



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MADIMAK (*Polygonum cognatum* Meissn.) EKSTRAKTI
KULLANARAK YEŞİL OLARAK SENTEZLENMİŞ GÜMÜŞ
NANOPARTİKÜLLERİN OPTİMİZASYONU VE BAZI
Phytophthora TÜRLERİNE KARŞI ANTİFUNGAL
AKTİVİTESİ**

YAREN GÜREL BİRSEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

ORDU 2024

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; 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 ederim.

YAREN GÜREL BİRSEN

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün B-2217 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

MADIMAK (*Polygonum cognatum* MEISSN.) EKSTRAKTI KULLANILARAK YEŞİL OLARAK SENTEZLENMİŞ GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN OPTİMİZASYONU VE BAZI *Phytophthora* TÜRLERİNE KARŞI ANTİFUNGAL AKTİVİTESİ

YAREN GÜREL BİRSEN

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 48 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Muharrem TÜRKKAN)

Mevcut çalışmada, gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) sentez etmek için indirgeyici olarak madımak (*Polygonum cognatum* Meissn.) bitki ekstraktı kullanılmıştır. Tepki Yüzey Metodolojisinin Box-Behnken Tasarımı, üretilen maksimum AgNP miktarını elde etmek için dört farklı sentez değişkeninin birleşik etkisini araştırmak için kullanılmıştır. AgNO₃ konsantrasyonu, bitki ekstraktı/AgNO₃ oranı, solüsyon pH'ı ve mikrodalga gücü sırasıyla 10 mM, 0.15, 9 ve 800 watt olduğunda, araştırılan aralıkta optimum AgNP üretimi elde edilmiştir. UV-Vis, FT-IR ve SEM-EDX analizi, sentezlenen AgNP'leri karakterize etmek için kullanılmıştır. *In vitro* deneylerde EC₅₀ değeri belirlenemeyen *Phytophthora citrophthora* dışında geri kalan tüm 6 *Phytophthora* türü (*P. cactorum*, *P. citrophthora*, *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. nicotianae* ve *P. palmivora*) için sentezlenen AgNP'lerin EC₅₀ değerlerinin 217.10 ile 511.83 µg ml⁻¹ arasında değiştiği ortaya çıktı. Diğer taraftan, tüm funguslar için MİK değeri 400 µg ml⁻¹'in üzerinde bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, Madımak-AgNP'lerin, *Phytophthora* hastalıklarının kontrolünde kullanılmak üzere daha fazla araştırılması gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Polygonum cognatum*, Gümüş nanopartikül, Box-Behnken Tasarım, *Phytophthora*, Toksisite.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF GREEN-SYNTHEZED SILVER NANOPARTICLES BY USING MADIMAK (*Polygonum cognatum* Meissn.) EXTRACT AND ITS ANTIFUNGAL ACTIVITY AGAINST SOME *Phytophthora* SPECIES

YAREN GÜREL BİRSEN

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

PLANT PROTECTION

MASTER THESIS, 48 PAGES

(SUPERVISOR: Prof. Dr. Muharrem TÜRKKAN)

The present study used Madımak (*Polygonum cognatum* Meissn.) plant extract as a reducing agent to create silver nanoparticles (AgNPs). The Box-Behnken Design of Response Surface Methodology was used to investigate the combined effect of four different synthesis variables in order to obtain the maximum amount of AgNPs produced. Optimal AgNP production was achieved within the investigated range when the AgNO₃ concentration, plant extract/AgNO₃ ratio, solution pH, and microwave power were 10 mM, 0.15, 9 and 800 watt, respectively. The UV-Vis, FT-IR, and SEM-EDX analysis were utilized to characterize the synthesized AgNPs. Additionally, it was revealed that the EC₅₀ values of AgNPs synthesized for the remaining 6 *Phytophthora* species (*P. cactorum*, *P. capsici*, *P. citrophthora*, *P. cinnamomi*, *P. nicotianae* and *P. palmivora*), except *P. citrophthora*, whose EC₅₀ value could not be determined in *in vitro* experiments, varied between 217.10 and 511.83 µg ml⁻¹. On the other hand, MIC values for all fungi were above 400 µg ml⁻¹. The results indicate that Madımak-AgNPs should be further investigated for use in the control of *Phytophthora* diseases.

Keywords: *Polygonum cognatum*, Silver nanoparticles, Box-Behnken Design, *Phytophthora*, Toxicity.

TEŞEKKÜR

Tez konunun belirlenmesi, çalışmanın planlanması, yürütölmesi ve yazımı esnasında desteğini esirgemeyen kıymetli danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Muharrem TÜRKKAN'a teşekkür ve saygılarımı sunarım. Laboratuvar çalışmalarının yürütölmesinde yanımda olan kıymetli hocam Arő. Gör. Uğur YİğİT'e çok teşekkür ederim. Tez çalıőmalarım sürecinde yanımda olan sevgili arkadaőım Zir. Müh. Buğra GÜVERCİN'e sevgilerimi ve teőekkürlerimi bildiririm. Ayrıca bu çalıőmayı destekleyen Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Aynı zamanda, maddi ve manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim babam Necip GÜREL, annem Duygu GÜREL, kardeőlerim Aydın GÜREL, Hazal Berrak GÜREL, Gizem GÜREL ve eőim Atakan BİRSEN'e teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
ÇİZELGE LİSTESİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1 Çalışmada Kullanılan Materyaller	17
3.1.1 Bitki Materyali	17
3.1.2 Kimyasallar, Besin Ortamları ve Funguslar	17
3.2 Çalışmada İzlenecek Yöntem.....	18
3.2.1 Bitki Materyalinin Kurutulması	18
3.2.2 Madımak Bitki Ekstraktının Elde Edilmesi	18
3.2.3 Mikrodalga Fırın ile Madımak-AgNP'lerin Sentezi	19
3.2.4 Madımak-AgNP'lerin Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu.....	20
3.2.5 Madımak-AgNP'lerin Karakterizasyonu	21
3.2.5.1 UV-Vis Spektroskopisi	21
3.2.5.2 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR)	21
3.2.5.3 Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM)	22
3.2.5.4 Madımak-AgNP'lerin Antifungal Aktivitelerinin Tespiti	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	25
4.1 Madımak-AgNP'lerin Mikrodalga Fırın ile Sentezi ve UV-Vis Analizi	25
4.2 Optimum Deney Koşullarının Tespiti	28
4.3 Modelin Doğrulanması	31
4.4 Optimum Noktanın Tespiti ve Geçerliliği	32
4.5 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analizi	33
4.6 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR)	33
4.7 Antifungal Etkinliğin Belirlenmesi	35
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	37
6. KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Sivas İli Zara İlçesi Deredam Köyünün Haritada Gösterimi.....	17
Şekil 3.2 Madımak Bitkisinin Araziden Toplanması (a) ve Kurutulması (b).....	18
Şekil 3.3 Madımak Bitki Ekstraktının Hazırlanması	19
Şekil 3.4 Madımak-AgNP'lerin Sentez Aşamaları	20
Şekil 3.5 UV-VİS Spektroskopisi	21
Şekil 3.6 FT-IR Analizi İçin Örneklerin Hazırlanması ve Kurutulması ve Örnek Okuması	22
Şekil 3.7 Sonikatörde Dispers Edilen Örneklerin Karbon	23
Bantlara Yüklenmesi ve SEM Cihazında Analizi	23
Şekil 4.1 Madımak Ekstraktı ile Yürütülen pH Çalışmalarının UV Spektrası	25
Şekil 4.2 Madımak-AgNP'lerin UV-Vis Spektrumları (a) ve (b) 350-420 nm Aralığındaki Alanları.....	28
Şekil 4.3 Gümüş Nitrat ve Mikrodalga Fırın Gücü Bağımsız Değişkenlerinin Madımak-AgNP Üretimi Üzerine Etkileri	31
Şekil 4.4 Madımak-AgNP Üretiminde Deneysel ve Tahmini Üretim Verilerinin Uyumluluğu.....	32
Şekil 4.5 Optimum Madımak-AgNP Sentezi İçin Belirlenen İstenirlik Derecesi	33
Şekil 4.6 Madımak-AgNP'lerin SEM Görüntüsü.....	33
Şekil 4.7 Madımak Ekstraktı (a) ve Madımak-AgNP (b) FT-IR Spektrumu	35

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 Box Behnken Tasarımı ile Gerçekleştirilen Deneysel Çalışmalar	29
Çizelge 4.2 BBD Modeline İlişkin İstatistikler.....	29
Çizelge 4.3 Quadratik Modele Ait ANOVA Verileri	30
Çizelge 4.4 <i>Phytophthora</i> 'lara Karşı Madımak-AgNP'lerin Toksisitesi.....	36

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

μ l	: Mikrolitre
$^{\circ}$ C	: Santigrat
Ag	: Gümüş
AgNO ₃	: Gümüş nitrat
AgNP	: Gümüş nanopartikül
Dk	: Dakika
DLS	: Dinamik ışık saçılım spektrometresi
EDX	: Enerji Dağılımı X Işını Analizi
FT-IR	: Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi
HCl	: Hidroklorik asit
L	: Litre
μ g	: Mikrogram
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mM	: Milimolar
NaOH	: Sodyum hidroksit
pH	: Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)
rpm	: Revolution Per Minute (Dakikadaki devir sayısı)
SEM	: Taramalı elektron mikroskop
sn	: Saniye
TEM	: Geçirimli elektron mikroskop
UV – Vis	: Ultraviyole ve görünür ışık
W	: Güç
XRD	: X –Işınları Kırınım Difraktometresi

1. GİRİŞ

Ülkemiz gerek coğrafi gerekse ekolojik koşullar nedeniyle oldukça zengin bir bitki florasına sahiptir (Avcı, 2012). Farklı bölgelerin kendine özgü iklimi orada yetişen bitkilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir (Okçu ve Kaplan, 2018). Türkiye’de yaklaşık 12.000 bitki varlığı bildirilmiş olup, bu rakam Avrupa kıtasının tümünde bildirilen bitki türüne yakındır (Günel, 2013). Ayrıca ülkemizde tespit edilen bitki türlerinin yaklaşık %30’u da endemik türlerdir (Çakılcıoğlu ve Türkoğlu, 2010).

Madımak (*Polygonum cognatum* Meissn.), Polygonaceae familyasına ait çok yıllık bir bitki olup, ülkemizde geniş bir coğrafyada yayılım göstermektedir (Murathan, 2018; Eruygur ve ark., 2020). Orta Anadolu’da Nisan ayı başlarından itibaren kırlarda, yol ve tarla kenarlarında 720-3000 m yüksekliklerde görülmektedir (Saraç ve ark., 2018). Özellikle Sivas, Tokat ve Amasya illerinde madımak bitkisinin genç yaprakları insanlar tarafından ilkbaharda toplanıp yoğun olarak tüketilmektedir (Yıldırım ve ark., 2003). Madımak bitkisinin antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelere sahip olduğu ve çeşitli hastalıkların tedavisinde etkin bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir (Demir, 2006; Önen ve ark., 2014). Ayrıca alternatif tıpta ağrı kesici, yara iyileştirici ve diüretik olarak da kullanılmaktadır (Ulusoy ve ark., 2018).

Madımak fenolik içerik bakımından da oldukça zengin olup, özellikle Orta Anadolu ve Orta Karadeniz Bölgeleri’nden toplanan bitki örneklerinde ana fenolik bileşiklerin rutin ve kafeik asit olduğu rapor edilmiştir (Murathan, 2018; Marangoz, 2020). Ayrıca madımakta flavonoid, kumarin, aromatik asit, antrakinon ve seskiterpenoid varlığı da bildirilmiştir (Ulubelen ve ark., 1992).

Bitkiler, çeşitli bitki hastalıklarını ve zararlılarını kontrol etmek için kullanılan birçok farklı biyoaktif bileşik içeren değerli kaynaklardır (Alamri ve Moustafa, 2012; Lin ve ark., 2000). Günümüzde farklı bitkilerin ekstraktları metalik nanopartiküllerin sentezinde indirgeyici ve kaplayıcı etken olarak kullanılmaktadır (Valli ve Vaseeharan, 2012).

“Nano” ön eki Yunancada “çok kısa adam” olarak ifade edilen nannos kelimesinden türemiştir. Kökene bakıldığında ise “Nano” ön eki ölçü sisteminde bir

birim olduğu gör÷lmektedir. “Nano” bilimsel birimlerde temel birimin milyarda biri olarak ifade edilmektedir (Allhoff ve ark., 2017).

Nanobilim esasen, ünlü fizikçi Richard Feynman’ın daha ortada henüz nanoteknoloji terimi yokken, 1959 yılında gerçekleştirilen Amerikan Fizikçiler Derneği [California Institute of Technology (CalTech), USA, 29 Aralık 1959] toplantısında «Altta çok yer var» başlıklı sunumu ile gündeme gelmiştir. Feynman, özetle bu sunumunda, ayrı ayrı atomların ve moleküllerin manipüle edilebileceğinden bahsetmiştir (Çelebi, 2022). 1974 yılında Dr. Norio Taniguchi (Prof. Dr., Tokyo University of Science)’nin nanometre düzeyinde hassas kontrol gerektiren yarı iletken süreçleri tanımlamak için “Nanoteknoloji” terimini ortaya koymuştur. “Nanoteknoloji”, esas olarak, malzemelerin bir atom veya bir molekül tarafından ayrılması, konsolidasyonu ve deformasyonunun işlenmesinden oluşmaktadır. Daha sonra Binning ve Röhrer (1981)’in atomları ayrı ayrı görüntüleyebilen taramalı tünel mikroskopunu geliştirmesiyle de modern nanoteknoloji başlamıştır.

Nanobilim veya nanoteknoloji, oldukça küçük (1-100 nm aralığında) malzemelerin çalışılması ve kullanılmasını gerektiren başta fizik, kimya, biyoloji ve mühendislik bilimleri olmak üzere çok disiplinli bilimlerden ortaya çıkan en son gelişmiş bilim dallarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu yenilikçi bilim dalından çeşitli endüstriyel alanların yanı sıra son yıllarda tarım alanında (nanogübre, nanobiyosensör ve nanopestisit geliştirilmesinde) da faydalanılmaktadır (Hakan ve ark., 2015).

Nanopartikül (NP) sentezinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerden yararlanılmaktadır. Ancak hem fiziksel hem de kimyasal yöntemlerin çeşitli handikaplarından dolayı, nanopartiküllerin üretiminde alternatif yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Yavuz ve ark., 2021). Günümüzde metal NP’lerin, özellikle gümüş (Ag) nanopartiküllerin tüm bitki ya da bitki kısımları (yaprak, çiçek, meyve, kabuk, kök, rizom, yumru ve tohum) aracılığı ile üretimi biyonanoteknoloji alanında çalışan araştırmacılar tarafından oldukça fazla ilgi görmektedir. Bu çalışmada Sivas ilinin doğal bitki örtüsünde mevcut olan madımak bitkisinin ekstraktları kullanılarak yeşil sentez yoluyla AgNP’ler sentez edilmiştir. Bitkiler, biyoyumluluk ve ölçeklenebilirlik gibi bazı gelişmiş özelliklere sahip olduğundan bu metalik NP’lerin

üretimi için oldukça iyi bir seçenek haline gelmektedir. Ayrıca doğal indirgeyici ve kaplayıcı faktörler olan birincil (aminoasitler, yağlar, şekerler, fitosteroller, vitaminler vs.) ve ikincil (alkoloidler, terpenoidler, tanninler, fenolik bileşikler, heterosiklik bileşikler, tanninler ve resinler vb.) metabolitlere sahip olduklarından, metalik NP biyosentez süreci daha kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Bunun yanı sıra, NP'lerin sentez sürecini hızlandırmak için indirgeyici ortamda evrensel bir çözücü olarak kabul gören su kullanılmaktadır (Çiftçi ve ark., 2021).

Bitkiler aracılığı ile metalik NP sentez süreci üzerine sıcaklık önemli bir etkiye sahip olup, hem partikül morfolojisi hem de sentez verimliği üzerine etki ederken aynı zamanda NP üretim sürecini hızlandırmaktadır. Bu amaçla mevcut çalışmada, sentez koşullarının iyileştirilmesi ve zamandan tasarruf ederek yüksek verimde NP üretimi gerçekleştirmek için mikrodalga fırın kullanılmıştır. Geleneksel ısıtma yöntemlerinin aksine, dielektrik ısıtma ile enerji, seçici olarak manyetik dalgayı absorbe eden ürüne aktarılarak ısıtma tüm hacimde aynı anda ve eşit şekilde gerçekleştirilmektedir. Ayrıca elektromanyetik dalganın madde tarafından absorbe edilmesi sonucu ısıtma işlemi daha hızlı ve daha verimli bir şekilde sağlanarak reaksiyon süresi ve kullanılan enerji miktarındaki azalma NP sentezini olumlu yönde etkilemektedir. Böylece mikrodalga uygulaması ile hem NP oluşum hızı ve verimliliği artırılabilecek hem de NP boyut dağılımının iyileştirilmesi sağlanmış olacaktır (Beykaya, 2016).

Bu çalışmada madımak bitkisinin ekstraktları kullanılarak üretilen AgNP'lerin sentez süreci üzerine etki eden faktörlerin incelenmesinde, Yanıt Yüzey Metodolojisi (RSM) yöntemi ilk defa kullanılacaktır. İstatistiksel ve grafiksel bir teknik olan RSM, çeşitli modeller [Merkezi Kompozit Tasarım (Central Composite Design, CCD), Box-Behnken Tasarım (Box-Behnken Design, BBD) ve Optimal tasarım (Optimal Design, D ya da I-Optimal)] tasarlamak için evrensel olarak kullanılan uygulanan bir yöntem olup, bir yanıtın ikincil metabolitlerin üretimi için çeşitli faktörlerden yüksek oranda etkilendiği en önemli sorunları analiz eder. Bu sayede RSM, NP sentez sürecine etki eden faktörleri ve bunların etkileşimlerini belirlemeye, optimal koşulları incelemeye, faktörlerin optimum seviyesini hesaplamaya ve daha az sayıda deney ile maksimum üretimi sağlamaya yardımcı olmaktadır (Ergül, 2019).

