

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**ATIK NİTELİĞİNDEKİ CEVİZ (*Juglans regia* L.) İÇ ZARINDAN YEŞİL SENTEZ
TEKNİĞİ İLE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE
ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE CAN

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. MERVE KESKİN

BİLECİK, 2024

10652828

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**ATIK NİTELİĞİNDEKİ CEVİZ (*Juglans regia* L.) İÇ ZARINDAN YEŞİL SENTEZ
TEKNİĞİ İLE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE
ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE CAN

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. MERVE KESKİN

BİLECİK, 2024
10652828

BEYAN

Atık Niteliğindeki Ceviz (*Juglans Regia L.*) İç Zarından Yeşil Sentez Tekniği İle Gümüş Nanopartikül Sentezi, Karakterizasyonu ve Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi adlı yüksek lisans yeterlilik tezi hazırlık ve yazım sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP),TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte,KURULETİK onayı alınması durumunda ise ETİK KURULTarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR	X	DESTEK ALINMAMIŞTIR	
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum; BAP			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)		2022-02.BŞEÜ.01-03	
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:		/.....	

Merve Can

Tarih

İmza

ÖN SÖZ

Yüksek Lisans tezimin her aşamasında tecrübesi ve bilgi birikimiyle beni hep destekleyen, her aşamada yanımda olan, yoğun iş temposuna rağmen bu tezin oluşması için emek harcayan çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Merve KESKİN'e teşekkürü bir borç bilirim.

2022-02. BŞEÜ.01-03 proje kodu ile tezime destek olan Üniversitemiz Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, değerli görüş ve önerileriyle beni yönlendiren değerli Tez Savunma Jüri Üyeleri Sayın Prof. Dr. Halit ARSLAN ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sıdıka GENÇ hocalarıma çok teşekkür ederim.

Biyoteknoloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN hocama çok teşekkür ederim.

Deneyisel çalışmalarımı yürütmem esnasında desteklerini esirgemeyen Sayın Öğr. Gör. Adem KAYA ve Sayın İrem UYSAL'a çok teşekkür ederim.

Her konuda destekleyen ve sonsuz sabrıyla zor zamanlarımda hep yanımda olan hayat arkadaşım Mehmet CAN'a, kardeşlerim Burhan CAN ve Süreyya AKMEŞE'ye ve şuan karnımda son günlerini geçiren bana tarifi olmayan duyguları şimdiden yaşatan sevgili oğlum Gökem CAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Merve CAN

2024

ÖZET

ATIK NİTELİĞİNDEKİ CEVİZ (*Juglans regia* L.) İÇ ZARINDAN YEŞİL SENTEZ TEKNİĞİ İLE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışma, atık niteliğindeki doğal ürünlerin sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında çevre dostu yeşil sentez tekniği ile gümüş nanopartikül eldesinin potansiyelini belirlemek ve elde edilen nanopartiküllerin antimikrobiyal aktivitelerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Sürdürülebilirlik gelecekteki ekoloji için önemlidir ve son yıllarda atıkların artması sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir. Atıkların yönetimi ve teknoloji alanında kullanılması sürdürülebilirlik için bir çözüm olabilir. Nanoteknoloji, 1-100 nm boyutundaki maddelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmek için gelişen bir teknolojidir. Nanopartiküller fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemler gibi farklı yöntemlerle sentezlenebilmektedir. Yeşil sentez (biyolojik sentez) yöntemi, çevre dostu, enerji tasarrufu sağlayan, daha ucuz, daha az atık üreten, ölçeklendirilmesi kolay, sürdürülebilir ve biyolojik olarak uyumlu olması nedeniyle kimyasal ve fiziksel yöntemlere göre en çok tercih edilen yöntemdir. Ceviz; yaprakları, kuru ve yeşil meyvesi, iç/dış kabuğu ve iç zarı farklı kısımları olan bir meyvedir. İç kabuğu ve dış kabuğu gıda olarak kullanılmaz ve atıktır. İlk olarak atık ceviz iç zarı özütlenmiş daha sonra gümüş nanopartikül sentezi için electron vericisi olarak kullanılmıştır. AgNPs yeşil sentez tekniği ile sentezlendikten sonra karakterize edilmiş ve AgNP'lerin antimikrobiyal aktivitesi belirlenmiştir. AgNP'lerin 46-51nm boyutunda 460nm'de maksimum absorbans verdiği ve iyi bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen veriler bitkisel bazlı atıkların nanoteknolojide kullanım potansiyeli olduğu ve tarımdan tıpta kadar geniş bir alanda kullanılabileceği açıktır.

Anahtar Kelimeler: Atık Yönetimi, Yeşil Sentez, Gümüş Nanopartiküller, Antimikrobiyal Aktivite.

ABSTRACT

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SILVER NANOPARTICLES FROM WASTE WALNUT (*juglans regia* L.) INNER MEMBRANE BY GREEN SYNTHESIS TECHNIQUE

This study was carried out to determine the potential of obtaining silver nanoparticles using an environmentally friendly green synthesis technique within the scope of sustainability. For this purpose, natural waste products were used as precursor, and the antimicrobial activity of the obtained nanoparticles was determined. Sustainability is important for future ecology, and the increased waste in recent years has negatively affected sustainability. Waste management and utilization in the field of technology can be a solution for sustainability. Nanotechnology is an emerging technology that improves the physical, chemical and biological properties of substances. 1-100 nm in size. Different methods, such as physical, biological and chemical methods, can synthesize nanoparticles. The green synthesis (biological synthesis) method is the most preferred method compared to chemical and physical methods because it is environmentally friendly, energy-saving, cheaper, produces less waste, is easy to scale up, and is sustainable and biologically compatible. Walnut has different parts, such as leaves, dry and green fruit, inner/outer shell and inner membrane. The inner and outer shells are not used as food and are waste. First, the waste walnut inner membrane was extracted and then used as electron donor to synthesize silver nanoparticles. AgNPs were synthesized using the green synthesis technique and then characterized, and the antimicrobial activity of AgNPs was determined. It was observed that AgNPs gave maximum absorbance at 460nm with a size of 46-51nm and had good antimicrobial activity. It is clear from the data obtained that plant-based wastes have the potential to be used in nanotechnology and can be used in a wide range of fields, from agriculture to medicine.

Keywords: Waste Management, Green Synthesis, Silver Nanoparticles, Antimicrobial Activity.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Atık.....	3
1.1.1. Evsel atıklar.....	4
1.1.2. Tehlikeli atıklar.....	4
1.1.3. Endüstriyel atıklar.....	4
1.1.4. Tarımsal ve bahçe atıkları.....	5
1.1.5. Özel atıklar.....	5
1.1.6. Tıbbi atıklar.....	5
1.1.7. İnşaat artığı ve moloz atıklar.....	6
1.1.8. Atık yönetimi.....	6
1.1.9. Atık önleme.....	7
1.2.Nanoteknoloji.....	11
1.2.1. Nanoteknoloji tarihçesi.....	11
1.2.2. Kronolojik olarak nanobilim ve nanoteknoloji gelişimi.....	13
1.3. Nanopartikül sentezi.....	16
1.3.1. Yukarıdan aşağı sentez.....	16
1.3.2. Aşağıdan yukarı sentez.....	17
1.3.3. Yeşil sentez.....	18
1.4.Nanopartikül karakterizasyon yöntemleri.....	19
1.4.1. Ultraviyole görünüt (UV Görünür) spektrofotometri.....	19

1.4.2. Taramalı electron mikroskobu (SEM).....	20
1.4.3. Enerji dağıtımli X-Işını spektroskopisi(EDX).....	20
1.4.4. Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR).....	20
1.5.Nanoteknoloji uygulandığı alanlar.....	21
1.5.1. Tıp	21
1.5.2. Gıda.....	21
1.5.3. Malzeme.....	22
1.5.4. Çevre ve enerji.....	23
1.5.5. Savunma.....	23
1.5.6. Kozmetik.....	24
1.5.7. Havacılık ve uzay.....	25
1.5.8. Gümüş nanopartiküller.....	25
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	27
3. MATERYAL METOT.....	31
3.1.Materyal.....	31
3.1.1. Cihazlar.....	31
3.1.2. Kimyasal maddeler.....	31
3.1.3. Tampon çözeltiler	31
3.1.4. UV görünür spektrofotometre.....	32
3.1.5. Taramalı electron mikroskobu (SEM) ve EDX analizi.....	32
3.1.6. Fourier transform infrared spectrum cihazı (FTIR).....	32
3.2.Metot	32
3.2.1. Ceviz iç zarı (<i>Juglans regia</i> L.) temini.....	32
3.2.2. Ceviz iç zarı özütü hazırlanması.....	33
3.2.3. Gümüş Nanopartikül Sentezi.....	33
3.2.4. Nanopartikül Eldesinde En Uygun Koşulların Belirlenmesi.....	33
3.2.5. En Uygun Özüt Derişimi Belirlenmesi.....	33
3.2.6. En Uygun pH Değerinin Belirlenmesi.....	33
3.2.7. En Uygun Sıcaklık Değerinin Belirlenmesi.....	33
3.2.8. Gümüş Nanopartikül Eldesi.....	34
3.2.9. AgNP'lerin Karakterizasyonu.....	34

3.2.10. AgNP'lerin Antimikrobiyal Etkilerinin Saptanması.....	34
3.2.11. Antimikrobiyal Etkinin Saptanması.....	34
4. BULGULAR.....	35
4.1.Gümüş Nanopartikül Sentezi.....	35
4.2.En Uygun Özüt Derişimi Belirlenmesi.....	36
4.3.En Uygun pH DeğerininBelirlenmesi.....	37
4.4.En Uygun Sıcaklık Değerinin Belirlenmesi.....	38
4.5.AgNP'lerin Karakterizasyonu.....	39
4.6.Antimikrobiyal Etkinin Saptanması (Disk difüzyon metodu)	42
5. SONUÇ.....	45
KAYNAKÇA.....	46

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Oluşan Toplam Atık Miktarı (Ton).....	3
Tablo 1.5. Dünya Ceviz Üretim Miktarları.....	9
Tablo 1.7. Ceviz Kısımları ve Biyoaktif Bileşenleri	10
Tablo 3.1. Kullanılan Cihazlar.....	32
Tablo 3.2. Kullanılan Kimyasallar.....	32
Tablo 4.9. <i>E. coli</i> İnhibisyon Zonları	43
Tablo 4.11. Farklı Kaynaklar Kullanılarak Elde Edilen Gümüş Nanopartiküllere Ait Özellikler	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.2. Evsel Atık Ayrıştırma.....	4
Şekil 1.3. Sıfır Atık Hiyerarşisi Ve Biyokütle Değer Piramidi.....	7
Şekil 1.4. Atıkların Geri Dönüşümü.....	7
Şekil 1.6. Ceviz Ağacı Ve Ürünleri.....	10
Şekil 1.8. Lycurgus Kupası.....	12
Şekil 1.9. İznik Çinileri.....	12
Şekil 1.10. Lotus Bitkisi.....	14
Şekil 1.11. Geko Kertenkelesi.....	15
Şekil 1.12. Nanomalzeme Boyutlarının Karşılaştırılması.....	15
Şekil 1.13. Nanomalzemelerin Sınıflandırılması: nanopartiküller, nanokiller ve nanoemilsiyonlar.....	16
Şekil 1.14. Nanopartiküllerin Sentez Yöntemleri.....	17
Şekil 1.15. Dna Sarmalına Yapılan Nanoboyuttaki İşlem.....	21
Şekil 1.16. Gıdaya Yapılan Nanoboyuttaki İşlemler.....	22
Şekil 1.17. Çizmeye Yapılan Su Geçirmezlik Özellik Kazandıran Nanoboyuttaki İşlem.....	22
Şekil 1.18. Güneş Enerjisiyle Sağlanan Nanoboyutta İşlemler.....	23
Şekil 1.19. Yanmaz Özellik Sağlayan Savunma Kıyafetleri.....	24
Şekil 1.20. Uv Koruması Sağlayan Nanomalzeme Kullanılan Güneş Kremi.....	25
Şekil 1.21. Gümüş Nanopartikül Kullanım Alanları.....	26
Şekil 1.22. Kurutulmuş Ceviz İç Zarı.....	32
Şekil 4.1. AgNPs sentezinin spektrumu a) Ceviz iç zarı özütü b) AgNPs çözeltisi.....	36
Şekil 4.7. AgNPs SEM Görüntüsü ve Histogramı	41
Şekil 4.8. AgNPs EDX Spektrumu Ve Elementel Yüzdeleri.....	42
Şekil 4.10. Disklere Emdirilmiş Ceviz İç Zarı Özütü ve AgNP'ler.....	43

GRAFİKLER LİSTESİ

Sayfa

Grafik 4.2. En Uygun Özütleme Değişimi.....	37
Grafik 4.3. En Uygun pH Değeri.....	38
Grafik 4.4. En Uygun Sıcaklık Değeri.....	39
Grafik 4.5. Ceviz İç Zarı FTIR Spektrumu.....	40
Grafik 4.6. AgNPs Süpernetantı FTIR Spektrumu.....	40



KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

Ag⁺: Gümüş iyonu

AgNP: Gümüş Nanopartikül

AgNPs: Gümüş Nanopartiküller

dk: Dakika

mL: Mililitre

mM: Milimolar

nm: Nanometre

UV: Ultraviyole

SPR: Yüzey Plazmon Rezonansı

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

BARUM: Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi

SEM: Taramalı Elektron Mikroskopi

FTIR: Fourier Transform Infrared Spektrum Cihazı

Escheichia coli: *E.coli*

1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik, ekolojinin ve ekolojik sistemlerin işlevlerini, süreçlerini ve üretkenliğini gelecekte de devam ettirebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, insan faaliyetleri sonucunda dünya kaynaklarının ve çevrenin tükenme sınırına doğru ilerlediği vurgulanmaktadır (Yavuz, 2010: 63). Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte üretilen malzemelerin çeşitliliğine bağlı olarak atık miktarı da artmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 23 Aralık 2021 tarihinde yayınlanan rapora göre, Türkiye genelinde termik santraller, imalat sanayi alanları, organize sanayi bölgeleri, maden işletmeleri, sağlık merkezleri ve hanelerde toplam 104,8 milyon ton atık üretilmiştir. Bu atığın 30 milyon tonu 2020 yılında üretilmiştir. Toplam atık miktarı 2018 yılında yaklaşık 94,9 milyon ton olarak raporlanmış ve 2021 yılında 2018 yılına kıyasla %10,5 oranında artmıştır. Türkiye için kişi başına düşen atık miktarı 2018 yılında günlük 1,16 kg olmuştur. İşlenen toplam atık miktarı ise 2018 yılına göre %22 artmıştır (TÜİK, 2023). Bu açıdan bakıldığında sürdürülebilirlik ancak doğanın sunduğu kaynakların kendilerini yenileyebilecekleri bir hızda kullanılmasıyla sağlanabilir (Yavuz, 2010: 63). Bu amaçla çevresel etkileri düşük girdilerin kullanıldığı, verimliliği yüksek, az veya sıfır atık içeren, kirlilik yaratmayan üretim süreçlerinin geliştirilmesi önemlidir. Sıfır atık olarak da bilinen atık önleme, kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını, oluşan atık miktarının azaltılmasını ve atıkların geri dönüştürülmesini içeren bir yaklaşımdır (Sıfır Atık, 2023). Atık miktarının artmasının engellenmesi veya atıkların geri dönüştürülmesinin son derece önemli olduğu açıkça görülmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri arasında yer alan sürdürülebilir kentler ve toplumlar ile sorumlu üretim ve tüketim ilkeleri kapsamında çalışmalar yürütülmelidir. Sürdürülebilirlik kapsamında yürütülen önemli çalışmalardan biri de atık bazlı nanopartiküllerin yeşil sentez tekniği ile üretilmesi ve teknoloji alanına kazandırılmasıdır.

Nanoteknoloji, 1-100 nm arasındaki boyutlardaki partiküllerin işlenmesine olanak sağlayan yeni bir teknolojidir (Beykaya ve Çağlar, 2016: 631; Keskin, 2023: 2762). Nanoteknoloji tıpta, diş hekimliğinde, ilaç dağıtım sistemlerinde, birçok biyomedikal uygulamada, çevrede ve mühendislikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Gümüş nanopartiküller (AgNPs) kimyasal stabilite, iletkenlik, katalitik ve antibakteriyel aktiviteler gibi özellikleriyle önem taşımaktadır. Diğer elementlerle karşılaştırıldığında gümüş daha fazla antimikrobiyal etkiye sahiptir ve en az toksik elementtir (Bahadar, 2016: 1). AgNP'ler kimyasal, biyolojik ve fiziksel yöntemler gibi birçok farklı yöntemle sentezlenebilmektedir (Beykaya ve Çağlar, 2016: 631). En yaygın yöntem biyolojik

sentez yöntemidir ve yeşil sentez olarak da bilinir. Yeşil sentez yöntemi, ekoloji dostu olması, enerji tasarrufu sağlaması, daha ucuz olması, daha az atık üretmesi, ölçeklendirilmesinin kolay olması, sürdürülebilir olması, toksik kimyasallar kullanılmaması ve biyolojik uyumluluğa sahip olması nedeniyle en çok tercih edilen yöntemdir (Keskin, 2023: 2762). İndirgeyici ve stabilize edici ajan olarak bakteri, küf, maya, yosun ve bitkilerin kullanılmasının yanı sıra kimyasal madde içermemesi nedeniyle yeşil sentez tekniği toksik değildir. Nanopartiküller yeşil sentez ile diğer uygulamalara göre daha hızlı sentezlenebilmektedir. Yeşil sentez, biyoyumluluk nedeniyle en çok tercih edilen yöntemdir. Gümüş nanopartiküller yeşil sentez tekniği ile sentezlenebilmektedir (Rafique, 2017: 1272). Gümüş nanopartiküller antimikrobiyal uygulama alanlarında, toksik bileşiklerin ayrıştırılmasında, biyosensörlerde, çevre ve çeşitli arıtma sistemlerinde kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra gümüş nanopartiküllerin tarımda hastalıkların önlenmesi, mevcut hastalıkların hızlı bir şekilde ortadan kaldırılması, tarımda bitkilerin topraktan besin alma kabiliyetlerinin artırılması, antibakteriyel ve koku itici tekstil ürünleri, çizilmez araba boyaları, kir tutmayan kaplamalar, şeffaf koruyucu güneş kremleri, kendi kendini temizleyen cam gümüş gibi alanlarda uygulamaları bulunmaktadır (Thamilselvi, 2017: 21; Murphy, 2015: 696918; Burduşel, 2018: 681).

Ceviz, yaprakları, kuru ve yeşil meyveleri, iç zarı ve dış kabuğu ile çok yönlü bir meyvedir. Ceviz, değerli besinler ve yağlar içerdiği için yaygın olarak tüketilen bir yemıştır. Meyvesi gıda olarak kullanılabilir ancak iç zarı ve dış kabuğu atıktır ve aktif olarak herhangi bir uygulamada sürekli olarak kullanılmamaktadır.

Bu çalışmada, cevizin atık iç zarı elektron öncüsü olarak kullanılmış ve atık ceviz iç zarının nanoteknoloji için kullanım potansiyeli incelenmiştir. Bu amaçla atık iç kabuk bazlı gümüş nanopartiküller sentezlenmiş, karakterize edilmiş ve antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiştir. Böylelikle ceviz iç zarının sürdürülebilirlik kapsamında nanoteknolojide kullanım potansiyeli tespit edilmiştir.

1.1.Atık

İnsanlar hayati fonksiyonlarını devam ettirebilmek ve ihtiyaçlarını karşılayabilmek için bazı kaynakları kullanmak zorundadırlar. Kaynakların kullanılması sonrasında oluşan istenmeyen kısımlar atık olarak adlandırılmaktadır. Oluşan bu atıklar genellikle çevre için zararlıdır (Uzunoğlu, 2014: 2).

