



T.C.  
MARDİN ARTUKLU ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Yüksek Lisans Tezi

**BAZI BİTKİ PATOJENLERİNE KARŞI MANTAR BAZLI  
NANOMATERYALLERİN ETKİSİ**

**Elif DERELİ**

**Tez Danışmanı  
Doç.Dr. Hilal ACAY**

**Mardin-2023**

**T.C.**  
**MARDİN ARTUKLU ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**BAZI BİTKİ PATOJENLERİNE KARŞI MANTAR  
BAZLI NANOMATERYALLERİN ETKİSİ**

**Elif DERELİ**

**Tez Danışmanı**  
**Doç.Dr. Hilal ACAY**

**Mardin-2023**

## TEZ ONAYI

Lisansüstü Eğitim Enstitümüzün Biyoloji Anabilim Dalı 22202010 numaralı öğrencisi Elif DERELİ'nin hazırladığı “**Bazı Bitki Patojenlerine Karşı Mantar Bazlı Nanomateryallerin Etkisi**” başlıklı Yüksek Lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 02/06/2023 Cuma günü saat 10:00’da yapılmış, tezin onayına oy çokluğu/oybirliğiyle karar verilmiştir.

Danışman Doç.Dr. Hilal ACAY
Üye Prof. Dr. Abdunnasır YILDIZ
Üye Doç.Dr. Cumali KESKİN

### ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun ...../...../20.... tarih ve ...../..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

02 /06 /2023

Enstitü Müdürü

Doç.Dr. Ahmet KAYAOĞLU

Hazırlayan: Birim Kalite Komisyonu	Kontrol Eden: Üniversite Kalite Komisyonu	Onaylayan: Üniversite Kalite Komisyon Başkanı
---------------------------------------	--	--

## ETİK BEYAN

Mardin Artuklu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tez çalışmasının hazırlık, bilgi, belge, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarda bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun davrandığımı,
- Tez çalışmada kullanılan tüm eserlere eksiksiz atıf yaptığımı ve kullanılan tüm eserlere kaynaklar/kaynakçada yer verdiğimi,
- Tez çalışmasının özgün olduğunu,
- Tez çalışmasının Mardin Artuklu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı” ile tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabullendiğimi bildiririm.

**İmza**

**Elif DERELİ**

**Tarih (22.06.2023)**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BAZI BİTKİ PATOJENLERİNE KARŞI MANTAR BAZLI NANOMATERYALLERİN ETKİSİ

Elif DERELİ

Mardin Artuklu Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

2023: 63 Sayfa

Dünya nüfusundaki hızlı artış yaşam için gerekli olan gıda kaynaklarını muhafaza etmeyi gerektirmektedir. Yabani otlar, böcekler ve çeşitli bitki hastalıkları gıda kaynaklarını tehdit eden önemli unsurlardandır. Bu amaçla gıdayı korumak için kullanılan sentetik kimyasalların doğaya ve canlılara zarar verdiği bilinmektedir.

Mevcut durumda, etkili bir biçimde mahsulleri zararlılardan korumak ve ekosisteme zarar vermeyen yeni alternatiflerin getirilmesi gerekmektedir. Fungisitlerin doğru kullanılmaması canlı sistemler için her zaman bir tehdit oluşturmaktadır. Bununla beraber fungal patojenlerde direnç oluşturduğu bilinmektedir. Yeniden değerlendirilen stratejiler kapsamında nanofungisit gibi nanoteknolojik yaklaşımlar çok önemli potansiyele sahiptir.

Yapılan çalışmada, *Pleurotus eryngii* ekstraktı (PEE), Lesitin-(L) Kitosan (K) kullanılarak, etkili, düşük maliyetli, sürdürülebilir ve toksik olmayan, çevre dostu PEELKN nanomateryali sentezlendi.

Biyonanomateriyalin yapısı FTIR, SEM, TGA, XRD ve zetapotansiyel ile karakterize edilmiştir. SEM analizi, nanoyapının düzenli şekillerden oluşmuş pürüzlü, topaklanmış ve boşluklu bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Nanoyapının XRD analiz sonucu ( $2\theta=19.29^\circ$ ) yayvan bir pike sahip olası kitosan ve lesitin ile işlevselleşmesini göstermiş ve ortalama kristalit boyutu 13 nm olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan PEELKN nanomateryalinin fitopatojenik mantar türleri *Neoscytalidium dimidiatum*, *Alternaria alternata*, *Verticillium dahlia*, *Bipolaris sorokiniana* ve *Fusarium oxysporum* karşı antifungal etkinliği ilk kez araştırıldı. Veriler, PEE ve PEELKN'nin bazı bitki patojenleri üzerinde ciddi etkisi olduğu ancak bu etkinin farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Tür çeşitliliğinden kaynaklandığı düşünülen bu farklılıklar nedeniyle PEE ve PEELKN'nin farklı patojenik türler üzerinde de etkili olabileceği düşünülmektedir. PEE ve sentezlenen PEELKN, bazı yaygın fitopatojenik mantarların çimlenmesi ve büyümesine karşı inhibe edici etkiye sahiptir ve daha kapsamlı çalışmalarda kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Pleurotus eryngii*, Kitosan, Lesitin, Fungisit, Nanopartikül

## ABSTRACT

Master Thesis

# EFFECT OF FUNGAL-BASED NANOMATERIALS AGAINST SOME PLANT PATHOGENS

Elif DERELİ

Mardin Artuklu University

Graduate School of Education

Department of Biology

2023: 63 Pages

The rapid increase in the world population requires preserving the food resources necessary for life. Weeds, insects, and various plant diseases are important factors that threaten food sources. It is known that synthetic chemicals used to protect food for this purpose harm nature and living things.

Currently, it is necessary to effectively protect crops from pests and introduce new alternatives that do not harm the ecosystem. Improper use of fungicides always poses a threat to living systems. However, it is known to form resistance in fungal pathogens. Within the scope of reassessed strategies, nanotechnological approaches such as nano fungicides have very important potential.

In the study, an effective, low-cost, sustainable and non-toxic, environmentally friendly PELKN nanomaterial was synthesized by using *Pleurotus eryngii* extract (PEE), Lecithin (L), Kitosan (K).

The structure of the bionanomaterial was characterized by FTIR, SEM, TGA, XRD, and Zeta potential. SEM analysis showed that the nanostructure has a rough, agglomerated and porous structure composed of regular shapes. The result of XRD analysis of the nanostructure ( $2\Theta=19.29^\circ$ ) showed possible functionalization with Kitosan and lecithin with a broad peak, and the average crystallite size was determined as 13 nm. The antifungal activity of PELKN nanomaterial used in the study against phytopathogenic fungal species *Neoscytalidium dimidiatum*, *Alternaria alternata*, *Verticillium dahlia*, *Bipolaris sorokiniana*, and *Fusarium oxysporum* was investigated for the first time. The data show that PEE and PEELKN have a serious effect on some plant pathogens, but this effect differs. Due to these differences, which are thought to be caused by species diversity, it is thought that PEE and PEELKN may also be effective on different pathogenic species. PEE and synthesized PEELKN have an inhibitory effect on the germination and growth of some common phytopathogenic fungi and can be used in more extensive studies.

**Key Words:** *Pleurotus eryngii*, Chitosan, Lecithin, Fungicide, Nanoparticle

## ÖN SÖZ

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana katkı sağlayan ve her konuda hoşgörü ile yaklaşan, tez konusunun belirlenmesinden tezin son aşamasına kadar bana yol gösteren değerli danışman hocam Doç. Dr. Hilal ACAY'a

MAÜ.BAP.22.SBF.009 nolu proje ile desteklenmiş olan MAÜ BAP Koordinatörlük birimine,

Ayrıca bana yardımcı olan Prof. Dr. Sibel DERVİŞ, Doç. Dr. Ayfer YILDIRIM ve Dr. Öğr. Üyesi İnci GÜLER GÜNEY'e

Maddi ve manevi desteklerini hayatımın her aşamasında gördüğüm annem Nur Durak ve babam Aziz Durak'a

Tez sürecim boyunca beni hep destekleyip yardımcı olan eşim Tufan Dereli'ye ve oğlum Göktuğ'a

En içten dileklerle teşekkür ederim.