Çalışmada optimum koşullarda madımak bitki ekstraktı kullanılarak sentez edilen AgNP'lerin seçilen spektral pik absorbans değerleri UV-Vis Spektroskopisi (UV-Visible Spectroscopy, UV-Vis) ile 200-700 nm dalga boyu aralığında belirlendikten sonra, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) ve Taramalı Elektron Mikroskopu (Scanning Electron Microscopy, SEM) kullanılarak karakterizasyonları yapılmıştır. Böylece sentez edilen AgNP'lerin morfolojik, moleküler yapı ve diğer özellikleri ayrıntılı bir şekilde ortaya konmuştur.

Fungal bitki hastalıkları dünyada ve ülkemizde bitkisel üretimi ve verimi sınırlayan en önemli biyotik etmenler arasında yer almaktadırlar. Bu hastalık etmenlerinden *Phytophthora* cinsine ait türler kozmopolit olup, tüm dünyada çeşitli tarım ve orman alanlarında yaygınlık göstermektedirler. Ülkemizde çeşitli tek ve çok yıllık bitkilerde (biber, domates, kivi, nar, vişne, avakado vb.) kök ve gövde çürüklüğüne neden olan *Phytophthora* (*P. cactorum*, *P. capsici*, *P. cinnomami*, *P. citrophthora*, *P. palmivora* ve *P. nicotianae*) türleri rapor edilmiştir. Bu hastalıkların mücadelesinde kültürel önlemlerinin yanı sıra sanitasyon tedbirleri önerilmektedir (Agrios, 2005). Ancak bu hastalıkların bazılarının mücadelesinde kullanılabilecek ruhsatlı fungusitler mevcuttur. Dolayısıyla, bu hastalıkların mücadelesinde alternatif mücadele yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Mevcut çalışmada, optimum koşullarda madımak bitki ekstraktı aracılığı ile sentez edilen AgNP'lerin bu funguslar (*P. cactorum*, *P. capsici*, *P. cinnomami*, *P. citrophthora*, *P. palmivora* ve *P. nicotianae*) üzerindeki antifungal etkinlikleri *in vitro* testlerle araştırılmıştır. *In vitro* denemelerde, AgNP'lerin fungusların miselyal gelişmelerini %50 oranında engelleyen konsantrasyon (EC₅₀, lethal konsantrasyon) ve minimum engelleyici konsantrasyon değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, sentetik fungusitlere alternatif olabilecek yeşil olarak sentez edilmiş AgNP'ler ile *Phytophthora* türlerine karşı daha etkili ve ekonomik bir mücadele yöntemi geliştirilmeye çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gümüş tuzları (AgNO_3 , AgCl ve Ag_2SO_4 gibi) kullanılarak gümüş (Ag) nanopartikül (NP)'lerin sentezi, çok sayıda bitkinin çeşitli kısımlarından elde edilen ekstraktlar kullanılarak günümüze kadar hem geleneksel ısıtma hem de mikrodalga yöntemiyle yapılmıştır. Bitki ekstraktları kullanarak AgNP sentezinde temel olarak, belirli oranlardaki Ag tuz çözeltilerine bitki ekstraktları eklenerek, ekstrakta bulunan birincil ve ikincil metabolitlerin Ag^{+1} iyonlarının Ag^0 değerliğine indirgenmesi sonucunda oluşmaktadır. Gümüş tuz çözeltileri ile bitki ekstraktları kullanılarak AgNP sentez edildikten sonra karakterize edilen NP'lerin antimikrobiyal aktivitelerin değerlendirildiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Yapılan çalışmalarda NP'lerin morfolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin antimikrobiyal etkinlikleri için oldukça kritik bir role sahip olduğu belirlenmiştir. Genelde küçük boyut dağılımına sahip NP'lerin, yığın halde (agregatlaşmış) olanlara kıyasla daha yüksek reaktif yüzey/hacim oranına sahip olduğu gözlenmiştir. Küçük NP'lerin bu ayırt edici özelliği, hücresel yapılarla etkileşimlerini kolaylaştırdığından, mikrobiyal hücrelerde daha güçlü antimikrobiyal etki gösterdikleri belirlenmiştir. Ayrıca AgNP'lerin CuNP'lerden daha güçlü antimikrobiyal etkinlik göstermesi de bununla ilgili olabileceği rapor edilmektedir (Buzea ve ark., 2007; Jia ve ark., 2012; Jahan, 2019).

Oda sıcaklığında yapılan bir çalışmada, Paulkumar ve ark., (2013) *Piper nigrum* (Karabiber) bitkisinin 10 ml yaprak ve gövde ekstraktı ile AgNP elde etmek için, 90 ml AgNO_3 (1 mM) çözeltisine ayrı olarak yaprak ve gövde ekstraktı eklediklerinde solüsyonun renginin soluk sarıdan kahverengine döndüğünü gözlemlemişlerdir. UV-Vis spektroskopisi oluşan NP'lerin 460 nm'de pik verdiğini ve sentezin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermiştir. Ayrıca sentezlenen AgNP'lerin, bitki patojeni *Citrobacter freundii* ve *Erwinia cacticida*'ya karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir.

Karuppiyah ve ark., (2013) *Ixora coccinea* (Orman geranyumu) yaprak ekstraktını AgNP'lerin yeşil sentezinde indirgeyici etken olarak kullanmışlardır. Geleneksel yöntemlerle oda sıcaklığında ekstrakta AgNO_3 eklenmişler ve solüsyon renginin koyulaşması ile sentezin gerçekleştiğini makroskopik olarak belirlemişlerdir.

Ultraviyole görünür spektroskopisinde (UV-Vis) NP'lerin 430 nm dalga boyunda pik verdiğini gözlemlemişlerdir.

Prunus avium (Kiraz) bitkisinin yaprak ekstraktı (%25) ile 1 mM AgNO₃'ı karıştırarak oda sıcaklığında AgNP sentez edilmiştir. UV-Vis spektrofotometrede Kiraz - AgNP'lerin 427 nm'de maksimum absorbanza sahip olduğu gözlemlenmiştir (Fırat, 2019).

Azarbani ve ark., (2020) *Ferulago macrocarpa* (Kocakişniş) bitkisinin çiçek özütü kullanılarak AgNO₃ çözeltisinden sentezlenen AgNP'leri karakterize etmek için UV-Vis, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR), Taramalı elektron mikroskobu (SEM), Enerji dağılımı X ışını analizi (EDX) ve X-Işınları Kırınım Difraktometresi (XRD) analizleri kullanmışlardır. AgNP sentezi için optimum koşulların 1 mM AgNO₃, pH 11, sıcaklık 80°C ve inkübasyon süresi 2,5 saat şeklinde olduğunu bildirmişlerdir. Koyu kahverengi renk oluşumu ile UV-Vis'te 429 nm'de karakteristik bir pik veren NP'lerin küresel şekilli ve ortalama boyutu 17 nm olarak gözlemlenmiştir.

Jebril ve ark., (2020) *Melia azedarach* (Tespah ağacı) yaprağı ekstraktı ile AgNO₃ 10 dk boyunca karıştırılmasıyla (laboratuvar koşullarında) sentez ettikleri AgNP'lerin reaksiyon sonunda açık sarıdan gümüş kahverengiye döndüğünü ve UV-Vis'te 400 nm'de pik verdiğini tespit etmişlerdir. AgNP'lerin SEM analizleri NP'lerin boyutlarının 18-30 nm arasında ve küresel olduğu belirlenmiştir. Ayrıca *in vitro*'da AgNP'lerin 60 ppm konsantrasyonu *Verticillium dahliae*'nin miselyal büyümesini önemli ölçüde azalttığı ve *in vivo*'da 20 ppm konsantrasyonda, inoküle edilmiş-kontrol ile karşılaştırıldığında *Verticillium* solgunluk şiddetini sırasıyla %87 ve %97 oranında azaltmıştır.

Ghojavand ve ark., (2020) *Teucrium polium* (Acıyavşan) bitkisinin sap ve çiçeklerini kullanarak AgNP'lerin yeşil sentezini, oda sıcaklığında (22 °C), 15 dakika süreyle, pH 6'da ve 7.5 mM AgNO₃ konsantrasyonunda gerçekleştirmişlerdir. AgNP'lerin UV-Vis spektroskopisi'nde yaklaşık 450 nm'de pik verdiği gözlenmiştir. XRD, DSL, FE-SEM ve SEM analizlerine göre, NP'ler küresel ve 10-100 nm boyuta sahip olduğu belirlenmiştir.

Başka bir çalışmada Erenler ve ark., (2021) *Tagetes erecta* (Kadife çiçeği) bitkisini 55°C’ de 2 saat kaynattıktan sonra elde ettikleri ekstraktı AgNO₃ çözeltisine ekleyerek 60°C’de 2 saat karıştırılması ile sentez edilen AgNP’lerin UV-Vis spektroskopisinde 422 nm’de pik verdiği gözlenmiştir.

Rahman ve ark., (2023) *Rhazya stricta* (Cüce çalısı) bitkisinin ekstraktını kullanarak AgNP’lerin sentezini, farklı oranlarda AgNO₃ (0.5, 0.7, 1.0 ve mM) ile %1 bitki ekstraktı çözeltisi içerisinde, 70°C’de 15 dakika boyunca sürekli karıştırarak gerçekleştirmişlerdir. AgNP’lerin oluşumu, solüsyondaki renk değişikliği ile gözlendikten sonra UV-Vis spektrofotometrede 490-560 nm’de yüzey plazmon rezonansını (SPR) değeri verdiği belirlenmiştir. FESEM analizleri AgNP’lerin ortalama boyutunun 20-35 nm arasında değiştiğini ve küresel olduğunu göstermiştir.

Mikrodalga destekli bir çalışmada Yallappa ve ark., (2013) *Acacia farnesiana* (Tatlı akasya) tohumu ekstraktını, mikrodalga ışınımı altında AgNP eldesi için kullanmışlardır. AgNP’lerin SPR zirvesinin 450 nm’de olduğu UV-Vis’ te ortaya konmuştur.

Hafez ve ark., (2017) *Morus nigra* (Karadut) bitkisinin yaprak ekstraktı ile sentez ettikleri AgNP’lerin UV-Vis’te 425 nm’de pik verdiğini ve parçacık boyutlarının 4-8 nm arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca AgNP’lerin, *Aspergillus flavus*, *A. terreus*, *Fusarium oxysporum*, *F. verticillioides* ve *Penicillium carryophylum*’a karşı antifungal aktivite belirlenmiştir.

Eraslan (2020), *Daphne oleoides* (Gövcek) bitkisinden yeşil sentez yöntemiyle elde ettiği AgNP’lerin UV- Vis’te 430 nm’de pik verdiği ve TEM’de ortalama boyutu 25 nm olan küre şeklindeki NP’leri ortaya çıkarmıştır.

Aslan (2022), *Anchussa officinalis* (Sığırdili) bitkisinin yapraklarını indirgeyici etken olarak kullanarak sentezlediği AgNP’lerin, UV-Vis’te 466 nm’de belirgin SPR değeri verdiğini belirlemiştir. XRD ve SEM-EDX analizleri AgNP’lerin kübik ristal yapıda olduğu ortaya koymuştur.

Narayanan ve ark., (2021) *Ctenolepis garcini*’nin yaprak ekstraktından sentezlenen AgNP’lerin, UV-Vis’te 415 nm’de pik verdiğini gözlemlemişlerdir. NP’lerin TEM analizinde 20–50 nm boyutunda ve kübik şekilli partiküller gözlemlenmiştir. Sentezlenen bu AgNP’ler, I-IV dönem *Aedes aegypti* (Sarı humma

sivrisineği) larvalarına karşı bir böcek öldürücü aktivite ve *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Shigella boydii*'ye karşı iyi antibakteriyel aktivite göstermiştir.

Abelmoschus esculentus (Bamya) yaprak ekstraktı kullanılarak sentezlenen AgNP'ler UV-Vis spektrofotometre 431 nm'de pik yaptığı gözlemlenmiştir. AgNP'lerin morfolojik yapılarının küresel olup, boyutunun 19.05 nm olduğunu ortaya konmuştur (Hatipoğlu, 2021).

Bir başka çalışmada Rajkumar ve ark., (2020) *Gymnema sylvestre* (Gurmar) yaprak ekstraktından elde ettikleri AgNP'lerin UV-Vis'te 442 nm'de pik verdiğini belirlemişlerdir. XRD analizi, sentezlenen AgNP'lerin yüz merkezli kübik yapıya sahip olduğunu göstermiştir. TEM çalışmaları ise, sentezlenen AgNP'lerin çoğunun küresel şekilli ve ortalama parçacık boyutunun 20-30 nm arasında olduğunu göstermiştir. Ayrıca sentez edilen AgNP'ler hem *Staphylococcus aureus* hem de *E. coli*'nin gelişimi üzerinde antibakteriyel aktivite göstermiştir.

Rumex acetosella (Kuzukulağı) bitkisi ekstraktı ile sentez edilen AgNP'lerin 476 nm'de maksimum absorbanza sahip olduğu ve şeklinin küresel, beşgen veya altıgen şekilde olup, 29.16 nm boyutunda olduğu belirlenmiştir (Aktepe ve ark, 2022).

Mikroalga destekli yapılan bir çalışmada, Parveen ve ark., (2016) *Fraxinus excelsior* (Adi dişbudak) yaprak ekstraktı kullanılarak sentezledikleri AgNP'lerin UV-Vis'te 425 nm'de karakteristik bir SPR absorpsiyon değeri verdiğini belirlemişlerdir.

Singh ve ark., (2016) *Origanum majorana* (Mercankök) ve *Citrus sinensis* (Portakal) bitkilerinin yapraklarını kullanarak mikroalga yöntemi ile AgNP'ler sentez etmişler ve sentezlenen NP'lerin *E. coli* ve *Bacillus subtilis* patojenlerine karşı güçlü bir antibakteriyel aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Eshghi ve ark., (2018) ise indirgeyici etken olarak kullandıkları *Juglans regia* (Ceviz) yaprak ekstraktları ile mikroalga kullanarak sentez ettikleri AgNP'lerin parçacık boyutunu ortalama 168 nm olarak belirlemişlerdir. Sentez edilen AgNP'ler hem Gram negatif *E. coli* hem de pozitif *S. aureus* bakterilere karşı değerlendirilmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Jahan ve ark., (2019) yaptıkları bir çalışmada *Rosa santana* (gül) bitkisinin yapraklarından elde ettiği ekstrakt ile mikrodalga kullanarak AgNP'ler sentez etmişlerdir. Elde edilen NP'lerin ortalama 14.48 nm boyutunda ve yüz merkezli kübik yapıya sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca AgNP'lerin hem Gram-negatif hem de Gram-pozitif bakterilere karşı iyi bir büyüme engelleyici olduğu belirlenmiştir.

Tormena ve ark., (2020) *Handroanthus impetiginosus* bitkisinin kabuklarının ekstraktını indirgeyici etken olarak kullandıkları mikrodalga destekli sentezde, AgNP'lerin 13.4 nm boyutunda ve küresel formda olduğunu belirlemişlerdir.

Anis ve ark., (2023) *Ananas comosus* (Ananas) yaprak atıklarını kullanarak mikrodalga yöntemi ile sentez ettikleri AgNP'lerin, UV-Vis spektrofotometresinde 400-500 nm aralığında bir absorpsiyon piki verdiğini, FE-SEM'de boyutlarının 40-150 nm arasında değiştiğini ve altıgen küresel şekilli yapılar sergilediğini göstermişlerdir. Ayrıca klasik yöntemle mikrodalga ile sentez edilen AgNP'lerin *E. coli*, *B. subtilis* ve *S. aureus*'a karşı daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Kocazorbaz (2021), *Euphorbia rigida* (Sütleşen)'nin yaprak ekstraktı kullanılarak elde edilen AgNP'lerin boyutlarının 50-75 nm arasında değiştiğini ve küresel şekilli olduğunu belirlemiştir. Ayrıca AgNP'ler çeşitli patojenlere (*E. coli*, *S. aureus*, *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus epidermidis*, *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium*, *Listeria monocytogenes* ve *C. albicans*) karşı güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermiştir.

Kumavat ve ark., (2021) *Borago officinalis* (Hodan) bitkisinin yaprak ekstraktını kullanarak sentez ettikleri AgNP'lerin 433 nm'de pik verdiğini ve küresel şekilli olup, ortalama parçacık boyutunun yaklaşık 22 nm olduğu belirlemişlerdir. AgNP'ler, *E. coli* bakterisine karşı 8 mm'lik bir inhibisyon zonu ile antimikrobiyal aktivite göstermişken ve *Salmonella typhi*, *B. subtilis* ve *S. aureus*, *A. flavus* gibi diğer patojenlere karşı herhangi bir engelleme göstermemiştir.

Yavuz ve ark., (2023) *Ocimum basilicum* (Fesleğen)'in yaprak ve baharatının ekstraktları farklı konsantrasyonlarda kullanılarak elde edilen AgNP'lerin boyutları, yapraktan olanların 138.3 nm, baharattan olanların ise 188.6 nm çapında olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma sırasında sentezlenen tüm AgNP'lerin A549 (akciğer kanser hücresi hattı) hücreleri üzerinde antikanser aktivitesi incelendiğinde, 2.5 ve 3.25 mg

ml⁻¹ konsantrasyonları aralığında, bekletilmeden kullanılan yaprak fesleğen AgNP'lerinin daha fazla antikanser etki sağladığı görülmüştür.

