, çeşitli bitki özütleri kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin üretimi ve antimikrobiyal özelliklerinin araştırılması ele alınmıştır. Ayrıca, ulusal ve uluslararası literatürlerin incelenmesiyle nanopartiküllerin gerekliliği, avantajları ve dezavantajları gibi çok yönlü etkileri de vurgulanmıştır.

Umaz ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada, *Hypericum triquetrifolium* Turra bitkisi kullanılarak biyolojik yöntemle gümüş nanopartiküllerin sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin karakterizasyonu çeşitli spektroskopik yöntemlerle yapılmış ve mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiştir.

Türken (2013) ise gümüş nanopartiküllerin anti-bakteriyel özelliklerinden faydalanarak yeni ve yüksek verimli hollow fiber membranların üretimini amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, gümüş nanopartiküllerin membran yüzeyinde biriken bakterileri parçalayarak membranın tıkanma süresini uzatabileceği ve membran performansını artırabileceği düşünülmüştür. Çalışmada, farklı nanopartikül içeriklerine ve üretim parametrelerine göre çeşitli ince boşluklu membranlar üretilmiş ve bunların antimikrobiyal etkileri, mekanik dayanımları ve performansları çeşitli deneylerle incelenmiştir. Sonuçlar, nanopartiküllü membranların bakterilerin membran yüzeyinde büyümesini engellediğini ancak gözeneklerde birikimlerinden dolayı membran performansını düşürebileceğini göstermiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. AT Bitkinin Toplanması

Tez Çalışmasında kullanılan AT bitkisi Mayıs ayında Batman ili Sason ilçesi halk pazarında temin edildi. Satın alınan AT bitkisi çeşme suyu ve ardından saf su ile birkaç kez yıkandı. Daha sonra oda koşullarında kurutuldu.

3.2. Çalışmada Kullanılan kimyasallar ve Mikrobiyolojik materyaller

Gümüş nanopartikül oluşumu için analitik saflıkta AgNO_3 tuzu kullanıldı. Antimikrobiyal aktivite için vancomisin , colistin ve frukanazol antibiyotikleri ticari olarak temin edildi.

3.3. Zuzubak (*Allium Turcicum*) Özüünün Elde Edilmesi

Zuzubak (*Allium Turcicum*) bitkisinin yeşil yaprakları Batman Sason ilçesinde halk pazarında temin edildi. Bitkinin taze yeşil yaprakları ve bir dizi çeşme suyu ile yıkanmış, ardından son olarak distile suyla durulanarak oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutulmuş yapraklar daha sonra küçük parçalara kesilmiş ve 100 mL distile su içinde 5 dakika kaynatılmıştır. Kaynatma işlemi sonrasında karışım oda sıcaklığına soğutulmuş ve daha sonra süzme işlemi için Whatman No.1 süzgeç kağıdı kullanılarak hazır hale getirilmiştir. Bu işlem, sentez için uygun hale getirilmesini sağlamıştır. Daha sonra gümüş nanopartiküllerini sentezlemek için kullanıldı.

3.4. Gümüş Metal çözeltisinin hazırlanması

Çalışmaya başlamadan önce gümüş nitrat stok çözeltisi 1000 ppm hazırlandı. Daha sonra optimum koşullar belirlendi. Önceden hazırlanan stok çözeltiden 50 ppm gümüş nitrat çözeltisi hazırlandı.

3.5. Kullanılan Materyaller

- Gümüş Nitrat tuzu (AgNO_3)
- Ticari Antibiyotikler

- Falkon tüp
- Pipet ucu
- Pastör pipet
- AT bitkisi
- Beher
- Balon
- Bakteri suşları (Gram pozitif, gram negatif, mantar suşu)

3.6. AT-AgNP'ler Yapısı ve Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Kullanılan Spektroskopik Cihazlar

- **XRD:** AT-AgNP'lerin kristal deseni ve yapılarının değerlendirilmesi için XRD cihazı aracılığıyla 2θ 'da alınan ölçüm verileri kullanıldı. XRD analizinde 20-80 arasında ölçülen spektrumlarda 111° , 200° , 220° ve 311° 'ye karşılık gelen pikler değerlendirildi.
- **SEM:** AT-AgNP'lerin morfolojik yapıları ve nanopartiküllerin görünümlerinin değerlendirilmesi için çeşitli SEM mikroskopi görüntüleri değerlendirildi.
- **EDX:** AT-AgNP'lerin yapısında var olan element kompozisyonları değerlendirildi.
- **UV-VİS:** Çalışmada 250-800 nm dalga boyu aralığında belli sürelerde maksimum absorbans tespit edildi.
- **Zeta Potansiyeli:** Biyolojik sentezlenen olarak AT-AgNP'lerin Zeta dağılımındaki yükü tespit etmek için kullanıldı. Malvern DLS cihazı kullanıldı.
- **FTIR:** AT bitkisi Özütü yapısında ve AT-AgNP'lerin oluşumunda etkili olan çeşitli fonksiyonel grupların değerlendirilmesi için kullanıldı. Çalışma aralığı $4000-1200\text{ cm}^{-1}$ de değerlendirildi.

3.7. Antimikrobiyal Etki Çalışmaları

AT- AgNP'lerin patojen suşların üremelerinin baskılamasının değerlendirilmesi için antimikrobiyal aktivite çalışmaları mikro dilüsyon yöntemi ile yapıldı. Sentezlenen

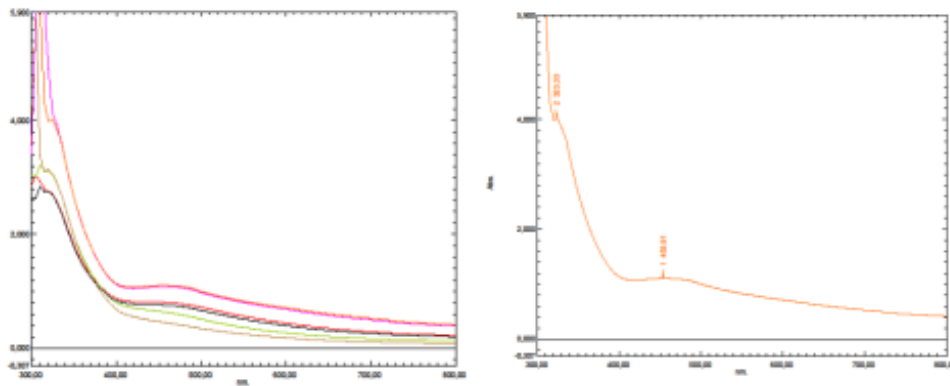
AT-AgNP'lerin gram pozitif, gram negatif ve mantar suşlar üzerinde değerlendirilmesi Dr. Ayşe Baran tarafından yapıldı ve değerlendirildi. AT-AgNP'lerin Minimum İnhibitör Konsantrasyonu (MİK) yöntemiyle, Gram pozitif *S. aureus* ATCC 29213 ve Gram negatif *E. coli* ATCC 25922 bakterilere karşı, ve mantar için *C. albicans* suşlarına karşı 24 saat inkübasyona bırakılarak belirlendi. Antimikrobiyal aktivite için minimum inhibe edici konsantrasyon (MİK) yöntemi kullanıldı (Patil ve ark., 2018).