Atıklar kullanım ihtiyacına göre endüstriyel, evsel, tıbbi, elektronik, tarımsal vb. olarak sınıflandırılmaktadır. Ancak 02.04.2015 tarihinde yayımlanan 29314 sayılı Atık Yönetimi Yönetmeliğine göre atıklar 20 alt gruba ayrılmıştır. Bunlar ahşap işleme, metal atıkları, tekstil endüstrileri, yağ ve sıvı yakıt atıkları, atık ambalajlar, belediye atıkları, tarımsal atıklar olarak sıralanmıştır. TÜİK tarafından yayınlanan 2022 yılı istatistiklerine göre evlerin, imalat sanayi işyerlerinin, maden işletmelerinin, termik santrallerin ve organize sanayi bölgeleri atık miktarı 2022 yılında 29,4 milyon tonu tehlikeli olmak üzere toplamda 109,2 milyon tondur Şekil 1.1’ de 2020 ve 2022 yıllarına ait toplam atık miktarının dağılımı gösterilmektedir (TÜİK, 2022).

Tablo 1.1. Oluşan Toplam Atık Miktarı (Ton)

	Toplam Atık Miktarı		Tehlikeli Atık Miktarı		Teklikesiz Atık Miktarı	
	2020	2022	2020	2022	2020	2022
İmalat Sanayi İşyerleri	23867866	27969021	4597274	5439883	19969093	22529139
Termik Santraller	24375356	27815548	10012	10512	24365343	27805036
Maden İşletmeleri	27581875	26309170	26044730	23794881	1537144	2514289
Organize Sanayi Bölgeleri	279067	323140	116720	127268	162247	195872
Hanehalkı	28635018	26820352	1352	8354	26633655	26811998
Toplam	104739181	109237232	30770088	29380898	73969093	79856334

Kaynak: (TÜİK, 2022)

Atıklar ayrıca katı atıklar, sıvı atıklar ve gaz atıklar olarak da sınıflandırılabilir. Katı atıklar evsel veya endüstriyel oluşu fark etmeksizin hammadde, yakıt ve suyun kullanımı sonrası kullanılabilirliğini kaybetmesi ve dolayısıyla kişi için mali değerini yitirmesi olarak ifade edilir. Katı atıklar kendi içerisinde evsel katı atıklar, tehlikeli katı atıklar, endüstriyel atıklar, tarımsal ve bahçe atıkları, tıbbi atıklar, inşaat ve moloz atıkları ile özel atıklar olarak sınıflandırılabilir (Gündüzalp ve Güven, 2016:1).

1.1.1. Evsel atıklar

Belediyeler tarafından toplanabilen, özel sahalarda depolanabilen ve bertaraf edilebilen, geri kazanılabilişen, kompost haline getirilebilen veya yakılabilen hane atıklarını ifade eder (Sayar, 2012: 4) Mutfak çöpleri evsel atıkların büyük bir kısmını oluşturmaktadır.



Şekil 1.2. Evsel Atık Ayrıştırma

Kaynak: (İndigo Dergisi:2024)

1.1.2. Tehlikeli atıklar

Patlayıcı, parlayıcı, kanserojen, korozif, teratojenik, tahriş edici, zehirli gaz açığa çıkarabilen madde ve preparatlar çevreye zarar veren atıklardır (Atık Yönetimi Genel Esasları Yönetmeliğı, 2008).

1.1.3. Endüstriyel atıklar

Endüstri faaliyetleri nedeniyle oluşun atıklardır.

1.1.4. Tarımsal ve bahçe atıkları

Hayvansal veya bitkisel ürün elde edilmesi ve işlenmesi sonucu açığa çıkan atıklar tarımsal ve bahçe atıkları olarak adlandırılmaktadır. Kişilerin beslenme alışkanlıkları, coğrafiya, iklim koşulları gibi faktörler oluşan yıllık atık miktarını etkilemektedir (Palabıyık ve Altunbaş, 2004:103). Tarım rnleri yetiştirilip işlenirken oluşan ham maddeler gübre olarak kullanılır. Bunlar; sebze, meyve, bakliyat, kuruyemiş tütün gibi maddelerdir. Bu rnler üretilirken geriye kalan maddeleri tarımsal atık olarak adlandırılır. Örneğın mısır üretiminde mısır oluşurken mısır sapları, koçanı tarımsal atık olarak oluşmaktadır (Boyacı ve Kartal, 2019: 51). Atık yönetiminin temeli olan atıkların azaltılması, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü tarımsal atık yönetiminde de önemlidir. Tarımsal atıklar insan ve tarımsal kullanıma fayda sağlamak için geri dönüştürülebilir. Bunlar hayvancılık faaliyetlerinde hayvan yemi olarak kullanımı, tarımsal faaliyetlerde gübre olarak kullanımı, insan tüketiminde yeni kullanım araçları üretiminde kullanmak olarak ifade edilebilir (Bayram, 2017: 62).

Tarımsal atık malzemelerinin %52,5'i depolama dolgusu olarak, %25,8 geri dönüşüm malzemeleri olarak, %12,8 kompostlama için kullanılır (erioğlu, 2019: 167).

Tarımsal atıkların uygulandığı geri dönüşüm alanları aşağıdaki gibidir:

- Pirinç kabuğu külü- takviye malzemesi olarak, imento karışımlarında, su bardağı üretiminde, aktif karbon sentezinde
- Muz kabuğu ve şeker kamışı lifleri- kâğıt yapımında
- Soğan kabuğu, yer fıstığı kabuğu- metallerde ağırlık gidermek için
- Kabuk, saman, inek gübresi- biyogaz üretimi, elektrik retimi
- Hayvan atıkları(gübre)- kompost, gübre (Laad, 2019: 29)

1.1.5. Özel atıklar

Bertaraf edilmesi için özel koşullar gerekli olan atıklardır. Özellikle radyoaktif atıklar, boya, tiner, piller ve temizlik maddeleri özel atık sınıfına girmektedir (Palabıyık ve Altunbaş, 2004:1).

1.1.6. Tıbbi atıklar

Hastane veya tedavi ünitelerinden kaynaklanan, enfeksiyon, patolojik ve kesici delici atıkları ifade eder (Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2005).

1.1.7. İnşaat artığı ve moloz atıklar

Bina ve eklentilerinin inşasında veya tamamlanmasından sonra ya da yıkılması nedeniyle oluşan atıklardır (Sayar, 2012:7)

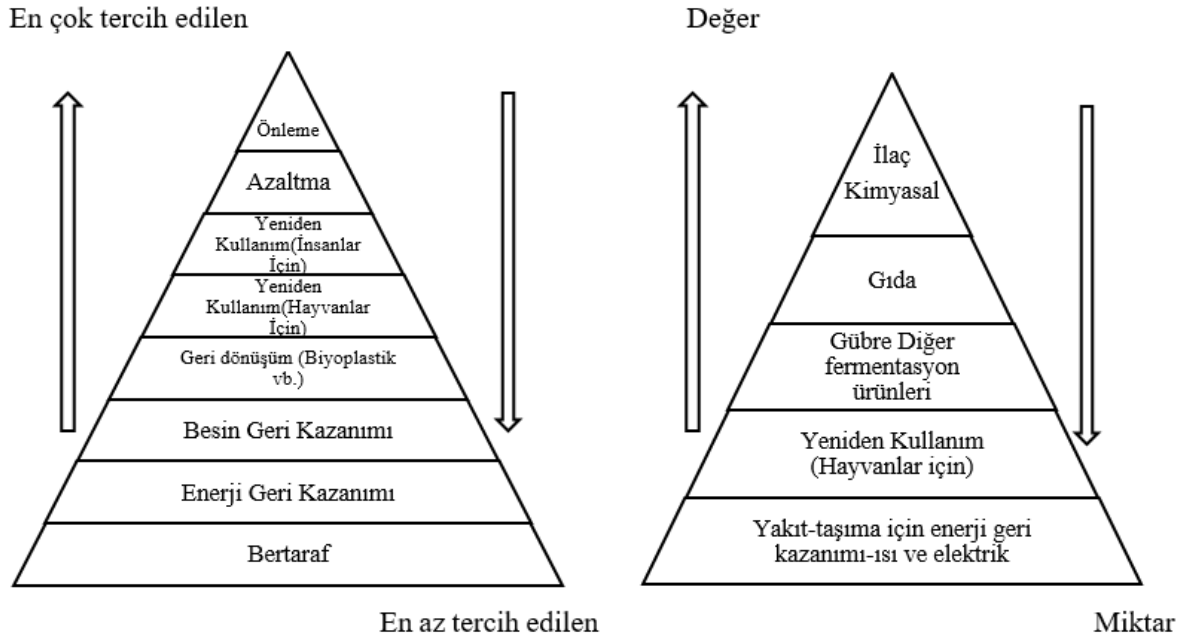
Diğer bir atık türü olan sıvı atıklar diyaliz makinaları suları, evsel temizlik suları, kanalizasyon suları gibi sıvı olan atıkları ifade eder. Gaz atıklar ise sanayi tesis bacaları, çöp depolama ve kompostlaştırma alanları, fosil yakıt kullanılan alanlarda açığa çıkan gazlar olarak ifade edilebilir (Karasu, 2013:5).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan broşürde Ülkemizde yaklaşık olarak 30 milyon ton evsel atık oluştuğu, 2012 yılında kişi başına düşen atık miktarının ise 1,14 kg olduğu ifade edilmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Şehircilik Bakanlığı:2019). Ancak bu rakamın 2018 yılında 1,16 kg' a yükseldiği görülmektedir. Türkiye'nin üç büyük şehri olan İzmir (1,36 kg), Ankara (1,18 kg) ve İstanbul (1,28 kg) için kişi başına düşen atık miktarının en fazla İzmir'de olduğu görülmektedir. 2020 yılında atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinde işlenen 127,4 milyon ton atığın 49,1 milyon tonu ger kazanılırken bu atıkların 78,3 milyon tonu bertaraf edilmiştir. Böylelikle TÜİK verilerine göre toplam işlenen atık miktarında %22'lik bir artış olmuştur (Üçdemir Pektaş, 2023: 19).

1.1.8. Atık yönetimi

Atıkların oluşumunun önlenmesi, geri dönüştürülmesi, özelliklerine ve türlerine göre ayrılmaları, kaynaklarında azaltılmaları, ara depolama, toplanma, geri enerji kazanımı, bertarafı, bertaraf sonrası işlemleri, denetim ve kontrol faaliyetlerini kapsar (Resmî Gazete:2015).

Atık yönetim hiyerarşileri ve üretici sorumluluğu ilkeleri atık yönetiminin temelini oluşturur. Atıkların oluşum aşamasında önlenmesi ve atık miktarı ile tehlikelilik seviyelerinin azaltılması atık yönetim hiyerarşisinin temelini oluşturmaktadır (Öktem, 2016: 135). Atıkların geri dönüşümü ve enerji üretiminde kullanılması ikinci sırada yer alırken, geri kazanılması mümkün olmayan çevreyi olumsuz etkilemeyecek şekilde yakılması veya depolanması da son sırada yer almaktadır.



Şekil 1.3. Sıfır Atık Hiyerarşisi ve Biyokütle Değer Piramidi

Kaynak: (Maçin, 2021: 1)

1.1.9. Atık önleme

Kaynakların verimli kullanılması, oluşan atık miktarının azaltılması ve atıkların geri dönüştürülmesi sıfır atık politikalarının temelini oluşturmaktadır (Sıfır Atık, 2023).



Şekil 1.4. Atıkların Geri Dönüşümü

Kaynak: (Sıfır Atık, 2023).

Sürdürülebilir Kalkınma amaçları arasında yer alan sürdürülebilir şehirler ve topluluklar ile sorumlu üretim ve tüketim esasları kapsamında her bireyin atık oluşumunda katkısının olmasının yanı sıra önlenmesinde de katkısının olması gerekmektedir. Bu kapsamda birçok çalışma ve proje yürütülmektedir. Sıfır atık projesi de Ülkemizde yürütülen en kapsamlı atık yönetim projelerinden biridir. Yürütülen bu projelerle sürdürülebilir bir çevre oluşması hedeflenmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik ile doğal düzenin korunmasını amaçlanırken aynı zamanda doğal kaynaklara zarar vermeden kaynakların kendilerini yenileyebilme fırsatının tanınmasını sağlar. Böylece tüm kaynakların gelecek nesiller tarafından da kullanılmasına olanak tanır.

Toplumsal ihtiyaçlarımız için sürdürülebilir bir çevreden yararlanılacaksa doğal kaynakların korunması üst düzey olmalı ve daha da güçlü hale getirilmelidir. Bu durumu göz önünde bulundurursak enerjinin ve yenilenemeyen maddelerin hızlı bir şekilde tüketimi karşısında kaynakların kullanımına yeni bir düzen ve yaklaşım getirilmelidir. Sürdürülebilirliğin temelini oluşturan kavramlar azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüştürmedir (Turhan 2018: 17). Bu kavramlardan azaltmanın temelinde malzemelerin yerinde kullanımı, yeni ürün oluşumunda ortaya çıkan atıklar, paketleme atıklarını azaltmak ve halihazırda olan ürünlerin kullanım ömürlerini arttırmak gibi adımlar gelmektedir.

İkinci kavram olan yeniden kullanma stratejik olarak ürünün kullanımına devam edilmesidir (Turhan 2018: 17). Örneğin; cam şişelerin ve cam eşyaların yeniden kullanılmasının teşvik edilmesi sürdürülebilir bir çevre için gereklidir. Son olarak geri dönüşümün amacı ise yeni yapılacak ürünlerin ham maddesi olarak atık ürünleri kullanmaktır. Kâğıt atıklarından tekrar kâğıt, karton yapılması, atık plastiklerinden tekrar plastik poşet, şişe yapımı, atık camların tekrar dönüştürülerek cam bardak şişe yapımı bunlara örnektir.

Toplumun sürdürülebilirlik davranışı ile sürdürülebilirlik konusundaki bilgisiyle doğru orantılıdır. Eğer bir kişinin bu bilgi ve birikime sahip değilse sürdürülebilir çevre konusunda hassasiyet göstermesi söz konusu olamaz. Gelişmiş ülkelerdeki bu konu hakkında sivil toplum kuruluşlarıyla birlikte çalışarak toplumsal bilinç arttırılıp bunu bir sürdürülebilir tüketim alışkanlığına çevirmek amaçlanmıştır (Umut 2015:263).

Atık duruma gelen ya da atık niteliğinde olan tarım ürünleri atık kapsamında değerlendirilmeden önce bazı işlemlere tabi tutularak faydalı hale getirilebilirler. Dünya genelinde her yıl tüketim için milyonlarca ton organik tarım ürünü üretilmekte ve bunların tüketilemeyenleri

veya tüketilemeyen kısımlarının nasıl değerlendirileceği konusunda bir belirsizlik olduğundan atık olarak çöpe atılmaktadırlar.

Bağ-bahçe ürünlerinin üretim, tüketim ve ticareti yönünden önemli ülkeler arasında yer alan Türkiye, köklü bir meyvecilik kültürüne sahip olup birçok meyve türünde olduğu gibi cevizin de yetiştirilebildiği uygun ekolojilere sahiptir. Ülkemiz dünya ceviz üretiminde A.B.D. Çin ve İran'dan sonra dördüncü sıradadır (Tablo 1.5.). Ülkemizde ağaç başına verim 33-37 kg arasında değişmektedir. Dekara 10 fidan dikildiğinde, dekara verimin verim çağında 1- 1,5 ton olacağı beklenmektedir. Karadeniz, Ege, İç Anadolu Bölgelerimiz üretim yönünden ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye’de üretilen cevizlerin ortalama kabuk oranının %48.422 (85.847 ton kabuk) olduğu kabul edilirse (Çiftçi ve Gökçe, 2005: 7), çöpe alan ya da yakılan ceviz kabuğunun değerlendirilmesi durumunda yaklaşık 4.7Milyar TL’lik katma değer elde edilebilir.

Tablo 1.5. Dünya Ceviz Üretim Miktarları

Ülkeler	Ceviz	
	Yetiştirilen alan (Ha)	Üretim (ton)
Dünya Toplam	994738	3462731
Avrupa Toplam	116733	327374
Almanya	5391	17995
Fransa	19712	34767
İspanya	8110	15954
Polonya	2773	6936
İtalya	4335	12344
İran	69333	445829
Çin	440321	1601373
Amerika	225190	720158
Türkiye	108767	212140

Kaynak: (Çiftçi ve Gökçe, 2005: 7)

Ceviz üretim miktarı ile orantılı olarak cevizin dış yeşil kabuğu, iç zarı ve kabukları atık niteliğindedir. Ceviz yeşil dış kabukları boyar maddelerce zenginken iç zarı da fenolik bileşenler, terpenler gibi biyoaktif maddelerce zengindir. Bu nedenle atık niteliğinde olan ve kullanımı gübre üretimi ile sınırlandırılmış olan bu ürünlerin sağlık, teknoloji gibi farklı alanlarda kullanım potansiyellerinin belirlenmesi sürdürülebilir bir çevre için önem arz etmektedir.



Şekil 1.6. Ceviz Ağacı Ve Ürünleri

Kaynak: (Ebrahimi 2018:4)

Cevizin farklı kısımlarının içermiş olduğu fenolik bileşenler Tablo 1.7’ de sunulmuştur (Ebrahimi 2018:4).

Tablo 1.7. Ceviz Kısımları ve Biyoaktif Bileşenleri

	Biyoaktif Bileşen
Ceviz Çekirdeği	Klorojenik asit, ferulik asit, kafeik asit, gallik asit, sinaptik asit, ellagik asit, protokatekuik asit, vanilik asit, kumarik asit, elagik asit, siringik asit, mirisetin juglon 5-O-kafeolkinik
Kabuk	2-Metoksi fenol, 1,2 enzenedlol, vanilin 3,4 di-metoksi (fenol)
Gövde	Klorojenik asit, siringik asit, ferulik asit, gallik asit, kafeik asit, sinaptik asit, ellagik asit, protokateşuik asit, vanilik asit, kateşin, epikateşin, miresetin juglon
Kabuk	Klorojenik asit, ferulik asit, kafeik asit, sinaptik asit, ellagik asit, protokateşuik asit, gallik asit, siringik asit, vanilik asit, kateşin, epikateşin, mirisetin juglon, kumarik asit, ferulik asit
Ayrılma	p-kumarik asit, 5-O kafeolkinik asit, 3-O kumarolkinik asit, 4-O-p-kumarolkinik asit, 3-O-kafeolkinik asit, kersetin 3-O-galaktosid(ana bileşik), kersetin 3-O-arabinosid, kersetin, 3-O pentosid türevleri, kersetin 3-oksilosid, kersetin 3-O ramnosid ve kaempferol 3-O- pentosid ferulik asit, kumarik asit, vanilik asit, ellagik asit, mirisetin ve rutin
Kabuk	Gallik asit, klorojenik asit, naftp-resorsinol, vanililik asit, kersetin dihidrat, p-kumarik asit ve kateşin hidrat
Zar	Ellagik asit, gallik asit, metil gallat, tanik asit, kafeik asit, p-kumarik asit

Kaynak: (Ebrahimi 2018:4)

1.2.Nanoteknoloji

Yunanca bir kelime olan nano cüce anlamındaki nanos kelimesininden türetilmiştir. Nanoteknoloji, 1-100 nm arasındaki nano ölçekli parçacıkların karakterizasyonu, üretimi ve uygulanmaları için kullanılan, bu ölçekteki herhangi bir malzemeyi konu alan yeni ve popüler bir bilim dalıdır (Marangoz ve Yavuz, 2022: 11). Nanoteknoloji moleküler düzeyde, atom-atom çalışması ve temelde yeni moleküler organizasyonlu büyük yapılar oluşturma teknolojisidir. Bu yönüyle maddenin 1 ile 100 nm boyutlarındaki malzemeleri inceleyerek yeni ürün ortaya konulmasında önem arz etmektedir. Bunlara ek olarak nanoteknoloji, nanoboyuta indirgenmiş malzemelerin, karakterize edilmesi, fiziksel ve kimyasal farklılıklar araştırılıp yeni ürün ortaya çıkarılması olarak tanımlanabilir. Bir malzemenin boyutu nanoboyuta yaklaştıkça yüzey/hacim oranı artar böylelikle kuantum özellikleri de farklılık gösterir (Işıtan., 2018: 13). Bu nedenle nanoyapıların optik, elektrik, manyetik, fiziksel ve kimyasal özellikleri değişkenlik gösterebilir.