Purohit ve ark., (2022) *Buchanania lanzan* (Charoli ağacı) yaprak ekstraktı 0.5 mM AgNO₃ ile karıştırılmış ve 70°C'de 1 saat süreyle inkübe edilmiştir. Sentezlenen AgNP'ler, UV-Vis spektroskopisi, XRD, DLS, TEM ve SEM kullanılarak karakterize edilmiştir. UV-Vis spektrumun maksimum absorpsiyonu 420-430 nm aralığında elde edilmiştir. SEM ve TEM sonuçları, parçacıkların boyutunun 23-62 nm, küresel, kristal, eşit şekilde dağılmış ve -27,6 mV zeta potansiyeli ile negatif yüklü olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca AgNP'lerin antifungal aktiviteleri iki fitopatogenik fungus olan *Rhizoctonia solani* ve *F. oxysporum*'a karşı değerlendirilmiştir. Her iki patojene karşı maksimum misel inhibisyonu oranı AgNP'lerin 150 ppm konsantrasyonunda elde edilmiştir.

Ölçekçi (2022), indirgeyici etken olarak *Diospyros kaki* (Cennet hurması) meyvesinin yapraklarından elde edilen ekstraktı ile 5 mM AgNO₃ kullanarak AgNP sentez etmiş ve NP'leri, UV-Vis, XRD, SEM ve Zeta potansiyeli ile karakterize etmiştir. Sentez edilen AgNP'lerin UV-Vis'de 453 nm dalga boyunda maksimum absorbansa sahip olduğu, 7-20 nm boyutlarında olan NP'lerin küresel ve kristal yapıda olduğu ve -19,9 mV zeta potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Shao ve ark., (2023) genellikle atık olarak düşünülen *Castanea sativa* (Kestane) kabuklarından elde ettikleri ekstraktı kullanarak AgNP sentezinde indirgeyici etken olarak kullanmışlardır. Oluşan NP'leri UV-Vis, FT-IR, TEM ve XRD yöntemleri ile karakterize etmişlerdir. NP'lerin ortalama boyutunun 8.82 nm ve kübik kristal yapılı olduğunu belirlemişlerdir.

Achillea millefolium (Civanperçemi) bitki ekstraktları ile sentezlenen AgNP'lerin SEM analizleri küresel, dikdörtgen ve kübik şekillerde ortalama 20.77, 18.53 ve 14.27 nm parçacık boyutuna sahip olduğu gözlenmiştir. AgNP'lerin oluşumu sırasında bitki ekstraktında mevcut olan polifenol, protein, karboksilik asit ve alkolün AgNP'lerin oluşumunda rol oynadığını FT-IR analizleri ile gösterilmiştir. AgNP'ler daha sonra Gram pozitif bakteriler (*S. aureus* ve *B. subtilis*) ve gram negatif bakteriler (*S. enterica*, *E. coli* ve *P. aeruginosa*) çok iyi bir antibakteriyel etki gösterdiği belirtilmiştir (Yousaf ve ark., 2020).

Myrtus communis (Mersin bitkisi) yaprağı ve *Vitis vinifera* (Üzüm çekirdeği)'dan elde edilen ekstraktlar ile sentez edilen AgNP'lerin SEM ile karakterizasyonu partiküllerin küresel ve ortalama boyutunun 10-30 nm arasında olduğunu ortaya koymuştur (Güngörmüş, 2021).

Erbay (2021), *Cyclotrichium origanifolium* (Dağ kekiği) bitki ekstraktının oda sıcaklığında AgNO₃ ile reaksiyona girmesini sağlayarak sentez ettiği AgNP'lerin 17.60 nm olduğunu SEM-EDX analizleri ile belirlemiştir.

Alhagi graecorum (Manna ağacı)'un bitki parçalarını kullanılarak sentez edilen AgNP'lerin 22-36 nm boyut aralığında ve küresel şekilli olduğu SEM analizi ile tespit edilmiştir (Hawar ve ark., 2022).

Öztürk ve Öztürk (2020), *Tilia rubra* (Kafkas ıhlamuru) ekstraktını kullanarak sentezledikleri AgNP'lerin UV-Vis spektrofotometride 427 nm'de pik verdiğini ve TEM'de boyutlarının 5-15 nm aralığında olduğunu belirlemişlerdir.

Mandragora autumnalis (Ademotu) kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin SEM ve TEM analizlerinde AgNP'lerin küresel şekilli ve ortalama boyutunun 20-30 nm aralığında olduğu belirlenmiştir. Ademotu-AgNP'ler Gram pozitif (*B. subtilis* ve *S. aureus*) ve Gram negatif (*E. coli* ve *P. aeruginosa*) bakterilere karşı antimikrobiyal aktivite göstermiştir (Dağlıoğlu ve ark., 2021).

Zareshahrabadi ve ark., (2021) *Lamium album*'un (Beyaz ballıbababa) ekstraktı kullanılarak sentezlenen AgNP'ler UV-Vis Spektroskopisi, TEM, XRD, FT-IR ve DLS analiz yöntemleri ile karakterize etmişlerdir. AgNP'lerin çoğunlukla 25.2 nm ortalama boyuta sahip küresel şekilde olduğunu bildirmişlerdir. AgNP'lerin bazı fungusların büyümesi üzerindeki önleyici aktivitesi değerlendirilmiştir. AgNP'lerin *Candida albicans*, *C. tropikalıs*, *C. krusei*, *C. glabrata*, *C. dubliniensis*, *C. parapsilosis*, *Cryptococcus neoformance*, *Aspergillus flavus*, *A. clavatus* ve *A. fumigatus*'a karşı inhibitör aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir.

Güneş ve ark., (2023) *Thymus vulgaris* (Kekik) ekstraktı kullanılarak elde edilen AgNP'lerin TEM analizi ortalama parçacık boyutunun 6-70 nm ve küresel bir şekle sahip olduğu göstermiştir. AgNP'ler (5 mg ml⁻¹), *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı sırasıyla 20.5 mm ve 23.2 mm ortalama inhibisyon çapları ile antimikrobiyal aktivite göstermiştir.

Azmi ve ark., (2021) Box-Behnken tasarımı aracılığıyla yanıt yüzey metodolojisi ile optimize edilen *Boswellia sacra* (Buhur ağacı)-AgNP'lerin 422 nm'de pik verdiğini gözlemlemişlerdir. XRD analizi, yüz merkezli kübik yapıya sahip NP'lerin kristal yapısını (çap 11.17 - 37.50 nm) göstermiş, SEM ve TEM görüntüleri küresel NP'lerin oluşumunu ortaya koymuştur. AgNP'lerin mikrobiyal aktivitesi bazı bakteri ve funguslara karşı değerlendirilmiş ve 10 mg ml⁻¹ konsantrasyonda *E. coli*'ye ve *Penicillium chrysogenum*'a karşı etkili bulunmuştur.

Yiğit ve ark., (2023) indirgeyici olarak *Prunus laurocerasus* (karayemiş) yaprağı ekstraktını kullanılarak AgNP sentezinde etkili olan koşulları optimize etmek için Box-Behnken tasarımı (BBD) kullanmışlardır. Modelin bağımsız üç önemli değişkeni AgNO₃ konsantrasyonu (mM), yaprak ekstraktının pH'ı ve reaksiyon sıcaklığı (°C) olarak belirlemişlerdir. Sentezlenen AgNP'ler UV-Vis spektroskopide 405 nm'de pik verdiği gözlenmiştir. AgNP'lerin LC₅₀ değerleri *Phytophthora vexans*, *Globisporangium sylvaticum*, *G. intermedium*, *Phytophthora citrophthora* ve *Rhizoctonia solani* için sırasıyla 10.88, 9.30, 7.15, 25.16 ve 53.77 µg/ml olarak belirlenmiştir. *Globisporangium* türünün MİK değerleri (120 µg ml⁻¹) dışında diğer üç türün hem MİK hem de MFC değerleri 150 µg ml⁻¹'nin üzerinde bulunmuştur.

İndirgeyici etken olarak *Datura metel* (Boru çiçeği) bitkisinin çiçeklerini kullanan Fatimah ve ark., (2023) elde ettikleri ekstraktla, AgNP'leri ultrason destekli yöntem ile sentez etmişlerdir. Sentez sonucunda elde ettikleri NP'leri TEM kullanarak karakterize etmişler ve boyutlarının 25-70 nm arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. AgNP'ler *S. aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus pyogenes* ve *E. coli*'ye karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir.

Parvathalu ve ark., (2023) *Camellia sinensis* (Yeşil çay) yaprak ekstraktı ile sentezledikleri AgNP'lerin boyutlarının 30-150 nm arasında değiştiğini ve küresel şekle sahip olduğunu tespit etmişlerdir. AgNP'lerin üç farklı konsantrasyonda *E. coli*'ye karşı uygulanmış ve antibakteriyel aktivitesinin 120 µg ml⁻¹'de olduğu gözlenmiştir.

Ceylan (2023), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, *Olae europaea* (Zeytin) bitkisinin yaprakları kullanılarak sentez ettikleri AgNP'lerin 50-90 nm boyutta ve küresel formda olduğunu belirlemiştir. Ayrıca *S. aureus* bakterisinin büyüme

kinetiğine etkisi incelenmiştir. Antimikrobiyal, antibiyofilm aktivite ve hücre bileşenlerine etki bakımından özellikle *Acinetobacter baumannii* ve *Proteus vulgaris* bakterilerine karşı etkili bir partikül sentezlendiği belirlenmiştir.

Rana ve ark., (2023) *Azadirachta indica* (Hint leylağı) ve *Mangifera indica* (Mango) yaprak ekstraktını kullanarak elde edilen AgNP'leri üç bitki patojenine (*Alternaria alternata*, *Xanthomonas oryzae* ve *Sclerotium rolfsii*) karşı test etmişlerdir. Farklı AgNP konsantrasyonları ($4 \mu\text{l ml}^{-1}$, $6 \mu\text{l ml}^{-1}$ ve $10 \mu\text{l ml}^{-1}$) kullanarak denemeler yapılmıştır. *In vitro* denemelerde *A. alternata*'ya karşı 21 mm'lik ve *A. rolfsii*'ye karşı 17 mm'lik inhibisyon zonu gösterirken, *X. oryzae* bakterisine karşı 10 mg ml^{-1} 'de 15 mm'lik bir inhibisyon zonu belirlenmiştir.

Baran ve ark., (2022) *Prunus armeniaca* (Kayısı ağacı) yaprak ekstraktı kullanarak sentezledikleri AgNP'lerin XRD analizleri, NP'lerin ortalama parçacık boyutunun 24 nm ve küresel şekilde olduğunu göstermiştir. NP'lerin *E. coli* ve *S. Aureus*'a karşı antibakteriyel aktivite ve *C. albicans*'a karşı antifungal aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca NP'lerin *E. coli*, *S. aureus* ve *C. albicans* için sırasıyla MİK değerleri 0.125, 0.125 ve $0.250 \mu\text{g ml}^{-1}$ olduğu belirlenmiştir.

Azizi ve ark., (2016) *Stachys lavandulifolia* (Tüylü çay) ve *Lathyrus sp.* (Mürdümük) bitki ekstraktlarını kullanarak sentezledikleri AgNP'lerin sırasıyla ≈ 440 ve 420 nm'de absorpsiyon zirveleri gösterdiğini belirlemişlerdir. TEM görüntüleri, AgNP'lerin (*S. lavandulifolia* ve *Lathyrus sp.*) ortalama boyutları sırasıyla 7 ve 11 nm olduğunu göstermiştir. Ayrıca AgNP'lerin *Dothiorella sarmentorum*'a karşı güçlü bir antifungal etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Mohammadlou ve ark., (2017) *Pelargonium sp.* (*Sardunya*) yaprak ekstraktı ve 1 mM AgNO_3 çözeltisi kullanarak hidrotermal yöntemle AgNP'ler sentez etmişlerdir. SEM analizleri ortalama partikül boyutunun 29 nm ve küresel şekilli olduğunu göstermiştir. Sentezlenen AgNP'lerin *Aspergillus flavus* ve *A. terreus*'a karşı güçlü bir antifungal aktivite sergilediğini rapor edilmiştir..

Mohammadi ve ark., (2019) *Zingiber officinale* (Zencefil) ve *Thymus vulgaris* (Kekik) ekstraktları ile sentezlenen AgNP'lerin küresel şekilli, ortalama boyutları sırasıyla 12 ve 18 nm olarak bildirmişlerdir. *Candida albicans*'a karşı MİK

yöntemine dayanarak, sentezlenen AgNP'lerin antifungal aktivitesi FLZ (Flukonazolün)'ye kıyasla daha yüksek bir inhibitör etki göstermiştir.

Nguyen ve ark., (2020) *Ocimum tenuiflorum* ve *Phyllanthus urinaria* yaprak ekstraktları kullanılarak AgNP'ler elde etmişlerdir. TEM analizleri AgNP'lerin 5-61 nm boyut aralığında küresel morfolojiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. İki farklı ekstraktla oluşturulan NP'ler karşılaştırıldığında, boyut dağılımının benzer aralıkta olduğu gözlenmiştir. Ayrıca *O. tenuiflorum*-AgNP'ler ve *P. urinaria*- AgNP'ler *F. oxysporum*, *A. niger* ve *A. flavus*'a karşı etkili bir antifungal etki göstermiştir

Phaseolus vulgaris (Fasulye) bitkisinin yaprak, kök ve gövde ekstraktlarını kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin antifungal aktivitesi, *Colletotrichum* sp., *Fusarium oxysporum*, *F. acuminatum*, *F. tricinctum*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum* ve *Alternaria alternata* fungusları üzerinde değerlendirilmiştir. Yaprak ekstraktından elde edilen AgNP'ler, kök ve gövde ekstraktlarından hazırlanan AgNP'lere göre daha yüksek seviyelerde antifungal aktivite sergilerken, AgNP'lerin düşük ($\sim 50 \mu\text{g ml}^{-1}$) konsantrasyonunun bile *F. tricinctum* ve *Colletotrichum* sp.'nin büyümesini baskılamada etkili olduğu belirlenmiştir (Ege ve ark., 2020).

Le ve ark., (2020) *Achyranthes aspera* ve *Scoparia dulcis* bitkilerinin yaprak ekstraktlarından AgNP'lar elde edilmiştir. AgNP'lerin TEM ve SEM analizleri, *Achyranthes aspera*- AgNP'lerin 8-52 nm boyutunda, oval şekle sahip kümeler halinde olduğunu, *Scoparia dulcis*-AgNP'lerin ise 5-45 nm'lik daha küçük boyutta ve çeşitli şekillerde (küresel, üçgen, dörtgen ve altıgen) olduğunu göstermiştir. Ayrıca, hem *Achyranthes aspera*-AgNP'ler hem de *Scoparia dulcis*-AgNP'ler, *A. niger* ve *A. flavus*'a ve *F. oxysporum*'a karşı güçlü bir antimikrobiyal etki göstermiştir.

Anum ve ark., (2021) *Chenopodium album* (Kazayağı) yaprak ekstraktı ile sentezlenen AgNP'lerin UV-Vis'te maksimum absorpsiyonun 378 nm olduğu ve SEM'de oval ila altıgen şekilli ortalama boyutun 25.6 nm olan NP'ler gözlenmiştir. AgNP'lerin *A. terreus* biyokütlesini %92 oranında azalmaya yol açtığı ortaya koyulmuştur.

Al-Otibi ve ark., (2021) AgNP'leri sentezlemek için *Malva parviflora* (Küçük çiçekli ebegümeci) kullanmışlardır. AgNP'ler UV-Vis Spektroskopisi, FT-IR, TEM,

FE-SEM ve Zeta potansiyel analizleri ile tanımlanmıştır. AgNP'lerin *Helminthosporium rostratum*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum* ve *Alternaria alternata*'nın misel gelişimini etkili bir şekilde azalttığını ve misel büyümesindeki maksimum azalma *H. rostratum*'a (%88,6) karşı gözlemlenmiştir.

Özdemir ve ark., (2022) yaptıkları bu çalışmada indirgeyici etken olarak *Camellia sinensis* (Beyaz çay) yaprak ekstraktını kullanılarak AgNP elde etmişlerdir. AgNP'lerin antimikrobiyal aktivitesini belirlemek için Gram-negatif (*Acinetobacter baumannii*, *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *P. aeruginosa*), Gram-pozitif bakteri (*B. subtilis*, *S. aureus*, *S. haemolyticus*) ve bir fungus (*C. albicans*) kullanılmıştır. AgNP'ler 8.0-27.0 nm inhibisyon zonuyla güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermiştir.

Yang ve ark., (2023) *Jasminum nudiflorum*'un (Sarı Yasemin) çiçek ekstraktından sentezledikleri AgNP'lerin yüz merkezli kübik yapıda ve partikül boyutunun 13 nm olduğunu bildirmişlerdir. AgNP'lerin *Alternaria longipes*'e karşı antifungal aktivitesi plaka yöntemi, seyreltme yöntemi ve diğer yöntemler kullanılarak test edilmiştir. 16-128 µg ml⁻¹ AgNP konsantrasyonu kontrole kıyasla *A. longipes*'in misel büyümesini önemli ölçüde inhibe etmiştir.

Divya ve ark., (2023) yaprak yanıklığı hastalığına (*Rhizoctonia solani*), duyarlı kırmızı amarantus (*Amaranthus tricolor*) ve hastalığa dirençli yabancı amarantus (*A. viridis*) bitkilerinin yaprak ekstraktı kullanarak AgNP sentez etmişlerdir. Sentezlenen AgNP'lerin TEM analizi, tüm numuneler için boyut aralığının 35-45 nm olduğunu ortaya çıkarmıştır. *In vivo* çalışmalarda, yaprak yanıklığına duyarlı kırmızı amarantus çeşidinin yapraklarına 750 ppm konsantrasyonda *A. tricolor*-AgNP'ler püskürtüldükten sonra patojene karşı, en düşük hastalık indeksini (7.40) kaydetmiş ve ardından aynı konsantrasyonda *A. viridis* -AgNP püskürtülmüş ve aşılardan beş gün sonra AgNP'lerle mücadele edilen bitkilerde hastalık indeksi 49.38 olarak kaydedilmiştir.