Mardin; Haziran, 2023

Elif DERELİ

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÖN SÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. Literatür çalışmaları .....	9
3. MATERYAL VE METOT .....	21
3.1. Materyal .....	21
3.1.1. Kimyasal Malzemeler .....	21
3.1.2. Mikroorganizmalar .....	21
3.2. Mantar Ekstresinin Hazırlanması .....	21
3.3. Mantar Yüklü Nanopartiküllerin Sentezi .....	23
3.4. Mantar Yüklü Nanopartiküllerin Karakterizasyonu .....	23
3.5. Mantar Ekstraktı ve Mantar Yüklü Nanopartiküllerin Antifungal Aktiviteleri .....	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	25
4.1. Nanomateryalin Karakterizasyonları .....	25
4.1.1. FTIR Analizlerin Değerlendirilmesi .....	25
4.2. Mantar Ekstraktı ve Mantar Yüklü Nanopartiküllerin Antifungal Aktiviteleri .....	31
5. SONUÇ .....	42
KAYNAKÇA .....	43
ÖZGEÇMİŞ .....	53

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Nanopartikül sentez yöntemleri (Pareek ve ark., 2017) .....	2
Tablo 2.1. Bitki Patojenik Funguslara Karşı Fungisit Olarak Kullanılan Nanomateryaller.....	14
Tablo 3.1. Anti fungal aktivitede 1. Gün verileri.....	32
Tablo 3.2. Anti fungal aktivitede 2. Gün verileri.....	33
Tablo 3.3. Anti fungal aktivitede 3. Gün verileri.....	34
Tablo 3.4. Anti fungal aktivitede 4. Gün verileri.....	35
Tablo 3.5. Anti fungal aktivitede 5. Gün verileri.....	36
Tablo 3.6. Anti fungal aktivitede 6. Gün verileri.....	37
Tablo 3.7. Anti fungal aktivitede 7. Gün verileri.....	39

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Nanopartiküllerin yeşil sentezi için kullanılan biyolojik sistemler .....	3
Şekil 2.1. PEELKN, <i>PEE</i> , L ve K'nin FTIR spektrumları .....	25
Şekil 2.2. PEELKN nanomateryalin FESEM görüntüleri a:1000x b:2000x c:5000x d: 10000x e: 20000x (x:büyütme katsayısı).....	26
Şekil 2.3. PEELKN nanomateryalin XRD Spektrumu .....	27
Şekil 2.4. PEELKN nanomateryalin TGA diyagramı (0-900 °C).....	28
Şekil 2.5. (a) Nanomateryal Zeta potansiyeli, (b) Nanomateryal boyut dağılımı .....	30

## 1. GİRİŞ

Nano, ‘‘cüce’’ anlamı taşıyan Yunanca kökenli bir kelimedir (Tegart, 2003). Nanoteknoloji, geleneksel mikron teknolojilerinin yerini alma potansiyeline sahip ve fonksiyonel malzemelerin boyuta bağılı özelliklerini veren, gelişmekte olan bir araştırma alanıdır. Nanopartiküller, nano yapıların temel birimidir ve nanoteknolojinin temelini oluşturmaktadır. Nanopartiküllerin boyutları 1-100 nanometre (nm) arasında değişmektedir. Nanobilim ve nanoteknoloji kimya, biyoloji, fizik, malzeme bilimi ve mühendislik gibi diğer tüm bilim alanlarında kullanılabilir (Khanh, 2006). Nanopartiküllerin reaktifliğini ve biyokimyasal aktivitesini arttıran yüzey/hacim oranının çok daha yüksek olmasıdır (Dubchak ve ark., 2010).

Nanopartikül sentezlenmesinde iki farklı teknik bulunmaktadır. Bu tekniklerden biri aşağıdan yukarı (bottom up) yöntemi diğeri ise yukarıdan aşağı (top down) yöntemidir (Ravichandran, 2010). (Tablo1.1.). Yukarıdan aşağıya yaklaşımı, moleküler boyutlarda çalışabilecek nanomalzeme ve yapıların üretilmesi yöntemlerini ifade etmektedir. Bu yaklaşıma dâhil olan yöntemlerde büyük boyutlu materyalden başlayıp, değişik fiziksel metotlarla istenilen nano boyut ve şekle kadar inebilecek küçük parçalara ayrılması esas alınmaktadır. Yukarıdan aşağıya yaklaşımı ile çalışan yöntemlere verilebilecek en genel örnekler; mekanik öğütme ve aşındırma olabilir. Bu yaklaşımda mikro düzeye ulaşmak için daha büyük malzemelerden üretime başlanır (Shibata, 2009).

Aşağıdan yukarı yöntemin esası atomlar veya moleküller ile organik veya inorganik yapı inşa etmeye dayanmaktadır. Nano yapıları birleştirmek için doğadaki kuvvetlerden ve DNA gibi biyolojik sistemlerin kendi kendine birleşme özelliğinden yararlanılarak karbon nanotüplerin kontrolü sağlanabilmektedir. Bu yöntemin uygulanma nedeni, atomik veya moleküler boyuttaki yapıları kimyasal reaksiyonlar ile büyütürük partikül oluşumunun gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım ile daha kompleks yapıya sahip nanoparçacıklar elde edilmekte ve 1 nm boyutuna kadar nanoparçacık sentezi gerçekleştirilebilmektedir. Sentezlenen nanoparçacıkların parçacık boyutu ve dağılımı kontrol edilerek homojen dağılımlı nanoparçacıklar elde edilebilir. Bu

nedenle hem laboratuvar hem de endüstriyel ölçekli nanomalzeme sentezi için en çekici olanlardır (Wolfgang, 2007; Zaki, 2007).

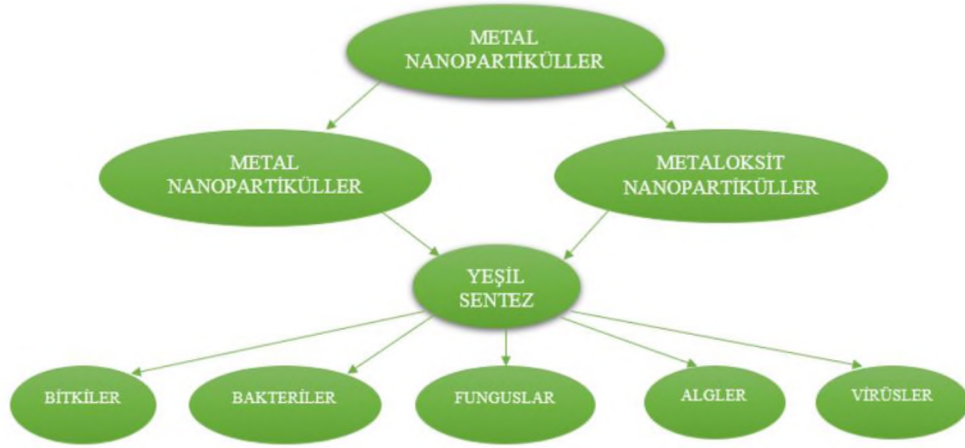
Bu iki yöntemde uygulanan işlemler fiziksel ve kimyasal işlemler olup sentezlenen nanopartikülün kararsız yapılarda olması, kullanılan yöntemlerin maliyet açısından pahalı olması, içeriğinde yüksek derecede toksik madde içermesi ve yüksek enerji gibi dezavantajların olması nedeniyle araştırmacılar nanopartikül sentezinde yeni yöntem bulma arayışına girmişlerdir (Beykaya ve ark., 2016).

**Tablo 1.1.** Nanopartikül sentez yöntemleri (Pareek ve ark., 2017)

Yukarıdan Aşağı Sentez	Aşağıdan Yukarı Sentez
Yukarıdan aşağı sentez yöntemi büyük moleküllerin sistematik olarak küçük moleküllere ayrışması ve ardından bu küçük moleküllerin nanopartikül formuna dönüşmesini içeren yıkıcı bir yaklaşım içermekte farklı bozunma teknikleri kullanılmaktadır	Aşağıdan yukarı sentez yöntemi, sedimentasyon ve indirgeme mekanizmalarının kullanıldığı nano ölçekte çalışılan kimyasal veya biyolojik yöntemlerle atom gibi temel birimlerin birleştirilmesini içerir. Metal tuzlarının öncüleri nanopartikül üretiminde rol oynamaktadır.
Optik, elektron demet litografi Isıl (termal) yöntem, dağlama Mekanik ve kimyasal aşındırma Püskürme Elektro patlama Lazer Kesme Mekanik alaşımlama	Sol-Gel yöntemi Fiziksel buhar biriktirme Kimyasal buhar birikimi Moleküler kirli epitaksisi Sprey dönüştürme işlemi Islak kimyasal sentez Kendinden montaj

Son yıllarda popüler hale gelen ve birçok avantajlar barındıran yeni bir yöntem keşfedilmiştir. Literatürde yeşil (green) sentez olarak adlandırılan bu yöntem biyolojik yapılar kullanılarak çevre dostu nanopartiküllerin sentezlenmesini mümkün kılmıştır.

Nanopartiküllerin biyojenik sentezinde, algler, bitkiler, bakteriler, mantarlar ve mayalar canlı organizmalar olarak kullanılmaktadır. Ayrıca canlı organizmalar dışında vitamin, şeker ve biyopolimerler gibi biyomateryaller de kullanılarak nanopartikül sentezi sağlanmaktadır. Yeşil sentezde temel amaç çevre dostu, çevrede toksik atık oluşturmayan, insan sağlığını olumsuz etkilemeyen, ucuz maliyetli nanopartiküller sentezlemektir (Sekmen, 2019). Bu nanopartiküller, sentezde kullanılan organizmadan türetilen, stabiliteyi artırabilen ve biyolojik aktivite gösterebilen biyomoleküllerle kaplanmıştır. Biyojenik sentez nispeten basit, temiz, sürdürülebilir ve ekonomiktir. Nanopartiküllerin kullanımında daha fazla biyoyumluluk sağlar (Gholami-Shabani ve ark., 2014).