1.2.1. Nanoteknolojinin Tarihçesi

Richard Feynman nanoteknolojiden ilk bahseden bilim adamıdır. 29 Aralık 1959 da Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde yaptığı Aşağıda Daha Çok Yer Var isimli konuşmasıyla maddenin atomoik boyutlarına inildikçe yapılarının da değiştirilebileceğinden bahsetmiştir. Feynman nanoteknolojinin tanımını yapan ilk bilim adamıdır (Yakar, 2018: 22).

Richard Feynman'dan 15 yıl sonra Norio Taniguchi yayınladığı çalışmada nanoteknoloji tanımını ilk kez kullanarak atomların ve moleküllerin ayrıştırılabileceği ve birleştirilebileceğini ve maliyeti düşük dayanıklı yapılar oluşturulabileceğini ifade etmiştir. Bir malzemenin nanoboyuta kadar küçültüldüğünde önceki boyutunun özelliklerini taşımadığı ve mekanik, optik, elektromanyetik, morfolojik özelliklerini de kaybettiğini ifade etmiştir (Taniguchi, 1974:3-7)

Nanoteknoloji kavramı her ne kadar son yılların kullanılan terimi olsa da nano yapıları malzemelerin kullanımları yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Bu duruma en bilinen örnek antik çağdaki cam ustaları tarafından yapılan Kral Lycurgus Kupası' dır (Şekil 1.7.). Kupanın içerisindeki nanopartiküller sayesinde ışığı yansıtma ve geçirme durumu değişmekte ve kupa farklı renklerde görünmektedir. Bu durumun nanopartiküllerin optik özelliklerinden kaynaklandığı ifade edilmektedir. Buna benzer renk değiştiren objelerin o dönemdeki cam ustaları tarafından yapıldığı arkeolojik çalışmalarda meydana çıkarılmıştır.



Şekil 1.8. Lycurgus Kupası

Kaynak: (Yakar., 2018: 19).

Türk tarihinde 15.-16. yy da yapıldığı bilinen kültür sanatımızın en önemli unsurlarını içeren İznik Çinileri de benzer özelliklerle karşımıza çıkmaktadır. İznik çinilerinin çok canlı renklerde, motiflerde olduğu ve yıllarca canlılıklarını nanoboyuttaki renklendiricilerden aldığı bilinmektedir (Şekil 1.9.).



Şekil 1.9. İznik Çinileri

Kaynak: (Can Seramik,2024)

1.2.2. Kronojik Olarak Nanobilim ve Nanoteknolojinin Gelişimi

Kronolojik olarak nanobilim ve nanoteknolojinin gelişimi aşağıda özetlenmiştir (National Nanotechnology Initiative, 2024.).

- İlk Canlı hücrenin 3,5 milyar yıl önce ortaya çıktığı öngörülmektedir. Canlı hücre nanoboyutta etkinlik gösteren biyomakine şeklinde tanımlanabilir.
- M.Ö 400’ de Eski Yunan düşünürlerinden Demokritus ilk defa “atom” sözcüğünü kullanmaktadır. Demokritus atom veya bölünmeyen öz teorisi ile ünlenmiştir.
- M.S 4. yüzyılda Lycurgus Kupası, cam ustalarının nanoboyutta ilave ettikleri renklendirici katkıları (nano- pigmentler) kullanılmıştır.
- 15-16. yüzyılları İznik Çinileri, çini ustalarının üretimde canlı motif ve renkleri elde etmek için kullandıkları renklendirici katkıları (nano-pigmentler) kullanılmıştır.
- 1905: Einstein bir şeker molekülünün ~1 nanometre olduğunu ifade etmiştir.
- 1931: Max Knoll ve Ernst Ruska transmisyon elektron mikroskobunun ilk örneğini geliştirdiler.
- 1959: Richard Feynman’ ın Plenty of Room at the Bottom başlıklı ünlü konuşması
- 1974: Aviram ve Seiden ilk moleküler elektronik cihaz patentini aldı.
- 1981: H. Rohrer ve G.K. Binnig taramalı tünel mikroskobunu (STM) icat ederek atomların tek tek görüntülenmesini sağladılar.
- 1985: 1 nanometre çaplı yeni bir karbon bileşiği C60 keşfedildi.
- 1986: C.F. Quate, G.K Binnig ve C. Gerber atomik kuvvet mikroskobunu (AFM) icat ettiler.
- 1986: K. E. Drexler “Engines of Creation” isimli kitabını yayınladı.
- 1987: İletkenliğin kuantum özelliği ilk kez gözlemlendi.
- 1987: G. J. Dolan ve T.A Fulton ilk defa tek elektron transistörü imal ettiler.
- 1988: W. De Grado ve ekibi ilk defa yapay proteini imal etti.
- 1989: Zürih, IBM’ de 35Xe atomundan IBM yazısı yazıldı.
- 1991: Lijima çok duvarlı karbon nanotüpleri buldu.
- 1993: Lijima ve Bethune tek duvarlı karbon nanotüpleri buldular.
- 1993: İlk Nanoteknoloji Laboratuvarı ABD Rice Üniversitesine kuruldu.
- 1997: N. Seeman DNA molekülü kullanarak ilk defa nanomekanik cihaz imal etti.

- 1997: İlk defa nanotüp kullanarak elektrik akımı ölçüldü.
- 1998: C. Dekker ve ekibi TUBEFET yaptı.
- 1999: M. Reed ve J. M. Tour ilk defa tek organik molekül ile elektronik anahtar yaptı.
- 2000: ABD’de ilk defa nanoteknoloji araştırmaları için 422 Milyon \$ kaynak ayrıldı.
- 2001: İlk defa nanotüplerden transistör ve mantık devreleri yapıldı.
- 2001: ZnO nanotel laseri yapıldı.
- 2002: Süper örgü nanoteller yapıldı.
- 2005: İlk dört tekerlekli nano araba modeli hareket ettirildi

Nano yapılar her ne kadar teknolojik bir kavram olsa da yeryüzünün oluşumuyla evrimleşmiş ve makro yapıdan nano yapılara kadar işlevsellik kazanarak çok sayıda maddeyi içine alan doğal bir kavramdır. Biyolojik ilham içeren bu doğal tasarımlar biomimetics olarak ifade edilir (Tüylek, 2016: 130). Bunun anlamı doğayı ya da biyolojiyi taklit etme anlamına gelmektedir. Lotus bitkisi ve Geko kertenkelesi günümüzdeki doğal nanoteknolojik örneklerdendir (Şekil 1.10, Şekil 1.11.)



Şekil 1.10. Lotus Bitkisi

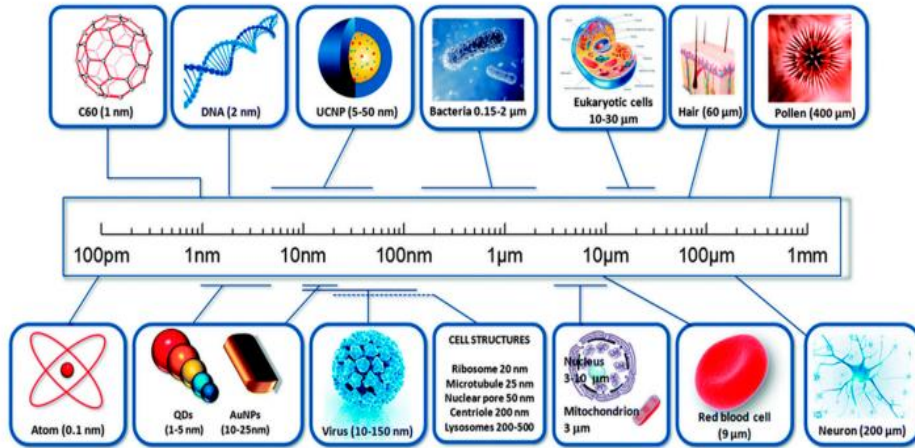
Kaynak: (Özdoğan, Demir ve Seventekin, 2006:4)



Şekil 1.11. Geko Kertenkelesi

Kaynak: (Demirkıran, 2022:4473)

Bir malzeme ne kadar nanometre ölçeğine inerse kuantum özellikleri klasik özelliklerin yerine geçerek fiziksel özellikleri kesikli olarak değişiklik göstermektedir. Nanoyapılı maddelerde elektronlar birkaç nanometrelik alanda olduklarından geometrik yapısının yeni kuantumlaşmalara adapte olmuş şekilde mekanik ve elektronik özellikleri büyük ölçüde değişmektedir. Buna örnek olarak bir nano yapıya farklı bir atomun bağlanması elektrik iletkenliğini değiştirebilmektedir (Wu, 2020: 259). Eğer bağlanan atom geçiş elementi ise bağlandığı nanoyapıya manyetik bir özellik katmaktadır. Bu özelliklerden nano yapının fiziksel ve kimyasal özellikleri nanoyapının boyutuna bağlı olarak önemli değişiklikler gösterdiği ifade edilebilir (Modena, 2019: 1901556). (Şekil 1.12.).

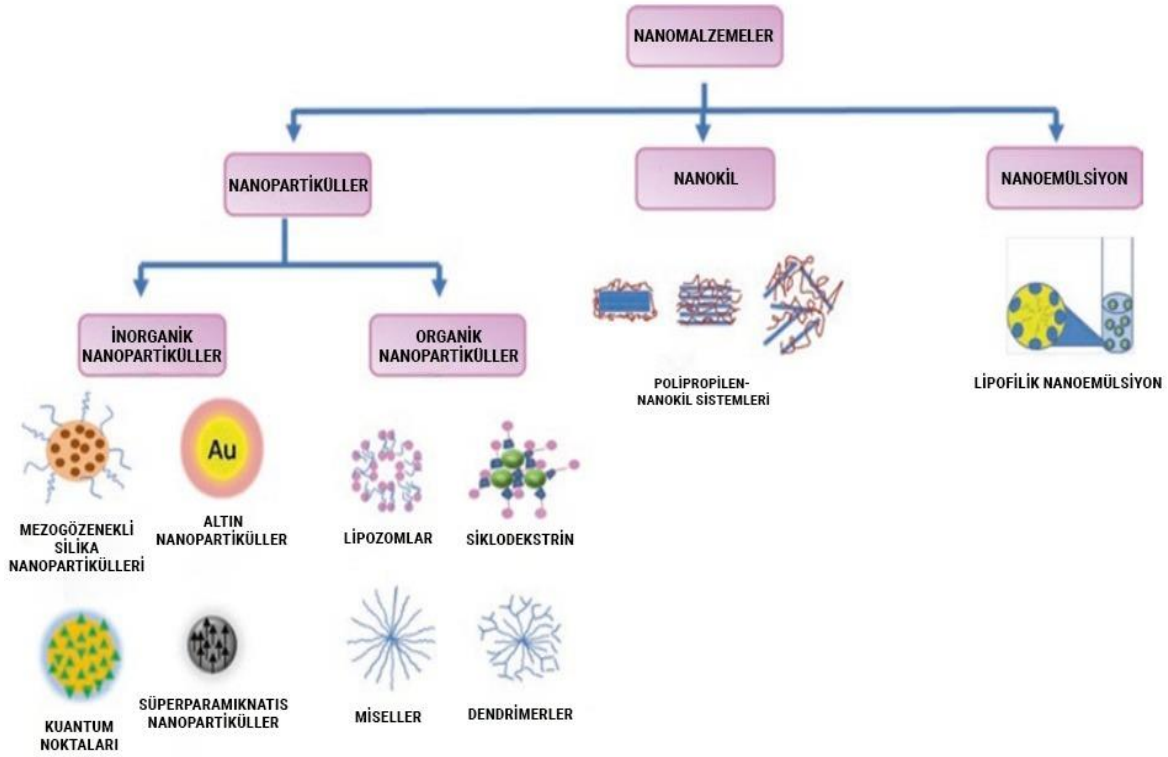


Şekil 1.12. Nanomalzeme Boyutlarının Karşılaştırılması

Kaynak: (Bayda, 2019: 112)

1.3.Nanopartikül sentezi

Nanopartiküller fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler olmak üzere üç farklı şekilde sentezlenebilmektedir (Abid, 2022: 102597). Nanopartiküller çoğunlukla biyolojik risk oluşturan toksik ve zararlı kimyasal madde içeren, pahalı aynı zamanda çevreye zarar veren kimyasal ve fiziksel yöntemlerle elde edilir (Duan, 2015: 5778). Kimyasal, fiziksel ve biyolojik sentez yöntemlerinde yukarıdan aşağı (top down) ve aşağıdan yukarı (bottom up) olmak üzere iki şekilde sentez yapılabilir (Abid, 2022: 102597).



Şekil 1.13. Nanomalzemelerin Sınıflandırılması: Nanopartiküller, Nanokiller ve Nanoemilsiyonlar

Kaynak: (Mageswari, 2016: 34)

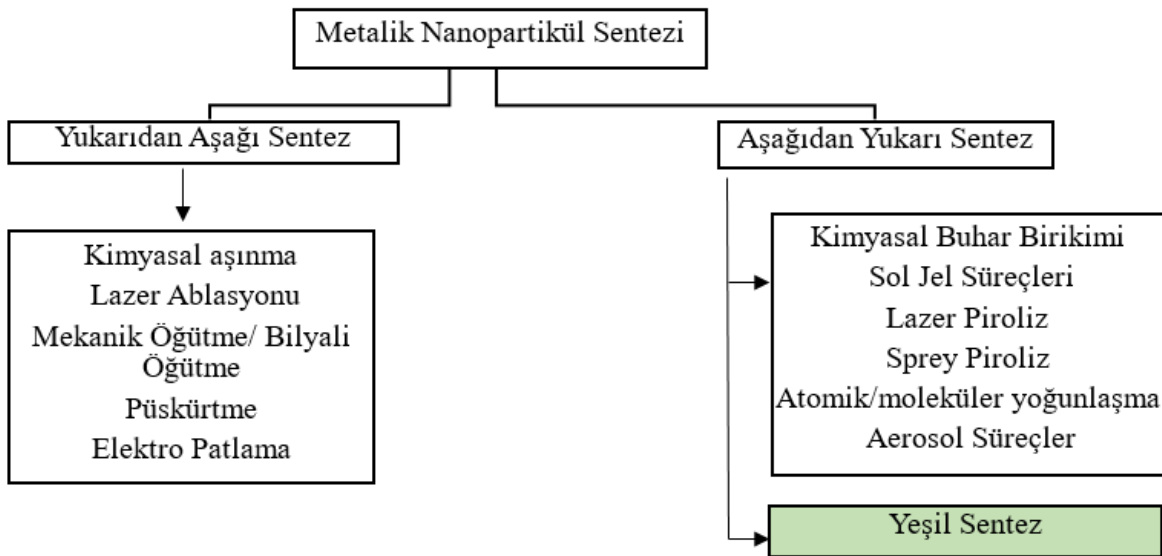
1.3.1. Yukarıdan aşağı sentez

Bu yöntem kullanılarak oluşturulan malzemeye mekaniksel ve/veya kimyasal işlemler ile enerji verilerek nano boyuta kadar küçültülür. Bu yöntem temelde öğütme gibi maddelerin fiziksel olarak işlenmesine dayanır. Mekanik öğütme ve kimyasal aşınma bu yönteme örnek gösterilir.

Yukarıdan aşağı yöntem kullanılırken alanın geniş olması şarttır ve ortamın sıcaklığı artmaktadır. Sıcaklık arttıkça daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da yöntemin dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir diğer dezavantaj ise yüzeyin kusurlu olmasıdır. Yüzeydeki bu kristolografik hatalar enin ve boyun yüksek olmasından dolayı metalik nanopartiküller fiziksel özellikleri ve yüzey kimyası adına önemli etkiye sahiptir. Fiziksel yöntemlerle elde edilen metalik nanopartiküllerin üretimi için yıpranma ve piroliz gibi yöntemler kullanılır. Nanopartiküllerin üretiminde litografik teknikler, mekanik öğütme, aşındırma ve püskürtme gibi yöntemler de kullanılır (Abid, 2022: 102597).

1.3.2. Aşağıdan yukarı sentez

Organik veya inorganik bir malzeme üretimi için atomlar veya moleküllerin kullanılmasına aşağıdan yukarıya sentez yöntemi denir (Abid, 2022: 102597). Bu yöntemde ilk olarak nanopartikül oluşturulur sonrasında senteze nihai malzeme monte edilebilmek için kimyasal veya biyolojik yöntemler kullanılır. Biyolojik maddelerin kendi kendilerine birleşme özelliklerinden faydalanılmaktadır. Aşağıdan yukarı sentezin en belirgin avantajı fazla miktarda nanopartikül sentezlenmesidir, aynı zamanda kusuru az ve homojen kimyasal bileşimlerle metalik nanopartikül sentezinin artmasıdır. Dezavantaj olarak da toksik kimyasallar kullanılmaktadır ve çevre dostu olmayan atık yan ürünler meydana çıkmasıdır. Bu yöntemde kimyasal buhar kaplama, kimyasal buhar biriktirme, lazer piroliz, sol jel ve spre piroliz örnek verilebilir.



Şekil 1.14. Nanopartiküllerin Sentez Yöntemleri

Kaynak: (Üçdemir Pektaş, 2023: 9)

Nanopartikül sentezinde birçok farklı uygulama yöntemleri vardır. Bu yöntemlerden birini seçerken çevre dostu olması, ucuz olması, toksik özellikte olmaması gibi özellikler dikkate alınırken bu özellikleri sağlayan en avantajlı yöntemin yeşil sentez yöntemi olduğu görülmektedir. Bundan dolayı son yıllarda yeşil sentez olarak da adlandırılan biyolojik sentez tercih edilmektedir (Üçdemir Pektaş, 2023: 15).

1.3.3. Yeşil sentez

Yenilikçi bir yaklaşım olarak kullanımı tercih edilen yeşil sentez, fiziksel ve kimyasal yöntemlere göre çevre ve insan dostudur (Thakkar, 2010:257)

Yeşil sentez tekniği kullanılarak altın, gümüş, bakır, palladium, çinko ve gümüş gibi metal ve metal oksit nanopartiküller sentezlenmektedir. Bu yöntemle sentezlenen nanopartiküller tarımdan tıpa kadar oldukça geniş bir yelpazede uygulama alanı bulmaktadır. Ayrıca elde edilen bu nanopartiküller antioksidant, antimikrobiyal ve antikanser özellikler göstermektedir (Geetha, 2013: 91).

Yeşil sentez yöntemi ile nanopartikül sentezinde mantarlar, bakteriler, algler ve bitkiler elektron vericisi olarak kullanılmaktadır.

Mantarlar

Metal/metal oksit nanopartiküllerin mantarlar kullanılarak sentezlenmesi nanopartiküllerin sentezi için oldukça etkili bir yöntemdir. İçerdikleri enzimler ile nanopartiküllerin sentezinde oldukça iyi biyolojik ajanlar olarak görev yapmaktadırlar (Wang, 2009: 1887). Mantarlar bakterilere göre daha büyük miktarlarda nanopartikül sentezlenmesini sağlayabilirler (Mohanpuria ve Yadav, 2008: 507).