Gevrek ve ark., 2023 yılında yaptıkları bir çalışmada *Corylus colurna* (Türk fıncığı) yaprak ekstraktı kullanılarak mikrodalga fırında sentez edilen AgNP'lerin *Phytophthora cactorum*, *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora*, *P. palmivora* ve *P. nicotianae*'nın misel gelişimini sırasıyla %81.67, %74.80, %73.54, %81.01, %74.50 ve %62.39'a kadar azalttığı tespit etmişlerdir. Ayrıca AgNP'lerin EC₅₀

değerlerinin 118.58-292.56 $\mu\text{g ml}^{-1}$ arasında değiştiği ve MİK değerlerinin ise 340 $\mu\text{g ml}^{-1}$ 'in üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Ansari ve ark., (2023) *Azadirachta indica* (Nim) bitkisinin yaprak ekstraktı kullanılarak sentezlenen AgNP'ler, domates erken yanıklık hastalığına neden olan *Alternaria solani*'ye karşı test edilmiştir. *In vitro* ve *in vivo* deneylerde, 50 pmm'de, patojen %70 ila %100 oranında engellenmiştir.

Elsharawy ve ark., (2023) yaptıkları çalışmada *Cleome amblyocarpa* bitkisinden sentezlenen AgNP'lerin nohut solgunluğuna neden olan *F. oxysporum*'a karşı antifungal aktivitesini araştırmışlardır. Misel büyümesindeki en yüksek azalma yüzdesi bitki ekstraktı ve AgNP için sırasıyla 60.4 ± 0.00 ve 67.4 ± 1.16 mm olmuştur. Ayrıca AgNP solüsyonunun en etkili konsantrasyonunun 200 $\mu\text{l ml}^{-1}$ olduğu ortaya konmuştur.

Bir başka çalışmada Yiğit ve Türkkan (2023) ıhlamur (*Tilia rubra*) çiçek ekstraktı AgNP sentezinde indirgeyici etken olarak kullanılmıştır. AgNO_3 konsantrasyonu, bitki ekstraktı miktarı, mikrodalga gücü ve reaksiyon süresi sırasıyla 10 mM, 2.5 ml, 800 watt ve 90 saniye olduğunda araştırılan aralıkta optimum AgNP üretimi elde edilmiştir. AgNP'lerin bazı *Phytophthora* (*P. cactorum*, *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora*, *P. megasperma*, *P. nicotianae* ve *P. palmivora*) türleri üzerinde engelleyici etkisi denenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Çalışmada Kullanılan Materyaller

3.1.1 Bitki Materyali

Madımak (*Polygonum cognatum* Meissn.) bitki örnekleri Sivas ili Zara ilçesinde bulunan Deredam köyünden toplanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Sivas İli Zara İlçesi Deredam Köyünün Haritada Gösterimi

3.1.2 Kimyasallar, Besin Ortamları ve Funguslar

Gümüş nitrat ($AgNO_3$), hidroklorik asit (HCl), sodyum hidroksit (NaOH), etil alkol (C_2H_5OH), Agar agar (Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) ve V8 sebze suyu agar yapılan çalışmanın kimyasal ve besin ortamını oluşturmaktadır.

Phytophthora (*P. cactorum*, *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora*, *P. palmivora* ve *P. nicotianae*) izolatları Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarındaki fungal kültür koleksiyonundan elde edilmiştir.

3.2 Çalışmada İzlenecek Yöntem

3.2.1 Bitki Materyalinin Kurutulması

Madımak bitkisi 2022 yılı vejetasyon döneminde araziden toplanmıştır (Şekil 3.2a). Toplanan madımak bitkisi üzerinde bulunan kirliliği en aza indirmek için öncelikle musluk suyunda yıkanmış, daha sonra da saf suda durulanıp, etüvde (Ecocell LSISB2V/EC111, MMM Group, Almanya) 60°C’de 4 gün süreyle kurutulmaya bırakılmıştır (Şekil 3.2b). Kurutulan bitkisel materyal daha sonra kullanılmak üzere polietilen torbalarda karanlık bir ortamda, oda sıcaklığı koşullarında saklanmıştır.



Şekil 3.2 Madımak Bitkisinin Araziden Toplanması (a) ve Kurutulması (b)

3.2.2 Madımak Bitki Ekstraktının Elde Edilmesi

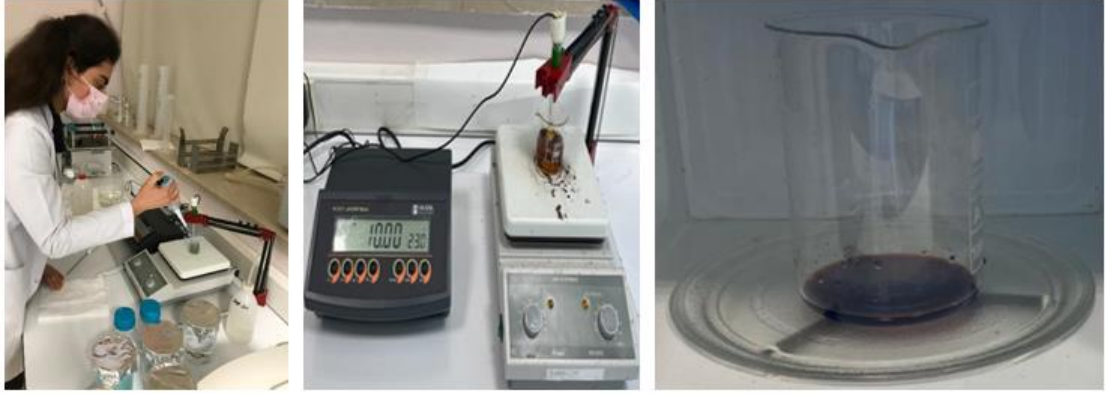
Kurutulmuş bitki örnekleri hassas terazide 5'er gr tartılıp, 250 ml'lik beher içerisine alınmış ve üzerine 100 ml saf su eklenerek bir ısıtıcıda (MTOPS Ms300 Hsin Chu, Tayvan) 80°C’de 30 dk süre ile kaynatılmıştır (Şekil 3.3a). Sonra laboratuvar koşullarında soğutulan bitki ekstraktı 4 katlı bir tülbent yardımı ile süzölmüştür (Şekil 3.3b). Sıvı kısım orbital bir sarsak (Nüve SL 350, Nüve Sanayi Malzemeleri İmalat ve Ticaret A.Ş., Türkiye) kullanılarak önce kaba filtre kağıdından geçirilmiş ve takiben Whatman No.1 (Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) filtre kağıdından süzölmüştür (Şekil 3.3c). Elde edilen süzük 10000 rpm’de 10 dk. süre ile santrifüj (Hettich Mikro 220, Hettich EBA 200, Merck KGaA, Almanya) edilmiştir. Santrifüj sonucu elde edilen süpernatantlar birleştirilip daha sonra kullanılmak üzere 4°C’de saklanmıştır (Şekil 3.3d).



Şekil 3.3 Madımak Bitki Ekstraktının Hazırlanması

3.2.3 Mikrodalga Fırın ile Madımak-AgNP'lerin Sentezi

Çalışmada öncelikle AgNP sentezi üzerine pH'ın etkilerini belirlemek için diğer tüm faktörler (AgNO_3 konsantrasyonu 10 mM, bitki ekstraktı/ AgNO_3 oranı 0.2, mikrodalga (MD 554, Arçelik, Koç Holding, Türkiye) gücü 800 watt ve reaksiyon süresi 90 sn.) sabit tutularak farklı pH (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12)'larda sentezler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4). Elde edilen sentezlerde renk değişiklikleri makroskobik olarak gözlemlenmiş ve takiben 200-700 nm dalga boyunda tarama yapan UV-Vis spektrofotometre (UV-Vis PerkinElmer Lambda 35, ABD) ile absorbansları belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda solüsyonun son pH değerlerinin 8, 9 ve 10 olması gerektiği ortaya konmuştur.



Şekil 3.4 Madımak-AgNP'lerin Sentez Aşamaları

3.2.4 Madımak-AgNP'lerin Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology, RSM) ile Madımak-AgNP'lerin optimizasyonunda sentez sürecine etki eden bağımsız değişkenlerin belirlenmesi ve deney sayısının azaltılması hedeflenmiştir. Bu amaç için 350-420 nm dalga boyları arasındaki AgNP'lerin 5-50 nm kantitatif varlığını gösteren spektral eğri altındaki tahmini alan Table Curve 2D (version 5.01, SYSTAT Software Inc., ABD) programı kullanılarak hesaplanmıştır (Chowdhury ve ark., 2016). Deneysel tasarım ve istatistiksel analizler Design Expert (versiyon 13, Stat-Ease, Inc., USA) programı ile yürütülmüştür. Madımak-AgNP sentezinde, AgNO_3 konsantrasyonu (mM), bitki ekstraktı/ AgNO_3 konsantrasyonuna oranı, solüsyon pH'ı ve mikrodalga fırın gücü (watt) olmak üzere 4 bağımsız değişken optimize edilmiştir (Çizelge 4.1). Değişkenlerin RSM üzerindeki etkileri Box-Behnken tasarım (BBD)'ı ile belirlenmiştir. BBD matrisinde bağımsız değişkenlerin 3 farklı seviyesi kullanılmıştır. Toplam 29 deneme yürütülmüş olup, bunların 5 tanesi merkez noktadadır (Çizelge 4.2). Regresyon analizlerinde aşağıda belirtilen 2. dereceden polynomial formül kullanılmıştır. Bu formülde Y, 350-420 nm aralığındaki spektral eğri altındaki alan; X değeri bağımsız değişken (AgNO_3 konsantrasyonu, madımak bitki ekstraktı / AgNO_3 oranı, solüsyon pH'ı ve mikrodalga fırın gücü)'ı ifade ederken; β değerleri ise regresyon katsayısı ifade etmektedir.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_i X_i + \sum_{i=1} \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{j=1} \beta_{ij} X_i X_j \quad (3.1)$$

Design Expert programının yanıt için önerdiği modelin belirlenmesinde sequential P değeri, Lack of Fit'in P değeri, ve R^2 değerleri dikkate alınmıştır. Sonra önerilen modelin hangisinin daha iyi bir deneysel tasarımı modellediği ANOVA

tabloları kullanılarak belirlenmiştir. Deney için en iyi fonksiyonun tespitinden sonra, program ile 2D kontur ve 3D interaksiyon grafikleri oluşturulmuştur.

Optimum koşullarda sentezlenen Madımak-AgNP'ler 10.000 rpm'de 15 dk. santrifüj edilerek dipte kalan kısım ekstraktan gelen kirliliği en aza indirmek amacıyla saf su ve etil alkol ile üç kez yıkanmıştır. Takiben 80 °C etüvde 5 saat süre ile kurutulmuştur.

3.2.5 Madımak-AgNP'lerin Karakterizasyonu

3.2.5.1 UV-Vis Spektroskopisi

Madımak-AgNP'lerin absorbansları 200-1100 nm dalga boyu aralığında (1 nm aralık ile) tarama yapan UV-Vis spektrofotometre (PerkinElmer Lambda 35, ABD) ile belirlenmiştir. Sentezlenen AgNP'ler mikropipet vasıtasıyla quvartz küvetlere alınıp, saf su ile seyreltikten sonra (100 kat), 200-700 nm aralığındaki spektrumları kaydedilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 UV-VİS Spektroskopsisi

3.2.5.2 Fourier Dönüümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR)

Optimum koşullarda sentez edilen Madımak-AgNP'lerin yapılarındaki farklı fonksiyonel grupları hakkında bilgi edinmek amacıyla FT-IR spektroskopisi (PerkinElmer Spektrum 65, ABD) kullanılmıştır. NP'lerin ve bitki ekstraktının 1 mg'ları 200 mg potasyum bromür (KBr) ile karıştırıldıktan sonra bir pelet halinde preslenerek örneklerin FT-IR spektrumları geçirgenlik modunda 4000-400 cm⁻¹ dalga boyu aralığında okumaları gerçekleştirilmiştir.

FT-IR sıvı örnekleri de analiz edilebilmektedir. Ancak sentezde çözücü olarak suyun kullanılması suda bulunan OH⁻ ve H⁺ grupları analiz sonuçlarına etki

etmektedir. Bu nedenle çalışmada FT-IR analizinden önce örnekler kurutulmuştur. Kurutulan örnekler öncelikle 15000 rpm de 10 dk boyunca santrifüj edilerek, süpernatant kısım atılmış ve ardından üç defa saf su ile yıkanmıştır. Ardından 80°C de 12 saat boyunca kurutulmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 FT-IR Analizi İçin Örneklerin Hazırlanması ve Kurutulması ve Örnek Okuması

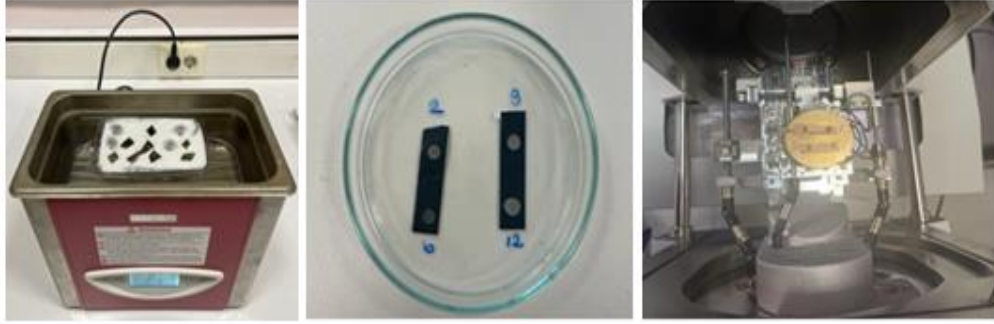
3.2.5.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

SEM, yüksek enerjili bir elektron demeti aracılığı ile tarama yaparak numune yüzeyini görüntülemeyi sağlamaktadır (McMullan, 1995). SEM’de elektron demeti, karbon bantın üzerine sabitlenmiş olan örneğin yüzeyine çarpar ve örneğin atomlarıyla etkileşime girerek yüzey topografyası ve bileşimi hakkında bilgi verir. Bu nedenle çalışmada, optimum koşullarda sentezlenmiş madımak-AgNP’lerin morfolojik özellikleri SEM ile karakterize edilmiştir.

Enerji dağılımı X ışını analizi (EDX), malzemelerin kimyasal karakterizasyonunu/element analizini sağlayan analitik bir tekniktir. Bir enerji kaynağı tarafından uyarılan belirli bir numune hacminin bileşim analizini tanımlamak için kullanılır. EDX kullanılarak, bir numunenin kimyasal bileşimi, hangi elementlerin mevcut olduğu, dağılımları ve konsantrasyonları hakkında bilgi edinilebilir. Spektrumdaki tepe noktalarının konumu elementi tanımlarken, sinyalin yoğunluğu elementin konsantrasyonuna karşılık gelmektedir. Taramalı elektron mikroskobunda kullanılan bir tekniktir (Hall ve ark., 2007).

SEM’de analiz edilecek son ürünün yeterince kurutulması gerekmektedir. Bunun için sıvı olarak elde edilen Madımak-AgNP’ler öncelikle 15000 rpm de 10 dk. boyunca santrifüj edilmiş ve süpernatant kısmı uzaklaştırıldıktan sonra dipte kalan kısım üç defa saf su ile yıkanıp etüvde 80°C de 12 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan madımak-AgNP’ler daha sonra 30 dk. boyunca bir sonikatör vasıtası ile

dispers edilmiş ve karbon bant üzerine 20 µl gelecek şekilde bir pipet yardımıyla aktarılmıştır. Etüvde 30°C’ de 12 saat boyunca kurutulmuş ve ardından karbon bantlar metal plakalara yerleştirilip daha iyi bir görüntü alabilmek amacıyla üç set altın ile kaplanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Sonikatörde Dispers Edilen Örneklerin Karbon Bantlara Yüklmesi ve SEM Cihazında Analizi

3.2.5.4 Madımak-AgNP’lerin Antifungal Aktivitelerinin Tespiti

Phytophthora cactorum, *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora*, *P. nicotianae* ve *P. palmivora*’ya karşı Madımak-AgNP’lerin antifungal aktivitesi *in vitro* şartlarda Gevrek ve ark. (2023)’in yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

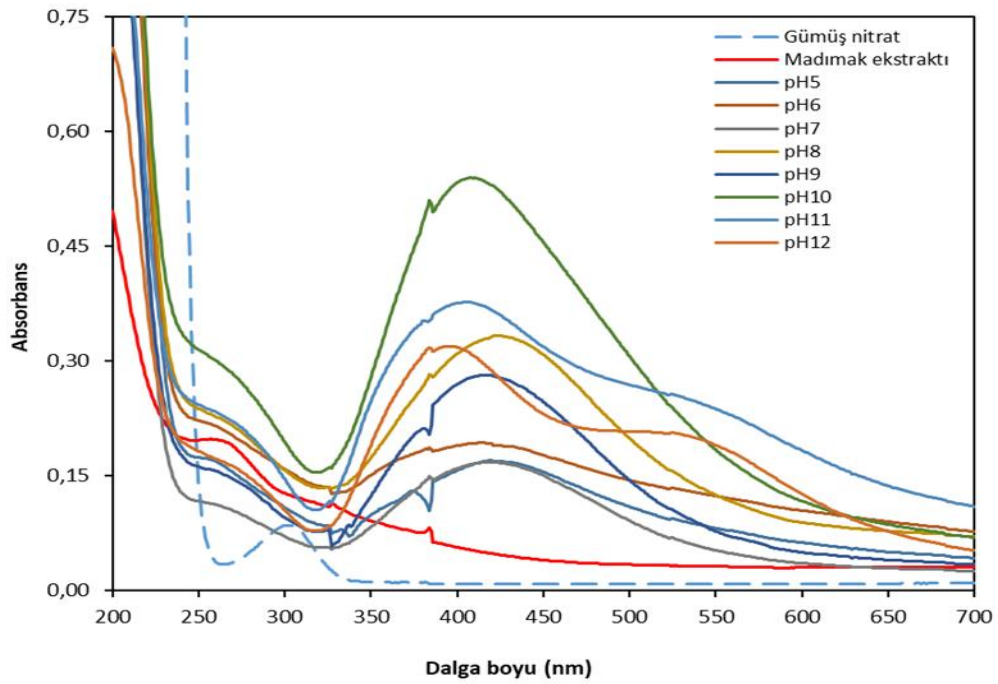
Madımak-AgNP’lerin 5 farklı konsantrasyonu (50, 100, 200, 300 ve 400 µg ml⁻¹) 121°C’de 20 dk. sterilize edildikten sonra 50°C’ye soğutulmuş 60 ml’lik V8 sebze suyu agar ortamlarına eklenmiştir. AgNP’lerin besin ortamında homojen bir şekilde dağılması sağlandıktan sonra, Petri kapları (6 cm)’na 10’ar ml olacak şekilde paylaştırılmıştır. Herhangi bir işlem görmemiş eşit sayıda V8 sebze suyu agar içeren Petri kontrol olarak kullanılmıştır. Her Petri kabının ortasına 7 günlük *Phytophthora* kültürlerinden alınan 5 mm çapında bir misel diski ile aşılınmış ve petri kapları parafilm ile kapatıldıktan sonra karanlıkta 25°C’de inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol grubundaki fungal gelişmeler günlük olarak izlenmiş ve petri kaplarını kaplamaya yakın olduğunda (3-5 gün), fungal gelişimler ortogonal olarak ölçülmüştür. Deneme, Madımak-AgNP konsantrasyonu-*Phytophthora* tür çifti başına 6 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Miselyal gelişmenin engellenmesi (%) = [(mk—mu) / mk] / 100, engelleme yüzdesini hesaplamak için kullanılmıştır; burada mk ve mu, sırasıyla kontrol ve Madımak-AgNP eklenmiş petri kaplarında gelişen miselyal gelişmeyi ifade etmektedir.