Mikrodilüsyon yöntemiyle gerçekleştirilen uygulamalarda, 96'lı mikroplaka kuyucuklarına önceden hazırlanan besiyeri eklendi. Belirli konsantrasyonlarda bir seri dilüsyon yapıldıktan sonra AgNP'leri suda çözündürüldükten sonra ilave edilmişdi. Daha sonra 0.5 McFarland'a göre ayarlanmış mikroorganizma çözeltilerinden belirli miktarda eklenip, 37°C'de 24 saat boyunca inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonrasında üreme gözlenmeyen en düşük konsantrasyon, MİK değeri olarak belirlendi.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Allium Turcicum (AT) Bitki ekstraktında elde edilen AT-AgNP'lerin UV-Vis Analizi

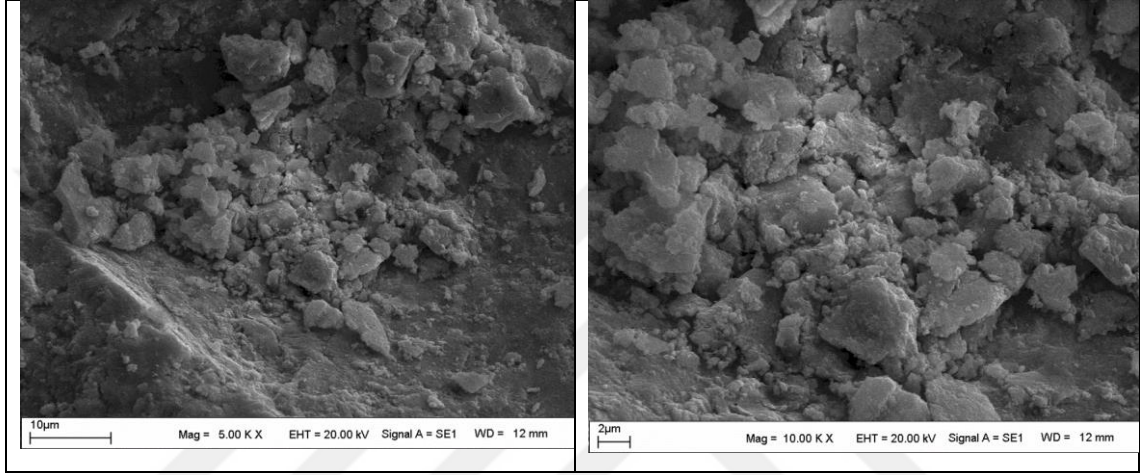
UV-vis spektroskopisi analizinde farklı zamanlarda 15, 30 ve 60 dakikalarda alınan örneklerde gümüş nanoparçacıklarının oluşumu gözlemlenmiştir. Şekil 4.1'de görüldüğü üzere oda sıcaklığında 1 saat karıştırılarak elde edilen renk değişiminin absorbans değeri 483 nm'de belirgin plazmon rezonansı belirlenmiştir. Alsammarraie ve ark. (2018), zerdeçal (*Curcuma longa*) bitki özütü kullanılarak UV-vis analiz sonucunda 435 nm maksimum değer bulduklarını belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada mısır yapraklarının bitki özütü ile AgNP'lerin sentezinde 461 nm maksimum absorbans olarak belirlenmiştir (Eren ve Baran, 2019). Çalışmada, AT bitkisi yaprağından elde edilen bitki özütü kullanılmıştır. 1 mM AgNO₃ içeren çözelti ile işleme tabi tutulmuş ve farklı zaman dilimlerinde (5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dakika) oda koşullarında UV-vis renk değişimleri gözlemlenmiştir. Bu renk değişimleri, reaksiyonun gerçekleştiğine dair UV-vis spektrumlarına dayalı olarak belirlenmiştir. Şekil 4.1'de nanopartiküllerin maksimum dalga boyu aralığının 430-440 nm olduğu görülmektedir. *Madhuca longifolia* bitki özütüyle yapılan çalışmanın UV verileri bu sonucu desteklemektedir (Sarkar ve ark., 2018). Ayrıca, yapılan başka bir çalışmada da benzer bir durum gözlenmiştir (Wongpreecha ve ark., 2018).



Şekil 4. 1 *Allium Turcicum* Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin UV-Vis Analizi

***Allium Turcicum* Bitki ekstraktında elde edilen AT-AgNP'lerin SEM Analizi**

Allium Turcicum bitki özütünden elde edilen AT-AgNP'lerin morfolojik özellikleri elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiştir. Gümüş nanopartiküllerin küresel yapıda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2).

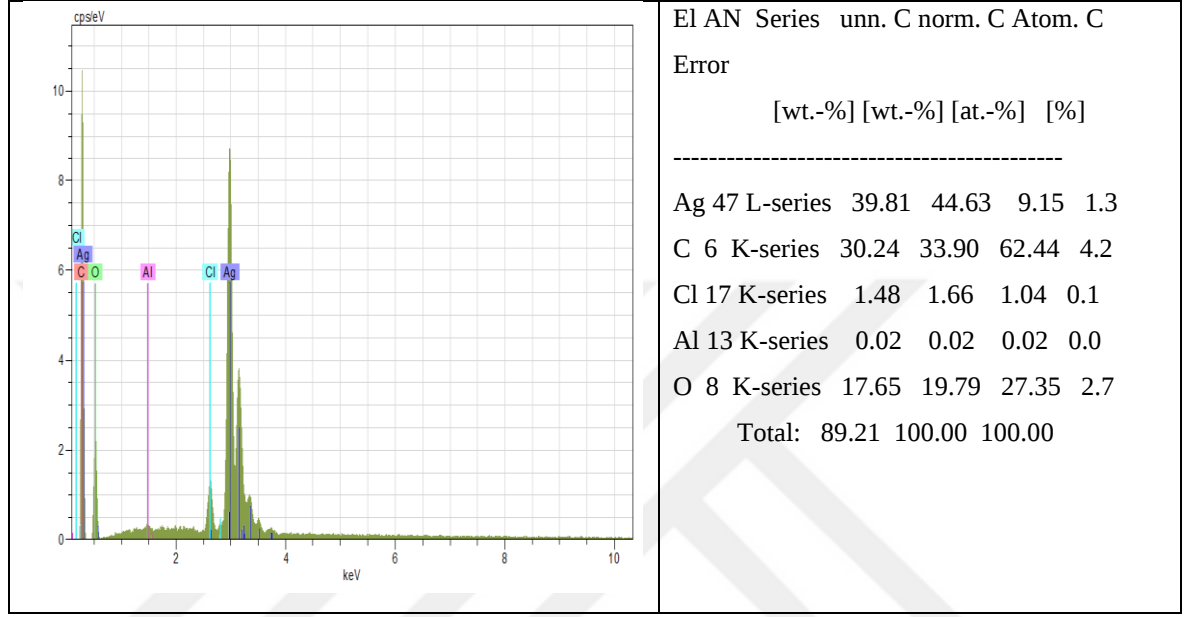


Şekil 4. 2 *Allium Turcicum* Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin SEM Analizi.