Bakteriler

Bakteriler nanopartiküllerin yeşil sentezinde önemli biyosentez araçlarındandır (Iravani, 2014: 12). Farklı bakteri türleri nanopartiküllerin sentezinde kullanılabilir. Ancak en yaygın olarak kullanılan türler prokaryotik bakteriler ve aktinobakterilerdir. *Escherichia coli*, *Lactobacillus casei*, *Bacillus cereus*, *Aeromonas sp.*, *Phaeocystis antartika*, *Pseudomonas proteolytica*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus indicus*, *Bacillus cecembensis*, *Enterobacter cloacae*, *Geobacter spp.*, *Artrobacter gangotriensis*, *Corynebacterium sp.* ve *Shewanella oneidensis* nanopartiküllerin sentezi için yaygın olarak kullanılan suşlardır (Remya, 2017: 165).

Algler

Yeşil sentez tekniği kullanılarak nanopartiküllerin sentezinde alglerin kullanımı yaygın değildir. Ancak içermiş oldukları hidroksil, amin ve hidroksil gibi aktif gruplarla alglerin de yeşil sentezde kullanımı söz konusudur (Shankar, 2016: 28).

Bitkiler

Bitkiler mantarlar, algler ve bakterilere göre nanopartiküllerin yeşil sentezinde daha çok kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bitkilerin sap, kök, yaprak gibi tüm kısımlarının nanopartiküllerin yeşil sentezinde kullanıldığı görülmektedir (Basavegowda ve Lee, 2013: 31).

Bitkilerin kolay ulaşılabilir olması, içermiş oldukları terpenoidler, polisakkaritler, fenolikler, alkaloidler, flavonlar, amino asitler, alkollü bileşikler, enzimler ve proteinlerdir. Benzer şekilde klorofil pigmentleri ve quinal, metil chavicol, linalool, kafein, öjenol, askorbik asit, teofilin biyoaktif bileşenler ile hızlı ve güvenli bir şekilde nanopartikül sentezlenmesine olanak sağlamaları nedenleriyle yeşil sentezde kullanımları yaygındır (Sharma, Yngard ve Lin, 2009: 83).

Bitkiler ve bitki özlerinin yeşil sentezde kullanımı, hızlı büyüme sağlamaları, nanopartikül sentezini tek adımda ve ekonomik şekilde gerçekleştirebilmeleri, patojenik olmamaları ve çevre dostu olmaları gibi nedenlerle dikkat çekmektedir.

1.4.Nanopartikül karakterizasyon yöntemleri

Nanopartiküllerin karakterizasyonunda pek çok yöntem kullanılmakla beraber bu tez çalışmasında kullanılan yöntemler bu bölümde açıklanmaktadır.

1.4.1. Ultraviyole görünür (UV Görünür) spektrofotometri

UV-Vis, moleküller tarafından ışığın emildiği bir tür absorpsiyon spektroskopisidir ve çözeltideki bir bileşen tarafından emilen görünür veya ultraviyole radyasyon miktarını ölçer. Bu yöntem, UV ile görülebilen bölgedeki iki ışık demetinin yoğunluğunun oranını veya oranının işlevini ölçer (Rajeshkumar, 2019: 429). Metalik nanopartiküller, UV görünür spektrofotometresi kullanılarak sentezlenen nanopartiküllerin boyutu, morfolojisi, şekli, bileşimi ve dielektrik ortamından etkilenen yüzey plazmon rezonans bantları ile tanımlanabilir ve karakterize edilebilir. Reaksiyon karışımındaki elektronların yüzey plazmon rezonansı zirveyi belirler. Birçok çalışma, gümüş nanopartiküllerin UV görünür spektrumlarında yaklaşık 200-800 nm aralığında absorpsiyon

bantlarına katkıda bulunduğunu ve 400-450 nm aralığında spesifik bir absorbands verdiklerini göstermiştir. (Sriranjani, 2016:926).

1.4.2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), yüksek enerjili bir elektron ışını kullanarak görüntüleme sağlayan bir tekniktir. Elektron ışını yüzey üzerinde tarandığında, geri saçılan elektronlar gözlemlenir. SEM, morfolojik ve yüzey karakterizasyonunu incelemek ve metal parçacıklarının boyutunu nano ila mikro düzeyde değerlendirmek için yaygın olarak kullanılır. Bu teknik, büyük bir alan derinliği sunar, yani numunenin odakta olan alanı oldukça geniştir (Rajeshkumar, 2019: 429). SEM analizi, yüksek çözünürlüklü görüntüleme ve büyütme imkânı sunarak, küçük parçacıkların boyutunu, sayısını ve morfolojisini belirleyerek malzemelerin özelliklerinin tespit edilmesini sağlar.

1.4.3. Enerji dağıtım X-Işını spektroskopisi (EDX)

Enerji dağıtıcı X-ışını spektroskopisi (EDX, EDS veya EDAX olarak da bilinir), analiz edilen numunenin temel bileşimini belirlemek için SEM ile birlikte kullanılan bir analiz yöntemidir. EDX tekniği, bir elektron ışını ile numuneye bombardıman yapıldığında yayılan X ışınlarını algılar ve bu X ışınlarının enerjilerine göre nispi bolluğunu ölçen bir EDX X ışını detektörü kullanır (Rajeshkumar, 2019: 429).

1.4.4. Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), metal nanopartikül yüzey kimyasının karakterizasyonu için oldukça faydalıdır çünkü metal nanopartiküllerin yüzeyindeki organik fonksiyonel grupların tespit edilmesini sağlar (Jabbar., 2020: 4913). Bir numuneden kızılötesi radyasyon geçirildiğinde, radyasyonun bir kısmı numune tarafından emilir, bir kısmı ise geçer. Ortaya çıkan spektrum, numunenin kimliğini temsil eden bir moleküler parmak izi oluşturarak absorpsiyon ve iletimi gösterir. Ayrıca, FTIR gümüş, karbon nanotüpler, grafen ve altın nanoparçacıklarına kovalent olarak bağlanmış fonksiyonel moleküllerin doğrulanmasını veya katalitik işlemler sırasında enzim ve substrat arasındaki etkileşimlerin incelenmesini sağlar (Zhang, 2016: 1534).

Bu yöntemlerin yanı sıra X-Işını Kırınım Analizi (XRD), Dinamik Işık Saçılması (DLS) ve Zeta Potansiyel Ölçümü de nanopartikül karakterizasyonunda kullanılabilmektedir.

1.5. Nanoteknolojinin uygulandığı alanlar

Nanoteknolojinin birçok alanda hayati öneme sahip özellikleri olduğu bilinmektedir. Malzeme ve üretim, elektronik, tıp ve sağlık hizmetleri, enerji, biyoteknoloji, bilişim teknolojileri ve ulusal güvenlik gibi alanlarda büyük gelişmeler göstermektedir. Bu gelişmeler de nanoteknolojinin geleceğin vazgeçilmez teknolojilerinden olacağını açıkça göstermektedir.

1.5.1. Tıp

Tıp alanında yapılan nanoteknolojik uygulamalar nanotıp olarak adlandırılır. Medikal alanda yapılan birçok nanotıp uygulamaları son yıllarda hızla artmaya başlanmıştır. Kanser, diyabet, astım, alerji ve enfeksiyon gibi birçok alanda hastalıkların teşhisi ve tedavisi için nanotıp uygulamaları yapılmaktadır (Nikalje, 2015: 81). Maddenin nanopartikül boyutu ilaçların hedef organa veya bölgeye geçmesi ve kontrol edilmesi için büyük kolaylık sağlar. Buna ek olarak geleneksel yöntemlerin yetersiz olduğu hastalıklarda teşhis ve tedavide büyük kolaylık sağlamaktadır (Nikalje, 2015: 81).



Şekil 1.15. DNA Sarmalına Yapılan Nanoboyuttaki İşlem

Kaynak: (Nanoteknolojinin Hayatımızdaki Yeri, 2020)

1.5.2. Gıda

Nanoteknoloji gıda alanında kullanımları üretiminde, işlenmesinde ve ambalajlanmasında kullanılmaktadır. Gıda paketlemelerinde antimikrobiyal maddelerle kaplanan filmler

yerleştirilerek oluşturulur (Umme ve Siddiquee, 2019: 295). Gümüş antimikrobiyal madde olarak kullanımının dışında besinlerin tazeliğini de korumak için gıda ambalajlamalarında kullanılır (Umme ve Siddiquee, 2019: 295).



şekil 1.16. Gıdaya Yapılan Nanoboyuttaki İşlemler

Kaynak: (: Nano Gıda ve Nano Gıda Kullanım Alanları, 2017)

1.5.3. Malzeme

Nanoteknoloji birçok malzeme üzerinde yeni uygulamalar yaparak malzemenin daha işlevsel olmasını sağlar. Tekstil üzerinde yapılan uygulamalarla nano-tekstil adı verilen nanoteknoloji uygulamaları tekstil malzemelerinin daha işlevsel olmasını sağlar (Ahire, 2022: 100633). Bunlar; kendi kendini temizleme, su geçirmezlik, alev almama, veri depolama, enerji depolama antimikrobiyalıktır. Nanoteknolojinin malzeme bilimi üzerinde yaptığı yenilikler kolay temizlenme, çizilmeye dirençlilik, vb. özellikler tüketici için büyük yenilik sağlamaktadır.

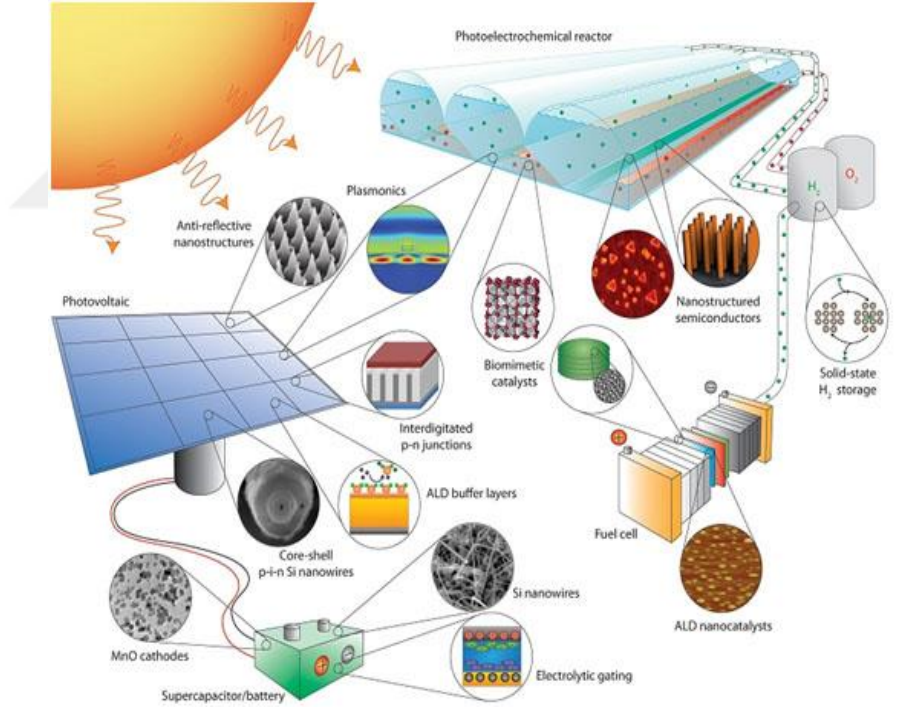


şekil 1.17. Çizmeye Yapılan Su Geçirmezlik Özellik Kazandıran Nanoboyuttaki İşlem

Kaynak: (Nano Tekstil Nedir, Nano Tekstil Kullanım Alanları, 2013)

1.5.4. Çevre ve Enerji

Farklı nanomalzeme ve nanokompozitler fosil yakıtta verimliliği arttırmaktadır. Böylelikle hem maksimum verimlilikte hem de çevre dostu sistemler elde edilir. Son yıllarda doğal kaynakların azalmasıyla enerji tasarruflarına verilen önem artmaktadır. Aynı zamanda fosil yakıtların çevreye verdiği zararlarla alternatif çevre dostu yakıtlara olan rağbet görmüştür. Bu konuya alternatif olarak hidrojen enerjisinden faydalanılmaktadır. Hidrojen enerjisi hidrojenin daha yoğun şekilde ve güvenli biçimde depolanmasını sağlar ve bu durumda nanomalzemelerden faydalanır (Mansoori, 2008: 439; Serrano, 2009: 2373).



Şekil 1.18. Güneş Enerjisiyle Sağlanan Nanoboyutta İşlemler

Kaynak: (Yenilenebilir Enerji, 2012)

1.5.5. Savunma

Akıllı üniformalar nanoteknolojinin savunma alanında yaptığı en önemli uygulamalarındandır. Bu üniformalar sayesinde askeri personellerin taşıdıkları yük büyük

miktarda azalacaktır. Daha da önemlisi bu üniformalar sayesinde askerin sağlık durumu hakkında bilgi alınacak ve erken müdahalede geç kalınmayacaktır. Nanoteknolojinin savunma alanında yaptığı çalışmalar üniformalarla da sınırlı değildir. Örneğin; sensörler, askeri eğitimler için sanal sistemler, yüksek hızlı işlemci, insansız araçlar, kimyasal, biyolojik algılama sistemleri verilebilir (Abed ve Jawad, 2022: 187).

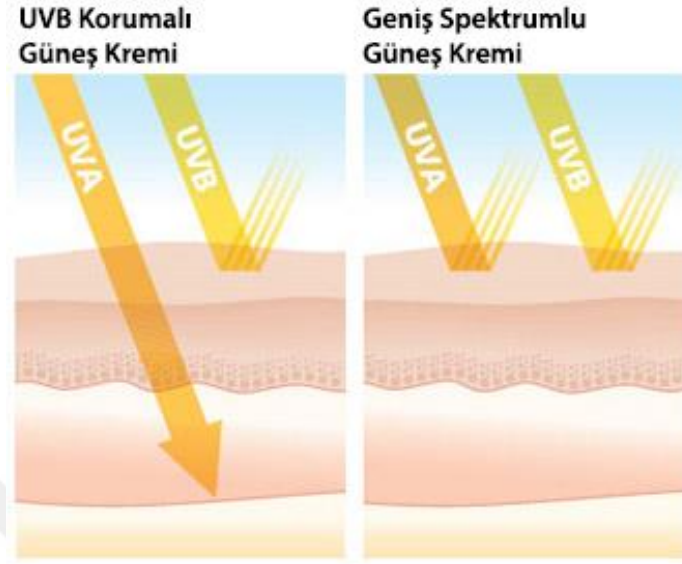


Şekil 1.19. Yanmaz Özellik Sağlayan Savunma Kıyafetleri

Kaynak: (Yanmayan Elbiseler, 2014)

1.5.6. Kozmetik

Kırışıklık karşıtı nanokapsüller nanoteknolojinin kozmetik alanında yaptığı ilk akla gelen uygulamadır. Nanokapsüller cildin alt tabakasına kadar maddelerin iletilmesine yardımcı olarak kırışıklığın önlenmesini sağlamaktadır. Bir diğer kozmetik alanındaki nanoteknolojik gelişme ise güneş kremlerinde yapılmaktadır. Büyük boyutlardaki çinko oksit veya titanyum dioksit içerek güneş kremleri ciltte beyaz bir görüntü vermektedir. Bunun nedeni zararlı ultraviyole ışınları absorblarken görünür ışığın tüm renklerini yansıtırlar. Partikül boyutu küçüldükçe 20 nm boyutlarında oksit veya titanyum dioksit nano boyutta elde edilirken zararlı ışınları absorblama özelliği artmaktadır (Santos, 2019: 313).



Şekil 1.20. UV Koruması Sağlayan Nanomalzeme Kullanılan Güneş Kremi

Kaynak: (Güneşlenme Dosyası, 2015)

1.5.7. Havacılık ve Uzay

Uzay ve havacılıkta maliyetleri arttıran en önemli faktör malzemenin ağırlığı ve dayanıklılığıdır. Ürünlerin imalatı sırasında malzemelerin maliyetlerinin düşük olması en belirleyici özelliktir. Bu nedenle daha hafif ve daha dayanıklı malzeme üretimi en önemli kısıstır. Düşük malzeme ağırlığının yerine daha fazla yakıt koyarak daha uzun kullanım sağlanmaktadır (Ramesh, 2020:51; Sinha ve Behera, 2022:139).

1.6. Gümüş Nanopartiküller

Gümüş nanopartiküller sahip oldukları özellikler ile oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. Yaygın uygulamaları ile literatürde de gümüş nanopartiküller ile ilgili yapılmış olan birçok çalışma bulunmaktadır (Zulfiqar, 2024: 103121; Meher, 2024: 100184; Said, 2024: 85; Noori, 2024: 108538; Andrade, 2024: 105749).



Şekil 1.21. Gümüş Nanopartikül Kullanım Alanları

Kaynak: (Üçdemir Pektaş, 2023: 16)

Gümüş nanopartiküllerin bu kadar önemli olmasının en büyük nedenleri iyi derecede iletken olmaları, katalitik olmaları ve aynı zamanda antibakteriyel, antiviral, antifungal olmalarıdır. Gümüş nanopartiküllerin bakteriler, virüsler ve diğer ökaryotik mikroorganizmalara karşı iyi bir etkileşim göstermesinin nedeni de bu özellikleridir. Antimikrobiyal olarak da kullanım avantajı sağlayan AgNP'ler gümüşün geniş spektrumlu antibiyotik özellikte olması, bakteri direncinin olmaması ve belli bir miktarının toksik özellik göstermemesi nedeniyle kullanım avantajı sağlamaktadır (Zulfiqar, 2024: 103121). Örneğin su arıtımlarında, biyomedikal alanda, elektronik malzemelerde iletkenliği arttırmasında kullanılmaktadır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Izadiyan. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada cevizin yeşil dış kabuğu gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezinde kullanılmıştır. Elde edilen nanopartiküllerin karakterize edildikten sonra antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada elde edilen nanopartiküllerin 400 ile 460 nm arasında maksimum absorbans verdiği ve partikül boyutlarının ise ortalama 31,37 nm olduğu ifade edilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin disk difüzyon metodu ile tespit edilen antimikrobiyal aktivitelerinin gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı oldukça yüksek olduğu ifade edilmiştir (Izadiyan, 2021: 90).

Eshghi. (2018) yapmış oldukları çalışmada ceviz yapraklarını kullanarak gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküllerin karakterize edildikten sonra farklı mikroorganizmalar üzere antibakteriyal aktiviteleri tespit edilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin 424 nm ile 429 nm arasında maksimum absorbans verdiği ve nanopartikül boyutlarının ortalama 168nm olduğu belirtilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin gram negatif olan *Escherichia coli* ve gram pozitif olan *Staphylococcus aureus* üzerine oldukça yüksek antibakteriyal aktiviteye sahip olduğu ifade edilmiştir (Eshghi, 2018: 1)

Singh, (2019) yapmış oldukları çalışmada *Premna integrifolia* L. yapraklarını kullanarak gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküllerin sitotoksik ve antibakteriyal aktiviteleri tespit edilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin boyutlarının 9 nm ile 35 nm arasında değiştiği ve 417 nm'de maksimum absorbans verdiği belirlenmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin insan patojeni olan *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* (gram pozitif) ve *Shigella dysenteriae*, *Shigella flexneri* ve *Vibrio parahaemolyticus* (gram negative) üzerine oldukça yüksek antibakteriyal aktivite gösterdikleri ifade edilmiştir (Singh, 2019: 359).

Dua, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Eupatorium adenophorum* yapraklarını kullanarak gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküllerin antioksidant, antibakteriyal ve fotokatalitik aktiviteleri tespit edilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin 400 nm'de maksimum absorbans verdiği ve partikül boyutlarının ortalama 117,75 nm olduğu ifade edilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin gram negatif olan E. Coli ve gram pozitif olan S. Aureus üzerine antibakteriyal aktivitesi olduğunu ifade etmişlerdir (Dua, 2023: 2947).