Phytophthora türlerinin misel gelişimini %50 oranında azaltan konsantrasyon (EC₅₀=lethal konsantrasyon)'u hesaplamak için IBM SPSS Programı (versiyon 2019, New York, ABD)'nın probit analizi kullanılmıştır. Miselyal gelişmeyi tamamen engelleyen (minimum engelleyici konsantrasyon, MİK) konsantrasyon değerleri paralel denemelerle gözlemlenmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Madımak-AgNP'lerin Mikrodalga Fırın ile Sentezi ve UV-Vis Analizi

Çalışmada indirgeyici ve kaplayıcı etken olarak madımak bitki ekstraktı kullanılarak gümüş nanopartikül (AgNP)'lerin mikrodalga fırın ile yeşil sentezi gerçekleştirilmiştir. 0.01 M (10 mM) konsantrasyonda hazırlanan gümüş nitrat (AgNO_3) çözeltisine madımak bitki ekstraktı (0.2 bitki ekstraktı/ AgNO_3 konsantrasyonu) eklenerek farklı solüsyon pH (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12)'lerinde 800 W mikrodalga fırın gücünde 90 sn süreyle sentezler gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen Madımak-AgNP ürünlerinde makroskobik olarak açık-sarı renklerden koyu kahverengine kadar renk değişimleri gözlenmiştir. Bu renk değişimleri AgNO_3 tuz solüsyonunda Ag^{+1} iyonlarının Ag^0 iyonlarına indirgendiğine işaret etmektedir. Ayrıca madımak AgNP'lerin UV-Vis analizlerinde 375-424 nm aralığında yüzey plazmon rezonans (SPR) değerleri verdiği belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Madımak Ekstraktı ile Yürütülen pH Çalışmalarının UV Spektrasi

Hem ülkemizde hemde yurtdışında yapılan çalışmalarda da çeşitli araştırmacılar AgNP sentez ürünlerinin açık renklerden koyu kahverengi renklere kadar değiştiğini belirtmişlerdir.

Ülkemizde yapılan çalışmalarda, Aktepe (2021), çörek otundan sentez ettiği AgNP'lerin başlangıçta sarı olan rengin sentez sonunda kahverengiye döndüğünü ve yüzey plazmon rezonansının 426 nm'de olduğunu rapor etmiştir. Bir başka çalışmada oda koşullarında kiraz yaprak ekstraktı kullanarak sentez edilen AgNP'lerin koyu kahverengi bir renk aldığı ve UV-Vis spektrofotometre'de 427 nm'de pik verdiğini belirlenmiştir (Baran, 2019).

Jahan ve ark., (2019) gül petallerinden mikrodalga fırın aracılığı ile sentez edilen AgNP'lerin ilk başta kırmızı olan rengin reaksiyon tamamlandığında koyu-kahverengiye döndüğünü tespit etmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar zencefil ekstraktı kullanarak sentez ettikleri AgNP ürünlerinde makroskobik olarak renk değişimini gözlemlemişlerdir ve 438 nm'de pik verdiğini belirlemişlerdir (Jahan ve ark., 2020).

Yallappa ve ark., (2013) *Acacia farnesiana* (Tatlı akasya) tohumu ekstraktını, mikrodalga ışınımı altında AgNP eldesi için kullanmışlardır. AgNP'ler, yüzey plazmon rezonansı (SPR) zirvesi UV-Vis' te 450 nm'de pik verdiğini belirlemişlerdir.

Josep ve Mathew (2015), mikrodalga fırının nanopartiküllerin oluşum hızına etkisini araştırdıkları bir çalışmada, dağ düğüm otu kullanarak altın ve gümüş NP'ler sentez etmişlerdir. Mikrodalga kullanarak elde edilen NP'lerin oda koşullarında sentezlenen NP'ler ile kıyaslandığında mikrodalga'nın önemli bir zaman tasarrufu sağladığını belirlemişlerdir. Örneğin Paulkumar ve ark., (2013) karabiber bitkisinin yaprak ve gövde ekstraktını kullanarak oda koşullarında sentez ettikleri AgNP'lerin soluk sarıdan kahverengiye doğru değiştiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca karabiber-AgNP'lerin 460 nm'deyüzey plazmon rezonans değeri olduğunu tespit etmişlerdir.

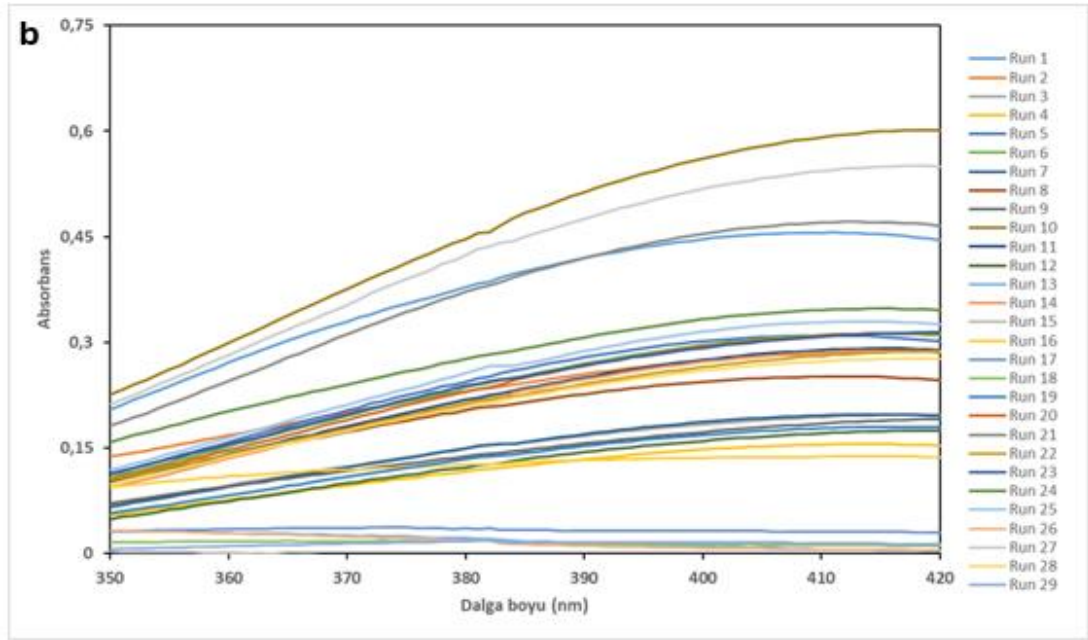
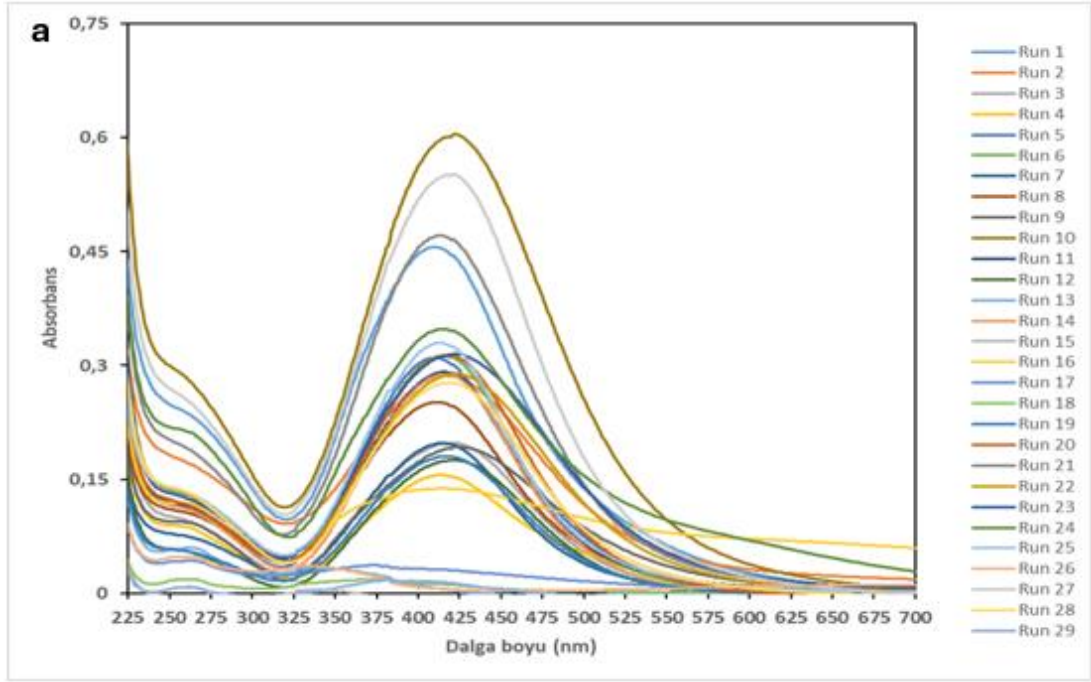
Bir başka çalışmada, *Rhazya stricta* bitki ekstraktı kullanarak 85-90°C'de sentez edilen AgNP'lerde Ag⁺¹ iyonlarının Ag⁰ iyonlarına indirgendiği açık sarı- koyu kahverengi renk değişimi ile gözlemlenmiştir. Oluşan AgNP'ler *Fusarium incarnatum*, *F. solani*, *F. proliferatum* ve *F. verticillioides* için sırasıyla %87.5, %72.3, %75 ve % 62.5 engelleme gözlenmiştir (Al-Otibi, 2024).

Ökalyptus yaprak ekstraktı kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin mikrodalgada geleneksel ısıtmaya kıyasla sentez hızınının 20 kat arttığını ve partikül boyutunun da 2,5-6 kat küçüldüğü rapor edilmiştir (Ali ve ark., 2016).

Mevcut alışmada RSM (yanıt yüzey yöntemi)'nin Box-Behnken deseni kullanılarak madımak bitki ekstraktının farklı oran (0.1, 0.15, 0.2)'ları kullanılarak sentez edilen AgNP'lerin 350-420 nm spektral aralığındaki boyutlarının maksimize edilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada AgNO₃'n farklı konsantrasyonları (1.0, 5.5 ve 10 Mm) ile madımak bitki ekstraktlarından hazırlanan solüsyonun pH (8, 9 ve 10)'ları mikrodalga fırında (400, 600 ve 800 watt) 90 sn süre ile sentez edildiğinde 383-425 nm spektral aralığında absorbands değerlerinin maksimum olduğu belirlenmiştir (şekil 4.2a).

Sneeram ve ark., (2008) AgNP sentezinde göstergesi olan UV-Vis spektral dalga boyunun 350-420 nm aralığında olduğunu ve bu aralıkta sentez edilen AgNP'lerin boyutunun yaklaşık 5-50 nm büyüklüğünde olduğunu belirlemişlerdir.

Çalışmada Desingn Expert'in BBD matriksi kullanılarak toplam 29 farklı sentez yapılmış ve bunların 350-420 nm aralığındaki spektral alanı Table Curve 2D programı kullanılarak hesaplanmıştır (şekil 4.2b).



Şekil 4.2 Madımak-AgNP'lerin UV-Vis Spektrumları (a) ve (b) 350-420 nm Aralığındaki Alanları

4.2 Optimum Deneş Koşullarının Tespiti

Çalışmada, Madımak-AgNP'lerin 350-420 nm spektral aralığındaki üretiminin maksimize edilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle RSM'nin ve BBD matrisinde 4 bağımsız değişken (AgNO_3 konsantrasyonu, bitki ekstraktı/ AgNO_3 konsantrasyon oranı, solüsyon pH'ı ve mikrodalga gücü) kullanılarak sentez edilen Madımak-AgNP'lerin yukarıda belirtilen spektral aralık altında kalan bölgenin alanı bağımlı

değişken (yanıt) olarak değerlendirilmiştir. Bağımlı değişkene ait yanıt ve bağımsız değişkenlerin seviyeleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Box Behnken Tasarımı ile Gerçekleştirilen Deneysel Çalışmalar

Std	Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Response
		A: AgNO ₃ konsantrasyonu mM	B: Ekstrakt/ AgNO ₃ oranı	C: Solüsyon pH	D: Güç (mikrodalga) watt	Tripezoidal alan (350-420 nm)
8	1	5.5	0.15	10	800	26.3382
10	2	10	0.15	9	400	16.325
5	3	5.5	0.15	8	400	10.4986
14	4	5.5	0.2	8	600	8.33215
15	5	5.5	0.1	10	600	17.0932
26	6	5.5	0.15	9	600	16.7245
29	7	5.5	0.15	9	600	17.5276
6	8	5.5	0.15	10	400	14.1452
22	9	5.5	0.2	9	400	9.9829
12	10	10	0.15	9	800	32.184
27	11	5.5	0.15	9	600	14.5269
13	12	5.5	0.1	8	600	8.8604
11	13	1	0.15	9	800	1.2786
28	14	5.5	0.15	9	600	15.2321
17	15	1	0.15	8	600	-0.5015
16	16	5.5	0.2	10	600	8.79565
19	17	1	0.15	10	600	2.3448
9	18	1	0.15	9	400	1.05585
21	19	5.5	0.1	9	400	9.4565
23	20	5.5	0.1	9	800	16.4891
20	21	10	0.15	10	600	26.0989
18	22	10	0.15	8	600	15.2244
2	23	10	0.1	9	600	16.8093
24	24	5.5	0.2	9	800	19.5995
25	25	5.5	0.15	9	600	17.8919
3	26	1	0.2	9	600	1.14545
4	27	10	0.2	9	600	29.9324
7	28	5.5	0.15	8	800	14.814
1	29	1	0.1	9	600	0.99605

BBD matrisine ait istatistiksel veriler değerlendirildiğinde yazılımın kuadratik modeli tavsiye ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1 BBD Modeline İlişkin İstatistikler

Model	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Mean vs Total	5223.37	1	5223.37			
Linear vs Mean	1739.09	4	434.77	27.59	< 0.0001	
2FI vs Linear	151.59	6	25.26	2.01	0.1179	
Quadratic vs 2FI	115.32	4	28.83	3.63	0.0315	Suggested
Cubic vs Quadratic	73.32	8	9.16	1.45	0.3358	Aliased
Residual	38.01	6	6.34			
Total	7340.7	29	253.13			

Çizelge 4.3’te kuadratik modele ait F değerinin yüksek (18.02) ve P değerinin 0.0001’den küçük olması modelin tahminleme gücünün yüksek olduğuna işaret etmektedir. Model terimlerinden A, C, D, AB, AD, A² VE B² nin önemli (P<0.05),

fakat B, AC, BC, BD, CD, C² ve D² değerlerinin ise önemsiz (P>0.05) olduğu tespit edilmiştir.