***Allium Turcicum* Bitki ekstraktında elde edilen AT-AgNP'lerin EDX Analizi**

AT-AgNP'lerin element kompozisyonunu açıklamak için EDX analizi yapılarak elde edilen nanopartiküllerin yapısı aydınlatıldı. AT-AgNP'lerin yapısında çoğunlukla Ag, Cl, O, C ve Al elementlerinin varlığı tespit edildi.(şekil 4.3). Sentez sonucu % 39,81 Ag karakterizasyonu ve biyosentezinde, EDX spektrumu kullanarak gümüş metal nanoparçacıkların varlığını; küresel, altıgen, düzensiz şekillerde ve 10 ile 90 nm boyutlar arasında değiştiğini belirtmişler. Dehvari ve Ghahghaei (2018), *Pulicaria undulata* özütü kullanılarak sentez çalışmasında AgNP'lerin küresel görünümde olduklarını; Pallela ve ark. (2018) tarafından yapılan araştırmada da, *Sida cordifolia* bitki özütünden elde edilen ve SEM-EDX sonuçlarına göre, AgNP'lerin küresel görünümde olduğunu, EDX sonuçlarında da büyük oranda element içeriğinin gümüşe ait olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen AgNP'lerin enerji dağılımlı spektrumları SEM-EDX analiz sonuçları gümüş parçacıklarının 100 nm'den küçük olduğu ve EDX analizinde de element kompozisyonunun büyük oranda gümüşe ait olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). EDX

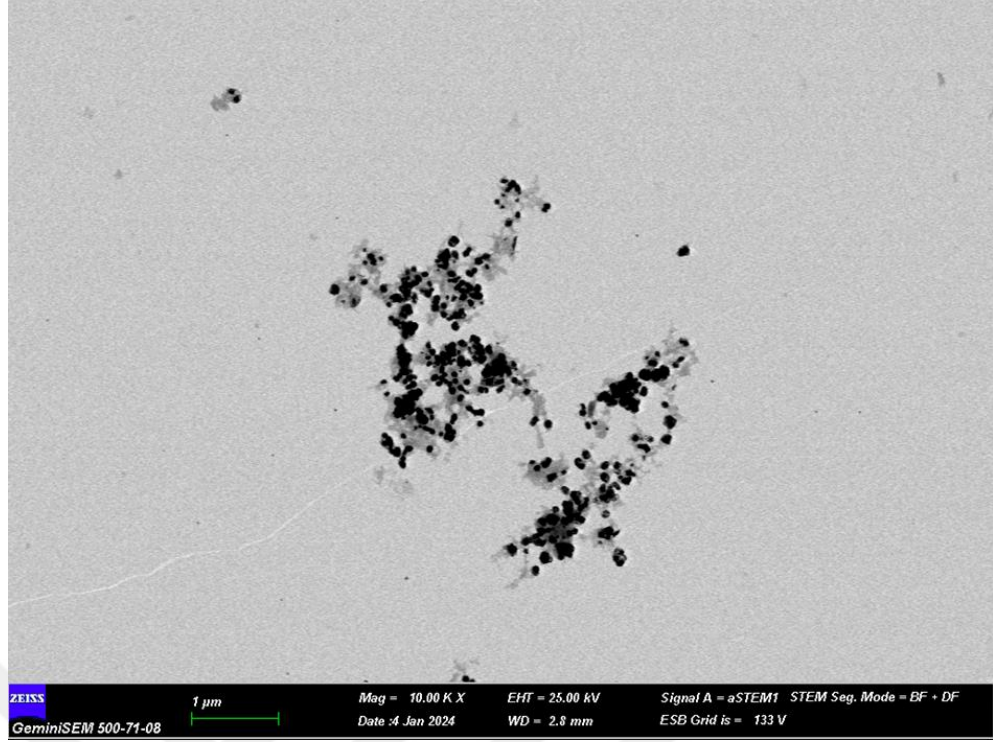
gümüş piklerini ortaya koymuşlardır. EDX profilindeki karbon, silisyum, klor ve oksijen gibi zayıf sinyallerin, nanopartiküllerin yüzeyinde bulunan fitokimyasallardan kaynaklandığı silisyumun kaynağının ise öğütme işleminden kaynaklandığı söylenebilir.(Şekil 4.3).



Şekil 4. 3 *Allium Turcicum* Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin EDX Analizi

***Allium Turcicum* Bitki ekstraktında elde edilen AT-AgNP'lerin TEM Analizi**

Allium turcicum bitki ekstraktından elde edilen AT-AgNP'lerin TEM analizi yapılarak elde edilen nanopartiküllerin morfolojik yapısı hakkında bilgi edinildi. Şekil 4.4 te görüldüğü üzere elde edilen görüntülerden anlaşılaacağı üzer yapının küresel yapıda olduğu belirlendi. (Pallela ve ark., 2018; Baran, 2019b; Maity ve ark., 2020).



Şekil 4. 4 *Allium Turcicum* Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin TEM Analizi

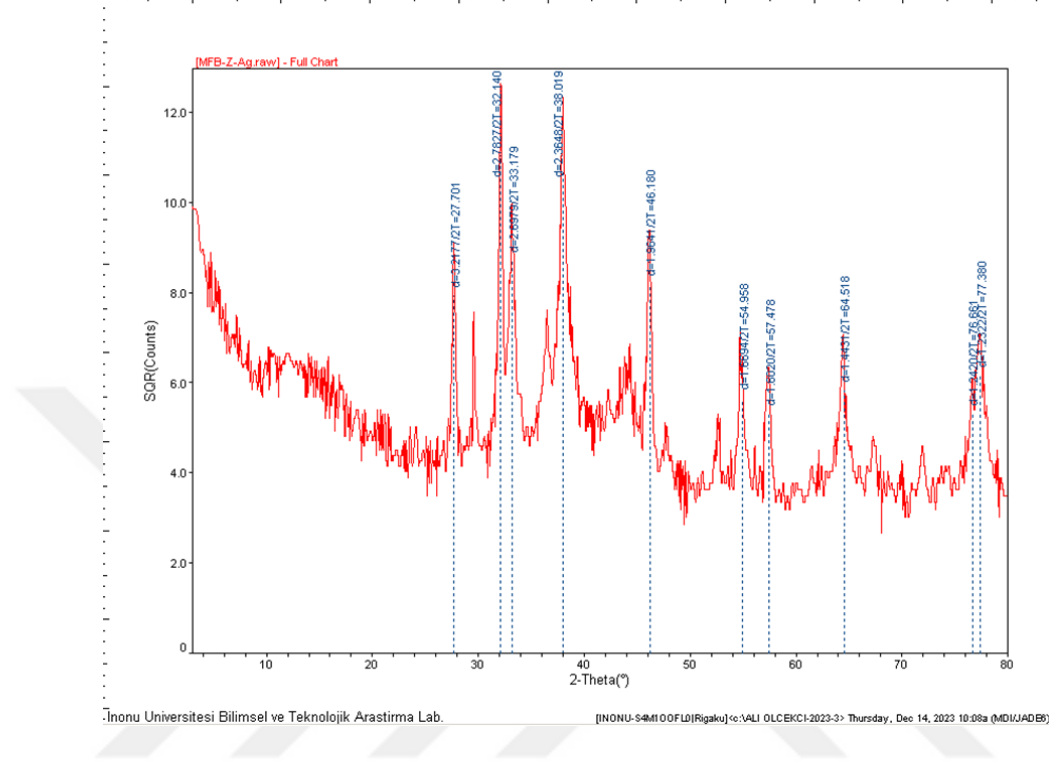
***Allium Turcicum* Bitki ekstraktında elde edilen AT-AgNP'lerin XRD Analizi**

Gümüş nanopartiküllerin küresel yapılarının çapları (111), (200), (220) ve (311) tabakalarındaki yansımaları sırası ile 38.019° , 46.18° , 64.51° ve 77.38° değerlerinin kübik kristal yapıda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5). Debye-Scherrer's denklemi (Eşitlik 1) ile 29.19 nm kristal çapa sahip olduğu hesaplanmıştır.