### Şekil 1.1. Nanopartiküllerin yeşil sentezi için kullanılan biyolojik sistemler

Tarım, beslenme sağlayarak ve birçok ülke için bir gelir kaynağı olarak hizmet ederek hayati bir rol oynamaktadır. Kırsal kesimdeki insanlar için başlıca geçim kaynağıdır ve yaklaşık %86'sı tarımsal üretime bağlıdır. Bitki patojenleri arasında funguslar, bakteriler, nematodlar ve virüsler, hastalık semptomlarına neden olabilen ve üretkenliği, kaliteyi önemli ölçüde azaltan ve hatta bitkilerin ölümüne neden olan tüm biyolojik organizmalar bulunur. Patojenler birçok yolla konukçu bitkilere tanıtılabilir ve yayılabilir. Bakteri ve mantar sporları rüzgâr ile, yağmurla ve yağmurun bitki dokularına sıçraması yoluyla topraktan aktarılabilir. Böcekler, enfekte olmuş bir konukçu bitki ile beslendiklerinde bir bitkiyi patojen ile vektörleyebilir veya enfekte edebilir ve daha sonra enfekte olmayan bir bitki üzerinde hareket edip beslenebilirler. Patojenler ayrıca enfekte tohumlar, transplantlar veya kontamine ekipman, sulama suyu ve insanlar yoluyla da yayılabilir.

Bitki patojenlerinin neden olduğu mahsul kayıplarının yaklaşık %15-18'i hayvan zararlılarının bir sonucu olarak meydana gelirken, yabani otlar ve mikrobiyal hastalıklar sırasıyla %34 ve %16'lık kayıplara neden olur. Bitki patojenleri arasında önemli grup olan funguslar tarlada veya hasattan sonra bitkilerin yaprak, çiçek, gövde ve köklerine saldırarak çeşitli ürünlerde nicel ve nitel kayıplara sebep olmaktadır (Agrios, 2004). Bu mikroorganizmalar arasında *Ascomycetes* (*Verticillium*, *Alternaria* ve *Fusarium*) ve *Basidiomycetes* (*Rhizoctonia*, *Sclerotium*) sınıfına ait fungus cinsleri bulunmaktadır. Fungal patojenler verimde yaklaşık %70-80 kayıplara neden olduğu belirtilmektedir (Muhammad ve ark., 2020). Yaklaşık olarak, "mantarlar" krallığı altında sınıflandırılan 1,5 milyon tür vardır ve bu mantar patojenleri çoğunlukla parazitik ve saprofitiktir ve tarımsal ürünlerde farklı hastalıklara neden olur. Fungal patojenler, her yıl dünya çapında farklı mahsullerin veriminde ciddi düşüslere neden olabilir (Worrall ve ark., 2018). En tipik örneği 1940'larda *Phytophthora infestans*'ın neden olduğu patates geç yanıklığı nedeniyle İrlanda'da yaklaşık bir milyon insan açlıktan ölmüş, bir milyonun üzerinde göç yaşamıştır (Fry ve Goodwin, 1997). Benzer şekilde Hindistan'da Büyük Bengal kıtlığı (Padmanabhan, 1973), USA'da mısır yaprak yanıklığı (Ullstrup, 1972) fungal etmenler tarafından meydana getirilen önemli epidemik hastalıklardır. Hindistan'da çeltikte görülen *Cochliobolus miyabeanus* yaklaşık 2 milyon insanın ölümüne neden olmuştur. USA'da aynı cinsten *Cochliobolus heterostrophus*, mısır bitkisini tamamen tahrip etmiş ve şiddetli derecede ekonomik zarar oluşturmuştur. Dünya nüfusunun çeyreğinin temel gıdasını oluşturan çeltikte ise çeltik yanıklığına neden olan *Pyricularia oryzae* her yıl %10-30 arasında verim kayıplarına sebep olmaktadır (Talbot, 2003). Benzer şekilde diğer hastalık etmenlerinde epidemilere neden olarak önemli ekonomik kayıplara neden olduğu bilinmektedir.

Şu anda hastalık kontrolü, örneğin mantar öldürücüler gibi zirai kimyasalların kullanımına bağlıdır. Fungisitler, hızlı etki, güvenilirlik ve yüksek mevcudiyet gibi birçok olumlu avantajına rağmen, aromatiklerin biyosentetik yolundaki metabolit seviyelerini bozarak toksisiteleri ve sistemik etki tarzları nedeniyle hedef olmayan canlı organizmalar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Ayrıca kontrolsüz kullanımı fitopatojenik funguslarda fungisitlere karşı direnç gelişmesine neden olabilmektedir. Toprak mikroorganizmalarındaki amino asitler, direnç gelişimi ve haşere popülasyonunda ve çevrede yeniden canlanma gözlenebilir (Zaller ve ark., 2019). Ayrıca, püskürtülen

fungisitlerin yaklaşık %80-90' ının sonrasında veya püskürtme sırasında çevreye kaybolduğu değerlendirilmiş ve tahmin edilmiştir. (Stepson ve ark., 2003)

İçinde bulunduğumuz son dönemde bitki koruma konusunda aradığımız en önemli çözüm, patojenik mikroorganizmalarla nasıl mücadele edileceğidir. Fungal patojenler, meyve ve sebzelerin hasat sonrası işlenmesinin yanı sıra, mahsulün büyüme döneminde kayda değer ekonomik kayıplar için en büyük tehditlerden biridir. Mikrobiyal suşun çoklu ilaca direnci, yüksek maliyetli fungusit ve mantar patojeninin kimyasal kontrolünün diğer dezavantajları, bitki hastalığını kontrol etmek için alternatif bir strateji geliştirerek ele alınması gereken bazı kritik zorluklardır. Zirai kimyasalların etkinliğini arttırmanın bir alternatifi, istenen bileşiğin yavaş veya kontrollü bir şekilde salınmasını sağlayabilen sistemlerin kullanılmasıdır. Polimer kompozitler, tarımsal girdilerin çevreye yayılmasını engelleyen matris içine zirai kimyasalların gömülü olduğu en olası araştırılan sistemlerdir. Tarihte, tıp, çevre bilimi ve gıda işleme alanlarında nanomalzemelerin başarılı ve güvenli bir şekilde kullanıldığı öngörülmektedir; biyoteknolojinin tasarlanmış nano malzeme ile kombinasyonu, nanoteknolojinin uygulama alanını genişletir (Chen ve ark., 2010). Bununla birlikte, nanomalzemelerin tarımda, özellikle mahsul koruma ve üretimi için kullanımı, araştırma camiasında yeterince keşfedilmemiş bir alandır (Khot ve ark., 2012).

Tarım sektörü, hızlı iklim değişiklikleri, toprak verimliliğinin azalması, makro ve mikro besin eksikliği, aşırı kimyasal gübre ve böcek ilacı kullanımı ve toprakta ağır metal varlığı gibi çok büyük zorluklarla uğraşiyor. Bununla birlikte, küresel nüfus artışı gıda talebini arttırmıştır. Nanoteknoloji, mahsul üretimini artırarak ve toprak kalitesini eski haline getirerek ve iyileştirerek sürdürülebilir tarıma büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır (Acharya ve ark., 2020). Bitkileri patojen saldırılarından korumak için nanopartikülleri doğrudan tohum, toprak, yaprak gibi bitki yapılarına uygulanabilmesi basit bir yöntemdir (Khan ve ark., 2018).

Tarımda kullanılan nanopartiküller, biyolojik olarak kolaylıkla parçalanabilen, toksik olmayan, çevre dostu, güvenli ve düşük maliyetli materyallerin kullanımını gerektirmektedir. Bu yüzden çok iyi fiziksel ve kimyasal özellikleri olan doğal kaynakların biyopolimer üretiminde kullanımı, nanomateryal yapımında toksik kimyasal ve petrokimyasalların kullanımını önlemek için oldukça alternatif bir yaklaşımdır (Chowdappa ve Shivakumar, 2013).

Sonuç olarak bitki patojeni funguslarla mücadele etmek ve ekonomik açıdan ürünlere verilen zararı en aza indirmek için yeni alternatifler yeni yaklaşımlar geliştirilmelidir. Biyoteknoloji ve biyonanoteknoloji bitki hastalıklarıyla mücadele için yeni yeşil, çevre dostu ve ucuz alternatifler sunabilir. Sentezlenen biyonomalzemelerin, yüksek yüzey alanı, yeni reaktif grupların aktivasyonu ve benzersiz fizikokimyasal özellikler nedeniyle yeşil sentez yöntemleri çok düşük dozlarda bile patojenlere karşı daha etkili olabilir (Bouwmeester ve ark., 2009).