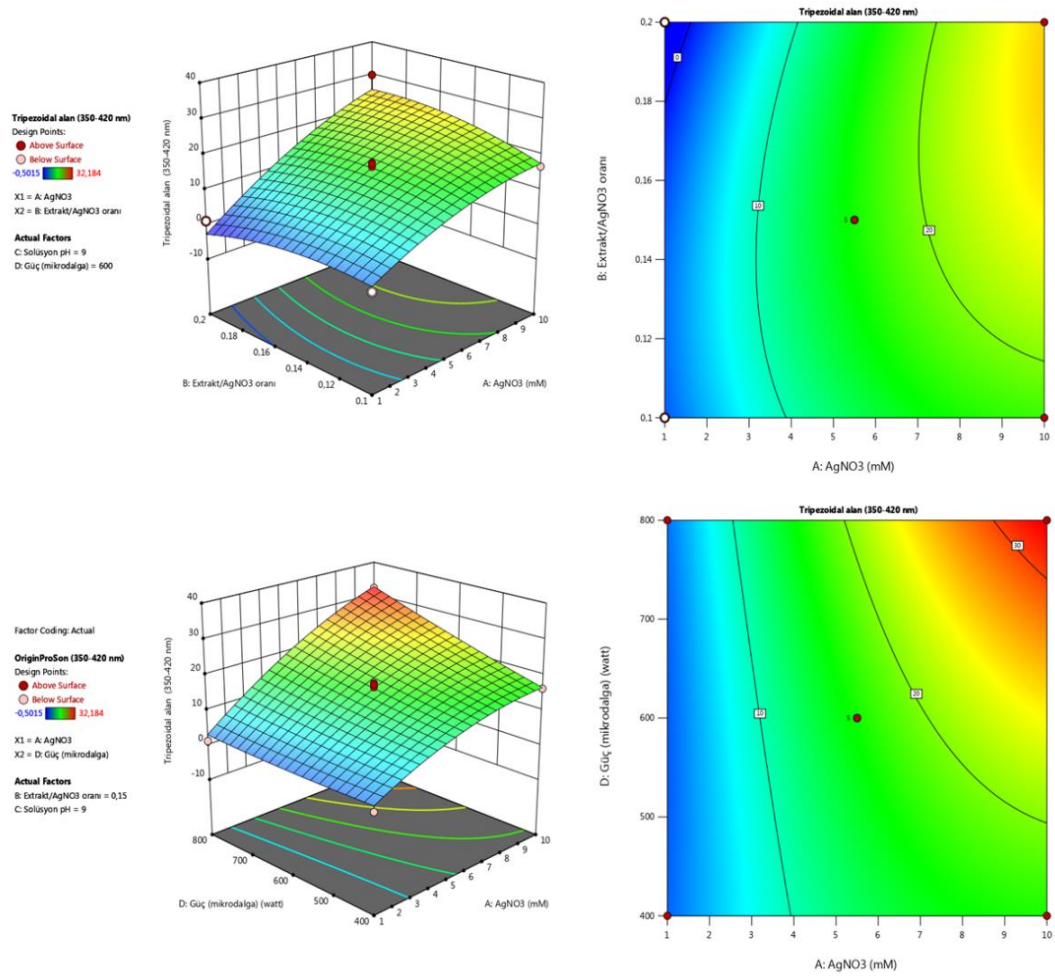
Çizelge 4.3 Quadratik Modele Ait ANOVA Verileri

Source	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	
Model	2005.99	14	143.29	18.02	< 0.0001	önemli
A-AgNO ₃	1413.86	1	1413.86	177.79	< 0.0001	
B-Ekstrakt/AgNO ₃ oranı	5.45	1	5.45	0.6848	0.4218	
C-Solüsyon pH	117.74	1	117.74	14.81	0.0018	
D-Güç (mikrodalga)	202.04	1	202.04	25.41	0.0002	
AB	42.08	1	42.08	5.29	0.0373	
AC	16.11	1	16.11	2.03	0.1765	
AD	61.12	1	61.12	7.69	0.015	
BC	15.09	1	15.09	1.9	0.19	
BD	1.67	1	1.67	0.2099	0.6539	
CD	15.51	1	15.51	1.95	0.1842	
A ²	63.66	1	63.66	8.01	0.0134	
B ²	42.44	1	42.44	5.34	0.0366	
C ²	25.66	1	25.66	3.23	0.0941	
D ²	1.8	1	1.8	0.2261	0.6417	
Residual	111.33	14	7.95			
Lack of Fit	102.86	10	10.29	4.86	0.0707	önemsiz
Pure Error	8.47	4	2.12			
Cor Total	2117.32	28				
R²	0.9474					
Ayarlanmış R²	0.8948					
Tahmini R²	0.7139					

Ayrıca Lack of Fit değeri 4.86 olup, önemsiz olduğu belirlenmiştir. Bu değerler bize modelin tahminleme gücünün yüksek olduğunu göstermektedir. Öte yandan, modele ait hem R² (0.9474) hem de ayarlanmış R² (0.8948) değerleri oldukça yüksek olup, tahmini R² (0.7139) değeriyle uyumludur. Çalışmamızın sonuçları Gevrek ve ark., (2023) sonuçları ile uyumlu olup, R², ayarlanmış R² ve tahminlenen R² değerlerinsırasıyla 0.9967, 0.9937 ve 0.9659 olarak belirlemişlerdir. Reddy ve ark., (2008) R² değerinin 1'e yakın olmasının istatistiksel modelin çalışma için uygunluğunun bir ifadesi olduğunu ifade etmiştir.

Kuadratik modelin önemi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak değerlendirilmiştir. Modele ilişkin bağımsız değişkenlerin AgNP üretimi üzerine karşılıklı etkileri göstermek için 3D ve 2D kontor grafikleri kullanılmıştır. Şekil 4.3a'da AgNO₃ konsantrasyonu ve ekstrakt/AgNO₃ oranı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Her iki değişkenin miktarları arttıkça sentez edilen AgNP'lerin miktarı da artmaktadır. Dahası AgNO₃ konsantrasyonu 10 mM ve ekstrakt/AgNO₃ oranı 0.2 olduğunda AgNP üretimi maksimum olmaktadır. Diğer taraftan AgNO₃

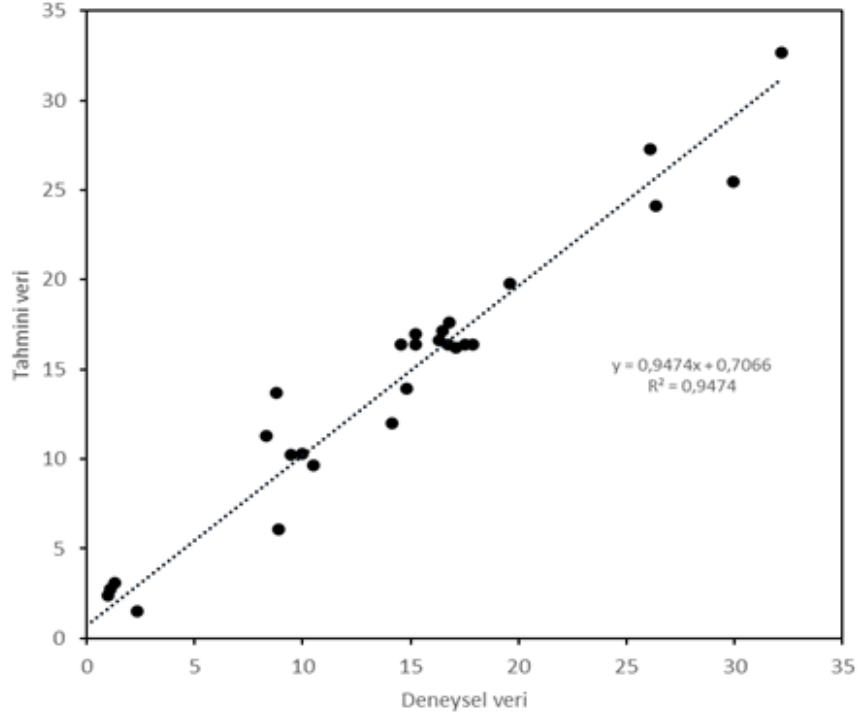
miktarının artışına paralel olarak mikrodalga gücü de artırıldığında sentez edilen AgNP miktarı artmaktadır. Dolayısıyla mikrodalga 800 Watt gücüne getirildiğinde AgNP sentezi maksimum olmaktadır. Mevcut çalışmanın sonuçları Cai ve ark., (2017)'in sonuçları paralelinde olup, mikrodalga fırın gücü 700-850 watt/dk iken 100 ml'lik solüsyonda yüksek kalitede AgNP üretimi gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca daha düşük mikrodalga fırın gücünde gümüş iyonlarının tamamen indirgenemeyeceğini ve bununla daha düşük AgNP üretimi ile sonuçlanacağını ortaya koymuşlardır. Benzer olarak Yiğit ve Türkkan (2023), yaptıkları çalışmada ıhlamur çiçek ekstraktı ile sentez edilen AgNP'lerin 800 watt mikrodalga gücünde daha düşük (400 ve 600 watt) güç değerlerine kıyasla daha yüksek verimle gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Dahası reaksiyon süresi 90 sn olduğunda AgNP'lerin üretiminin en yüksek noktaya ulaştığını tespit etmişlerdir.



Şekil 4.3 Gümüş Nitrat ve Mikrodalga Fırın Gücü Bağımsız Değişkenlerinin Madımak-AgNP Üretimi Üzerine Etkileri

4.3 Modelin Doğrulanması

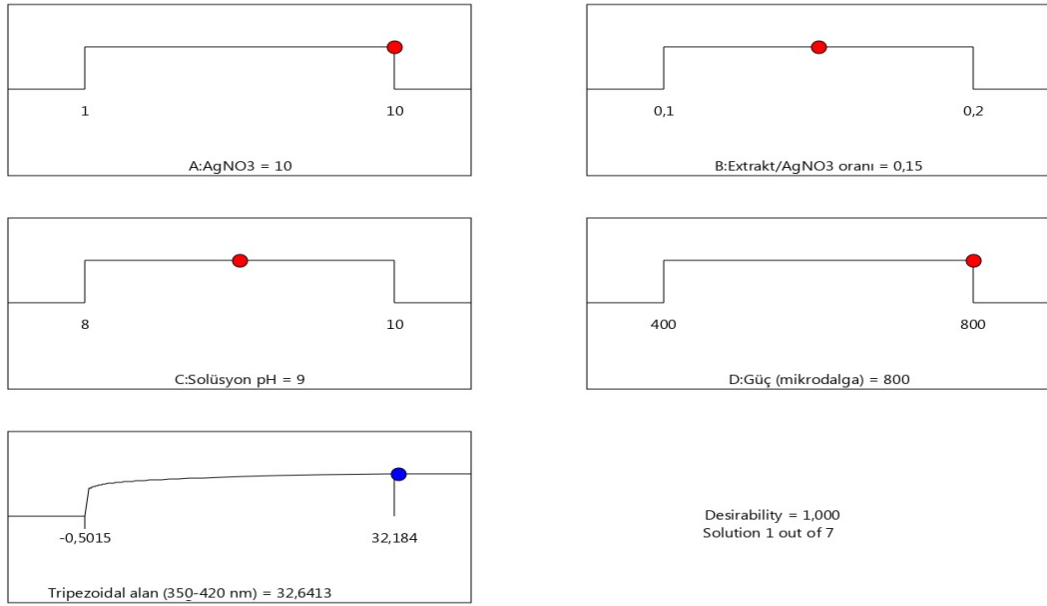
Madımak-AgNP üretim koşullarının optimizasyonundan elde edilen sonuçlar ile sentez sonrası elde edilen verilerin uyumluluğu Şekil 4.4'te verilen grafikte gösterilmiştir. R^2 değeri, deneysel ve tahmini verilerin birbirine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur (Gevrek ve ark., 2023; Yiğit ve Türkan, 2023).



Şekil 4.4 Madımak-AgNP Üretiminde Deneysel ve Tahmini Üretim Verilerinin Uyumluluğu

4.4 Optimum Noktanın Tespiti ve Geçerliliği

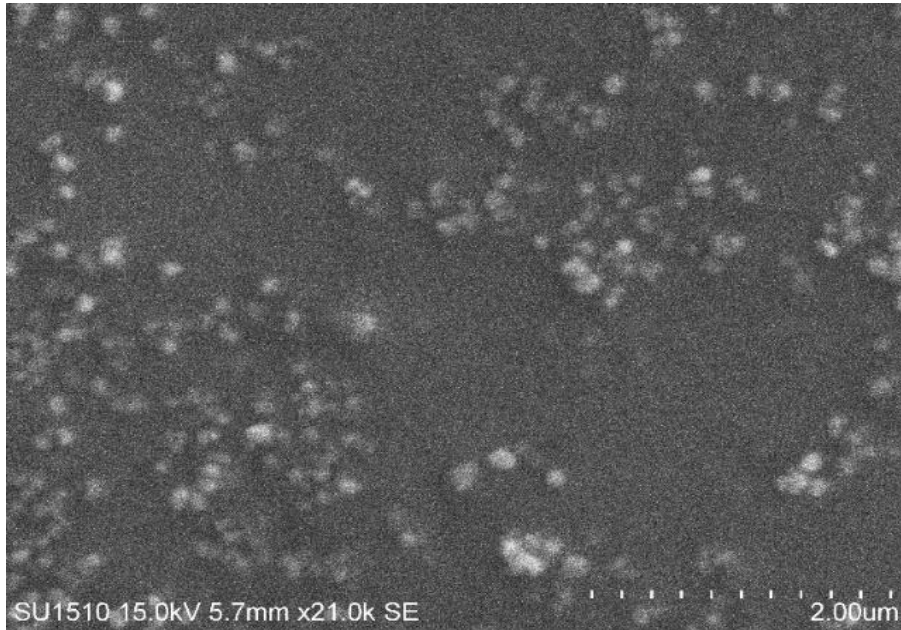
Optimizasyon çalışmasının nümerik değerlendirilmesinde istenilirlik derecesi 1 olan koşullar tespit edilmiştir. Bunlardan ilki 10 mM $AgNO_3$ konsantrasyonu, bitki ekstraktı/ $AgNO_3$ konsantrasyon oranı (0.15), solüsyon pH'ı 9 ve mikrodalga gücü 800 watt olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5). 5 tekrarlı olarak optimum şartlarda gerçekleştirilen sentezler sonucunda, model 28.47 spektral alan değeri tahminlerken ortalama alan 32.64 olarak tespit edilmiştir. Bu süreç deneysel sonuçların tahmini sonuçlardan yalnızca %2.50'lik bir hata payı ile tahminlediğini göstermektedir. Dolayısıyla bu hata değeri Desing Expert yazılımının standart değeri (%20)'nden çok daha düşük olduğundan kuadratik model bu çalışmanın optimizasyonu için uygun ve yeterli olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.5 Optimum Madımak-AgNP Sentezi İçin Belirlenen İstenirlik Derecesi

4.5 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Analizi

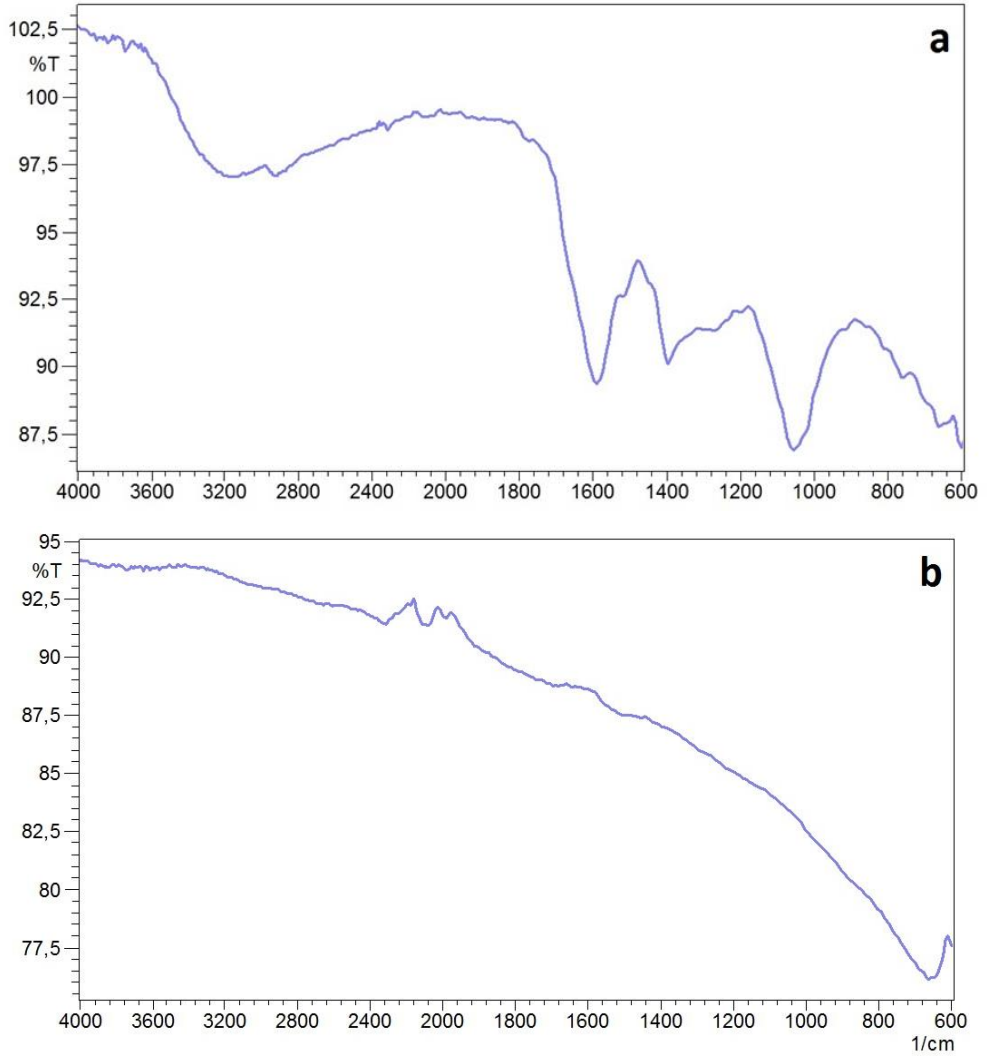
Optimum koşullar altında sentez edilen Madımak-AgNP'lerin yüzey morfolojisi ve boyutu SEM ile belirlenmiş olup, Şekil 4.6'te verilmiştir. Elde edilen SEM görüntüleri ile nano boyutta sentezin gerçekleştiği, yüzey morfolojisinin küresel olduğu görülmektedir. Partiküllerin boyutu 50 farklı noktada ölçülmüş ve ortalama partikül boyutunun 56.5 nm olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.6 Madımak-AgNP'lerin SEM Görüntüsü

4.6 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR)

Optimum koşullar altında sentez edilen Madımak-AgNP'lerin fonksiyonel grupları FT-IR analizleri ile belirlenmiş olup, madımak ekstraktı ve Madımak-AgNP'lere ait FT-IR spektrumları şekil 4.6'da verilmiştir. Bitki ekstraktının FT-IR spektrumunda 4 majör pik belirlenmiş olup, bunlar 3741 cm^{-1} 'de OH-, alkol ve fenol grupları, 2916 (alifatik C-H, -CH ve CH_2 grupları), 1587 cm^{-1} ($\text{C}\equiv\text{C}$) ve 1056 cm^{-1} 'de sırasıyla -C-O-C veya -C-O bağları ve -C=C bağlarıdır (Şekil 4.6a). FT-IR analizinde madımak ekstraktında belirlenen bu fonksiyonel grupların alkol, amin, fenol, karbonil ve ester gibi fonksiyonel grupların absorpsiyon kontlarını göstermektedir (Waclawek ve ark., 2018; Doğanyigit ve ark., 2019; Yiğit ve Türkkkan, 2023; Gevrek ve ark., 2023). Flavonoid ve fenolik bileşikler muhtemelen π -elektron etkileşimi vasıtasıyla madımak-AgNP'lerin yüzeyinde absorbe edebilir. Madımak ekstraktları karbonil ve hidroksil gruplarının Ag^{+1} ve Ag^0 iyonlarına indirgeyerek AgNP sentezinde rol oynadıkları söylenebilir. Sentez edilen Madımak-AgNP'lerin FT-IR spektrumunda $3927\text{-}663\text{ cm}^{-1}$ aralığında O-H, N-H, C=C, C-N ve C-O gruplarından kaynaklı farklı birçok pik belirlenmiştir (Şekil 4.7b).