Şekil 4.5 'de gösterilen, bitkisel yolla sentezlenmiş AgNP'lerin XRD faz ve kristal yapı analizi incelenmiştir. Sentezlenen nanoparçacıkların küresel yapılarının (111), (200), (220) ve (311) yönlerindeki pik yansımaları XRD analiziyle belirlenmiştir ve 2θ değerlerine karşılık gelen (38.09° , 44.24° , 64.46° ve 77.40°) değerleriyle hesaplanmıştır. Oluşan AT-AgNP'lerin elementel yapıları ve küresel kristal yapıda oldukları tespit edilmiştir. Debye-Scherrer eşitsizliği kullanılarak XRD verilerinden yararlanılarak kristal parçacık boyutunun 29.19 nm olduğunu hesaplandı. Bu denklem eşitlik 1'de görülmektedir (Yasin ve ark., 2013).

$$\text{Debye Scherrer eşitliği; } D = K\lambda / (\beta \cos\theta) \quad 1$$

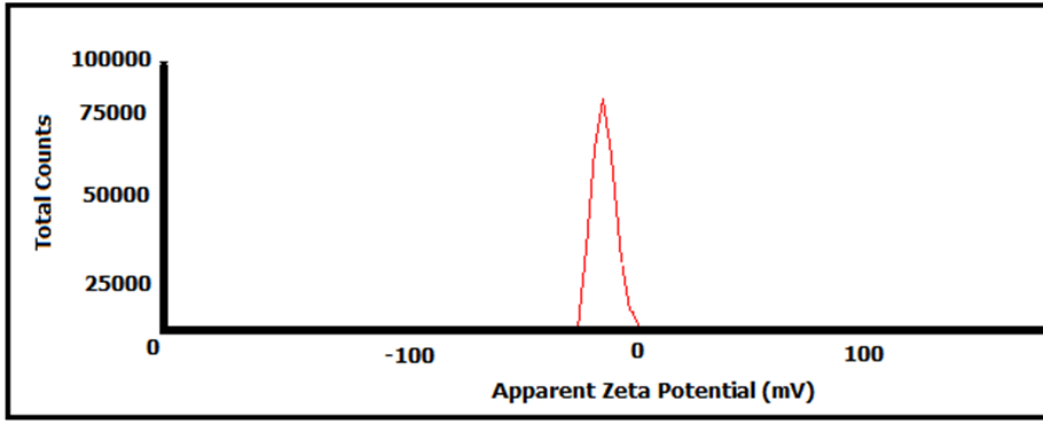
Eşitlikte kullanılan ifadeler; D , parçacığın boyutunu (nm) ifade eder, K sabiti (0.90), λ X-ışınının dalgaboyunu ($1.5406 \text{ \AA}$), β en yüksek pikin genişliğinin yarısı (FWHM), θ ise kırılma açısını belirtir.



Şekil 4. 5 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AT-AgNP'lerin XRD Analizi

Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AT-AgNP'lerin Zeta Potansiyel Analizi

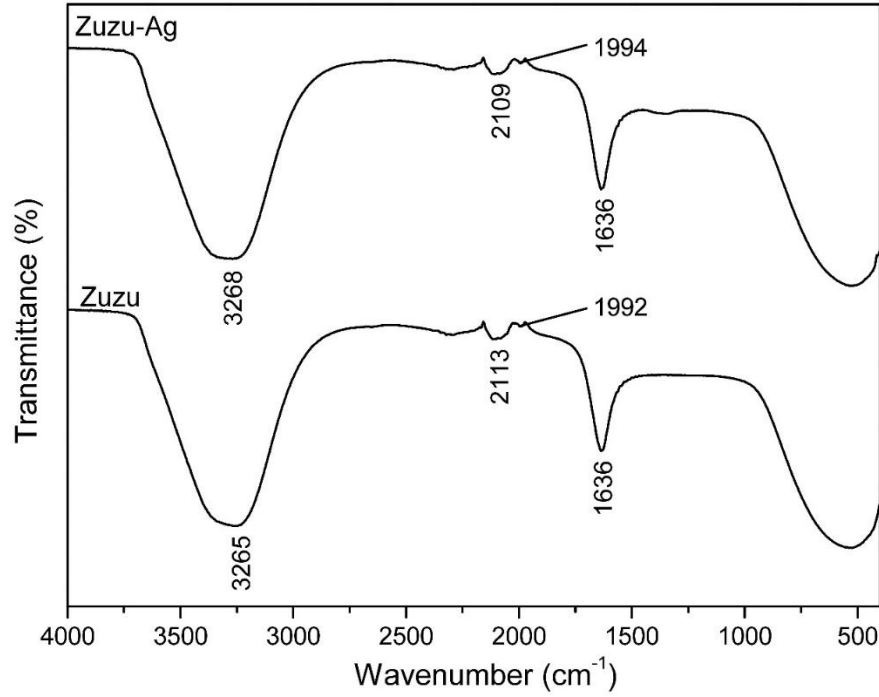
Elde edilen gümüş nanopartiküllerin yüzey yapısını aydınlatmak için zeta potansiyel ölçümü yapıldı. Sentezlenen nanopartiküllerin yüzey yüklerinin -14.32 mV olduğu tespit edildi. Bu sonucun nanopartiküllerin bitki ekstraktından gelen fitokimyasallardan kaynaklı olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Nanoyüklerinin eksi olması yeşil sentez ile oluşumun göstergesidir. Akıntelu ve ark. (2019) ile Fatema ve ark. (2019) da kendi çalışmalarında



Şekil 4. 6 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin ZETA Potansiyel Analizi

Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AT-AgNP'lerin FTIR Analizi

FTIR spektrumunun, Allium Turcicum(AT) bitkisi ve sentezlenen AgNP'ler karşılaştırılarak reaksiyonun hangi fonksiyonel gruplar üzerinde gerçekleştiği hakkında bilgi vermektedir (Şekil 4.7). *Allium Turcicum*(AT) bitkisi ekstraktında varolan fonksiyonel gruplar sırasıyla; 3265 cm^{-1} , 2113 cm^{-1} ve 1636 cm^{-1} frekansları tespit edildi. Daha sonra reaksiyon sonrası sırasıyla; 3268 cm^{-1} , 2109 cm^{-1} ve 1636 cm^{-1} frekansları tespit edildi. Tespit edilen bu frekansların değişimi değerlendirildiğinde; 3265 cm^{-1} deki pikin 3268 cm^{-1} deki kayma -OH gerilme pikine ait olduğu, 2109 cm^{-1} - 2113 cm^{-1} deki pikin $\text{-C}\equiv\text{N}$ ve $\text{-C}\equiv\text{C}$ değişimin reaksiyonu bu belirgin pikler üzerinde gerçekleştiği düşünülmektedir. Başka bir çalışmada Fıstık yaprak özütü ile yüzeyinde bulunan -OH fonksiyonel grubuna ait 3336.64 cm^{-1} - 3334.57 cm^{-1} deki kuvvetli asimetrik esneme bandı, özüt ile Ag metali arasındaki etkileşim sonucu kayma göstermiştir. Amid I bandına ait C-C ve C-N fonksiyonel gruplarına ait 1636.82 cm^{-1} - 1636.48 cm^{-1} bandında fazla bir kaymanın olmadığı ve bağlanmanın bu iki fonksiyonel grup üzerinde gerçekleştiği düşünülmektedir. Lakshman Kumar ve ark. (2016) tarafından *Echinochloa colona* bitkisi ile AgNP'lerin yeşil sentezi ve karakterizasyonunda özellikle FTIR analizleri sentezledikleri AgNP'lerin verileri araştırmamızı desteklemektedir.