Miko-nanoteknoloji, maya, küf ve mantar gibi çeşitli organik mikomateryallerden metalik ve metalik olmayan nanoparçacıkların yeşil sentezine verilen bir terimdir (Rai ve ark., 2019). Mantarlar, farklı uygulamalarda kullanılabilen birçok bileşiğin üretimi için mükemmel potansiyele sahiptir. Yaklaşık 6.400 biyoaktif maddenin mikroskopik filamentli mantarlar (*Ascomycetes*) ve diğer mantar türleri tarafından üretildiği bilinmektedir (Bérdy, 2005). Mantarlar büyük ölçekte kolaylıkla yetiştirilebilir “nanofabrikalar” ve kontrollü boyut ve morfolojiye sahip nanopartiküller üretebilir. Mantarlar, bazıları nanoparçacıkların hızlı ve sürdürülebilir sentezi için kullanılabilen büyük miktarlarda protein ve enzim üretmeleri bakımından diğer mikroorganizmalara göre avantajlara sahiptir. Ayrıca, mantar hücre duvarının biyopotansiyelinin nanoparçacık üretiminde önemli bir rol oynaması muhtemeldir. Mantarlar, bir dizi biyoaktif metabolitin varlığı, yüksek birikim ve gelişmiş üretim nedeniyle nanoparçacıkların biyosentezinde bakterilerden nispeten daha beceriklidir (Alghuthaymi ve ark., 2015). Bu bağlamda *Verticillium* sp. (Mukherjee ve ark., 2001), *Fusarium oxysporum* (Ahmad ve ark., 2003) ve *Phoma leveillei* (Yassin ve ark., 2017a, Yassin ve ark., 2017b) sırasıyla hücre içi ve hücre dışı nanomateryaller üretir. Potansiyel uygulamaları için kapsamlı bir şekilde araştırılan nanomalzemelerin menüsüne çeşitli mantar türleri eklenmektedir (Siddiqi ve Husen, 2016). Bu mikrobiyal süreçler, farklı kimyasal bileşimlere, morfolojilere (boyut ve şekil) ve biyolojik aktivitelere sahip nanomalzemelerin üretilmesi için kullanılmaktadır. Miko-nanoteknoloji, son yıllarda bakteriyel ve fungal hastalıklarının yönetiminde, haşere kontrolünde, konserve gıdaların yönetiminde çevre dostu en önemli teknolojilerden biri olarak ortaya çıkmıştır. Böylece, miko-nanoteknoloji, kimyasal olarak sentezlenmiş nanoparçacıklara daha yeşil bir alternatif sağlar. Miko-sentezlenmiş nanopartiküller, patojen tespiti ve kontrolü, yara iyileşmesi, gıda muhafazası, tekstil kumaşları ve daha pek çok alanda geniş uygulamaları bulmaktadır (Abdel-Aziz ve ark., 2018).

*Collitotrichum sp.*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium luteoalbum* *Asperigillus oryzae*, *Trichoderma viride*, *Alternaria taalternata*, *Trichothecium sp.* vb. gibi çeşitli mantar türlerinin, çeşitli boyutlar ve şekillerde nanopartiküller ürettiği bildirilmiştir (Fariq ve ark., 2017). Selenyum, tellür, altın, gümüş, altın-gümüş alaşımı, platin, paladyum, kuantum noktaları, manyetit, silika, titanya, zirkonya, kadmiyum tellür ve uraninit nanoparçacıklarının mikosentezi çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Jayaseelan ve ark., 2013; Kim ve ark., 2009, 2012). Etkili biyoaktif özelliklerine ve birçok uygulama alanına sahip olmasına rağmen metal nanoparçacıklar, bitkisel üretim uygulamalarında, öngörülemeyen ve olası çevresel toksisite nedeni ile ciddi problemler ortaya çıkarmaktadır. (Bordes ve ark., 2009; Dimkpa ve ark., 2012; Kumari ve ark., 2009; Lee ve ark., 2012). Bu zorlukların üstesinden gelmek için bilim adamları ve araştırmacılar, bitki korumada biyo-tabanlı nanomalzemelere giderek daha fazla ilgi duymaktadır.

Kitosan, geniş spektrumlu antimikrobiyal aktiviteye sahip bir biyopolimerdir. Kitosanın antifungal yeteneğini değerlendirmek için birden fazla yöntem kullanılmıştır (Li ve ark., 2012; Qin ve ark., 2012). Kitosanın tarım da dahil olmak üzere çeşitli alanlarda uygulanabilen muazzam yapısal özelliklerinden yararlanılarak kimyasal ve mekanik modifikasyonlar gerçekleştirilmekte ve yeni özellikler ve işlevler araştırılmaktadır. Biyoyoumluluk, yüksek geçirgenlik, ucuzluk ve toksik olmama biyolojik olarak parçalanabilen kitosan nanoparçacıklarının sayısı, yeni araştırmaların bu yöne kaymasına yol açmıştır (Prabaharan ve ark., 2016).

Mantar aracılı nanopartikül (NP) üretimi hücre dışı (ekstrasellüler) veya hücre içi (intrasellüler) olabilmektedir (Yadav ve ark., 2015). Ekstrasellüler yol çok hızlıdır ve bu yolla daha büyük boyutta NP'ler sentezlenebilir (Narayanan ve Sakthivel, 2010). Fungusların kolay çoğaltılmaları, biyokütle oluşturmaları, üretim sürecinde ekstrasellüler enzimleri hücre dışına salmaları ve büyük ölçekli üretimlerinin kolay olması önemli avantajları arasında yer alır (Khan ve ark., 2018). İntrasellüler üretimde NP'ler hücre içerisinde oluşurken, ekstrasellüler üretimde süpernatant veya filtrat kullanılması ile hücrenin dış yüzeyinde oluşur. İntrasellüler olarak üretilen NP'leri elde etmek daha zordur. Bununla birlikte, basit filtrasyon, membran filtrasyonu, jel filtrasyonu, diyaliz ve ultrasantrifüj gibi yöntemlerle elde edilebilen mantar kalıntılarını ve safsızlıkları ortadan kaldırmak için nanoparçacık dispersiyonu saflaştırılmalıdır (Singh ve ark., 2016).

Ülkemizde en çok Doğu Anadolu Bölgesinde yetişen *Pleurotus eryngii* mantarı gıda olarak tüketilen ve ekonomik olan önemli bir türdür (Akyüz ve Kırbağ, 2007). Bu mantarın tadı, yüksek besin içeriği, tıbbi özellikleri, aromatik yapısı ve uzun raf ömrü nedeniyle birçok ülkede yetiştiriciliği hızla artan bir mantar türüdür (Rodriguez Estrada, 2008; Moonmoon ve ark., 2010). *Pleurotus eryngii* mantarı, polisakkaritler ve polifenoller gibi antioksidan özelliklere sahip birçok bileşik içerir (Lin ve ark., 2014). Ayrıca tıp, ilaç ve biyoteknolojik çalışmalarda bilim insanları tarafından tercih edilmektedir (Gregori ve ark., 2007). *Pleurotus eryngii* tarafından üretilen çeşitli biyolojik bileşiklerin tıbbi etkileri arasında *Eryngeolysin*'in antibakteriyel, *Eryngin*'in antifungal etkisi olduğu belirlenmiştir (Staji ve ark., 2009). *Pleurotus eryngii* ekstraktı kullanılarak sentezlenen nanomateryaller literatürde mevcuttur (Acay ve ark., 2019). Nanopartiküllerin tıbbi ve biyomedikal uygulamalarından dolayı mantar kaynaklı polisakkaritlerin kullanımı, miko-nanoteknoloji gelişiminde önemli bir adımdır (Radhakrishnan ve Peter, 2021).

Amacımız literatürdeki bu veriler ışığında yeşil sentez yöntemiyle biyolojik yapılar (*Pleurotus eryngii* mantarı) kullanılarak çevre dostu nanopartiküllerin sentezlenmesini mümkün hale getirmek ve elde edilen nanomateryalin bitki patojeni funguslara karşı etkinliğini araştırmaktır.

## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Owaid ve ark. (2022), AgNP'leri mikosentezlemek için trüf mantarlarının kurutulmuş meyve gövdeleri kullanmışlardır. Kahverengi renk mikosentez yapan AgNP'lerin bir işaretidir. UV-görünür spektrum, 450 nm'lik bir absorpsiyon zirvesi sergilemiştir. SEM görüntüleri, AgNP'lerin çoğunun düzensiz ve küresel şekillerle ortalama 72 nm'ye ulaşan boyutlara sahip olduğunu göstermiştir. 10 mg/kuyu konsantrasyon, *Klebsiella* ve *P. aeruginosa*'ya doğru sırasıyla 9.5 mm ve 20 mm sergilemiştir. Gentamisin antibiyotiği ve çöl trüf mantarından sentezlenen AgNP'ler arasındaki sinerjizm etkisinin antibakteriyel aktiviteyi arttırdığı belirtilmiştir.