Şekil 4.7 Madımak Ekstraktı (a) ve Madımak-AgNP (b) FT-IR Spektrumu

4.7 Antifungal Etkinliğin Belirlenmesi

Madımak ekstraktı kullanılarak optimum koşullar da sentez edilen Madımak-AgNP'lerin antifungal etkileri 6 *Phytophthora* türü üzerinde belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan en yüksek konsantrasyonda ($400 \mu\text{g ml}^{-1}$) Madımak-AgNP, *P. cactorum*, *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora*, *P. palmivora* ve *P. nicotianae*'nin misel gelişimini sırasıyla %49.82, %54.22, %57.47, %14.66, %39.58 ve %51.35 oranında engellemiştir. *Phytophthora* türleri için Madımak-AgNP'lerin EC_{50} değerleri 217.10-511.83 $\mu\text{g/ml}$ arasında değişmiştir. Ancak *P. citrophthora* için EC_{50} değeri belirlenememiştir (Çizelge 4.4). Muhtemelen bu durum Madımak-AgNP ve *P. citrophthora* türü arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır ki, sentez edilen NP'lerin tüm türleri aynı şekilde etkilememesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca hiçbir *Phytophthora* türü çalışmada kullanılan en yüksek konsantrasyonda AgNP tarafından

tamamen engellenememiştir. Bu yüzden tüm *Phytophthora* türleri için MİK değeri > 400 µg/ml olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 *Phytophthora*'lara Karşı Madımak-AgNP'lerin Toksisitesi

Fungus	EC ₅₀ (µg/ml)	MİK (µg/ml)
<i>Phytophthora cactorum</i>	511.83 (383.88-892.16)	>400
<i>P. capsici</i>	406.61 (348.64-506.82)	>400
<i>P. cinnomami</i>	217.10 (183.38-264.03)	>400
<i>P. citrophthora</i>	-	>400
<i>P. nicotianae</i>	459.87 (378.41-613.43)	>400
<i>P. palmivora</i>	502.44 (402.07-688.62)	>400

Etkili konsantrasyon (%50)

Minimum engelleyici konsantrasyon

Önceki çalışmalarda çeşitli bitki ekstraktları ile sentezlenen AgNP'lerin antifungal etkinliklerinin farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Örneğin *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani* ve *Sclerotinia sclerotium* gibi bazı funguslara karşı kullanılan *A. indica*-AgNP'lerin ancak 1500 µg ml⁻¹ konsantrasyonda büyük ölçüde engelleme sağlandığı rapor edilmiştir (Krishnaraj ve ark., 2012). Benzer olarak Al-Zahrani ve Al-Garni (2019), pırasa (*Allium ampeloprasum*)-AgNP'lerin MİK değerinin farklı *Aspergillus* türleri için 652-2500 µg ml⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Öte yandan *Artemisia absinthium* (Pelin otu)-AgNP'lerin ise *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. infestans*, *P. katsurae*, *P. palmivora*, *P. parasitica* ve *P. tropicalis* gibi farklı *Phytophthora* türlerine karşı 100 µg ml⁻¹'den çok daha düşük MİK değerine sahip olduğu gözlenmiştir (Ali ve ark., 2015). Gevrek ve ark., (2023)'ün yaptıkları çalışmada kullanılan tüm *Phytophthora* (*P. cactorum*, *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora*, *P. palmivora* ve *P. nicotianae*) türlerine karşı *Corylus colurna* (Türk fıncığı) -AgNP'lerin EC₅₀ değerlerinin 118.68 - 292.56 µg ml⁻¹ arasında değiştiğini belirtmiştir. Dahası çalışmada kullandıkları en yüksek konsantrasyon olan 340 µg/ml 'de tam engelleme belirleyememişlerdir.

Yukarıda belirtilen bu çalışmalardaki antifungal etkinliklerdeki bu farklılıklar AgNP'lerin sentez edildikleri ekstrakt ve bileşenler ile sentezlenen NP'lerin şekil, yapı ve formlarıyla ilişkili olduğu belirtilmektedir (Buzea ve ark., 2007).

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında mikrodalga fırın aracılığıyla madımak bitki ekstraktı ile Ag^+ iyonlarının Ag^0 iyonlarına indirgenmesi ile nano boyutta sentez gerçekleştirilmiştir. AgNP sentezi için RSM'nin Box Behnken tasarımında bağımsız değişkenler (gümüş nitrat konsantrasyonu, madımak ekstraktı/ $AgNO_3$ oranı, solüsyon pH'ı ve mikrodalga gücü) optimize edilmiştir. Optimum koşullarda yeşil olarak sentez gerçekleştirilerek madımak ekstraktı-gümüş nanopartiküllerin karakterizasyonu yapılmış ve antifungal aktiviteleri bazı *Phytophthora* türleri üzerinde test edilmiştir. Araştırma kapsamında aşağıda yer alan sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Mikrodalga ile çok kısa bir sürede Madımak-AgNP sentezinin gerçekleştirilmesi sağlamıştır.

2. Sentezlenen Madımak-AgNP'lerin UV-Vis yüzey plazmon rezonans değerleri 375-424 nm aralığında olup, literatür ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

3. BBD matrisi için belirlenen bağımsız değişkenler; $AgNO_3$ konsantrasyonu (mM) Madımak ekstraktı/ $AgNO_3$ konsantrasyon oranı, solüsyon pH'ı ve mikrodalga gücü (watt) olup, optimizasyon için yanıt yüzey yöntemi kullanılmıştır. Yanıt olarak 350-420 nm aralığındaki spektral alan Table Curve programı kullanılarak hesaplanmış ve bu alanın maksimize edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda optimum şartlar; $AgNO_3$ konsantrasyonu 10 mM, bitki ekstraktı/ $AgNO_3$ konsantrasyon oranı 0.15, solüsyon pH'ı 9 ve mikrodalga gücü 800 watt olarak belirlenmiştir.

4. Madımak-AgNP'lerin FT-IR spektrumları parmak izi bölgesi olarak tanımlanan $1587-1056\text{ cm}^{-1}$ dalga boyu arasındaki bağların benzerliği; Ag^+ iyonlarının indirgenmesinde madımak bitki ekstraktındaki fonksiyonel grupların etkili olduğunu göstermiştir.

5. Optimum şartlarda sentezlenen Madımak-AgNP'lerin yüzey morfolojisi ve boyutu SEM analizleri ile incelenmiş, NP'lerin ortalama boyutlarının 56.5 nm olduğu belirlenmiştir.

6. Antifungal etkinlik denemelerinde, Madımak-AgNP'lerin *P. cactorum*, *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora*, *P. palmivora* ve *P. nicotianae* türlerine karşı toksik aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda madımak ekstraktında bulunan fonksiyonel gruplar aracılığıyla Ag⁺ iyonlarının indirgenerek nano boyutta sentezi gerçekleştirilmiştir ve sentez koşulları RSM'nin BBD matrisi kullanarak yüksek verimde NP retimi gerçekleştirilmiştir. Madımak-AgNP'lerin antifungal aktivite sergilemesi bunların bitki fungal hastalıkları ile mücadelede alternatif bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

- Agrios, GN. (2005). Plant pathology 5th edition: Elsevier academic press. Burlington, Ma. USA, 79- 103.
- Aktepe, Bütüner, H., Baran, A., Firat Baran, M. & Keskin, C. (2022). *Rumex acetosella* L. (Kuzukulağı) bitkisinden elde edilen gümüş nanopartiküllerinin sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobiyal aktivitelerinin değerlendirilmesi. *Uluslararası Tarımsal Çevre ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 6 (4), 522-529.
- Alamri, S. & Moustafa, MF. (2012). Antimicrobial properties of 3 medicinal plants from Saudi Arabia against some clinical isolates of bacteria. *Saudi Medical Journal*, 33(3), 272-277.
- Ali, M., Kim, B., Belfield, KD., Norman, D., Brennan, M. & Ali, GS. (2015). Inhibition of *Phytophthora parasitica* and *P. capsici* by silver nanoparticles synthesized using aqueous extract of *Artemisia absinthium*. *Phytopathology*, 105(9), 1183-1190.
- Allhoff, F., Lin, P. & Moore, D. (2017). Nanoteknoloji Nedir Ve Neden Önemlidir? Bilimden Etiğe (1 b.). (Ö. Özgür, Çev.) Ankara: Gökçe Ofset Matbaacılık Yay.San.Ltd.Şti.
- Al-Otibi, F., Perveen, K., Al-Saif, N. A., Alharbi, R. I., Bokhari, N. A., Albasher, G., & Al-Mosa, M. A. (2021). Biosynthesis of silver nanoparticles using *Malva parviflora* and their antifungal activity. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(4), 2229-2235.
- Al-Otibi, Fatimah. The antifungal activities of Silver Nano-Aggregates biosynthesized from the aqueous extract and the alkaline aqueous fraction of *Rhazya stricta* against some *Fusarium* species. *Nanomaterials*, 14 (1), 88.
- Al-Zahrani, SS. & Al-Garni, SM. (2019). Biosynthesis of silver nanoparticles from *Allium ampeloprasum* leaves extract and its antifungal activity. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 10(01), 11.
- Anis, S. N. S., Liew, W. C., Marsin, A. M., Muhamad, I. I., Teh, S. H., & Khudzari, A. Z. M. (2023). Microwave-assisted green synthesis of silver nanoparticles using pineapple leaves waste. *Cleaner Engineering and Technology*, 15, 100660.
- Ansari, M., Ahmed, S., Khan, M. T., Hamad, N. A., Ali, H. M., Abbasi, A., & Jasim, I. K. (2023). Evaluation of In Vitro and In Vivo Antifungal Activity of Green Synthesized Silver Nanoparticles against Early Blight in Tomato. *Horticulturae*, 9(3), 369.
- Anum, F., Jabeen, K., Javad, S., Iqbal, S., Tahir, A., Javed, Z., & Cho, W. C. (2021). Green synthesized silver nanoparticles as potent antifungal agent against *Aspergillus terreus* Thom. *Journal of Nanomaterials*, 2021, 1-10.
- Aslan, S. (2022). *Anchusa officinalis* yapraklarından gümüş nanopartiküllerin (AgNPs) sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin.

- Avcı, M. A., Özköse, A., & Tamkoç, A. (2012). Turfgrass quality changes from season to season on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) genotypes collected from natural flora. *Int. J. Agric. Biosyst. Eng.*, 6, 547-550.
- Azarbani, F., & Shiravand, S. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles by *Ferulago macrocarpa* flowers extract and their antibacterial, antifungal and toxic effects. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 13(1), 41-49.
- Azizi, Z., Pourseyedi, S., Khatami, M., & Mohammadi, H. (2016). *Stachys lavandulifolia* and *Lathyrus* sp. mediated for green synthesis of silver nanoparticles and evaluation its antifungal activity against *Dothiorella sarmentorum*. *Journal of Cluster Science*, 27, 1613-1628.
- Azmi, S. N. H., Al-Jassasi, B. M. H., Al-Sawafi, H. M. S., Al-Shukaili, S. H. G., Rahman, N., & Nasir, M. (2021). Optimization for synthesis of silver nanoparticles through response surface methodology using leaf extract of *Boswellia sacra* and its application in antimicrobial activity. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(8), 497.
- Baran & Yeşilada, Ö. (2022). Antimicrobial potential of silver nanoparticles produced by apricot leaf extract. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 10(1), 50-57.
- 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 Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan.
- Beykaya, M., & Çağlar, A. (2016). Bitkisel özütler kullanılarak gümüş-nanopartikül (AgNP) sentezlenmesi ve antimikrobiyal etkinlikleri üzerine bir araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(3), 631-641.
- Buzea, C., Pacheco, II & Robbie, K. (2007). Nanomalzemeler ve nanopartiküller: kaynaklar ve toksisite. *Biyoaraştırmalar*, 2 (4), MR17-MR71.
- Cakilcioglu, U., & Turkoglu, I. (2010). An ethnobotanical survey of medicinal plants in Sivrice (Elazığ-Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 132(1), 165-175.
- Ceylan, Ö. (2023). Yeşil sentez metoduyla zeytin (*Olea Europaea* L.) yapraklarından gümüş nanopartikül sentezi, karakterizasyonu ve bazı biyolojik aktivitelerinin değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Chelli, V. R., & Golder, A. K. (2019). One pot green synthesis of Pt, Co and Pt@ Co core-shell nanoparticles using *Sechium edule*. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 94(3), 911-918.
- Çelebi, M. E. (2022). Okside amilozlu gümüş nanopartiküllerin topikal antibiyotiklerle *staphylococcus aureus* kökenlerine karşı sinerjik etkisi. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Çıracı, S. (2007, Şubat). 21. yüzyılda yeni bir sanayi devrimi: Nanoteknoloji. *Bilim ve Ütopya* (152), 4-11.

- Çiftçi, H., Çalışkan, Ç. E., Öztürk, K., & Yazıcı, B. (2021). Yeşil yöntemle sentezlenen biyoaktif nanopartiküller. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4(1), 29-42.
- Dağlıoğlu, Y., & Öztürk, B. (2021). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Mandragora autumnalis*; Its Characterization, Antioxidant and Antimicrobial Activities. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 14(3), 1039-1054.
- Demir, H. (2006). Erzurum’da Yetişen Madimak, Yemlik ve Kızamık Bitkilerinin Bazı Kimyasal Bileşimi. *Bahçe*, 35(1), 55-63.
- Devatha, C. P., & Thalla, A. K. (2018). Green synthesis of nanomaterials. *In Synthesis of inorganic nanomaterials* (pp. 169-184). Woodhead Publishing.
- Devatha, C. P., Jagadeesh, K., & Patil, M. (2018). Effect of Green synthesized iron nanoparticles by *Azardirachta indica* in different proportions on antibacterial activity. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 9, 85-94.
- Divya, S., Anusree, A. R., Vigi, S., Jiji, S. G., Das, P. A., Dev, A. R., & Anith, K. N. (2023). Silver nanoparticles green synthesized with leaf extract of disease-resistant amaranthus genotypes effectively suppress leaf blight (*Rhizoctonia solani* Kühn) disease in a susceptible red amaranthus cultivar. *3 Biotech*, 13(6), 196.
- Dobrowolski, MP., Shearer, BL., Colquhoun, IJ., O’Brien, PA. & Hardy, GS. (2008). Selection for decreased sensitivity to phosphite in *Phytophthora cinnamomi* with prolonged use of fungicide. *Plant pathology*, 57(5), 928-936.
- Ediz, E. *Phaseolus vulgaris* l.'den gümüş nanopartiküllerin biyosentezi ve antifungal etkinliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ege, Ediz., Kurtay, G., Karaca, B., Büyük, İ., Gökdemir, F. Ş., & Sumer, Aras. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles from *Phaseolus vulgaris* L. extracts and investigation of their antifungal activities. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 49(1), 11-23.
- ElSharawy, A. A., Ibrahim, M. S., & Mossa, M. I. (2023). Effect of Green Biosynthesized Silver Nanoparticles Using *Cleome amblyocarpa* on Controlling Chickpea Wilt. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 51(1), 1-16.
- Eraslan, T. (2020). *Daphne Oleoides* ‘den Sentezlenen Gümüş Nanopartiküllerin Antioksidan Aktivitesinin Değerlendirilmesi. Doktora tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Erbay, N. (2021). *Cyclotrichium origanifolium* L. bitkisinden gümüş nanopartiküllerin sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobiyal aktivitelerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans tezi, Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin.
- Erenler, R., Geçer, EN, Nusret, Genç. & Yanar, D. (2021). *Tagetes erecta* L. yapraklarından sentezlenen gümüş nanopartiküllerinin antioksidan aktivitesi. *Uluslararası Kimya ve Teknoloji Dergisi*, 5 (2), 141-146.