Şekil 4. 7 Allium Turcicum Bitki ekstraktında elde edilen AgNP'lerin FTIR Analizi

AT-AgNP'lerin Antimikrobiyal Aktivite çalışması

Allium Turcicum endemik bitki türü ile elde edilen özüt ile sentezlenen AT-AgNP'lerin, antibiyotiklerin ve AgNO₃ çözeltilerinin patojen suşlar üzerindeki etkileri ayrı ayrı mikrodilüsyon yöntemi tekniği ile değerlendirildi. Çalışmada sentezlenen gümüş nanopartiküllerin sırasıyla *E.Coli*, *Bacillus Subtilis* ve *Candida Albicans* suşları üzerindeki etki değeri 4.4, 2.2 ve 1.1 olarak belirlenmiştir. Antibiyotiklere karşı kıyaslandığında gram pozitif bakteri suşunun ve candida labicans suşunun etkili olduğu tablo 1 'de verilmiştir. Sonuç olarak Bu çalışmada ise *Allium Turcicum* ekstraktının *Candida albicans* maya türünün gelişimini engellediği bulunmuştur. Benzer bir çalışmada, aynı bitki ekstraktının kullanıldığı ve 6 farklı bakteri türünün gelişimini değişik oranlarda engellediği rapor edilmiştir (Uzun ve ark., 2002). Diğer yandan, *Taraxacum revertens*, *Echium italicum*, *Verbascum varians*, *Ranunculus costantinopolitanus* ekstraktlarının hiçbirini kullanılan mikroorganizmalara karşı etki göstermemiştir.

Elde edilen sonuçlar, bitki ekstraktlarının çoğunun mikroorganizmalara karşı etkili antimikrobiyal maddeler içerebileceğini göstermektedir. Ancak, bitkilerin fitokimyasal özelliklerinin türden türe farklılık gösterdiği unutulmamalıdır. Bu nedenle, bazı bitki ekstraktlarının antimikrobiyal aktivite göstermemesi doğaldır. Ülkemizde doğal olarak yetişen bu tür bitkilerin belirlenmesi ve tıp ile endüstride kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması önemlidir.

Tablo 1. AT-AgNP'lerin MİK verileri(Başlangıç konsantrasyonu: 70 mg/mL)

Kullanılan Mikroorganizma	AT-AgNP'ler mg/mL	Antibiotik mg/mL
<i>Escherichia coli</i> ATCC25922	4.4	2
Bacillus subtilis ATCC 11774	2.2	4
<i>Candida albicans</i>	1.1	2

70 ppm mg/mL ile deney koşulları yapılmıştır.(ilk konsantrasyon)

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Nanopartiküllerin yeşil sentez yöntemlerine olan ilgi, çevre dostu ve ekonomik olmaları nedeniyle giderek artmaktadır. Yapılan çalışmalardan birinde, Allium turcicum bitki yapraklarından elde edilen özüt kullanılarak gümüş nanopartiküllerinin (AgNP'lerinin) sentezlenmesi ve karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen AgNP'lerinin 460.67 nm maksimum absorbansa ve 16.7 nm kristal boyuta sahip olduğu belirlenmiştir. Bu AgNP'lerinin ticari antibiyotiklere karşı daha düşük konsantrasyonlarda etkili olduğu ve yeşil sentez yöntemiyle elde edilen AgNP'lerin güçlü antibakteriyel etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Nanoteknolojik araştırmaların artmasıyla birlikte, sentezlenmiş AgNP'lerin çeşitli alanlarda kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Özellikle farmasötik ürünlerin üretiminde, ilaç sanayisinde, biyomedikal uygulamalarda ve endüstriyel ürünlerin geliştirilmesinde önemli bir role sahip olabilirler. AgNP'lerin antimikrobiyal özellikleri, yara iyileşmesi gibi alanlarda kullanımlarını desteklemektedir. Ayrıca, AgNP'lerin diğer nanopartiküllerle birleştirilmesi veya yüzey modifikasyonu gibi yöntemlerle özelliklerinin iyileştirilmesi ve çeşitli uygulamalarda daha etkin bir şekilde kullanılması da mümkündür.

Bu tür yeşil sentez yöntemleri, çevreye zararlı atık maddelerin kullanımını azaltarak sürdürülebilir bir geleceğe katkı sağlayabilir. Ancak, sentezlenen nanopartiküllerin toksisite ve biyolojik etkilerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle, nanopartiküllerin üretimi ve uygulamalarıyla ilgili olarak titiz bir risk değerlendirmesi yapılması önemlidir.

KAYNAKLAR

- Ağaçfıdan, A., Ani, Ö., Bal, Ç., Berkiten, R., Büyükbaba Boral, Ö., Bozkaya, E., Büget, E., Erturan, Z., Gürler, N., Ani Küçüker, M., Öner, Y.A., Töreci, K., Uzun, M., Yeğenoğlu, Y. 2005, *Tıbbi Mikrobiyoloji* 2. Ed., Emel Bozkaya (Editör), Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
- Akdemir, B., Güneş, S. and Genç, A., 2009, Artificial neural network training models in prediction of concrete compressive strength using euclidean normalization method, 3rd Int. Conf. on Complex Systems and Applications-ICCSA 2009, Le Havre-France, 160-165.
- Algüzey, A. K., 2021. Yeşil Kimya Nedir? Çevreyi, Yaşamı ve Sağlığı Korunmak İçin Kimya Yaklaşımlarımızı 12 İlke Çerçevesinde Nasıl Değiştirebiliriz?
- Andreotti F., A.P. Mucha, C. Caetano, P. Rodrigues, C. Rocha Gomes C.M.R. Almeida. (2015), *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120: p. 303-309.
- Anonim, 2006, *Tarım istatistikleri özeti*, DİE Yayınları, No;12, Ankara, 22-23.
- Anonymous, 1989, Farm accountancy data network, an A-Z of methodology” Commission Report of the EC, Brussels, 16-19.
- Asztemborska M., R. Steborowski, J. Kowalska G. Bystrzejewska-Piotrowska. (2015), *Water, Air, and Soil Pollution*, 226, (4).
- Ateş, M., Demir, V., and İmamoğlu, H., 2013, *Nanoparçacıkların özellikleri ve akuatik çevreye etkisi*, Ziraat Mühendisliği, (360), 52-59.
- Bayğu, G., 2020, *Cimin üzümü yaprağı kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle elde edilen gümüş nanopartikülünün genotoksik etkisinin kanat benek testi ile belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi.
- Beykaya, Ç., ve Çağlar A., 2016, Bitkisel Özütlere Kullanılarak Gümüş-Nanopartikül (AgNP) Sentezlenmesi ve Antimikrobiyal Etkinlikleri Üzerine Bir Araştırma, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3, 631 – 641.
- Corliss, R., 1993, *Pacific Overtures Times*, 142 (11), 68-70.
- Çeven, E. K., Necati, E. R., and Günaydın, G. K., 2021, Nanopartikül katkılı polimer yüzeylerin iletkenlik özelliklerinin optimizasyonu, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 26(1), 345-364.
- Dağ, B., 2022, *Stachys annua* kullanılarak gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezi, karakterizasyonu ve antioksidan aktivitesi, *Partikül Bilimi ve Teknolojisi*, 40:4, 512-520. DOI:10.1080/02726351.2021.1966689
- Dasgupta, D., 1998, *Artificial immune systems and their applications*, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg, 45-52.
- De Castro, L. N. and Von Zuben, F. J., 2000, Artificial immune systems: Part I- Basic theory and applications, DCA-RT 02/00, Brasil, 23-28.
- Demirdoven, J., & Karacar, P., 2016, *Yeşil Binalarda Nano Teknoloji, Uygulamaları ve Mimari Tasarım Üzerindeki Etkileri*.
- Devatha, C. P., & Thalla, A. K., 2018, Green synthesis of nanomaterials, *In Synthesis of inorganic nanomaterials* (s.169-184). Woodhead Publishing.