Baran, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Allium cepa* L. zarlarını kullanarak gümüş nanopartikül sentezlemiş, karakterize etmiş ve antipatojenik aktivitelerini tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada gümüş nanopartiküllerin boyutlarının ortalama 19,47 nm olduğu ve partiküllerin 438,9 nm’de maksimum absorbans verdiği tespit edilmiştir. *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Candida albicans* mikroorganizmaları üzerine oldukça yüksek bir oranda antimikrobiyal aktivite gösterdiği ifade edilmiştir (Baran, 2023: 2310).

Chirumamilla, (2022) yapmış oldukları çalışmada *Solanum khasianum* temelli gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Elde ettikleri nanopartiküllerin *B. sphaericus*, *E. coli*, *S. aureus* ve *P. fluorescens* üzerine etkilerine bakmışlardır. Elde edilen nanopartiküllerin 440 nm’de maksimum absorbans gösterdiği ve partikül boyutlarının 6 nm ile 26 nm arasında değiştiği ifade edilmiştir. Ayrıca sentezlenen nanopartiküllerin *B. sphaericus*, *E. coli*, *S. aureus* ve *P. fluorescens* üzerine oldukça iyi antimikrobiyal aktivite gösterdiği ifade edilmiştir (Chirumamilla, 2022: 353).

Alamier, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Acacia ehrenbergiana* temelli gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküller karakterize edilmiş ve antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin boyutlarının 1 nm ile 40 nm arasında değiştiği ve UV spektrofotometre ile 435 nm’de maksimum absorbans elde edildiği ifade edilmiştir. 17 farklı mikroorganizma üzerine geniş bir skalada antimikrobiyal aktivite tespit edilmiştir (Alamier, 2023: 18901).

Takcı, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Salvia officinalis* temelli gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. Elde edilen nanopartiküllerin 457 nm’de maksimum absorbans verdiği ve partikül boyutlarının ortalama 20 nm olduğu ifade edilmiştir. Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* üzerine antibakteriyel aktiviteleri olduğu belirtilmiştir (Takcı, 2023: 127239)

Constantin, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Ganoderma lucidum* temelli gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Elde edilen nanopartiküllerin karakterizasyondan sonra antimikrobiyal aktivitesi tespit edilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin 420 nm’de maksimum absorbans verdiği ifade edilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin gram pozitif, gram negatif ve funguslar üzerine etkili olduğu belirtilmiştir (Constantin, 2023: 1)

Ghatage, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Aloe barbadensis miller* yapraklarını kullanarak gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküllerin antimikrobiyal

aktiviteleri tespit edilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin 439 nm’de maksimum absorbans verdiği, partikül boyutlarının ise ortalama 50 nm olduğu ifade edilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin *E. coli* üzerine oldukça iyi bir antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Ghatage, 2023: 100426).

Tesfaye, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Vernonia amygdalina* temelli gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküllerin 411 nm ve 430 nm’de maksimum absorbans gösterdiği belirtilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin gram pozitif (*S. pyogenes* ve *S. aureus*) ve gram negative (*E. coli* ve *P. aeruginosa*) bakteriler üzerinde oldukça iyi bir antimikrobiyal aktivite gösterdiği ifade edilmiştir (Tesfaye, 2023: 1).

Gawai, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Azadirachta indica* temelli gümüş nanopartiküller sentezlemiş ve antibakteriyal aktivitelerini tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada elde edilen nanopartiküllerin boyutlarının 10 ile 30 nm arasında değiştiği, 440 nm’ de maksimum absorbans verdiği ve *Bacillus subtilis*, *Streptococcus pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Azotobacter* ve *Bacillus cereus* üzerine antimikrobiyal aktivite gösterdiği ifade edilmiştir (Gawai, 2023: 3501).

Ankudze ve Neglo (2023) yapmış oldukları çalışmada atık niteliğindeki *Chrysophyllum albidum* kabukları temelli gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Elde edilen nanopartiküllerin 434 nm’de maksimum absorbans verdiği ve partikül boyutlarının 28 nm ile 90 nm arasında değiştiği ifade edilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin *S. aureus*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *B. subtilis*, *S. mutans*, *P. aeruginosa*, *S. typhi* ve *Candida albicans* üzerine antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Ankudze ve Neglo, 2023: 865).

Ettadili, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Phoenix dactylifera* çekirdekleri temelli gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Yapılan bu sentezde elde edilen nanopartiküllerin 420 nm’de maksimum absorbans verdiği ve partikül boyutlarının ortalama 28,72 nm olduğu ifade edilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin sensor uygulamalarında kullanım potansiyeli olduğu ifade edilmiştir (Ettadili, 2023: 100146).

Üçdemir Pektaş, (2024) tarafından yapılan bir çalışmada atık çay yaprakları gümüş nanopartikül sentezinde kullanılmıştır. Elde edilen nanopartiküllerin Elde edilen nanopartiküllerin boyutlarının 59 nm ile 93 nm arasında değiştiği ve 450 nm’de maksimum absorbans verdiği ifade edilmiştir. Elde edilen gümüş nanopartiküllerin glukoz biyosensörü tasarımında kullanıldığı ifade edilmiştir (Üçdemir Pektaş, 2024: 106133).

Ahmed, (2016) yapmış oldukları çalışmada *Azadirachta indica* yapraklarını kullanarak gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. Elde edilen nanopartiküllerin 436 nm ile 446 nm arasında maksimum absorbans verdiği ve partikül boyutlarının ortalama 34 nm olduğu belirtilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin hem gram negative hem de gram pozitif bakteriler üzerine etkili olduğu ifade edilmiştir (Ahmed, 2016: 1).

Lain, (2023) yapmış oldukları çalışmada *Helianthemum lippii* temelli gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküllerin 428 nm’de maksimum absorbans verdiği ve nanopartikül boyutlarının 4,81 nm ve 12,84 nm arasında değiştiği ifade edilmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin antibakteriyal aktivite gösterdiği ifade edilmiştir (Lain, 2023: 122619).

Sulistyarti, (2022) yapmış oldukları çalışmada *Coffea canephora* meyvelerini kullanarak gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküllerin 431 nm’de maksimum absorbans verdiği ve partikül boyutlarının ortalama 65,09 nm olduğu ifade edilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin dondurmalarda yer alan civa miktarının tayininde kullanıldığı ifade edilmiştir (Sulistyarti, 2022: 335).

Patel, (2024) yapmış oldukları çalışmada *Clerodendrum serratum* temelli gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküllerin 451 nm ve 433 nm arasında maksimum absorbans verdiği ve partikül boyutlarının 31,6 nm ve 49,78 nm arasında değiştiği ifade edilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin antimikrobiyal aktivite gösterdiği ifade edilmiştir (Patel, 2024: 1).

Garibo, (2020) yapmış oldukları çalışmada *Lysiloma acapulcensis* temelli gümüş nanopartiküller sentezlenmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin 1,2 nm ve 62 nm arasında boyutları olduğu ve 400 nm de maksimum absorbans verdiği ifade edilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin *E. coli* $\geq$ *S. aureus* $\geq$ *P. aeruginosa* $>$ *C. albicans* sırasıyla antimikrobiyal aktivite gösterdiği ifade edilmiştir (Garibo, 2020: 12805).

Literatür çalışmaları incelendiğinde yapılan bu çalışma neticesinde elde edilen verilerin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Cihazlar

Deneylerde kullanılan cihazlar Tablo 3.1.' de kimyasallar ise Tablo 3.2.'de yer almaktadır.

Tablo 3.1. Kullanılan Cihazlar

Cihaz	Marka/Model
pH metre	Milwaukee
Manyetik karıştırıcı (ısıtıcılı)	Weightlab Instruments
Spektrofotometre	Hach, DR/4000U
FTIR	Thermo Fisher
SEM	ZEISS/Supra 40 VP
Buzdolabı	Regal
Santrifüj	DLab

3.1.2. Kimyasal Maddeler

Tablo 3.2. Kullanılan Kimyasallar

Kimyasal	Marka
Dipotasyummonohidrojenfosfat	Merck
Potasyumdihidrojenfosfat	Merck
Gümüş nitrat	Sigma
Asetik asit	Sigma

3.1.3. Tampon Çözeltiler

Asetik asit Tamponu (50 mM, pH 5,0): 0,28 g sodyum asetatı 50 mL su ile çözüp 10 mL susuz asetik asit eklenip hacmi 100 mL'ye tamamlandı.

Fosfat Tamponu (50 mM, pH 7,0): 0,33 g dipotasyum hidrojen fosfat ile 0,42 g potasyum dihidrojen fosfat yaklaşık 45 mL saf suda çözüldükten sonra pH'sı 1 N NaOH ile 7,0'a ayarlandı ve hacmi 100 mL'ye tamamlandı.

Glisin-NaOH Tamponu (50 mM, pH 9,0): 0,3799 g glisin yaklaşık 45 mL saf suda çözüldükten sonra pH'sı 1 N NaOH ile 9,0'e ayarlandı ve hacmi 100 mL'ye tamamlandı.

3.1.4. UV Görünür Spektrofotometre

Bu çalışmada Hach, DR/4000U model cihaz kullanıldı. Elde edilen partiküllerin optik özelliklerini belirlemek amacıyla spektrofotometre ile belirli periyotlarda absorbans ölçümleri yapıldı ve partiküllerin en yüksek absorbans verdiği değer kaydedildi.

3.1.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve EDX Analizi

SEM, örneklerin yüzey morfolojisinin incelenmesi amacıyla kullanıldı. Enerji Dispersif X-Ray Spektrometre donanımlı SEM örneklerin element kompozisyonunun analizine olanak sağlamaktadır. SEM analizleri Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (BARUM) hizmet alımı yapılarak gerçekleştirildi.

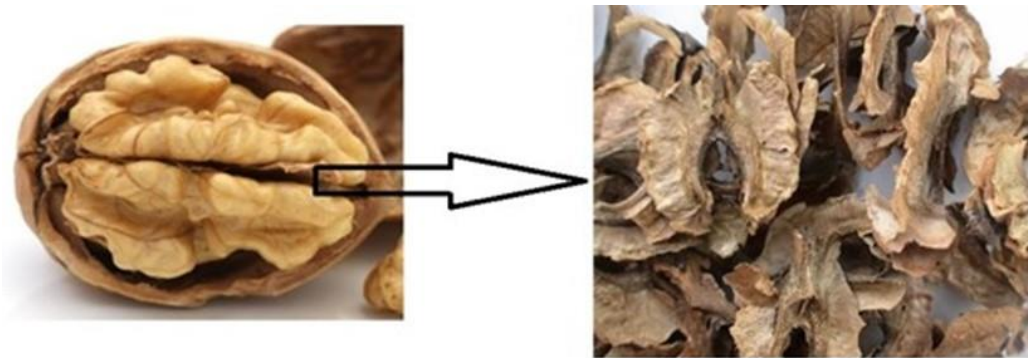
3.1.6. Fourier Transform Infrared Spektrum Cihazı (FTIR)

FTIR, Fonksiyon grupların saptanması ve değerlendirilmesi amacıyla kullanıldı. FT-IR analizleri Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (BARUM) hizmet alımı yapılarak gerçekleştirildi.

3.2. Metot

3.2.1. Ceviz İç Zarı (*Juglans regia* L.) Temini

Atık olan ceviz iç zarı 2022 yılı hasat döneminde Bilecik ilinden temin edildi. Temin edilen iç zarlar yıkandı ve 45°C'de kurutularak, kullanılabilecek kadar ağız kapalı poşette saklandı (Şekil 1.22.).



Şekil 1.22. Kurutulmuş Ceviz İç Zarı

3.2.2. Ceviz İç Zarı Özütü Hazırlanması

Kurutulan ceviz iç zarları öğütüldükten sonra belirli bir miktar tartıldı, üzerine saf su ilave edildi (1:5), 5dk boyunca kaynatıldı ve soğutulduktan sonra süzüldü. Kullanılınca kadar koyu renkli şişede +4 °C’de saklandı.

3.2.3. Gümüş Nanopartikül Sentezi

25 mL 5 mM AgNO₃ çözeltisi ile 1:1 (v/v) oranında ceviz iç zarı ekstraktı karıştırıldı ve basit bir elle karıştırmanın ardından oda koşullarında sabit bir zemin üzerinde bırakılarak renk değişimi gözlemlendi (Baran, 2021: 2270472). Oluşan nanopartiküller (AgNPs) 15 dk 9000 rpm’de santrifüjlendi. Elde edilen partiküller saf su ile yıkandı ve kullanılınca kadar +4 °C’de saklandı.

3.2.4. Nanopartikül Eldesinde En Uygun Koşulların Belirlenmesi

Bitkisel özütler içermiş oldukları fenolikler, terpenler, polisakkaritler, alkaloidler gibi bileşenler ile nanopartiküllerin kararlı ve kontrollü elde edilmelerine olanak sağlarlar (Rauwel, 2015: 682749). Ancak partikül boyutun ve homojen yapı (uniform) pH, sıcaklık ve özüt derişimi olarak değişmektedir (Hernańdez-Pinero, 2016: 1183). Bu parametrelerin optimizasyonu her iki nanopartikül için de aşağıda belirtilen yöntemlere göre yapıldı.

3.2.5. En Uygun Özüt Derişimi Belirlenmesi

Gümüş nanopartikül sentezine özüt derişiminin etkisinin belirlenmesi amacıyla 1:10, 2:10 ve 3:10 farklı oranlarda ceviz iç zarları daha önce belirtilen yöntemle göre yeniden özütlendi ve nanopartiküller sentezlenip, UV spektrofotometre ile karakterize edildi.

3.2.6. En Uygun pH Değerinin Belirlenmesi

Gümüş nanopartikül sentezine pH etkisini incelemek amacıyla ceviz iç zarı özütleri pH 5,0 için asetik asit sodyum asetat tamponu; 7,0 için fosfat tamponu (Na₂HPO₄-NaH₂PO₄); 9,0 için glisin tamponu çözeltileri kullanılarak hazırlandı. Herbir çözelti ile ayrı ayrı nanopartikül sentezi yapıldı ve UV spektrofotometre absorbans değerleri karşılaştırıldı.

3.2.7. En Uygun Sıcaklık Değerinin Belirlenmesi

Gümüş nanopartikül sentezine sıcaklık etkisini belirlenmek amacıyla reaksiyon ortam sıcaklığı 30 °C, 60 °C ve 90 °C getirildi ve daha önce belirtilen yöntemle göre nanopartiküller sentezlendi. UV spektrofotometre absorbans değerleri karşılaştırıldı (Ustun Ozgur, 2021: 1).

3.2.8. Gümüş Nanopartikül Eldesi

Ceviz iç zarı özütü ile sentezlenmiş olan AgNP'lerin sulu matriksten ayrılması için 9000 rpm' de 15 dk santrifüj edildi (Keskin, 2022: 11). Süpernatant kısmı pipet ile uzaklaştırıldı ve süpernatant kısmının rengi tamamen açılncaya kadar distile su ile yıkama işlemi tekrarlandı. Elde edilen AgNP'ler 75°C'de kurutuldu.

3.2.9. AgNP'lerin Karakterizasyonu

Gümüş nanopartiküllerin oluşumu çözeltinin renk değişimi ile izlendi ve zamana bağlı renk değişimi belirli aralıklarla yapılan spektrofotometrik ölçümlerle belirlendi. Hazırlanan ceviz iç zarı özütü ve elde edilen AgNP'lerin içermiş olduğu potansiyel fonksiyonel gruplar ile SEM, EDX analizleri Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (BARUM) bulunan Thermo Fisher marka ve ZEISS/Supra 40 VP marka cihazlar kullanılarak yapıldı.

3.2.10. AgNP'lerin Antimikrobiyal Etkilerinin Saptanması

Elde edilen AgNP'ler den uygun miktarlarda tartıldıktan sonra 5 ml distile su ile karıştırıldı ve ultrasonik banyoda 15 dk bırakıldı, antimikrobiyal analize hazır hale getirildi (Baran, 2017: 24).

3.2.11. Antimikrobiyal Etkinin Saptanması

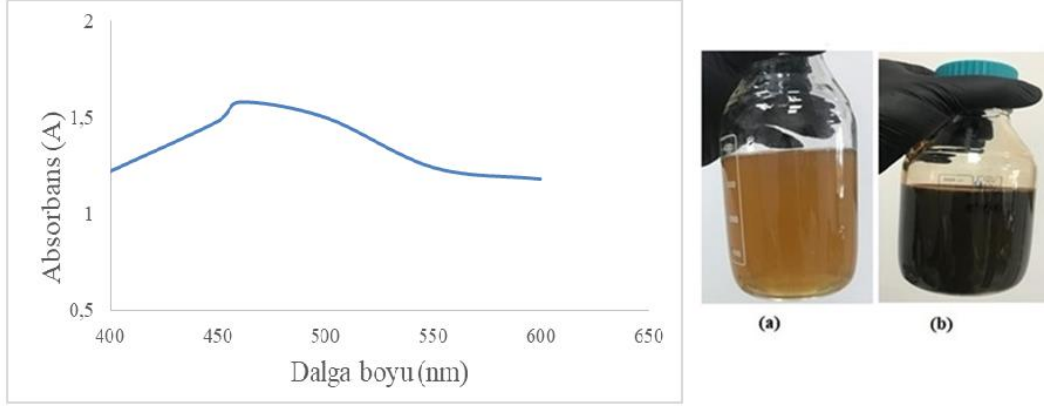
Çalışmada kullanılan gram negatif bir bakteri olan *Escherichia coli* (*E. coli*) Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü Refik Saydam Ulusal Tıp Kültür Koleksiyonu Laboratuvarından temin edildi. Temin edilen yerli suş uygun koşullarda inkübe edildi. Daha sonra sentezlenen AgNP'lerin *in vitro* antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon metodu kullanılarak tespit edildi. Hazırlanan AgNP çözeltisinden bir miktar alınarak boş antimikrobiyal duyarlılık disklerine (OXOID) emdirildi. Daha sonra diskler kurutulmaya bırakıldı ve kuruma işleminin ardından dikkatlice daha önce hazırlanmış olan petrilere yerleştirildi. Hazırlanan petrilere 37°C'de 24 saat boyunca inkübe edildi ve oluşan zon çapları ölçüldü (Keskin, 2023: 2762).

4. BULGULAR

Artan nüfus ile birlikte artan atıkların geri dönüşüm zorlukları çevre ve iklim koşullarının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Sürdürülebilir bir çevre için özellikle tarımsal ve evsel atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde geri dönüştürülmesi ve teknoloji alanında kullanımlarının arttırılması önemlidir. Bu nedenle son zamanlarda organik katı atık yönetim sistemleri geliştirilmektedir. Literatür incelendiğinde meyvelerin ve ağaçların çeşitli kısımlarının nanoteknoloji alanında kullanıldığı görülmektedir (Zulfiqar, 2024). Meyve ve sebzelerin atık kısımlarının da içermiş oldukları biyoaktif bileşenlerle nanoteknoloji alanında kullanımı söz konudur. Yapılan bu çalışmada, Ülkemizde önemli bir oranda üretimi yapılan cevizin atık niteliğindeki iç zarı toplanmış ve gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezinde kullanılmıştır. Sentezlenen nanopartiküller karakterize edilmiş ve antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda cevizin farklı kısımlarının linolelaidik asit, 1-heptatriacotanol, oleamid, etil izo-alkolat, hekzadekanoik asit, sinnamik asit, brassica sterol asetat ve β -sitosterol, polisakkaritler, fenolik bileşenler, saponinler ve alkaloidlerce zengin olduğu ifade edilmektedir (Han, 2018: 1034; Zhao, 2019:275, Medic, 2021:535). Bu bileşenler gümüş nanopartiküllerin yeşil sentez tekniği ile elde edilmesi için gerekli olan elektron alışverişini sağlayacak elektron vericisi olarak görev yapmaktadır.