- Ergül, E. U., Gezeğin, C., & Yıldız, A. (2019). Yanıt yüzey yöntemi ve genetik algoritma kullanılarak transformatör sargı en sıcak nokta sıcaklığının modellenmesi ve optimizasyonu. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(2), 467-480.
- Eshghi, M., Vaghari, H., Najian, Y., Najian, M. J., Jafarizadeh-Malmiri, H., & Berenjian, A. (2018). Microwave-assisted green synthesis of silver nanoparticles using juglans regia leaf extract and evaluation of their physico-chemical and antibacterial properties. *Antibiotics*, 7(3), 68.
- Fatimah, I., Hidayat, H., Nugroho, B., & Husein, S. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using *Datura metel* flower extract assisted by ultrasound method and its antibacterial activity. *Recent Patents on Nanotechnology*, 17(1), 68-73.
- Fırat Baran, M. (2019). *Prunus avium* kiraz yaprağı özütü ile gümüş nanopartikül (AgNP) sentezi ve antimikrobiyal etkilerinin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10 (1), 221-227.
- Gevrek, C., Yiğit, U. & Türkkın, M. (2023). *Corylus colurna* L. (Türk Fındığı)'nin yaprak ekstraktı kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin yapılandırılması ve antifungal aktivitesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12 (Özel Sayı), 159-172.
- Ghojavand, S., Madani, M., & Karimi, J. (2020). Green synthesis, characterization and antifungal activity of silver nanoparticles using stems and flowers of felty germander. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 30, 2987-2997.
- Glotzer, S. C., & Solomon, M. J. (2007). Anisotropy of building blocks and their assembly into complex structures. *Nature materials*, 6(8), 557-562.
- Gurunathan, S., Kalishwaralal, K., Vaidyanathan, R., Venkataraman, D., Pandian, SRK., Muniyandi, J., Hariharan, N. & Eom, SH. (2009). Biosynthesis, purification and characterization of silver nanoparticles using *Escherichia coli*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 74(1), 328-335.
- Günel, N. (2013). Türkiye'de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Acta Turcica*, 1, 1-22
- Güneş, C., & Ahmet, Avcı. Kekik (2023). *Thymus Vulgaris* L. Özütü Kullanarak Biyosentezlenmiş Gümüş Nanopartiküllerin Antibakteriyel Etkisinin Araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6), 1551-1560.
- Güngörmüş, M. (2021). *Myrtus communis* (Mersin) ve Üzüm Çekirdeği Özütülenerek Gümüş Nanoparçacık Biyosentezi ve Karakterizasyonu. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GJES)*, 7 (3).
- Hafez, R. A., Abdel-Wahhab, M. A., Sehab, A. F., & El-Din, A. Z. A. K. (2017). Green synthesis of silver nanoparticles using *Morus nigra* leave extract and evaluation their antifungal potency on phytopathogenic fungi. *Journal of applied pharmaceutical science*, 7(2), 041-048.
- Hakan, A. & Bahçeci, E. (2015). Nano malzemeler için üretim yöntemleri. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 3(2), 483-499.

- Hall, J. B., Dobrovolskaia, M. A., Patri, A. K., & McNeil, S. E. (2007). Characterization of nanoparticles for therapeutics.
- Hatipoğlu, A. (2021). *Abelmoschus esculentus* yaprağı kullanılarak gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezi ve bazı gıda patojenleri üzerindeki antimikrobiyal etkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 239-246.
- Hawar, S. N., Al-Shmgani, H. S., Al-Kubaisi, Z. A., Sulaiman, G. M., Dewir, Y. H., & Rikisahedew, J. J. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles from *Alhagi graecorum* leaf extract and evaluation of their cytotoxicity and antifungal activity. *Journal of Nanomaterials*, 2022, 1-8.
- Henglein, A. (1989). Small-particle research: physicochemical properties of extremely small colloidal metal and semiconductor particles. *Chemical reviews*, 89(8), 1861-1873.
- Hochella, M. F., Spencer, M. G., & Jones, K. L. (2015). Nanotechnology: nature's gift or scientists' brainchild. *Environmental Science: Nano*, 2(2), 114-119.
- Jahan, I., Erci, F. & Işıldak, I. (2019). *Rosa santana* (göl) yapraklarının sulu ekstraktı ve bunların antimikrobiyal aktivitesi kullanılarak sitotoksik olmayan gümüş nanopartiküllerin mikrodalga destekli yeşil sentezi. *Analitik Mektuplar*, 52 (12), 1860-1873.
- Jebri, S., Jenana, R. K. B., & Dridi, C. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using *Melia azedarach* leaf extract and their antifungal activities: In vitro and in vivo. *Materials Chemistry and Physics*, 248, 122898.
- Jia, B., Mei, Y., Cheng, L., Zhou, J., & Zhang, L. (2012). Preparation of copper nanoparticles coated cellulose films with antibacterial properties through one-step reduction. *ACS applied materials & interfaces*, 4(6), 2897-2902.
- Karupiah, M., & Rajmohan, R. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using *Ixora coccinea* leaves extract. *Materials Letters*, 97, 141-143.
- Khalil, M. M., Ismail, E. H., & El-Magdoub, F. (2012). Biosynthesis of Au nanoparticles using olive leaf extract: 1st nano updates. *Arabian Journal of Chemistry*, 5(4), 431-437.
- Kocazorbaz, E. K. (2021). Green synthesis, optimization, and characterization of Silver Nanoparticles from *Euphorbia rigida* leaf extract and investigation of their antimicrobial activities. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 512-522.
- Krishnaraj, C., Jagan, EG., Rajasekar, S., Selvakumar, P., Kalaichelvan, PT. & Mohan, NJCSBB. (2010). Synthesis of silver nanoparticles using *Acalypha indica* leaf extracts and its antibacterial activity against water borne pathogens. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 76(1), 50-56.
- Kumavat, S. R., & Mishra, S. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using *Borago officinalis* leaves extract and screening its antimicrobial and antifungal activity. *International Nano Letters*, 11(4), 355-370.
- Le, N. T. T., Nguyen, D. H., Nguyen, N. H., Ching, Y. C., Pham Nguyen, D. Y., Ngo, C. Q., & Hoang Thi, T. T. (2020). Silver nanoparticles ecofriendly synthesized

by *Achyranthes aspera* and *Scoparia dulcis* leaf broth as an effective fungicide. *Applied Sciences*, 10(7), 2505.

- McMullan, D. (1995). Scanning electron microscopy 1928–1965. *Scanning*, 17(3), 175-185.
- Mohammadi, M., Shahisaraee, S. A., Tavajjohi, A., Pournoori, N., Muhammadnejad, S., Mohammadi, S. R., & Delavari H, H. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles using *Zingiber officinale* and *Thymus vulgaris* extracts: characterisation, cell cytotoxicity, and its antifungal activity against *Candida albicans* in comparison to fluconazole. *IET nanobiotechnology*, 13(2), 114-119.
- Mohammadlou, M., Jafarizadeh-Malmiri, H., & Maghsoudi, H. (2017). Hydrothermal green synthesis of silver nanoparticles using Pelargonium/Geranium leaf extract and evaluation of their antifungal activity. *Green Processing and Synthesis*, 6(1), 31-42.
- Mulvaney, P. (1996). Surface plasmon spectroscopy of nanosized metal particles. *Langmuir*, 12(3), 788-800.
- Murathan, Z. T. (2018). Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi ekolojik koşullarında yetişen bazı tıbbi bitkilerin biyokimyasal içeriği ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 51-60.
- Narayanan, M., Divya, S., Natarajan, D., Senthil-Nathan, S., Kandasamy, S., Chinnathambi, A., & Pugazhendhi, A. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles from aqueous extract of *Ctenolepis garcini* L. and assess their possible biological applications. *Process Biochemistry*, 107, 91-99.
- Nath, D., & Banerjee, P. (2013). Green nanotechnology—a new hope for medical biology. *Environmental toxicology and pharmacology*, 36(3), 997-1014.
- Nguyen, D. H., Vo, T. N. N., Le, N. T. T., Thi, D. P. N., & Thi, T. T. H. (2020). Evaluation of saponin-rich/poor leaf extract-mediated silver nanoparticles and their antifungal capacity. *Green Processing and Synthesis*, 9(1), 429-439.
- Noroozi, M., Zakaria, A., Moxsin, MM., Wahab, ZA. & Abedini, A. (2012). Green formation of spherical and dendritic silver nanostructures under microwave irradiation without reducing agent. *International journal of molecular sciences*, 13(7), 8086-8096.
- Okçu, Z., & Kaplan, B. (2018). Doğu Anadolu bölgesinde gıda olarak kullanılan yabani bitkiler. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(3), 260-265.
- Ovais, M., Khalil, A. T., Ayaz, M., Ahmad, I., Nethi & Mukherjee, S. (2018). Biosynthesis of metal nanoparticles via microbial enzymes: a mechanistic approach. *International journal of molecular sciences*, 19(12), 4100.
- Ölçekçi, A. (2022). Cennet Hurması (*Diospyros kaki*) meyvesinin yeşil yapraklarından sentezlenen gümüş nanopartiküllerin sentezi, karakterizasyonu, antimikrobiyal ve sitotoksik aktivitelerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin.

- Önen, H., Altuntaş, E., Özgöz, E., Bayram, M., & Özcan, S. (2014). Moisture effect on physical properties of knotweed (*Polygonum cognatum* Meissn.) seeds.
- Özdemir, A. B. E., & Doğru, N. H. (2022, August). Beyaz Çay Yapraklarından Yeşil Sentez ile Elde Edilen Gümüş Nanopartiküllerin Antimikrobiyal Aktivitesi. In *The 14th International Scientific Research Congress* (p. 148).
- Öztürk, BY & Öztürk, D. (2020). *Tilia rubra* DC. ekstraktı kullanılarak gümüş nanopartikülün hücre biyosentezi ve antifungal aktivitesi. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 13 (3), 244-251.
- Parvathalu, K., Kumar, D. N., Rajitha, K., Kishan, M. G., Kumar, B. N., Bhemarajam, J., & Bhaskar, P. B. (2023). Facile Synthesis of Silver Nanoparticles Using Green Tea Leaf Extract and Evolution of Antibacterial Activity. *Plasmonics*, 1-9.
- Parveen, M., Ahmad, F., Malla, A. M., & Azaz, S. (2016). Microwave-assisted green synthesis of silver nanoparticles from *Fraxinus excelsior* leaf extract and its antioxidant assay. *Applied Nanoscience*, 6, 267-276.
- Paulkumar, K., Gnanajobitha, G., Vanaja, M., Rajeshkumar, S., Malarkodi, C., Pandian, K., & Annadurai, G. (2014). Piper nigrum leaf and stem assisted green synthesis of silver nanoparticles and evaluation of its antibacterial activity against agricultural plant pathogens. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Purohit, A., Sharma, R., Shiv Ramakrishnan, R., Sharma, S., Kumar, A., Jain, D., & Maharjan, E. (2022). Biogenic synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) using aqueous leaf extract of *Buchanania lanzan* spreng and evaluation of their antifungal activity against phytopathogenic fungi. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2022.
- Rahman, H., Rauf, A., Khan, S. A., Ahmad, Z., Alshammari, A., Alharbi, & Suleria, H. A. R. (2023). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Rhazya stricta* Decne Extracts and Their Anti-Microbial and Anti-Oxidant Activities. *Crystals*, 13(3), 398.
- Rajkumar, P. V., Prakasam, A., Rajeshkumar, S., Gomathi, M., Anbarasan, P. M., & Chandrasekaran, R. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using *Gymnema sylvestre* leaf extract and evaluation of its antibacterial activity. *South African Journal of Chemical Engineering*, 32(1), 1-4.
- Rana, A., Kumari, A., Chaudhary, A. K., Srivastava, R., Kamil, D., Vashishtha, P., & Sharma, S. N. (2023). An Investigation of Antimicrobial Activity for Plant Pathogens by Green-Synthesized Silver Nanoparticles Using *Azadirachta indica* and *Mangifera indica*. *Physchem*, 3(1), 125-146.
- Salavati-Niasari, M., Davar, F., & Mir, N. (2008). Synthesis and characterization of metallic copper nanoparticles via thermal decomposition. *Polyhedron*, 27(17), 3514-3518.
- Saraç, H., Daştan, T., Demirbaş, A., Daştan, S. D., Karaköy, T., & Durukan, H. (2018). Madımak (*Polygonum cognatum* Meissn.) bitki özütlerinin besin elementleri ve in vitro antikanserojen aktiviteleri yönünden değerlendirilmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 340-347.

- Shao, K., Sun, J., Lin, Y., Zhi, H., Wang, X., Fu, Y., & Liu, Z. (2023). Green Synthesis and Antimicrobial Study on Functionalized Chestnut-Shell-Extract Ag Nanoparticles. *Antibiotics*, 12(2), 201.
- Shende, R., Subramanian, S., Hasan, S., Apperson, S., Thiruvengadathan, R., Gangopadhyay, K., & Balas, W. (2008). Nanoenergetic composites of CuO nanorods, nanowires, and Al-nanoparticles. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics: An International Journal Dealing with Scientific and Technological Aspects of Energetic Materials*, 33(2), 122-130.
- Singh, D., Rawat & Isha. (2016). Microwave-assisted synthesis of silver nanoparticles from *Origanum majorana* and *Citrus sinensis* leaf and their antibacterial activity: a green chemistry approach. *Bioresources and Bioprocessing*, 3, 1-7.
- Tormena, R. P. I., Rosa, E. V., Mota, B. D. F. O., Chaker, J. A., Fagg, C. W., Freire, D. O., & Sousa, M. H. (2020). Evaluation of the antimicrobial activity of silver nanoparticles obtained by microwave-assisted green synthesis using *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos underbark extract. *RSC advances*, 10(35), 20676-20681.
- Ulubelen, A., Tan, N., & Ucer, M. (1992). Flavonoids from *Polygonum cognatum*. *Fitoterapia*, 63, 87.
- Ulusoy, S., Erdoğan, S., Karaslan, M. G., Burhan, A. T. E. Ş., Ulusoy, H. İ., & Erdemoğlu, S. (2018). Optimization of extraction parameters for folic acid and antioxidant compounds from an edible plant (*Polygonum cognatum* Meissn) using pressurized liquid extraction (PLE) system. *Cumhuriyet Science Journal*, 39(4), 1069-1080.
- Üçer, M., & Eczacı, A. Y. (2011). Sivas Yöresinde Yerel Bitkilerden Yapılan İlaçlar. Bitkilerle Tedavi, 29.
- Valli, JS. & Vaseeharan, B. (2012). Biosynthesis of silver nanoparticles by *Cissus quadrangularis* extracts. *Materials Letters*, 82, 171-173.
- Wacławek, S., Gončuková, Z., Adach, K., Fijałkowski, M. & Černík, M. (2018). Green synthesis of gold nanoparticles using *Artemisia dracuncululus* extract: control of the shape and size by varying synthesis conditions. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(24), 24210- 24219.
- Wang, T., Jin, X., Chen, Z., Megharaj, M., & Naidu, R. (2014). Green synthesis of Fe nanoparticles using eucalyptus leaf extracts for treatment of eutrophic wastewater. *Science of the total environment*, 466, 210-213.
- Webster, J. & Weber, RWS. (2007). *Introduction to Fungi*. Third Edition, Cambridge University Press, Cambridge, USA, 875pp.
- Yallappa, S., Manjanna, J., Peethambar, S. K., Rajeshwara, A. N., & Satyanarayan, N. D. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using *Acacia farnesiana* (Sweet Acacia) seed extract under microwave irradiation and their biological assessment. *Journal of Cluster Science*, 24, 1081-1092.
- Yang, Q., Guo, J., Long, X., Pan, C., Liu, G., & Peng, J. (2023). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Jasminum nudiflorum* Flower Extract and Their Antifungal and Antioxidant Activity. *Nanomaterials*, 13(18), 2558.

- Yavuz ve Yılmaz, E. Ş. (2021). Biyolojik Sistemli Nanopartiküller. *Gazi Üniversitesi Fen Dergisi*, 2(1), 93-108.
- Yavuz, H., Çağal, M. M., Çalık, H., Koc, R. C., & Türker, M. (2023). Fesleğenden (*Ocimum Basilicum* L.) Sentezlenen Gümüş Nanopartiküllerin İnsan Akciğer Kanseri Hücrelerinde Antikanser Aktivitesinin Araştırılması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 2234-2246.
- Yıldırım, A., Mavi, A. & Kara (2003). *Polygonum cognatum* Meissn özlerinin antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri. *Gıda ve Tarım Bilimleri Dergisi*, 83 (1), 64-69.
- Yiğit, U. & Türkkan, M. (2023). Ihlamur (*Tilia rubra*) çiçeği özütü kullanılarak mikrodalgada sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antifungal aktivitesi ve optimizasyon prosedürü. *Uluslararası Kimya ve Teknoloji Dergisi*, 7 (1), 25-37.
- Yiğit, U., Gürel, Y., İlhan, H. & Türkkan, M. (2023). *Prunus laurocerasus* L.(karayemiş) yaprağı ekstresi ile sentezlenen yeşil gümüş nanopartiküllerinin antifungal aktivitesi ve optimizasyon prosedürü. *Uluslararası Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji Dergisi*, 6 (1), 1-20.
- Yousaf, H., Mehmood, A., Ahmad & Raffi, (2020). Green synthesis of silver nanoparticles and their applications as an alternative antibacterial and antioxidant agents. *Materials Science and Engineering: C*, 112, 110901.
- Zareshahrabadi, Z., Karami, F., Taghizadeh, S., Iraj, A., Amani, A. M., Motamedi, M., & Zomorodian, K. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of *Lamium album* and their antifungal properties. *Journal of Nano Research*, 67, 55-67.
- Zhao, Y., Zhang, Z., & Dang, H. (2004). Fabrication and tribological properties of Pb nanoparticles. *Journal of Nanoparticle Research*, 6(1), 47-51.
- Zia, F., Ghafoor, N., Iqbal, M., & Mehboob, S. (2016). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Cydonia oblong* seed extract. *Applied Nanoscience*, 6(7), 1023-1029.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Yaren GÜREL BİRSEN
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Bitki Koruma
Mezuniyet Yılı	20.07.2020
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Bitki Koruma Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	04.03.2024
Yayımlar	
Yiğit, U., Gürel, Y., İlhan, H. ve Türkkan, M. (2023). <i>Prunus laurocerasus</i> L.(karayemiş) yaprağı ekstresi ile sentezlenen yeşil gümüş nanopartiküllerinin antifungal aktivitesi ve optimizasyon prosedürü. Uluslararası Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji Dergisi, 6 (1), 1-20.	