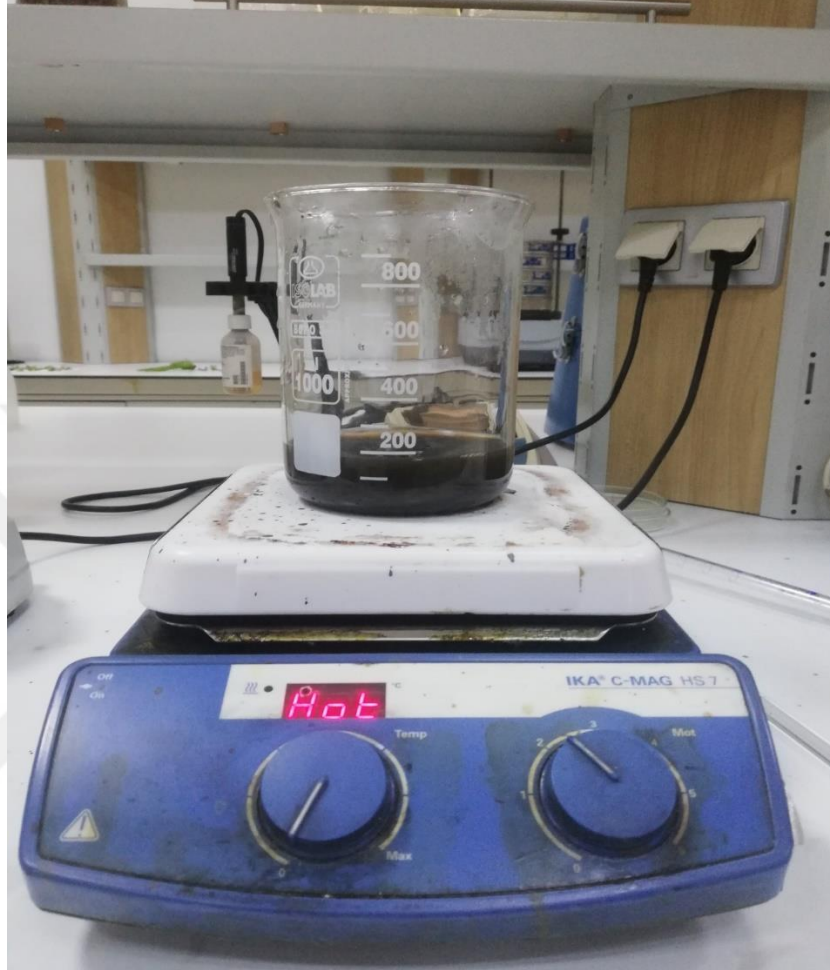
- Ediz, E., 2018, Phaseolus vulgaris l.'den gümüş nanopartiküllerin biyosentezi ve antifungal etkinliklerinin incelenmesi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.*
- Eren, A. & Baran, M. F. (2019). Green Synthesis, Characterization and Antimicrobial Activity of Silver Nanoparticles (AgNPs) From Maize (Zea Mays L.). *Appl Ecol Environ Res*, 17(2), 4097-4105.
- Eren, A., & Baran, M. F., 2019, Fıstık (Pistacia vera L.) Yaprğından Gümüş Nanopartikül (AgNP)'lerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Antimikrobiyal Aktivitesinin İncelenmesi, *Turk J Agric Res*, 6(2), 165-173.
- Eren, A., 2020, Biyolojik Olarak Sentezlenen Gümüş Nanopartiküllerin Buğday (Triticum aestivum L.) Tohumlarının Çimlenmesine Etkisi, *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(2), 358-365.
- Fırat Baran, M., 2019, Prunus avium kiraz yaprağı özütü ile gümüş nanopartikül (AgNP) sentezi ve antimikrobiyal etkisinin incelenmesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(1), 221-227.
- Friesen, N., Fritsch, R.M., and Blattner, F.R., 2006, Phylogeny and new intrageneric classification of Allium (Alliaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences, *Aliso* 22, 372–395.
- Gong, P., Li, H., He, X., Wang, K., Hu, J., Tan, W., Zhang, S., and Yang, X., 2007, Preparation and antibacterial activity of Fe₃O₄@Ag nanoparticles, *Nanotechnology*, 18, 285604-285611, 86.
- Güneş, S. ve Polat, K., 2009, Elektrokardiyogram (EKG) aritmi teşhisinde en az kareli destek vektör makinaları kullanımına dayalı medikal teşhis destek sistemi, 13. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT-2009, İstanbul, 170-173.
- Gürmen, S., Ebin, B., & İtü, M. (2008). Nanopartiküller ve üretim yöntemleri-1. *Metallurji Dergisi*, 150, 31-38.
- Hanks N.A., J.A. Caruso P. Zhang. (2015), *Journal of Environmental Management*, 164: p. 41-45.
- Holland, M., 2002, Guide to citing Internet sources [online], Poole, Bournemouth University, http://www.bournemouth.ac.uk/library/using/guide_to_citing_internet_sourc.html [Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2002].
- Hussain, S. M., Hess, K. L., Gearhart, J. M., Geiss, K. T., and Schlager, J. J., 2005, In vitro toxicity of nanoparticles in BRL 3A rat liver cells, *Toxicology In Vitro*, 19, 975-983.
- Jain, K. K., 2010, Advances in the field of nanooncology, *BMC medicine*, 8, 83.
- Karahan, H., and Çölgeçen, H., 2021, Gümüş nanopartiküllerinin biyosentezi ve biyosensör materyali olarak kullanımı, *Commagene Journal of Biology*, 5(2), 214-221.
- Kaya, E., & Özhatay, N., 2015, New geophytes from Turkey, *Chronica Horticulturae*, 55(4), 27-31.
- Kayser, F. H., Bienz, K. A., Eckert, J., and Lindenmann, J., 1997, *Tıbbi Mikrobiyoloji*, 8. Baskı, Mine Anğ Küçüker, Emel Tümbay, Özdem Anı (Editörler), Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, sf.153.

- KayTekeli, F. O., and Gokce, A. F., 2015, Endemic plants and wild Allium species in Turkey, In VII International Symposium on Edible Alliaceae 1143 (327-332).
- Korchagin, A.I., Kuksanov, N.K., Lavrukhin, A.V., Fadeev, S.N., Salimov, R.A., Bardakhanov, S.P., Goncharov, V.B., Suknev, A.P., Paukshtis, E.A., Larina, T.V., Zaikovskii, V.I., Bogdanov, S.V., Bal'zhinimaev, B.S., 2004: Production of silver nano-powders by electron beam evaporation, Vacuum ISSN 0042-207X, 77, 485–491.
- Kumar, V., Singh, D.K., Mohan, S., Gundampati, R.K., Hasan, S.H., 2017. Photoinduced green synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of *Physalis angulata* and its antibacterial and antioxidant activity. J. Environ. Chem. Eng. 5, 744–756.
- Maribel, G. G., Dille J. and Godet, S., (2008) Synthesis Of Silver Nanoparticles By Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity, Engineering And Technology, 33, 2070-3740.
- Mason, J., 1832, Map of the countries lying between Spain and India, 1:8.000.000, London: Ordnance Survey.
- Mittag, A., Schneider, T., Westermann, M. and Gleis, M., 2019. Toxicological assessment of magnesium oxide nanoparticles in HT29 intestinal cells. Archives of Toxicology, 93, 1491-1500.
- Mousavi, S. M., Hashemi, S. A., Ghasemi, Y., Atapour, A., Amani, A. M., Savar Dashtaki, A., and Arjmand, O., 2018, Green synthesis of silver nanoparticles toward bio and medical applications: review study, *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 46(3), S855-S872.
- Nartop, P., 2017, Biyosentetik gümüş nanopartiküllerinin *Pyracantha coccinea* bitkisinin gövde eksplantlarının yüzey sterilizasyonunda kullanımı, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6), 759-761.
- Nematollahi, F., 2015. Silver nanoparticles green synthesis using aqueous extract of *Salvia limbata* C. A. Mey. Research Paper. International Journal of Biosciences ISSN: 2220-6655 (Print), 2222- 5234(Online) <http://www.innspub.net> Vol. 6, No. 2, p. 30-35.
- Oyagi, M. O., Michira, I. N., Guto, P., Baker, P. G. L., Kamau, G., Iwuoha, I. 2014. Polydisperse Low Diameter 'Non-toxic' Silver Nanoparticles. Nano Hybrids Vol. 8 (2014) pp 57-72. Doi:10.4028. www.scientific.net/NH.8.57.
- Ozhatay, N., and Johnson, M. A., 1996, Some karyological remarks on Turkish Allium sect. Allium, Bellevalia, Muscari, and Ornithogalum subg. *Ornithogalum*. *Bocconeia*, 5, 239-249.
- Özbay, Y., 1999, EKG aritmilerini hızlı tanıma, Doktora Tezi, Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Batman, 10-15.
- Özdiñer, M., Durmuş, S., and Dalmaz, A., 2017, Magnetic spinel-type CoFe₂O₄ nanoparticles: synthesis and investigation of structural, morphological properties, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 311-315.
- Özgören, M., 2006, Flow Structure in the downstream of square and circular cylinders, Flow Measurement and Instrumentation, 17 (4), 225-235.
- Packia, L. N., Fazila, B. H. 2014. Green Synthesis of Silver Nanoparticle Using *Argyrea cymosa* (Roxb) Leaf Extract and its Antibacterial Activity. American Journal of