Binupriya ve ark. (2009), *Aspergillus niger*, *Fusarium solani*, *Aspergillus oryzae*, *Pleurotus sajor caju* ve *Trichoderma viride* gibi farklı mantarlar tarafından hücre dışı olarak gümüş nanopartiküllerin biyosentezi literatürde bildirilmiştir. Gümüş iyonlarının *Fusarium oxysporum* ile inkübasyonunun kararlı gümüş hidrosellerin sentezine neden olduğu belirtilmiştir.

Govindaraju ve ark. (2010), Gümüşün geniş spektrumlu antifungal etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Fitopatojen türlerden, *Fusarium culmorum*, meşe solgunluk patojeni *Rafflaelea sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sp.*, *Bipolaris sorokiniana* ve *Magnaporthe grisea*'nın Ag nanopartiküllerine karşı duyarlı olduğu bildirilmiştir.

Patra ve Goswami (2012), yaptıkları çalışmada, Çinko nanopartiküllerinin tarım ve gıda güvenliği uygulamalarında etkili bir fungusit olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceğini belirlemişlerdir. Hasat sonrasında da enfeksiyonlara neden olan *Botrytis cinerea* ve *Penicillium expansum* gibi fungal patojenlerin enfeksiyon oluşturmamasını, 70 nm çaplı ZnO nanopartikülleri büyük oranda engellediği belirtilmiştir (He ve ark., 2011).

Mishra ve ark. (2011), *Trichoderma* türlerini kullanarak altın nanopartiküllerin hızlı (10 dakika içinde) sentezini göstermişlerdir ve elde edilen nanopartiküller, etkili bir şekilde hizmet eden bitki büyümesini destekleyici ve bitki patojeni kontrol özelliklerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Al-Zubaidi ve ark. (2019), AgNP'lerin bitki fitopatogenik mantarlarına karşı etkinliği ve geniş antimikrobiyal aktivitesi gösterdiği belirtilmiştir.

Young ve ark. (2009), AgNP'lerin bitki patojeni mantar *P. grisea* üzerindeki inhibe edici etkisi rapor etmişlerdir.

Elamawi ve Al-Harbi (2014), *Longibrachiatum*'dan biyosentezlenmiş AgNP'ler, tohum çimlenme yüzdesini ve canlılık indeksini iyileştirmiş bakla, domates ve arpada tohum kaynaklı bir patojen olan *F. oxysporium*'un neden olduğu hastalık insidansını azaltmıştır.

Seçkin (2021), Yaptığı bir çalışmada *Pleurotus eryngii* mantarı ve AgNO<sub>3</sub> kullanarak elde edilen nanopartiküllerin antifungal ve antibakteriyel aktivitelerini araştırmışlardır. Gümüş nanopartiküllerin *Candida albicans* patojenine karşı antifungal aktivite gösterdiği belirtilmiştir.

Owaid ve ark. (2015), Sentezlenen Ag-NP'lerin olası anti-*Candida* aktivitesi dört *Candida* türüne (*C. krusei*, *C. glabrata*, *C. pseudotropicalis* ve *C. albicans*) karşı SDA besiyerinde incelenmişlerdir. *P. cornucopiae*'nin 20 ve 40 ug/oyuktaki sulu ekstraktı, tüm *Candida* türlerine karşı hiçbir inhibitör aktivite göstermedi. Bununla birlikte, 60 µg/kuyucuktaki Ag-NP'ler, *Candida* spp.'nin inhibisyonunda dikkate değer bir artış gösterdi. Ag<sup>+</sup>'nın patojenik mayalar üzerindeki inhibitör etkilerinin mekanizması kısmen bilinmektedir. Ag-NP'lerin maya *Candida* spp.'ye karşı biyomedikal aktiviteleri birçok yazar tarafından belirtilmiştir.

Owaid ve ark. (2015), *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus* ve sentezlenen AgNP'lerin dört patojenik *Candida* türüne karşı anti-kandida aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Mikosentezlenmiş AgNP'ler, test edilen tüm *Candida* türlerinin büyümesini önemli ölçüde ( $p < 0.05$ ) inhibe ettiği belirtilmiştir.

Balashanmugam ve ark. (2013), Ag-NP'lerin *Microporus xanthopus* ekstraktının filtratından 425 nm'de maksimum absorpsiyon ile miko sentezini rapor ettiler, kristal çizgi yapısı ve 30 ila 50 nm arasında boyuta sahip küresel Ag-NP'lerin varlığını gözlemlemişlerdir; yüksek saflıkta Ag-NP'lerin stabilitesini yansıtan proteinler ve amino asitlerle çevrili olduğunu belirtmişlerdir.

Owaid ve ark. (2020), yaptıkları bir çalışmada *Inonotus hispidus*'tan (Shaggy Bracket mantarı) gümüş nanopartiküller üretmişlerdir. Gümüş nanoparçacıklar, 10<sup>-3</sup> M AgNO<sub>3</sub> eklenerek mantar ekstraktından mikosentezlendi. AgNP'lerin %75 ve %100

konsantrasyonları, *Escherichia coli*'ye karşı sırasıyla 10 mm ve 11 mm inhibisyon bölgesi sergilemiştir. En düşük inhibisyon bölgesi, %50'lik konsantrasyonla *Klebsiella*'ya doğru 7.5 mm olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca, mantarlara karşı daha yüksek inhibisyon yüzdesi gösterdiği belirtilmiştir.

Rabeea ve ark. (2022), yaptıkları bir çalışma *Enoki* mantarının (*Flammulina velutipes*) taze meyve gövdelerinin, altın nanopartiküllerin mikosentezine dahil edilen yeni bir yeşil indirgeyici ajan olarak kullanımına ilişkin ilk rapordur. Mikosentezlenmiş AuNP, optik gözlem, UV-vis spektrometre, FESEM, AFM, DLS, XRD, Zeta Potential ve FTIR analizleri kullanılarak fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından karakterize edilmiştir. Optimize edilmiş AuNP'ler daha sonra Metilen Mavisinin renk giderimindeki etkinliği açısından test edilmiştir. Etkinlik testi, AuNP'lerin varlığında inkübasyon süresinin artmasıyla Metilen Mavisinin bozunmasının arttığını göstermiştir. AuNP'lerin *Flammulina velutipes*'in mantar doğal organik maddeleri tarafından mikosentezlendiğine dair kavram kanıtı MB boyasının indirgenmesinde katalizör görevi görebileceği, 4 saat bekletmeden sonra %75.35'te MB'nin en iyi renk giderimi ile belirtilmiştir.

Owaid ve ark. (2017), 4 *Pleurotus* spp.'nin, 3 patojenik mantara karşı: *Trichoderma harzianum*, *Verticillium* sp. ve *Pythium* sp. antifungal aktivitelerini araştırılmıştır. İstiridye mantarlarının kültür filtratlarının antifungal aktiviteleri katı ve sıvı ortamlarda test edilmiştir. En yüksek inhibisyon aktivitesi %55.56 ile *Verticillium* sp.'ye karşı *P. salmoneostramineus*'ta gözlenirken, en düşük inhibisyon yüzdesi %46.15 ile *T. harzianum*'a karşı *Pleurotus ostreatus* miselinde olmuştur. *Pleurotus* spp. kültür süzütüsünün antifungal aktivitesi agar ortamında değişkenlik göstermiştir. *Verticillium* sp. ve *T. harzianum*'un kültür filtratları için sırasıyla % 1.34 ve % 1.75'te daha düşük inhibisyonlar gözlenmiştir. Sıvı ortamda en yüksek inhibisyon *P. ostreatus* ve *P. salmoneostramineus* kültür filtratları ile sırasıyla *T. harzianum* ve *Verticillium* sp.'ye karşı %55 ve %50 olurken, en düşük inhibisyon ise *P. ostreatus*'a karşı %3.33 ile *T. harzianum* olduğu belirtilmiştir.

Eskandari ve ark. (2016), Yenilebilir mantar türü olan *Agaricus bisporus* ekstraktlarından altın nanopartikülleri sentezlenmiştir. Bu yeşil sentezlenmiş AuNP'ler *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus terreus*'a karşı uygun mantar öldürücü etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Durán ve ark. (2005), AgNP'lerin antimikrobiyal aktivitesini, mantar hücre duvarındaki sülfhidril gruplarının etkisizleştirilmesi ve zara bağlı enzimlerin ve lipidlerin bozulmasıyla hücrenin parçalanmasıyla çözünmeyen bileşiklerin oluşumuna bağlamıştır. Ayrıca, sürecin, AgNP'lerin gözenekler oluşturmak için harici proteinlere bağlanmasını, DNA replikasyonuna müdahale etmesini veya hidrojen peroksit, süperoksit anyonları ve hidroksil radikalleri gibi reaktif oksijen türleri (ROS) oluşturmasını içerebileceği de bildirilmiştir.