4.1.Gümüş Nanopartikül Sentezi

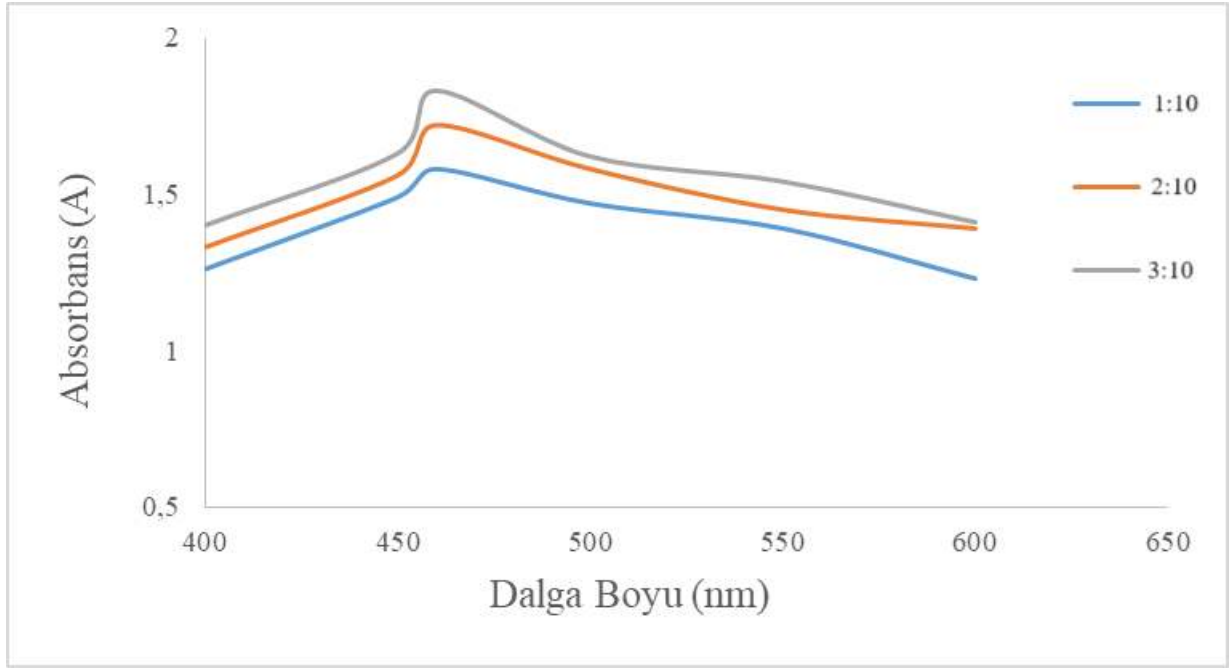
25 mL 5 mM AgNO_3 çözeltisi ile 1:1 (v/v) oranında ceviz iç zarı ekstraktı karıştırıldığında gözle görünür bir şekilde renk değişimi olduğu görüldü (Şekil 4.1.). Gümüş iyonun (Ag^+) metalik gümüşe (Ag^0) tek basamakta indirgenmesi ile yüzey plazmon rezonansı (SPR) oluşmaktadır. Serbest elektronların uyarılması ile oluşan bu değişim UV spektrofotometre kullanılarak tayin edilebilmektedir. Elde edilen nanopartiküllerin optik özelliklerini belirlemek amacıyla UV spektrofotometre ile 250 nm ile 750 nm arasında tarama yapıldı. Yapılan bu tarama ile elde edilen nanopartiküllerin 460 nm'de maksimum absorbans verdiği tespit edildi. Literatür incelendiğinde yeşil sentez tekniği kullanılarak elde edilen gümüş nanopartiküllerin farklı dalga boylarında maksimum absorbans verdiği 450-550 nm (Das, 2019: e00220950), 400-500 nm (He, 2017: 39842) ve 430 nm (Mousavi, 2018: 499) ve bu dalga boylarının oldukça geniş bir skalada olduğu görülmektedir. Bu yönü ile elde edilen verinin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir (Ashraf, 2016: 20414; Eren ve Bran, 2019: 4097; Matar, 2023: 1; Chinnasamy, 2023: 1).



Şekil 4.1. AgNPs sentezinin spektrumu **a)** Ceviz iç zarı özütü **b)** AgNPs çözeltisi

4.2.En Uygun Özüt Derişimi Belirlenmesi

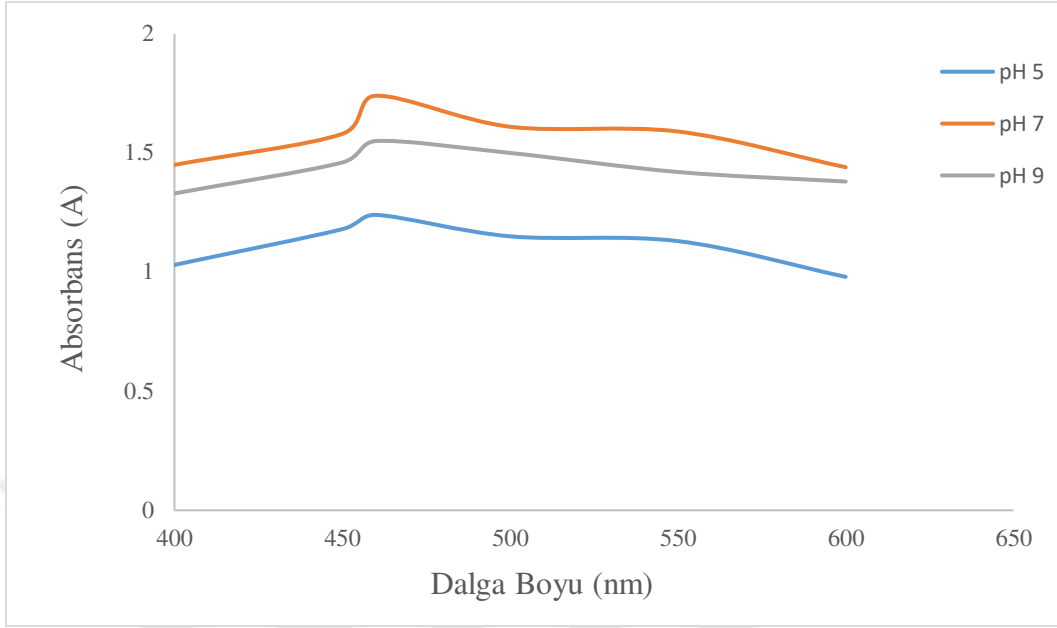
Ceviz iç zarı temelli gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezi için en uygun özüt derişimi değerinin tespit edilmesi amacıyla çalışmalar yapıldı. Bu amaçla ilk olarak sabit AgNO_3 miktarı kullanılarak değişen özüt derişimleri kullanılarak gümüş nanopartiküller elde edildi ve UV absorbans değerleri kıyaslandı. Grafik 4.2. incelendiğinde artan özüt derişimi ile 460 nm’de elde edilen absorbans değerlerinde artış olduğu görüldü. Literatür incelendiğinde özüt derişimi ile absorbans değerleri artışı arasında bir korelasyon olduğu, artan derişime karşın absorbans değerlerinin de arttığı görüldü (Pourmortazavi, 2015: 1249). Elde edilen verinin literatür ile uyumlu olduğu görüldü. Çalışmada en uygun özüt derişimi 3:1 olarak belirlendi.



Grafik 4.2. En Uygun Özütleme Oranı

4.3. En Uygun pH Değerinin Belirlenmesi

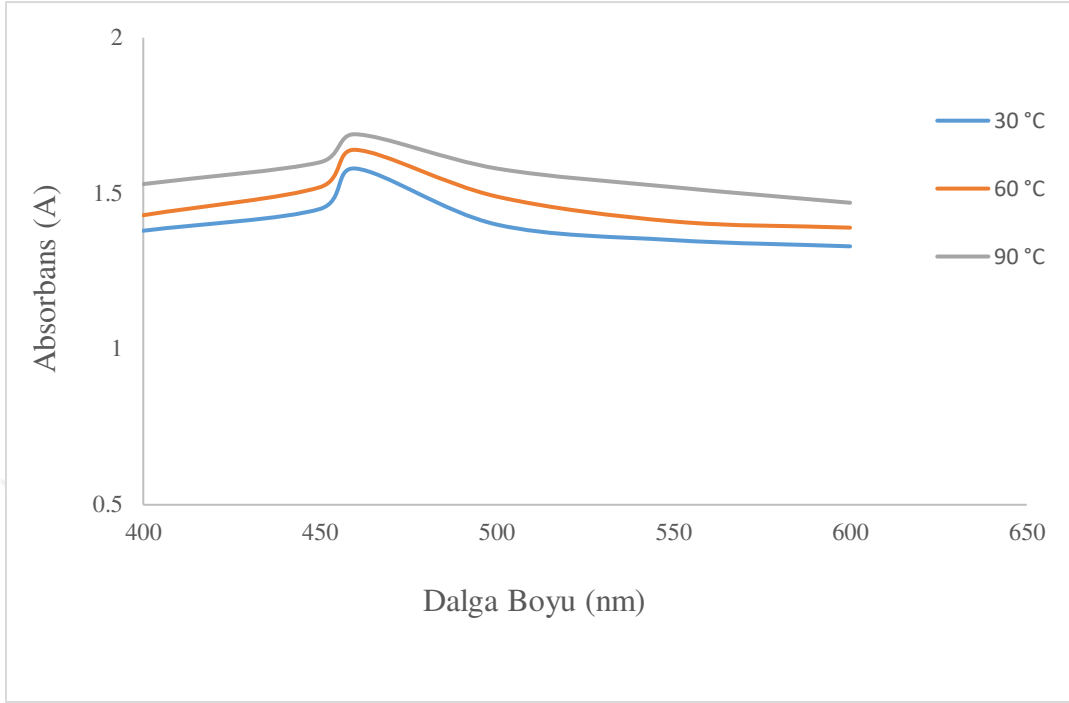
Ceviz iç zarı temelli gümüş nanopartiküllerin eldesinde en uygun pH değeri belirlenmesi amacıyla ceviz iç zarı özütü farklı pH'da tampon çözeltiler kullanılarak hazırlandı. Hazırlanan özütleri ile gümüş nanopartiküller sentezlendi ve UV spektrumları kıyaslandı. Grafik 4.3. incelendiğinde, pH 7 tamponu kullanılarak hazırlanan özüt ile yapılan sentezin pH 5 ve pH 9'a göre 460 nm'de daha yüksek absorbans değerlerine sahip olduğu görüldü. Literatür incelendiğinde gümüş nanopartiküllerin eldesinin farklı pH'larda yapıldığı görülmektedir. Elde edilen verinin literatür ile uyumlu olduğu görüldü.



Grafik 4.3. En Uygun pH Değeri

4.4.En Uygun Sıcaklık Değerinin Belirlenmesi

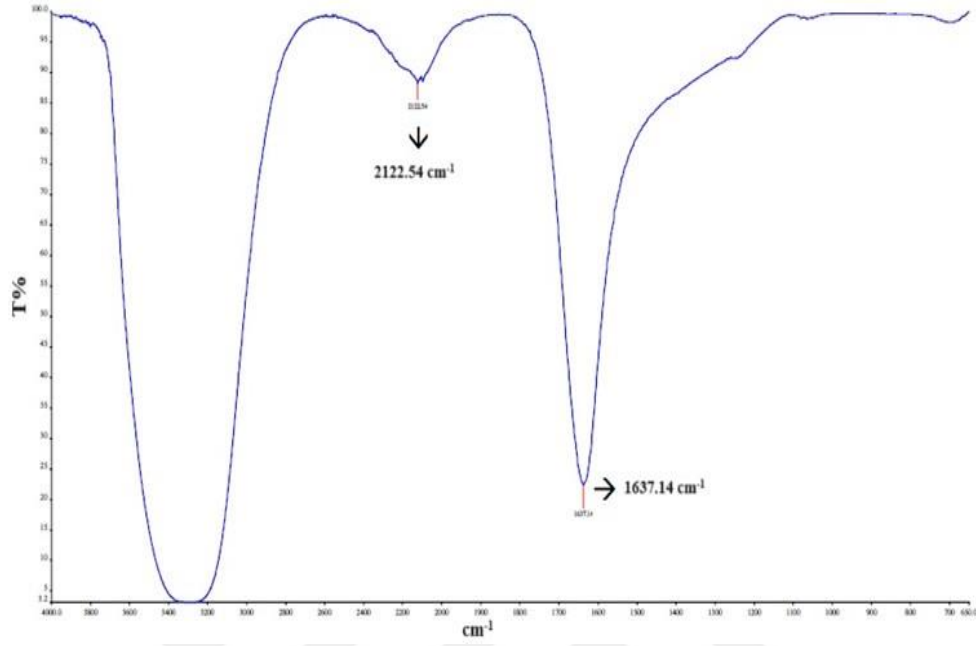
Ceviz iç zarı temelli gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezinde sıcaklığın etkisini tespit etmek amacıyla en uygun özüt derişimi ve en uygun pH'da hazırlanan karışımın reaksiyon sıcaklığı 30 °C, 60 °C ve 90 °C olacak şekilde üç ayrı reaksiyon ortamı oluşturuldu. Grafik 4.4. incelendiğinde, reaksiyon ortamı 90 °C olan nanopartikül eldesinde UV spektrumlarının 460 nm'de daha yüksek absorbans değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca 90 °C'de sentezin daha kısa sürede gerçekleştiği tespit edildi. Reaksiyon sıcaklığı arttırılması ile gümüş nanopartiküllerin oluşumu esnasında oluşan ya da kırılan kovalent olmayan ve kovalent protein-protein ve protein-polifenol etkileşimleri, van der Waals bağları ile hidrojen bağlarının daha hızlı bir şekilde olduğu literatürde ifade edilmektedir. (Pourali, 2013:189)) Ayrıca reaksiyon sıcaklığının artması ile elde edilen nanopartiküllerin daha küçük boyutta olduğu ifade edilmektedir. (Jiang, 2011:1)) Literatür çalışmaları incelendiğinde gümüş nanopartiküllerin farklı sıcaklıklarda elde edildiği görülmektedir. Ancak bu çalışmada her ne kadar 90 °C en uygun sıcaklık olarak belirlenmiş olsa da çevre koşulları, enerji verimliği ve pratik sentez koşulları düşünüldüğünden en uygun sıcaklık olarak oda koşulları belirlendi.



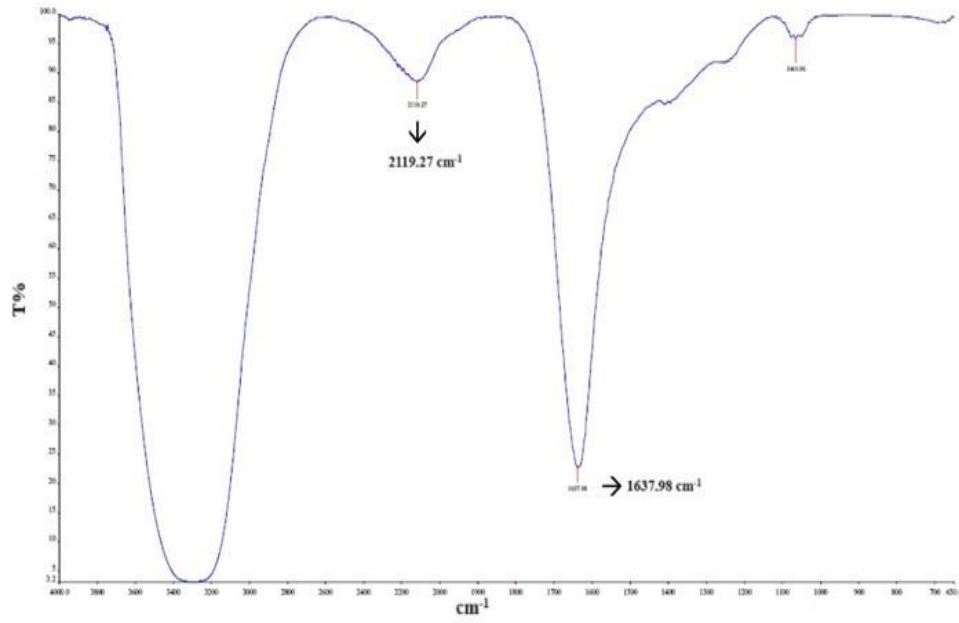
Grafik 4.4. En Uygun Sıcaklık Değeri

4.5. AgNP'lerin Karakterizasyonu

Ceviz iç zarı özütünün içermiş olduğu fonksiyonel grupların ve oluşan/kırılan potansiyel bağların tespiti için FT-IR analizi yapıldı. Bu amaçla hazırlanan özüt ve sentez sonrası oluşan süpernatant FT-IR analizinde kullanıldı. Grafik 4.5 ve Grafik 4.6 özüt ve süpernatanta ait spektrumlardır. Spektrumlar incelendiğinde özüte ait 2212.54 cm^{-1} ve 1637.14 cm^{-1} bantlarında kayma olduğu, süpernatant spektrumda ise 1065.98 cm^{-1} yeni bir bant oluştuğu görülmektedir. 3200 ile 3400 cm^{-1} bandının O-H titreşimlerine ait olduğu, 1636.82 - 1636.48 cm^{-1} C-C titreşimlerine, 1068 - 1154 cm^{-1} arasında oluşan bantların ise C-O titreşimlerine ait olduğu ifade edilebilir. Gümüşün yeşil sentezinde farklı fonksiyonel grupların aktif olabileceği literatürde ifade edilmektedir. Elde edilen verilerin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir (Ashraf, 2016: 20414; Eren ve Bran, 2019: 4097; Matar, 2023: 1; Chinnasamy, 2023: 1).