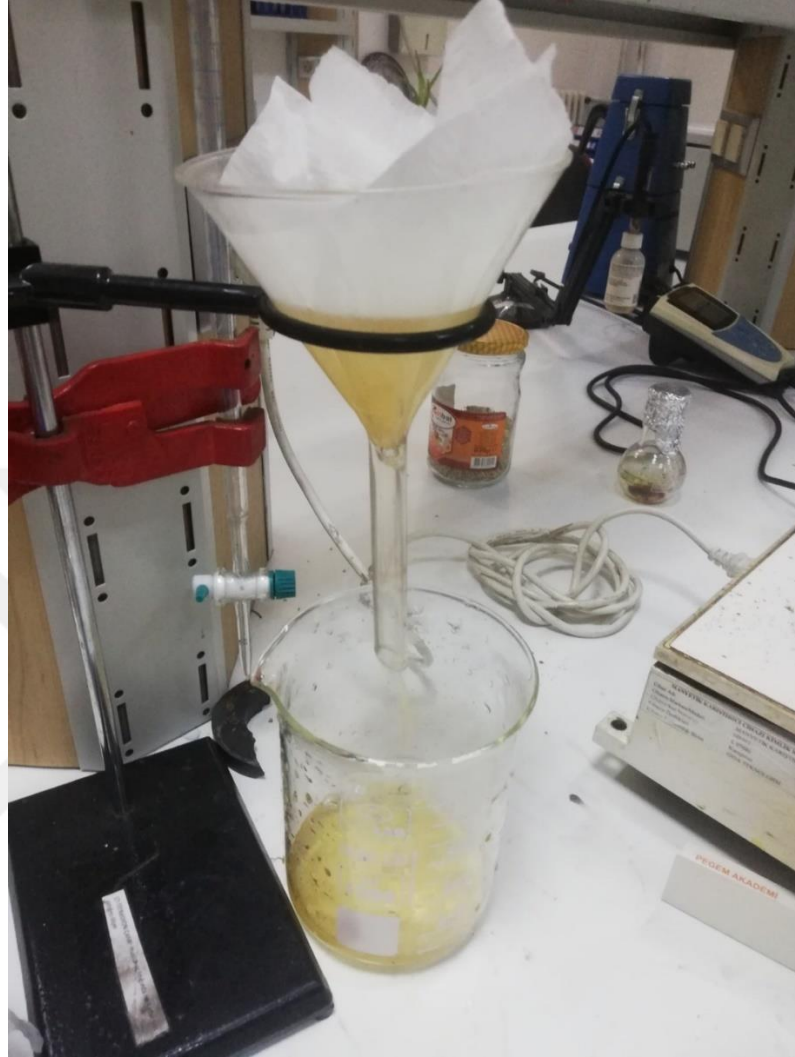
Ethnomedicine, Vol. 1, No. 4, 216-225 Available online at <http://www.ajethno.com>
© American Journal of Ethnomedicine.

- Pallela, P. N. V. K., Ummey, S., Ruddaraju, L.K., Pammi, S. V. N. & Yoon, S.G. (2018). Ultra Small, mono dispersed green synthesized silver nanoparticles using aqueous extract of *Sida cordifolia* plant and investigation of antibacterial activity. *Microbial Pathogenesis*, 124, 63-69.
- Panacek, A., Kvitek, L., Prucek, R., Kolar, M., Vecerova, R., Pizurova, N., Sharma, V. K., Nevecna, T., and Zboril, R., 2006, Silver colloid nanoparticles: Synthesis, characterization, and their antibacterial activity, *J Phys Chem B*, 110, 16248-16253.
- Patil M. P, Singh R. D, Koli P. B, Patil K. T, Jagdale B. S, Tipare A. R, Kim G. Do. 2018. Antibacterial Potential Of Silver Nanoparticles Synthesized Using Madhuca Longifolia Flower Extract as a Green Resource. *Microbial Pathogenesis*, 121: 184–189. doi:10.1016/j.micpath.2018.05.040.
- Portakal, O. (2008). Biyolojik ölçümler ve nanopartiküller. *Türk Biyokimya Dergisi*, 33(1), 35-38.
- Ramsden J., 2011, *Nanoteknolojinin esasları*, ODTÜ yayıncılık. ISBN: 978- 605-4362-48-6, Sözkese matbaacılık. Ankara.
- Saifuddin, N., Wong, C. W., Yasumira, A. A. 2008. Rapid Biosynthesis Of Silver Nanoparticles Using Culture Supernatant Of Bacteria With Microwave Irradiation. *E-Journal of Chemistry* Vol. 6(1): 61-70
- Saravanakumar, K., Chelliah, R., Shanmugam, S., Varukattu, N.B., Oh, D.H., Kathiresan, K., Wang, M.H., (2018). Green synthesis and characterization of biologically active nanosilver from seed extract of *Gardenia jasminoides* Ellis. *J. Photochem. Photobiol. B Biol.*
- Selvi, K. V., Sivakumar, T. 2014. Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles from *Fusarium oxysporum* Research Article. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* www.ijarbs.com. ISSN : 2348- 8069 Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.; 1(2):115-123. *Pachydermatis* Contains b-1,6- Linked Linear Galactofuranosyl Residues And Its Pharm Bio Sci. ISSN 0975-6299.5(1): P) 114 – 119.
- Shi, X., Wang, S., Duan X. and Zhang, Q., (2008). Synthesis of nano Ag powder by template and spray pyrolysis technology, *Materials Chemistry and Physics*, 112, 1110-1113.
- Simone-Finstron, M. D., and Spivak, M., 2010, Propolis and bee health: the natural history and significance of resin use by honey bees, *Apidologie*, 41, 295-311.
- Singh, A. K., Tiwari, R., Kumar, V., Singh, P., Riyazat Khadim, S. K., Tiwari, A., Srivastaka, V., Hasan, S.H. & Asthana, R. K. (2017). Photo-induced biosynthesis of silver nanoparticles from aqueous extract of *Dunaliella salina* and their anticancer potential. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 166, 202-211.
- Tian, B., Zheng, X., Kempa, T. J., Fang, Y., Yu, N., Yu, G., Huang, J., and Lieber, C. M., 2007, Coaxial silicon nanowires as solar cells and nanoelectronic power sources, *Nature*, 449, 885-9.