Gopal ve ark. (2011), Çeşitli metal oksit nanopartiküller ve karbon nanotüplerin kıyaslandığı bir çalışmada, sitotoksisite ve DNA zararlanmalarına yol açan nanopartiküller incelenmiştir. Bütün nanopartiküller içinde en güçlü etkiye sahip olan ortalama 43 nm ile bakır oksit nanopartiküllerinin olduğunu bildirmiştir.

Li ve ark. (2012), %0.5 veya %1 oranında kitosan uygulamasının patates yumrularının kuru çürüklüğünü etkili bir şekilde kontrol ettiğini bildirmiştir.

Chookhongkha ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada %0.6 (w/v) konsantrsyonundaki kitosan polimeri ve kitosan nanoparçacıklarının, bazı bitki patojenlerine karşı misel büyümesini ciddi şekilde geciktirdiğini bildirmişlerdir.

Yien ve ark. (2012), Kitosan nanoparçacık'ların *Aspergillus niger* ve *Fusarium solaniy*'e karşı antifungal aktivitesini gözlemledi. Mikro ve nanopartikül kitosan (CS), sodyum tripolifosfat (TPP) ile iyonotropik jelleşme kullanılarak sentezlenmiş ve *Aspergillus parasiticus*'a karşı etkili olduğu belirtilmiştir.

Ing ve ark. (2012), Kitosanın serbest polimer formunda *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Rhizopus oryzae*, *Phomopsis asparagi* ve *Rhizopus stolonifer*'e karşı antifungal aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir.

Salaberria ve ark. (2014), Kitosan nanoparçacıkları (CS) ve kitosan/biber ağacı (*Schinus molle*) esansiyel yağı (CS-EO) biyonanokompozitleri, nanoçökeltme yöntemiyle sentezlenmiş ve *in vitro* olarak *A. parasiticus*'a karşı test edilmiştir (Cota-Arriola ve diğerleri, 2013). Sonuçlar, 800 mg/mL'lik bir konsantrasyonda mantar büyümesi üzerinde inhibe edici bir etki gösterdi. 80–100 nm çaplı a-kitin NF'lerin antifungal büyümesi, büyümesini önlemek için *Aspergillus niger*'e karşı tarandı ve mantar büyümesini %87 engellediği belirtilmiştir.

Ing ve ark. (2012), düşük moleküler ağırlıklı ve yüksek moleküler ağırlıklı kitosandan hazırlanan kitosan nanoparçacıklarının *Candida albicans*, *Fusarium*

*solani*'ye karşı daha iyi inhibitör aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir. Kitosan gümüş nanoparçacıkları, *Colletotrichum gloeosporioides*'in konidia çimlenmesini tek başına kitosandan daha etkili bir şekilde inhibe ettiği belirtilmiştir.

Xu ve ark. (2006), greyfurtların mantar çürümmesine (*Botrytis cinerea*) karşı tek başına veya kombine olarak üzüm çekirdeği ekstresi ve kitosanın antifungal aktivitesini değerlendirmişlerdir. Greyfurt çekirdeği ekstresi (GSE) ve kitosan'ın sinerjistik etkiye sahip olduğu ve %1 kitosan artı %0.1 GSE ile muamelenin ayrıca %1 kitosan kaplama ile muameleden akan gri küf oluşumunu önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur. Bir biyokontrol ajanı olarak kitosan ayrıca domates gri küfüne karşı da etkili bulunmuştur. Yaklaşık %0.2 kitosan çözeltisi, domates gri küfünü önemli ölçüde engellediği belirtilmiştir.

Wang ve ark. (2014), kitosanın *Penicillium expansum*'un neden olduğu mavi küf önemli ölçüde engellediğini bulmuştur. Hünnap meyvesinde konsantrasyona bağlı olarak hasat sonrası çürümeyi önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir.

Munoz ve ark. (2009), %2.5 kitosan ile domates meyveleri ve üzüm tanelerinin kaplanmasından sonra antraknoz hastalığında önemli azalma olduğu bildirilmiştir. *Colletotrichum anthracnose* (*Colletotrichum* spp.), ciddi ekonomik kayıplara neden olan ekonomik açıdan en önemli bitki hastalıklarından biridir. Çok çeşitli ürünler bu hastalıklardan etkilenir. Kitosanın *Colletotrichum anthracnose* üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan çalışmalar, kitosanın tatmin edici bir kontrol etkisine sahip olduğunu bildirmiştir.

Acay ve ark. (2022), Doğal tedavi edici özelliklere sahip olan *Morchella esculenta* kitosan biyoparçacıklarının biyosentezinde kullanmıştır. Bulgular, sentezlenen nanoparçacıkların bitki fitopatogenik mantarlarıyla başarılı bir şekilde mücadele etmek için kullanılabileceği belirtilmiştir.

Luo ve ark. (2005), Çin'in Yunnan eyaletindeki mantarlardan doğal olarak oluşan yeni fungusitlerin taranması sırasında, *Albatrellus dispansus*'un meyve veren gövdelerinin etanol ekstraktının bitki patojenik mantarlara karşı antifungal aktivite gösterdiği bulunmuştur. Aktif bileşik, *A. dispansus*'un meyve gövdelerinden, özütün biyoanaliz kılavuzluğunda fraksiyonlanmasıyla izole edildi. Antifungal aktiviteleri, 9 bitki patojenik mantara karşı *in vitro* ve *Erysiphe graminis* bitki hastalığına karşı *in vivo* olarak değerlendirilmiştir. *In vitro* olarak, *Sclerotinia sclerotiorum* ve *Fusarium graminearum*

grifoline en duyarlı mantarlardı ve bunların miselyal büyüme inhibisyonu 304.9 mikroM'de sırasıyla %86.4 ve %80.9 olarak bulunmuştur. *F. graminearum*'un spor çimlenmesi, *Gloeosporium fructigenum* ve *Pyricularia oryzae*, 38.1 mikroM grifolin tarafından neredeyse tamamen inhibe edilmiştir. İn vivo olarak, grifolinin *E. graminis*'e karşı iyileştirici etkisi 8 gün sonra 304.9 mikroM'de %65.5 olduğu belirtilmiştir.

Saharan ve ark. (2013), Yaptıkları bir çalışmada Kitosan, sodyum tripolifosfat, saponin ve Cu iyonlarının etkileşimi ile iyonik jelleşme yöntemi kullanılarak çeşitli nanopartiküller hazırlamışlardır. Nanopartiküllerin *Alternaria alternata*, *Macrophomina phaseolina* ve *Rhizoctonia solani* gibi fitopatojenik mantarlara karşı antifungal özellikleri %0.001 ile %0.1 arasında değişen çeşitli konsantrasyonlarda incelenmiştir. Nanopartiküllerin çeşitli formülasyonları arasında, Cu-kitosan nanopartikülleri %0.1 konsantrasyonda en etkili bulunmuş ve in vitro modelde sırasıyla *A. alternata*, *M. phaseolina* ve *R. solani*'nin büyümesini %89.5, %63.0 ve %60.1 oranında engellemiştir. Aynı konsantrasyonda, Cu-kitosan nanoparçacıkları da *A. alternata*'nın spor çimlenmesini maksimum %87.4 önleme oranı göstermiştir. Kitosan nanoparçacıkları, %0.1 konsantrasyonda *M. phaseolina*'nın in vitro misel büyümesi üzerinde maksimum büyüme önleyici etkiye sahip olduğu bildirilmiştir.