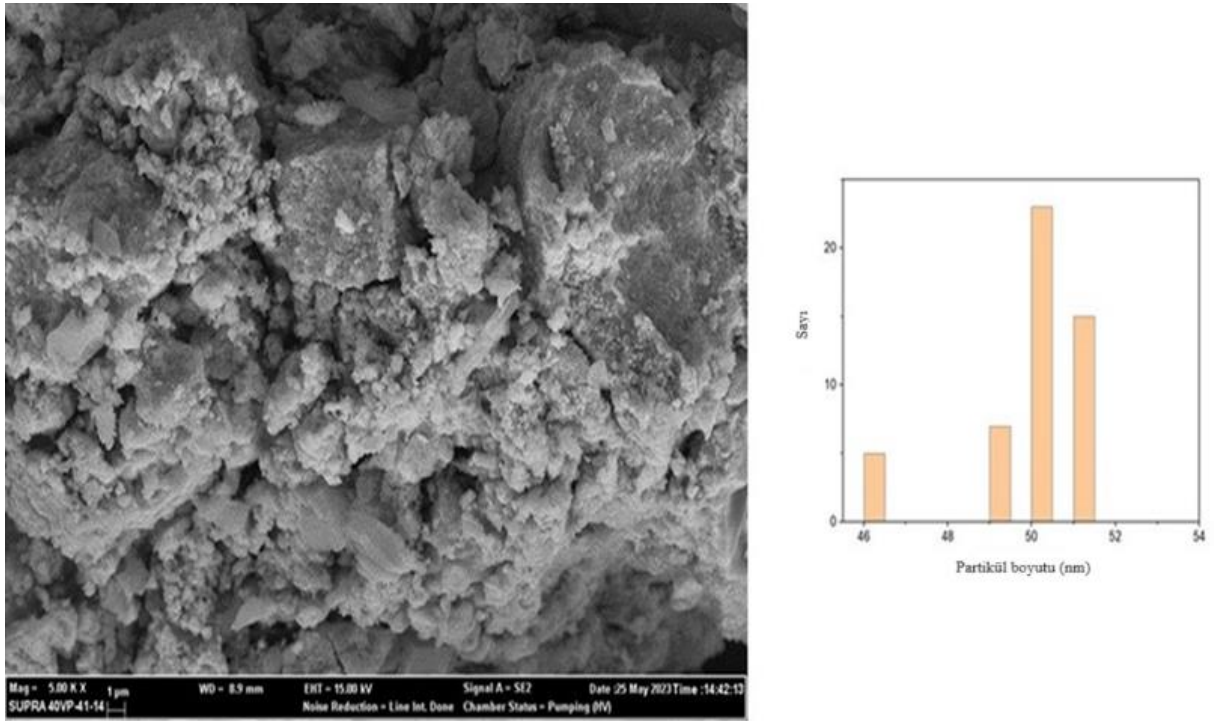
Grafik 4.5. Ceviz İç Zarı FTIR Spektrumu



Grafik 4.6. AgNPs Süpernetantı FTIR Spektrumu

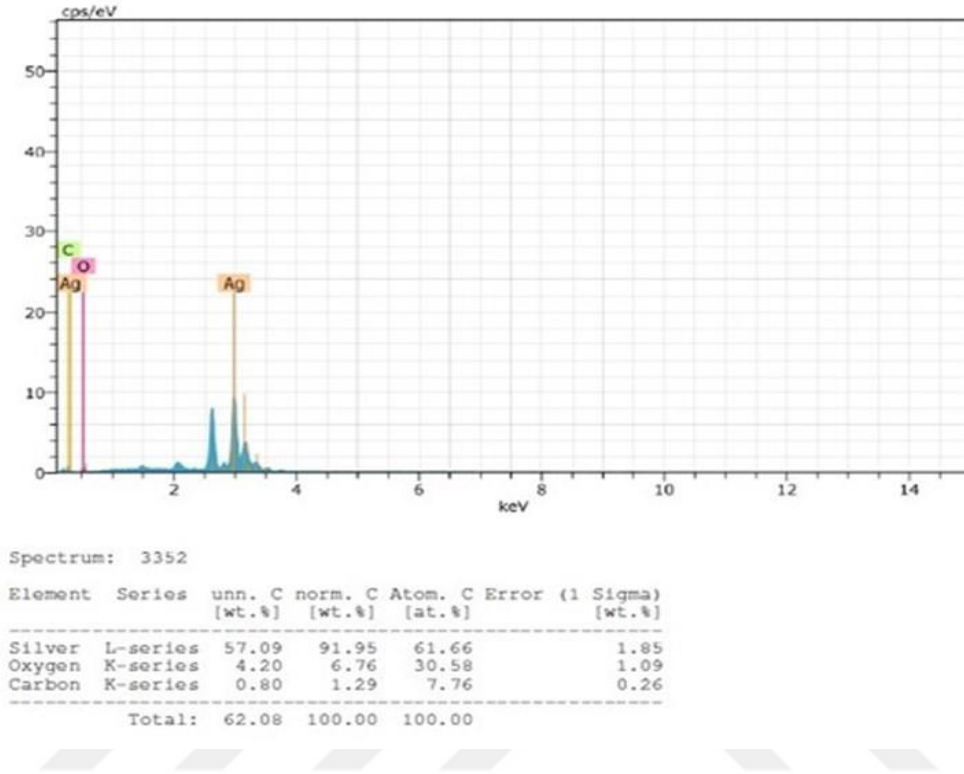
En uygun koşullarda sentezlenen ceviz iç zarı temelli gümüş nanopartiküllerin SEM kullanılarak yapılan boyut analizinde nanopartiküllerin boyutlarının 46 ile 51 nm arasında değiştiği tespit edildi (Şekil 4.7.). Şekil 4.7. kullanılarak histogramlar elde edildi ve boyutların dağılım oranı

belirlendi. Literatür incelendiğinde, farklı kaynaklar kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin 14,3-14,7 (Matar, 2023:1); 16,7 (Chinnasamy, 2023:1); 12,63 (Eren ve Baran, 2019: 4097); 46,26 (Erenler, 2021: 503) ve 65,92 (Govindappa, 2016:035014) gibi farklı boyutlarda olduğu ve sentezlenen nanopartiküllerin boyutlarının geniş bir skalada elde edildiği görülmektedir. Elde edilen verilerin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. AgNPs SEM Görüntüsü ve Histogramı

Elde edilen nanopartiküllerin EDX (Şekil 4.8.) spektrumu incelendiğinde nanopartiküllerin 3 keV' da spesifik bir pike sahip olduğu görülmektedir. EDX spektrumlarında 3 keVgümüş nanopartiküller için spesifik bir piktir ve varlığı gümüş nanopartikül sentezinin gerçekleştiğinin göstergesidir (Pektaş, 2024: 106133). Ayrıca Şekil 4.8 incelendiğinde elde edilen nanopartiküllerin %91,95 oranında normalize Ag atomu içerdiği, %6,76 oranında normalize oksijen ve %1,29 oranında ise normalize karbon atomu içerdiği görülmektedir.



Şekil 4.8. AgNPs EDX Spektrumu Ve Elementel Yüzdeleri

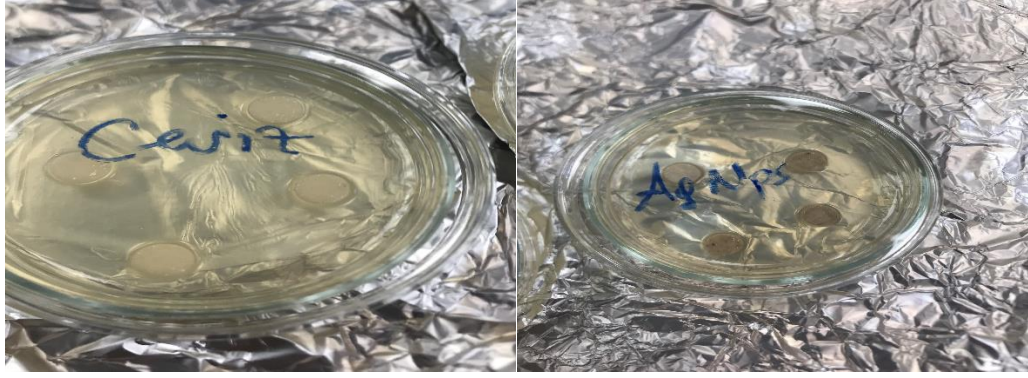
4.6. Antimikrobiyal Etkinin Saptanması (Disk difüzyon metodu)

Elde edilen ceviz iç zarı temelli gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal etkinliği gıdalarda da bulunabilen gram negatif bir bakteri olan *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerine tespit edildi. Uygun koşullar altında çoğaltılan *E. coli* üzerine antimikrobiyal etki disk difüzyon metodu kullanılarak belirlendi. Yapılan ölçümler neticesinde kullanılan disk difüzyon metodu ile uygulama yapılan alanlarda farklı çaplarda zonlar oluştuğu görüldü (Tablo 4.9 ve Şekil 4.10). Örneklerin antimikrobiyal aktivitesi yüksek (zon çapı > 15 mm), orta (zon çapı 10-15 mm arası) ve düşük (zon çapı < 10 mm) olarak tanımlandı. Buna göre ceviz iç zarı özütünün düşük, gümüş nitratın orta ve sentezlenen AgNP'lerin ise yüksek oranda antimikrobiyal aktivite gösterdiği tespit edildi. Gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktiviteleri oldukça bilinen bir özelliğidir. Literatür incelendiğinde gümüş nanopartiküllerin bakteri ve mantar gibi farklı mikroorganizmalar üzerine

antimikrobiyal aktivite gösterdiği ifade edilmektedir. Elde edilen verilerin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir (Lokina, 2014:256; Phull, 2016: 31; Shereen, 2024: 10).

Tablo 4.9. *E. coli* İnhibisyon Zonları

	Zon Çapı (mm)
Ceviz iç zarı özütü	9±1,5
AgNO₃	11±2,0
AgNPs	16±1,5



Şekil 4.10. Disklere Emdirilmiş Ceviz İç Zarı Özütü ve AgNP'ler

Yapılan çalışmaya ait bulguların literatür ile kıyaslanması Tablo 4.11.'de sunulmaktadır.

Tablo 4.11. Farklı Kaynaklar Kullanılarak Elde Edilen Gümüş Nanopartiküllere Ait Özellikler

Kaynak	UV absorbans (nm)	Ortalama boyut (nm)	Yapılan uygulama	Referans
Bal	443/456	14.3/14.7	Antibakteriyal aktivite	Matar vd., 2023: 1
<i>Aristolochia bracteolata</i> Lam	430	16.7	Antioksidan ve antibakteriyal aktivite	Chinnasamy vd., 2023:1
<i>Zea mays</i> L.	461.25	12.63	Antimikrobiyal aktivite	Eren ve Baran, 2019: 4097
<i>Tagetes erecta</i> L.	422	46.26	Antioksidan aktivite	Erenler vd., 2021:503
<i>Glycosmis mauritiana</i>	435	65.92	Antioksidan, antimikrobiyal aktivite ve enzim inhibisyonu	Govindappa vd., 2016:035014
<i>Solanum xanthocarpum</i> L.	406	4 -18	Antioksidan aktivite ve enzim inhibisyonu	Amin vd., 2012: 9923
<i>Mikania cordata</i>	451	26.8 -46.0	Antioksidan ve antibakteriyal aktivite	Khatun vd., 2023: 100386
<i>Tribulus terrestris</i>	400-450	21 - 73	Antioksidan aktivite ve enzim inhibisyonu	Figueiredo vd., 2023: 150
<i>Humulus lupulus</i> L.	450	30.60-36.72	Antioksidan aktivite ve enzim inhibisyonu	Keskin, 2022:11
Maydanoz sapı	460	31	Antioksidan aktivite	Boga vd., 2023: 162
<i>Citrullus colocynthis</i>	450	10-45	Antioksidan ve anti- gut aktivite	Karunakaran ve Hari, 2022:303
Bu çalışma	460	46-51	Antimikrobiyal aktivite	-

5. SONUÇ

Yapılan bu tez çalışmasında atık niteliğindeki ceviz iç zarının gümüş nanopartikül sentezinde kullanım potansiyeli tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar kapsamında ceviz iç zarları toplanmış, kurutulmuş ve özütlenmiştir edilmiştir. Daha sonra gümüş nanopartikül sentezi için gerekli olan en uygun özüt miktarı, en uygun pH ve en uygun sıcaklık değeri tespit edilmiştir. UV-spektrofotometre, FTIR ve SEM kullanılarak elde edilen nanopartiküller karakterize edilmiştir. Karakterizasyon işlemleri tamamlandıktan sonra elde edilen gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktiviteleri tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda;

- Elde edilen nanopartiküllerin 460 nm’de maksimum absorbands verdiği görüldü.
- Özüt derişimi arttıkça UV-spektrofotometre absorbands değerlerinin de arttığı görülmüştür. Absorbans değerlerindeki artışın özüt içerisindeki biyoaktif bileşenlerin miktarının artışıyla orantılı olduğu ifade edilebilir.
- Farklı pH’daki çözeltiler hazırlanarak elde edilen özütler kullanılarak elde edilen nanopartiküllerin pH 7 değerinde maksimum absorbands verdiği görüldü. Bu durum özütün içermiş olduğu aktif bileşenlerin farklı iyonlaşmalara sahip olması nedeniyle olduğu ifade edilebilir.
- Farklı sıcaklıklarda yapılan sentezlerde ise yüksek sıcaklıklarda sentezin daha hızlı olduğu ve absorbands değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum gümüş nanopartiküllerin oluşumunda aktif olan bağların yüksek sıcaklıkta daha etkin olduğu ifade edilebilir.
- FTIR spektrofotometresinde elde edilen sonuçlar özüt ve AgNP’lerin dönüşümünün karakteristik bağlar üzerinden yürüdüğünü göstermektedir.
- Elde edilen nanopartiküllerin boyutlarının 46 nm ile 51 nm arasında olduğu tespit edildi. Ayrıca nanopartiküllerin 3 keV’de karakteristik pike sahip olduğu tespit edildi.
- Elde edilen nanopartiküllerin ise antimikrobiyal aktivitesinin olduğu tespit edildi.

Elde edilen veriler atık niteliğindeki doğal ürünlerin gümüş nanopartikül sentezinde kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKÇA

Abed, M. S., & Jawad, Z. A. (2022). Nanotechnology for defence applications. In *Nanotechnology for electronic applications* (pp. 187-205). Singapore: Springer Nature Singapore.

Abid, N., Khan, A. M., Shujait, S., Chaudhary, K., Ikram, M., Imran, M., & Maqbool, M. (2022). Synthesis of nanomaterials using various top-down and bottom-up approaches, influencing factors, advantages, and disadvantages: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 300, 102597.

Ahire, S. A., Bachhav, A. A., Pawar, T. B., Jagdale, B. S., Patil, A. V., & Koli, P. B. (2022). The Augmentation of nanotechnology era: A concise review on fundamental concepts of nanotechnology and applications in material science and technology. *Results in Chemistry*, 4, 100633.

Ahmed, S. (2016). Saifullah; Ahmad, M.; Swami, BL; Ikram, S. Green synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* aqueous leaf extract. *J. Radiat. Res. Appl. Sci*, 9(1), 1-7.

Alamier, W. M., DY Oteef, M., Bakry, A. M., Hasan, N., Ismail, K. S., & Awad, F. S. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using *Acacia ehrenbergiana* plant cortex extract for efficient removal of rhodamine b cationic dye from wastewater and the evaluation of antimicrobial activity. *Acs Omega*, 8(21), 18901-18914.

Ali Mansoori, G., Bastami, T. R., Ahmadpour, A., & Eshaghi, Z. (2008). Environmental application of nanotechnology. *Annual review of nano research*, 439-493.

Amin, M., Anwar, F., Janjua, M. R. S. A., Iqbal, M. A., & Rashid, U. (2012). Green synthesis of silver nanoparticles through reduction with *Solanum xanthocarpum* L. berry extract: characterization, antimicrobial and urease inhibitory activities against *Helicobacter pylori*. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(8), 9923-9941.

Andrade, F., Jenipher, C., Gurav, N., Nadaf, S., Khan, M. S., Mahajan, N., & Gurav, S. (2024). Endophytic fungi-assisted biomass synthesis of eco-friendly formulated silver nanoparticles for enhanced antibacterial, antioxidant, and antidiabetic activities. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 97, 105749.

Ankudze, B., & Neglo, D. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles from peel extract of *Chrysophyllum albidum* fruit and their antimicrobial synergistic potentials and biofilm inhibition properties. *BioMetals*, 36(4), 865-876.

Ashraf, J. M., Ansari, M. A., Khan, H. M., Alzohairy, M. A., & Choi, I. (2016). Green synthesis of silver nanoparticles and characterization of their inhibitory effects on AGEs formation using biophysical techniques. *Scientific reports*, 6(1), 1-10.

Bahadar, H., Maqbool, F., Niaz, K., & Abdollahi, M. (2016). Toxicity of nanoparticles and an overview of current experimental models. *Iranian biomedical journal*, 20(1), 1.

Baran, A. (2017). *Metalik nanopartiküllerin biyolojik sentezi* (Master's thesis, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Baran, A., Baran, M. F., Keskin, C., Kandemir, S. I., Valiyeva, M., Mehraliyeva, S., & Eftekhari, A. (2021). Ecofriendly/rapid synthesis of silver nanoparticles using extract of waste parts of artichoke (*Cynara scolymus* L.) and evaluation of their cytotoxic and antibacterial activities. *Journal of Nanomaterials*, 2021(1), 2270472.

Baran, M. F. (2019). Green synthesis, characterization and antimicrobial activity of silver nanoparticles (AgNPs) from maize (*Zea mays* L.). *Dergi*.

Baran, M. F., Keskin, C., Baran, A., Hatipoğlu, A., Yildiztekin, M., Küçükaydin, S., & Eftekhari, A. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles from *Allium cepa* L. Peel extract, their antioxidant, antipathogenic, and anticholinesterase activity. *Molecules*, 28(5), 2310.

Basavegowda, N., & Lee, Y. R. (2013). Synthesis of silver nanoparticles using Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) peel extract: a novel approach towards waste utilization. *Materials Letters*, 109, 31-33.

Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., & Rizzolio, F. (2019). The history of nanoscience and nanotechnology: from chemical–physical applications to nanomedicine. *Molecules*, 25(1), 112.

Bayram, S. E. (2017). Katı atıkların geriye kazanımı ve tarımsal kullanım olanakları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(2), 62-65.

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.

Boyacı, S., & Kartal, S. (2019). Sera işletmelerinde ortaya çıkan tarımsal atıkların neden olacağı çevre sorunlarının belirlenmesi ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 51-60.

Burduşel, A. C., Gherasim, O., Grumezescu, A. M., Mogoantă, L., Ficai, A., & Andronesu, E. (2018). Biomedical applications of silver nanoparticles: an up-to-date overview. *Nanomaterials*, 8(9), 681.

Can Seramik (2024) *El Yapımı İznik Çinisi-25* [Erişim: 06.04.2024, <https://canseramik.com/urun/el-yapimi-iznik-cinisi-25/>]

Can, M., & Keskin, M. (2024). Green synthesis, characterization, and biochemical properties of waste walnut (*Juglans regia* L.) inner shell-based silver nanoparticles. *Journal of the Serbian Chemical Society*, (00), 23-23.

Çerçioğlu, M. (2019). Sürdürülebilir atık yönetiminde sera atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1), 167-178.

Chinnasamy, R., Chinnaperumal, K., Cherian, T., Thamilchelvan, K., Govindasamy, B., Vetrivel, C., & Krutmuang, P. (2023). Eco-friendly phytofabrication of silver nanoparticles using aqueous extract of *Aristolochia bracteolata* Lam: its antioxidant potential, antibacterial activities against clinical pathogens and malarial larvicidal effects. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-16.

Chirumamilla, P., Dharavath, S. B., & Taduri, S. (2023). Eco-friendly green synthesis of silver nanoparticles from leaf extract of *Solanum khasianum*: optical properties and biological applications. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 195(1), 353-368.

Constantin, M., Răut, I., Suica-Bunghez, R., Firinca, C., Radu, N., Gurban, A. M., & Jecu, L. (2023). *Ganoderma lucidum*-mediated green synthesis of silver nanoparticles with antimicrobial activity. *Materials*, 16(12), 4261.

- Das, G., Patra, J. K., Debnath, T., Ansari, A., & Shin, H. S.** (2019). Investigation of antioxidant, antibacterial, antidiabetic, and cytotoxicity potential of silver nanoparticles synthesized using the outer peel extract of *Ananas comosus* (L.). *PloS one*, *14*(8), e0220950.
- Demirkıran, A.** (2022). Doğada Nanoteknoloji: Geko Etkisi. *SOCIAL SCIENCES STUDIES JOURNAL (SSSJJournal)*, *5*(42), 4470-4476.
- Dua, T. K., Giri, S., Nandi, G., Sahu, R., Shaw, T. K., & Paul, P.** (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using *Eupatorium adenophorum* leaf extract: characterizations, antioxidant, antibacterial and photocatalytic activities. *Chemical Papers*, *77*(6), 2947-2956.
- Duan, H., Wang, D., & Li, Y.** (2015). Green chemistry for nanoparticle synthesis. *Chemical Society Reviews*, *44*(16), 5778-5792.
- Ebrahimi, S., Jamei, R., Nojoomi, F., & Zamanian, Z.** (2018). Persian walnut composition and its importance in human health. *Int. J. Enteric Pathog*, *6*, 3-9.
- Erenler, R., Temiz, C., Yildiz, I., Yanar, Y., & Ozyigit, C.** (2021). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles from *Tagetes erecta* flowers. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, *23*(September-October 2021), 503-507.
- Ersöz, M., Işıtan, A., & Balaban, M.** (2018). Nanoteknoloji 1. *BilalOfest Basım-Yayın &Matbaacılık*.
- 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.
- Ettadili, F. E., Azriouil, M., Chhaibi, B., Ouattmane, F. Z., Alaoui, O. T., Laghrib, F., & Mhammedi, M. E.** (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using *Phoenix dactylifera* seed extract and their electrochemical activity in *Ornidazole* reduction. *Food Chemistry Advances*, *2*, 100146.
- Figueiredo, C. C. M., da Costa Gomes, A., Zibordi, L. C., Granero, F. O., Ximenes, V. F., Pavan, N. M., & da Silva, R. M. G.** (2023). Biosynthesis of silver nanoparticles of *Tribulus terrestris* food supplement and evaluated antioxidant activity and collagenase, elastase and

tyrosinase enzyme inhibition: In vitro and in silico approaches. *Food and Bioproducts Processing*, 138, 150-161.