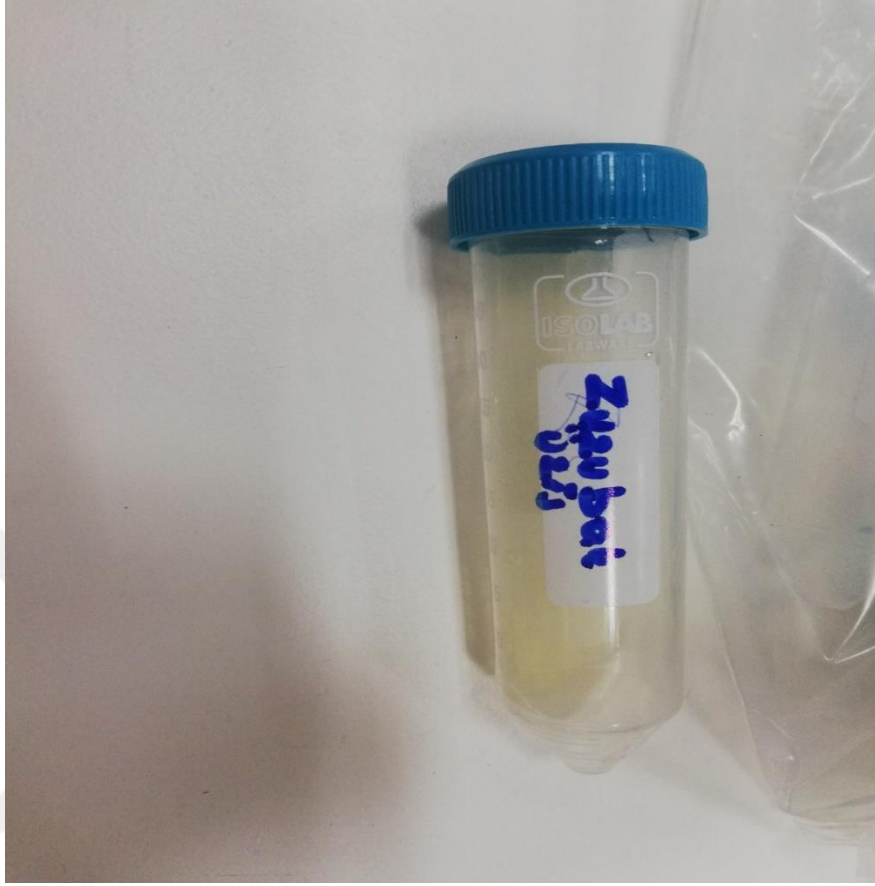
- Türken, T. (2013). Gümüş nanopartiküller ile kompozit ince boşluklu fiber (hollow fiber) membran üretimi, karakterizasyonu ve uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, Teknik Üniversitesi.
- Türker, M., (2002). Asal Gaz Yoğunlaştırma Metodu ile Nano boyutlu Ag Tozlarının "Üretimi ve Özelliklerinin Değerlendirilmesi, Turkish J. Eng. Env. Sci., 26, 147-154.
- Umaz, A., ve Koç, A., 2019, Yeşil Yolla Sentezlenmiş Metal Nanopartiküllerinin Biyomedikal Uygulamaları, *Fen Bilimleri ve Matematik Alanında Araştırma ve Derlemeler*, Bölüm 5, 79-90.
- Wilhelmi, V., Fischer, U., van Berlo, D., Schulze-Osthoff, K., Schins, R.PF. and Albrecht, C., 2012. Evaluation of apoptosis induced by nanoparticles and fine particles in RAW 264.7 macrophages: Facts and artefacts. *Toxicology in Vitro*, 26, 323-334.
- Wongpreecha, J., Polpanich, D., Suteewong, T., Kaewsaneha, C., & Tangboriboonrat, P. (2018). One-Pot, Large-Scale Green Synthesis of Silver Nanoparticles-Chitosan with Enhanced Antibacterial Activity and Low Cytotoxicity. *Carbohydrate Polymers*.
- Yakar, Z., 2018, Nanoteknolojinin Gelişimi, *Nanoteknoloji*, 1(1), 31-46.
- Yasin S, Liu L, Yao J. 2013. Biosynthesis of Silver Nanoparticles by Bamboo Leaves Extract and Their Antimicrobial Activity. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 1: 77–84. doi:10.3993/jfbi03201307
- Yavuz, İ., & Yılmaz, E. Ş. (2021). Biyolojik Sistemli Nanopartiküller. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 2(1), 93-108. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4843592>
- Zaidova, F., 2022, Katkı maddeleri kullanılarak polilaktik asitin fiziksel ve antimikrobiyal özelliklerinin artırılması, (*Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*). *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya*.

EKLER**Ek-1 AT-AgNP'lerin reaksiyon oluřtuktan sonraki hali.**

Ek-2 AT-AgNP'lerin indirgenmesinde kullanılan AT bitkisi özütünün eldesi



Ek-3 AT-AgNP'lerin indirgenmesi için kullanılan AT özütü.

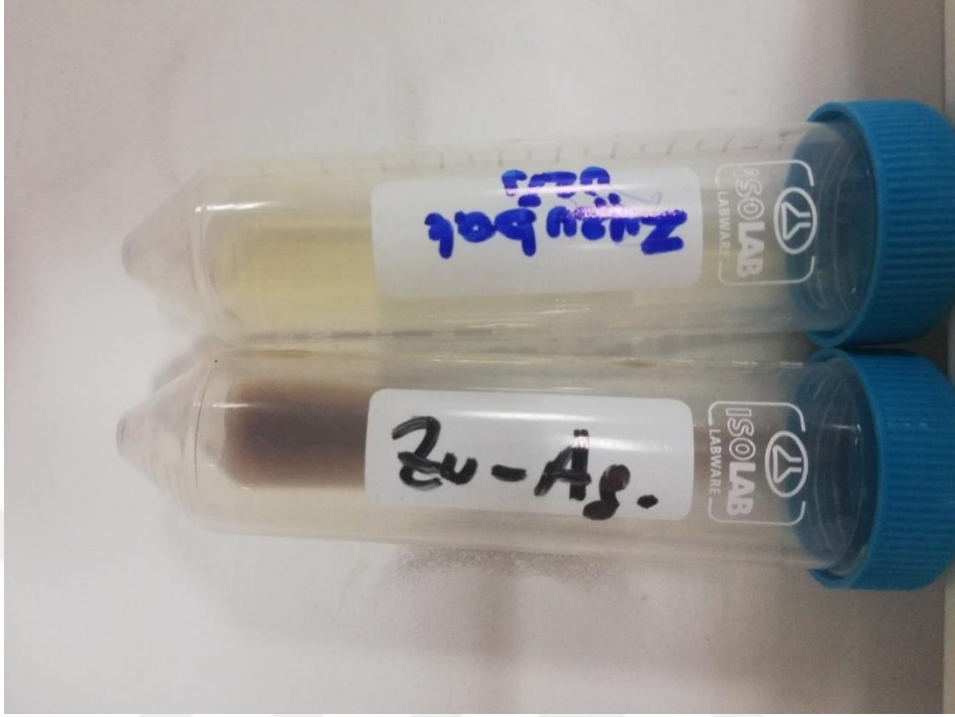


Ek-4 AT-AgNP'lerin çöktürme işleminde kullanılan santrifüj



Ek-5 AT-AgNP'lerin çöktürme işlemi

Ek-6 AT-AgNP'lerin oluřunda reaksiyon öncesi ve sonrası son hali



EK-7- AT bitkisinin görünümü



EK-8- AT (Zuzubak Bitkisi) görünümü