**Tablo 2.1. Bitki Patojenik Funguslara Karşı Fungisit Olarak Kullanılan Nanomateryaller**

Nanofungisitler	Mantar Patojenleri	Referanslar
AgNP	<i>Fusarium oxysporium</i>	Elamawi ve Al-Harbi (2014)
	<i>Pyricularia grisea</i>	Young ve ark. (2009)
	<i>Bipolaris sorokiniana</i> <i>Sphaerotheca fusca</i> sp.	Lamsal ve ark. (2011)

	<p><i>Alternaria solani,</i></p> <p><i>Pythium spinosum,</i></p> <p><i>Pythium</i></p> <p><i>aphanidermatum,</i></p> <p><i>Cylindrocarpon destructans,</i></p> <p><i>Cladosporium cucumerinum,</i></p> <p><i>Glomerella cingulata,</i></p> <p><i>Didymella bryoniae,</i></p> <p><i>Stemphylium lycopersici</i></p> <p><i>Monosporascus cannonballus</i></p>	<p>Kim ve ark.</p> <p>(2012)</p>
	<p><i>Alternaria alternata,</i></p> <p><i>Sclerotinia sclerotiorum</i></p> <p><i>Macrophomina phaseolina,</i></p> <p><i>Rhizoctonia solani,</i></p> <p><i>Botrytis cinerea</i></p> <p><i>Curvularia lunata</i></p>	<p>Krishnaraj ve ark.</p> <p>(2012)</p>
	<p><i>Cladasporium sp.</i></p>	<p>Shirakawa ve ark.</p> <p>(2013)</p>
	<p><i>Gloeophyllum abietinum</i></p> <p><i>G. trabeum</i></p> <p><i>Chaetomium globosum</i></p>	<p>Narayanan ve</p> <p>Park (2014)</p>

	<i>Phanerochaete sordida</i>	
	<i>F. chlamydosporum</i>	Yasin ve ark.(2021)
	<i>Aspergillus flavus</i>	Balashanmugam ve ark. (2016)
	<i>Candida albicans</i> <i>Aspergillus clavatus</i>	Saravanan ve ark.((2010)
	<i>Candida albicans</i>	Acay ve ark.(2019)
<b>AuNP</b>	<i>Aspergillus niger</i> <i>Candida albicans</i> <i>Puccinia graminis</i> <i>Aspergillus flavus</i>	Jayaseelan ve ark.  (2013a, b)
	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus Terreus</i>	Eskandari ve ark.(2016)
	<i>Pleurotus sapidus</i>	Sarkar ve ark, (2013)
	<i>Volvariella volvacea</i>	(Philip, 2009)
	<i>Phaenerochaete chrysosporium</i>	Sanghi ve ark,2011)

<b>Zn NP'ler</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Aspergillus niger</i>	Patra ve ark. (2012)
<b>Cu NP'ler</b>	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Candida albicans</i>	Ramyadevi ve ark. (2012)
	<i>Colletotrichum lagenarium</i> <i>Phomopsis asparagi</i> <i>Monilinia fructicola</i>	Li ve ark. (2013)
	<i>Phytophthora infestans</i>	Giannousi ve ark. (2013)
	<i>Phoma destructiva</i> <i>Curvularia lunata</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Fusarium oxysporum</i>	Kanhed ve ark. (2014)
	<i>Fusarium equiseti</i> , <i>Fusarium oxysporum</i>	Bramhanwade ve ark. (2016)
<b>CS NP'leri</b>	<i>Rhizopus</i> sp. <i>Colletotrichum capsici</i> <i>C. Gloeosporioides</i>	Chookhongkha ve ark.(2012)

	<i>A. Niger</i>	
	<i>Aspergillus niger</i> <i>Fusarium solani</i>	Yien ve ark. (2012)
	<i>Candida albicans</i> , <i>Fusarium solani</i> <i>Aspergillus niger</i>	Ing ve ark. (2012)
	<i>Colletotrichum lagenarium</i> , <i>Phomopsis asparagi</i> <i>Monilinia fructicola</i>	Li ve ark. (2013)
	<i>N. dimidiatum</i> <i>Neoscytalidium novaehollandiae</i> <i>A. alternata</i> , <i>B. sorokiniana</i> <i>Colletotrichum</i> sp. <i>Verticillium dahliae</i>	Acay ve ark.(2022)
	<i>Aspergillus niger</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Rhizopus oryzae</i>	Sharp, (2013) ; Ziani ve ark., (2009)

<b>Cu-kitosan</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Fusarium solani</i>	Bramhanwade ve ark. (2016)
	<i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Fusarium solani</i> <i>Aspergillus flavus</i>	Ghasemian ve ark. (2012)
	<i>Alternaria alternata</i> <i>Macrophomina phaseolina</i> <i>Rhizoctonia solani</i>	Saharan ve ark. (2013a, b)
<b>S NPs</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Aspergillus niger</i>	Choudhury ve ark. (2011)

Kitosan nanopartikülleri biyolojik olarak kolayca çözünebilir ve toksik değildir. Bu nedenle tarımsal uygulamalarda başarılı ve etkili bir şekilde kullanılabilir (Paechamud ve Ritthidej, 2008).

Kitosan nanopartiküllerinin, partikül boyutları ve zeta potansiyeli engelleyici etkisini ortaya çıkarmaktadır. Bu sebeple kitosan doğal bir antifungal madde olarak tarımsal uygulamalarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Kitosan kaynaklı inhibisyon misel büyümesi sporlanma, spor canlılığı ve çimlenme gibi farklı mantar gelişim evrelerinde ve gelişmiş mantar virülans faktörlerinde değerlendirilmiştir. (Xu ve ark.,2007). Tüm partiküller, partikül boyutuna ve TPP konsantrasyonuna bağlı olarak mantar üzerinde fungistatik bir etkiye sahiptir (Cota-Arriola ve ark., 2013).

Kitosanın fungus gelişimini engelleme özelliği üç mekanizma sayesinde gerçekleşir. 1. Kitosanın pozitif yükü fungus hücre duvarının negatif yüküyle etkileşime girer. Böylece plazma membranının hücre geçirgenliğini değiştirir ve hücre içeriğini dışarıya sızdırarak hücre ölümünü sağlar (Garcia Rincon ve ark., 2010). 2.Kitosan metal

iyonlarıyla birleşir (Rabea ve ark., 2003). İz elementlerine bağlandığı zaman fungusun temel besin elementleri alımını engelleyerek fungus gelişimini inhibe etmektedir (Roller ve Covill, 1999). 3.Kitosan, fungus hücre duvarına penetre olarak DNA'ya bağlanır ve mRNA sentezini durdurur. Bu sayede fungusun temel enzim ve proteinlerinin işleyişini bozarak fungusun ölümüne sebep olmaktadır.

Nanokitosan'ın özellikle tarım ve gıda sektörlerindeki uygulamaları artık diğerlerinin yanı sıra potansiyel fungisidal etkileri, gen iletimini, direnç yönetimini, ürün verimindeki artışı ve pestisit ve gübre sunumunu içermektedir. Nanokitosan ve türevleri, bitki koruma uygulamaları için yoğun bir şekilde incelenmiştir. Bu ürünler, çeşitli patojenik mantar türlerinin büyümesini engelleyerek ve bitkilerde bitkilerin kendilerini bitkilere karşı savunmasına olanak tanıyan direnç mekanizmalarını uyararak ikili bir işleve sahiptir (Beyki ve ark. 2014; Kheiri ve ark., 2016).

Bu bulgulardan, kitosanın antifungal aktivitesinin, kitosan türev zincirlerindeki moleküler ağırlığı, ikame derecesi, konsantrasyonu, mantar türleri ve fonksiyonel grup türlerinden etkilendiği sonucuna varılabilir. Temel olarak, antifungal aktiviteye kitosanın polikasyonik doğası katkıda bulunur. Bu nedenle kitosan, herhangi bir kimyasal modifikasyona ihtiyaç duymadan doğal antifungal aktivite sergiler.

Şu anda, araştırmaların çoğu kitosan çözeltilisinin mantar önleyici aktivitesine odaklanmıştır.

Bu nedenle, bu çalışmanın temel amacı, doğal olarak yetiştirilen yenilebilir bir mantar ile kitosan nanoparçacıklarını sentezlemek için yeni, basit, uygun maliyetli ve çevre dostu bir yöntem kullanarak sentezlenen biyo nanomalzemenin bazı bitki patojenlerine karşı antifungal özelliklerini araştırmaktır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Kimyasal Malzemeler

Düşük yoğunluklu kitosan (K) Aldrich firmasından, lesitin (L) Sigma-Aldrich firmasından, Sodyum tripolifosfat (TTP) ise Acros Organics (New Jersey, USA) firmasından satın alındı. Ayrıca, asetik asit (CH<sub>3</sub>COOH), hidroklorik asit (HCl) ile sodyum hidroksit (NaOH) çözeltileri de Meck firmasından satın alındı.

##### 3.1.2. Mikroorganizmalar

Çalışmada kullanılan fitopatojenik mantar türleri (izolat isimleri parantez içinde) *Neosectalidium dimidiatum* (Nd\_Fig01), *Alternaria alternata* (Aa\_Tom06), *Verticillium dahlia* (OVd82), *Bipolaris sorokiniana* (Bs11) ve *Fusarium oxysporum*, sırasıyla incir (*Ficus carica* L.), patates (*Solanum tuberosum* L.), zeytin (*Olea europaea* L.), buğday (*Triticum aestivum* L.), biber (*C. annuum*) bitkilerinden izole edilmiştir. Orijinal konakçıları için patojenik bulunan bu izolatlar, Mardin Artuklu Üniversitesi "Mikrobiyoloji-Biyokimya Araştırma Laboratuvarı" (Mardin, Türkiye) kültür koleksiyonunda depolanmıştır. Antifungal aktivite testleri, tüm fitopatojenlerin yanı sıra 500 gr mantar örneğini de barındıran Mardin Artuklu Üniversitesi Mikrobiyoloji-Biyokimya Araştırma Laboratuvarı'nda yapıldı.

*Pleurotus eryngii* (PE) mantarı, Nisan-Mayıs 2021 tarihleri arasında Hakkâri ilinden toplanmıştır. Tanı için makroskopik incelemeler, ekolojik yapısal özellikler ve önemli eserler kullanılmıştır.