Garibo, D., Borbón-Nuñez, H. A., de León, J. N. D., García Mendoza, E., Estrada, I., Toledano-Magaña, Y., & Susarrey-Arce, A. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using *Lysiloma acapulcensis* exhibit high-antimicrobial activity. *Scientific reports*, 10(1), 12805.

Gawai, A. A., Kharat, A. R., Chorge, S. S., & Dhawale, S. A. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles mediated *Azadirachta indica* extract and study of their characterization, molecular docking, and antibacterial activity. *Journal of Molecular Recognition*, 36(10), e3051.

Geetha, R., Ashokkumar, T., Tamilselvan, S., Govindaraju, K., Sadiq, M., & Singaravelu, G. (2013). Green synthesis of gold nanoparticles and their anticancer activity. *Cancer Nanotechnology*, 4, 91-98.

Ghatage, M. M., Mane, P. A., Gambhir, R. P., Parkhe, V. S., Kamble, P. A., Lokhande, C. D., & Tiwari, A. P. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles via *Aloe barbadensis* miller leaves: anticancer, antioxidative, antimicrobial and photocatalytic properties. *Applied Surface Science Advances*, 16, 100426.

Gökce, O. (2006). İzmir ve Manisa illerinde ceviz yetiştiriciliğinin sosyo-ekonomik yönü ve sorunları üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 16(1), 7-17.

Govindappa, M., Farheen, H., Chandrappa, C. P., Rai, R. V., & Raghavendra, V. B. (2016). Mycosynthesis of silver nanoparticles using extract of endophytic fungi, *Penicillium* species of *Glycosmis mauritiana*, and its antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and tyrosinase inhibitory activity. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 7(3), 035014.

Gündüzalp, A. A., & Güven, S. (2016). Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya belediyesi ve semt tüketicileri örneği. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, 9(1), 1-19.

Güneşlenme Dosyası (2015). *Güneş Kremleri*. [Erişim: 15.04.2024, <https://yalansavar.org/2015/09/28/guneslenme-dosyasi-2-gunes-kremleri/>]

Han, H., Wang, S., Rakita, M., Wang, Y., Han, Q., & Xu, Q. (2018). Effect of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds on the characteristics of walnut shells. *Food and Nutrition Sciences*, 9(8), 1034-1045.

He, Y., Wei, F., Ma, Z., Zhang, H., Yang, Q., Yao, B., & Zhang, Q. (2017). Green synthesis of silver nanoparticles using seed extract of *Alpinia katsumadai*, and their antioxidant, cytotoxicity, and antibacterial activities. *RSC advances*, 7(63), 39842-39851.

Hernández-Pinero, J. L., Terrón-Rebolledo, M., Foroughbakhch, R., Moreno-Limón, S., Melendrez, M. F., Solís-Pomar, F., & Pérez-Tijerina, E. (2016). Effect of heating rate and plant species on the size and uniformity of silver nanoparticles synthesized using aromatic plant extracts. *Applied Nanoscience*, 6, 1183-1190.

İndigo Dergisi (2024) *Evsel Atık Nedir? Evde Geri Dönüşüme Nasıl Başlanır?* [Erişim: 03.04.2024, <https://indigodergisi.com/2022/06/evsel-atik-nedir/>]

Iravani, S. (2014). Bacteria in nanoparticle synthesis: current status and future prospects. *International scholarly research notices*, 2014(1), 359316.

Izadiyan, Z., Shameli, K., Esfahan, Z. M., Taib, S. H. M., & Kia, P. (2021). Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Juglans Regia Green Husk (Walnut) Water Extract and evaluation Antibacterial activity. *Journal of Research in Nanoscience and Nanotechnology*, 3(1), 90-102.

Jabbar, A. H., Al-janabi, H. S. O., Hamzah, M. Q., Mezan, S. O., Tumah, A. N., Ameruddin, A. S. B., & Agam, M. A. (2020). Green synthesis and characterization of silver nanoparticle (AgNPs) using pandanus atrocarpus extract. *Int. J. Adv. Sci. Technol*, 29(3), 4913-4922.

Jiang, X. C., Chen, W. M., Chen, C. Y., Xiong, S. X., & Yu, A. B. (2011). Role of temperature in the growth of silver nanoparticles through a synergetic reduction approach. *Nanoscale Res Lett*, 6, 1-9.

Karasu, A. (2013). *Çevresel atıklar, nedenleri, çevresel atıkların geri dönüştürülmesi ve yenilenebilir enerji olanaklarının araştırılması* (Master's thesis, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Karunakaran, S., & Hari, R.** (2022). Comparative Antioxidant and Anti-gout Activities of Citrullus colocynthis loaded Fruit Silver nanoparticles with its Ethanolic extract. *Avicenna journal of medical biotechnology*, 14(4), 303.
- Keskin, M.** (2022). Humulus lupulus L. (Hop) Based silver nanoparticles: Synthesis, characterization and enzyme inhibition effects. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 21(4), 11-20.
- Keskin, M., Kaya, G., Bayram, S., Kurek-Górecka, A., & Olczyk, P.** (2023). Green synthesis, characterization, antioxidant, antibacterial and enzyme inhibition effects of chestnut (Castanea sativa) honey-mediated silver nanoparticles. *Molecules*, 28(6), 2762.
- Khatun, M., Khatun, Z., Karim, M. R., Habib, M. R., Rahman, M. H., & Aziz, M. A.** (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using extracts of Mikania cordata leaves and evaluation of their antioxidant, antimicrobial and cytotoxic properties. *Food Chemistry Advances*, 3, 100386.
- Laad, M.** (2019). Agro waste reinforced composites: a solution for sustainable environment. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Teknolojileri ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 2(1), 29-34.
- Laib, I., Ali, B. D., & Boudebia, O.** (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using Helianthemum lippii extracts (HL-NPs): Characterization, antioxidant and antibacterial activities, and study of interaction with DNA. *Journal of Organometallic Chemistry*, 986, 122619.
- Lokina, S., Stephen, A., Kaviyarasan, V., Arulvasu, C., & Narayanan, V.** (2014). Cytotoxicity and antimicrobial activities of green synthesized silver nanoparticles. *European journal of medicinal chemistry*, 76, 256-263.
- Maçin, K. E.** (2021). Yeşil Mutabakat, Biyoekonomi Stratejisi ve Sıfır Atık Perspektifinden Türkiye’de Gıda Atıkları Yönetimi ve Paydaşların Görevleri
- Mageswari, A., Srinivasan, R., Subramanian, P., Ramesh, N., & Gothandam, K. M.** (2016). Nanomaterials: classification, biological synthesis and characterization. *Nanoscience in Food and Agriculture* 3, 31-71.
- Marangoz, Ö.** Nano-İlaç Taşıyıcı Sistemler.

- Matar, G., Akyuz, G., Kaymazlar, E., & Andaç, M.** (2023). An investigation of green synthesis of silver nanoparticles using Turkish honey against pathogenic bacterial strains. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(2).
- Medic, A., Jakopic, J., Solar, A., Hudina, M., & Veberic, R.** (2021). Walnut (J. regia) agro-residues as a rich source of phenolic compounds. *Biology*, 10(6), 535.
- Meher, A., Tandi, A., Moharana, S., Chakroborty, S., Mohapatra, S. S., Mondal, A., & Chandra, P.** (2024). Silver nanoparticle for biomedical applications: A review. *Hybrid Advances*, 100184.
- Modena, M. M., Rühle, B., Burg, T. P., & Wuttke, S.** (2019). Nanoparticle characterization: what to measure. *Advanced Materials*, 31(32), 1901556.
- Mohanpuria, P., Rana, N. K., & Yadav, S. K.** (2008). Biosynthesis of nanoparticles: technological concepts and future applications. *Journal of nanoparticle research*, 10, 507-517.
- Mousavi, B., Tafvizi, F., & Zaker Bostanabad, S.** (2018). Green synthesis of silver nanoparticles using Artemisia turcomanica leaf extract and the study of anti-cancer effect and apoptosis induction on gastric cancer cell line (AGS). *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 46(sup1), 499-510.
- Murphy, M., Ting, K., Zhang, X., Soo, C., & Zheng, Z.** (2015). Current development of silver nanoparticle preparation, investigation, and application in the field of medicine. *Journal of nanomaterials*, 2015(1), 696918.
- Nano Gıda ve Nano Gıda Kullanım Alanları** (2017) [Erişim: 05.03.2024, <https://www.muhendisbeyinler.net/nano-gida-ve-nano-gida-kullanim-alanlari/>]
- Nano Tekstiller Nedir, Nano Tekstil Kullanım Alanları** (2013) [Erişim: 20.03.2024, <https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/12/nano-tekstil-nedir-tekstilde-kullanim.html>]
- Nanoteknolojinin Hayatımızdaki Yeri** (2020) [Erişim: 23.03.2024, <https://thinktech.stm.com.tr/tr/nanoteknolojinin-hayatimiza-etkileri>]
- National Nanotechnology Initiative** (2024). *Nanoteknoloji Timeline* [Erişim: 08.04.2024, <https://www.nano.gov/timeline>]

- Nikalje, A. P.** (2015). Nanotechnology and its applications in medicine. *Med chem*, 5(2), 081-089.
- Noori, A., Hasanuzzaman, M., Roychowdhury, R., Sarraf, M., Afzal, S., Das, S., & Rastogi, A.** (2024). Silver nanoparticles in plant health: Physiological response to phytotoxicity and oxidative stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 108538.
- Öktem, B.** (2016). Atık yönetiminde entegre uygulama. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(2/1), 135-147.
- Özdoğan, E., Demir, A., & Seventekin, N.** (2006). Lotus Effect. *Textile and Apparel*, 16(1), 287-290.
- Ozgun, M. U., Ortadoğulu, E., & Erdemir, B.** (2021). Greener Approach to Synthesis of Steady Nano-sized Gold with the Aqueous Concentrate of *Cotinus Coggygia Scop.* Leaves. *Gazi University Journal of Science*, 1-1.
- Palabıyık, H., & Altunbaş, D.** (2004). Kentsel katı atıklar ve yönetimi. *Çevre sorunlarına çağdaş yaklaşımlar: Ekolojik, ekonomik, politik ve yönetsel perspektifler*, 103-124.
- Patel, R. R., Singh, S. K., Dehari, D., Nath, G., & Singh, M.** (2024). Facile green synthesis of silver nanoparticles derived from the medicinal plant *Clerodendrum serratum* and its biological activity against *Mycobacterium* species. *Heliyon*, 10(10).
- Pektaş, S. Ü.** (2023). Evsel Atıklardan Nanopartikül Eldesi Ve Glukoz Biyosensörü Tasarımında Kullanımı. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pektaş, S. Ü., Keskin, M., Bodur, O. C., & Arslan, F.** (2024). Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Designing A New Amperometric Biosensor to Determine Glucose Levels. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106133.
- Phull, A. R., Abbas, Q., Ali, A., Raza, H., Zia, M., & Haq, I. U.** (2016). Antioxidant, cytotoxic and antimicrobial activities of green synthesized silver nanoparticles from crude extract of *Bergenia ciliata*. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2(1), 31-36.

- Pourali, P., Baserisalehi, M., Afsharnezhad, S., Behravan, J., Ganjali, R., Bahador, N., & Arabzadeh, S.** (2013). The effect of temperature on antibacterial activity of biosynthesized silver nanoparticles. *Biometals*, 26, 189-196.
- Pourmortazavi, S. M., Taghdiri, M., Makari, V., & Rahimi-Nasrabadi, M.** (2015). Procedure optimization for green synthesis of silver nanoparticles by aqueous extract of *Eucalyptus oleosa*. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 136, 1249-1254.
- Rafique, M., Sadaf, I., Rafique, M. S., & Tahir, M. B.** (2017). A review on green synthesis of silver nanoparticles and their applications. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 45(7), 1272-1291.
- Rajeshkumar, S., Bharath, L. V., & Geetha, R.** (2019). Broad spectrum antibacterial silver nanoparticle green synthesis: Characterization, and mechanism of action. In *Green synthesis, characterization and applications of nanoparticles* (pp. 429-444). Elsevier.
- Ramesh, R. D., Santhosh, A., & Syamala, S. R. N. A.** (2020). Implementation of Nanotechnology in the Aerospace and Aviation Industry. In *Smart Nanotechnology with Applications* (pp. 51-69). CRC Press.
- Rauwel, P., Küünal, S., Ferdov, S., & Rauwel, E.** (2015). A review on the green synthesis of silver nanoparticles and their morphologies studied via TEM. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015(1), 682749.
- Remya, V. R., Abitha, V. K., Rajput, P. S., Rane, A. V., & Dutta, A.** (2017). Silver nanoparticles green synthesis: a mini review. *Chem. Int*, 3(2), 165-171.
- Resmi Gazete** (2008). *Atık Yönetimi Genel Esasları Yönetmeliği*. [Erişim: 05.07.2028, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/07/20080705-7.htm>]
- Resmi Gazete** (2015). *Atık Yönetimi Yönetmeliği* [Erişim: 18.03.2024, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>]
- Said, A., Abu-Elghait, M., Atta, H. M., & Salem, S. S.** (2024). Antibacterial activity of green synthesized silver nanoparticles using *Lawsonia inermis* against common pathogens from urinary tract infection. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 196(1), 85-98.

Santos, A. C., Morais, F., Simões, A., Pereira, I., Sequeira, J. A., Pereira-Silva, M., & Ribeiro, A. (2019). Nanotechnology for the development of new cosmetic formulations. *Expert opinion on drug delivery*, 16(4), 313-330.

Sayar, Ş. (2012). *Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Serrano, E., Rus, G., & Garcia-Martinez, J. (2009). Nanotechnology for sustainable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2373-2384.

Shankar, P. D., Shobana, S., Karuppusamy, I., Pugazhendhi, A., Ramkumar, V. S., Arvindnarayan, S., & Kumar, G. (2016). A review on the biosynthesis of metallic nanoparticles (gold and silver) using bio-components of microalgae: Formation mechanism and applications. *Enzyme and Microbial Technology*, 95, 28-44.

Sharma, V. K., Yngard, R. A., & Lin, Y. (2009). Silver nanoparticles: green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in colloid and interface science*, 145(1-2), 83-96.

Shereen, M. A., Ahmad, A., Khan, H., Satti, S. M., Kazmi, A., Bashir, N., & Zouidi, F. (2024). Plant extract preparation and green synthesis of silver nanoparticles using Swertia chirata: Characterization and antimicrobial activity against selected human pathogens. *Heliyon*, 10(6).

Sıfır Atık (2023). [Erişim Tarihi: 21.05.2023, <https://sifiratik.gov.tr/>]

Singh, C., Kumar, J., Kumar, P., Chauhan, B. S., Tiwari, K. N., Mishra, S. K., & Singh, J. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous leaf extract of Premna integrifolia (L.) rich in polyphenols and evaluation of their antioxidant, antibacterial and cytotoxic activity. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 33(1), 359-371.

Sinha, A., & Behera, A. (2022). Nanotechnology in the space industry. In *Nanotechnology-based smart remote sensing networks for disaster prevention* (pp. 139-157). Elsevier.

Sriranjani, R., Srinithya, B., Vellingiri, V., Brindha, P., Anthony, S. P., Sivasubramanian, A., & Muthuraman, M. S. (2016). Silver nanoparticle synthesis using Clerodendrum phlomidis leaf extract and preliminary investigation of its antioxidant and anticancer activities. *Journal of Molecular Liquids*, 220, 926-930.

Sulistiyarti, H., Utama, M. M., Fadhila, A. M., Cahyaningrum, A., Murti, R. J., & Febriyanti, A. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using Coffea canephora fruit skin extract and its application for mercury detection in face cream samples. *Analytical Sciences*, 39(3), 335-346.

Takcı, D. K., Ozdenefe, M. S., & Genc, S. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles with an antibacterial activity using Salvia officinalis aqueous extract. *Journal of Crystal Growth*, 614, 127239.

Taniguchi, N. (1974). On the basic concept of 'nano-technology'. In *Proc. Intl. Conf. Prod. Eng. Tokyo, Part II, 1974*. Japan Society of Precision Engineering.

Tesfaye, M., Gonfa, Y., Tadesse, G., Temesgen, T., & Periyasamy, S. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using Vernonia amygdalina plant extract and its antimicrobial activities. *Heliyon*, 9(6).

Thakkar, K. N., Mhatre, S. S., & Parikh, R. Y. (2010). Biological synthesis of metallic nanoparticles. *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine*, 6(2), 257-262.

Turhan, G. D., Özen, T., & Albayrak, R. S. (2018). Kurumsal sürdürülebilirlik kavramı, stratejik önemi ve sürdürülebilirlik performansı ölçümü. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 17-37.

Türkiye Cumhuriyeti Şehircilik Bakanlığı (2019). *Atıklar Broşür* [Erişim: 10.05.2024, https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/10_at-kler_brosur-20191128080759.pdf]

Tüylek, Z. (2016). Küçük şeylerin hikâyesi: Nanomalzeme. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 130-141.

Umami, A. S., & Siddiquee, S. (2019). Nanotechnology applications in food: opportunities and challenges in food industry. *Nanotechnology: Applications in energy, drug and food*, 295-308.

Umut, A. G. M. Ö., Topuz, Y., & Velioğlu, M. N. (2015). Çöpten geri dönüşüme giden yolda sürdürülebilir tüketiciler. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 263-288.

Uzunoğlu, H. (2014). Çevremizi Kirleten Atıklar ve Atık Yönetiminin Önemi. *Ar&Ge Bülten*, 25-31.

Wang, J. (2006). Electrochemical biosensors: towards point-of-care cancer diagnostics. *Biosensors and Bioelectronics*, 21(10), 1887-1892.

Wu, Q., Miao, W. S., Zhang, Y. D., Gao, H. J., & Hui, D. (2020). Mechanical properties of nanomaterials: A review. *Nanotechnology Reviews*, 9(1), 259-273.

Yanmayan Elbiseler (2014). *Türk Bilimi Yanmayan Elbiseler Üretti*. [Erişim: 02.04.2024, <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turk-bilimi-yanmayan-elbiselerde-yuksek-teknoloji-uretti/151053#>]

Yavuz, V. A. (2010). Sürdürülebilirlik kavramı ve işletmeler açısından sürdürülebilir üretim stratejileri/concept of sustainability and sustainable production strategies for business practices. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14), 63-86.

Yenilenebilir Enerji, (2012), *Nanoteknoloji*. [Erişim: 12.02.2024, <https://enerjisensin.blogspot.com/2012/01/nanoteknoloji.html>]

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

Zhao, S., Niu, J., Yun, L., Liu, K., Wang, S., Wen, J., & Zhang, Z. (2019). The relationship among the structural, cellular, and physical properties of walnut shells. *HortScience*, 54(2), 275-281.

Zulfiqar, Z., Khan, R. R. M., Summer, M., Saeed, Z., Pervaiz, M., Rasheed, S., & Ishaq, S. (2024). Plant-mediated green synthesis of silver nanoparticles: synthesis, characterization, biological applications, and toxicological considerations: a review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 103121.