#### 3.2. Mantar Ekstresinin Hazırlanması

İlk olarak toplanan mantar oda sıcaklığında yaklaşık 5-7 gün kurutuldu ve öğütüldü. Daha sonra 20 gr PE ve 200 ml metanol gece boyunca karıştırılarak 500 ml Erlenmeyer içine kondu. Daha sonra karışım süzüldü ve süzüntü gece boyunca karıştırılarak tekrar metanol ile özümlendi. Nihai karışım süzüldü ve metanol'ün 40 °

C'de kuruyana kadar buharlaştırılması nedeniyle tüm metanol karışımları bir buharlaştırma balonunda toplandı (Acay, 2018). Elde edilen mantar özütü, daha sonra kullanılmak üzere 4 °C'de saklandı.

### 3.3. Mantar Yüklü Nanopartiküllerin Sentezi

0.25 g düşük yoğunluklu K 100 mL'lik beherde 25 mL, %1'lik asetik asit çözeltisi içerisinde yaklaşık 1-2 saat karıştırılarak çözüldü. Diğer taraftan, 1g L saf suda, 0.05 g PEE metanolde ve 0.25 g TTP saf suda ayrı ayrı 100 mL'lik beherlerin içerisinde karıştırılarak çözüldü. %1'lik HCl ve NaOH çözeltileri kullanılarak kitosan çözeltisi pH 5.5 olacak şekilde ayarlanarak TTP çözeltisi damla damla eklenerek 1 saat karıştırılmaya devam edildi. Daha sonra sırasıyla lesitin ve PEE çözeltileri bu karışıma eklenerek 1 saat karıştırıldı. Elde edilen karışım santrifüj edildi ve 60 °C etüvde kurutulup öğütüldü. Son olarak kurutulmuş PEELKN numunesi bir sonraki kullanıma kadar ezildi (Acay ve ark., 2020).

### 3.4. Mantar Yüklü Nanopartiküllerin Karakterizasyonu

Biyonanomateriyalin yapısı FTIR, SEM, TGA, XRD ve zetapotansiyel ile karakterize edilmiştir. Nanomateriyalin analizi için Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) analiz modeli ALPHA Bruker Spektrometresi (Platinum-ATR accessory (ZnSe crystal)) kullanıldı. FTIR spektrumunu kontrol etmek için 2 mg saf kitosan, oda sıcaklığında bir pres makinesine yerleştirildi. Daha sonra dalga boyu aralığı 400 ile 4000  $\text{cm}^{-1}$  arasında kaydedildi.

Nanomateriyalin yüzey ve morfolojik analizi için alan emisyon taramalı elektron mikroskobu (FE-SEM) analizi yapıldı. 20 kV hızlanma voltajına sahip bir taramalı elektron mikroskobu (QUANTA 400 F) kullanılarak yüzey morfolojisi incelenmiştir.

Bu çalışmada, sentezlenen nanomateriyalin termal özelliklerini bulmak için TGA incelenmiştir. Isıtma işlemi sırasında, termal bozunma nedeniyle nanomateriyal ağırlığında azalma olmuştur. Nanomateriyalin termal özellikleri, 30-940 °C aralığında bir sıcaklıkta SDT650 model cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

Nanomateriyal faz karakterizasyon matrisi, X ışını kırınımı (XRD) analizi RadB-DMAK II model cihaz kullanılarak, 40 kV ve 30 mA'da, 5° ila 70° arasında değişen bir Cu Ka radyasyon kaynağı ( $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ ) ve 4°/dk tarama hızı ile değerlendirildi.

Nanomateriyalin partikül boyutu, polidispersite indeksi (PDI) ve zeta potansiyeli, Malvern Nano ZS90 cihazı kullanılarak değerlendirildi (Acay ve ark., 2020).

### 3.5. Mantar Ekstraktı ve Mantar Yüklü Nanopartiküllerin Antifungal Aktiviteleri

Antifungal aktivite N.C.C.L.S. (National Committee for Clinical Laboratory Standards) kuralları dikkate alınarak disk difüzyon testi ile belirlendi. Acay'ın (2018) belirttiği yöntemle göre özetle, Disk difüzyon testi, Sabouraud Dextrose Agar besiyeri kullanılarak yapıldı. Mikroorganizmaların aşılama işlemi yapılmadan önce katı besiyerleri 35–36 °C'de 30 dakika inkübasyona bırakıldı. Kullanılan fungal suşlar 20 mL Sabouraud Dextrose Broth besiyerine aşılanarak, 25 °C'de 120 rpm'de su banyosunda inkübe edildi. Sterilize edilmiş ve 45-50 °C'ye kadar soğutulmuş Sabouraud Dextrose Agar (SDA Merck) "dan 25"er mL 9cm çapındaki steril petri kutularına dökülerek düzgün katılma sağlandı. Etüvde 25 °C'de bir gece bekletildi. Su banyosuna bırakılan fungusların (107 adet/mL) taze kültürleri alınıp bunlardan 150 µL alınarak steril petri kutularına steril pamuklu çubuklar yardımıyla dağıtılarak besiyerine homojen bir şekilde dağılması sağlandı. 6 mm"lik steril boş kağıt disklere mantar (7mg/mL) çözeltilerinden 30 µL (210 µg/disk) emdirildi. Aynı işlem farklı konsantrasyonlarda nanopartikül, extract, kitosan ve lecitin için yapıldı. Disklere, mantar çözeltileri emdirildi. Bu diskler katılma agar üzerine hafifçe bastırılarak yerleştirildi. Bu şekilde hazırlanan petri kutuları etüvde 25°C'de 24/48 saat inkübe edildi. Bu süre sonunda besiyeri üzerinde oluşan inhibisyon zon çapları cetvel kullanılarak mm olarak ölçüldü. İnkübasyon süresi 168 saate kadar uzatılarak kararlılık açısından değerlendirildi. Oluşan zonlar formüle (formül 1) eklenerek % inhibisyon hesaplandı. Çalışma üç tekrarlı yapıldı.

formül 1

$$\% RI = \frac{R-r}{R} * 100$$

**R:** Patojen fungusun bakterisiz taraftaki gelişimi

**r:** Patojen fungusun bakteriye doğru olan gelişimi

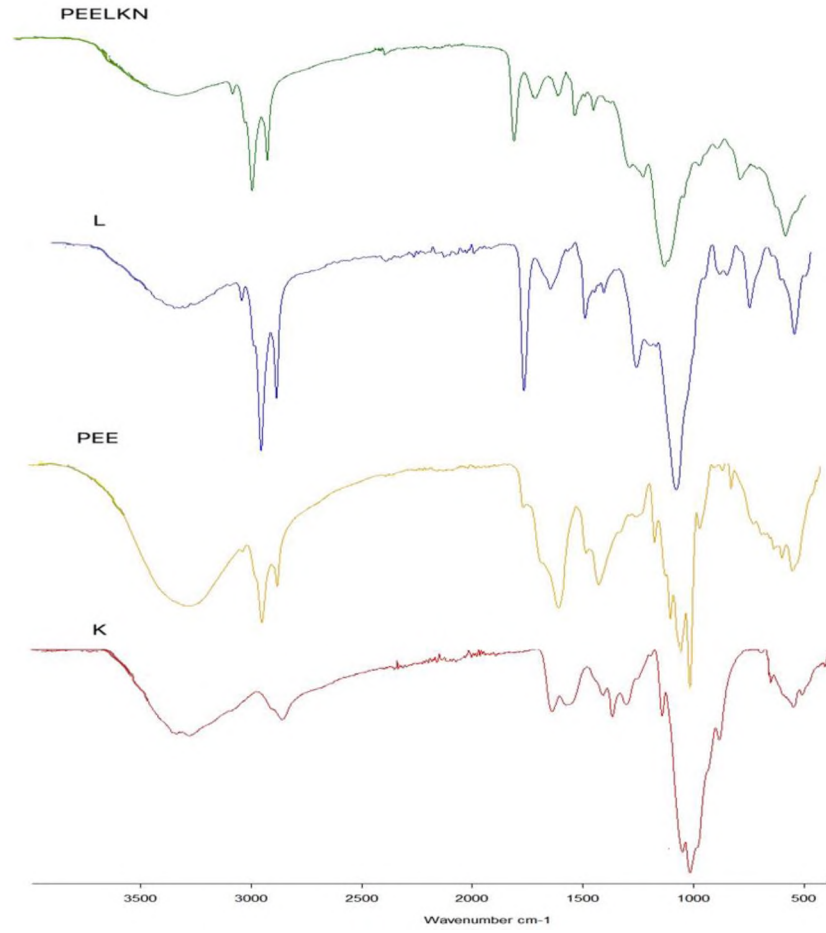
**%RI:** İnhibisyon oranı

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Nanomateryalin Karakterizasyonları

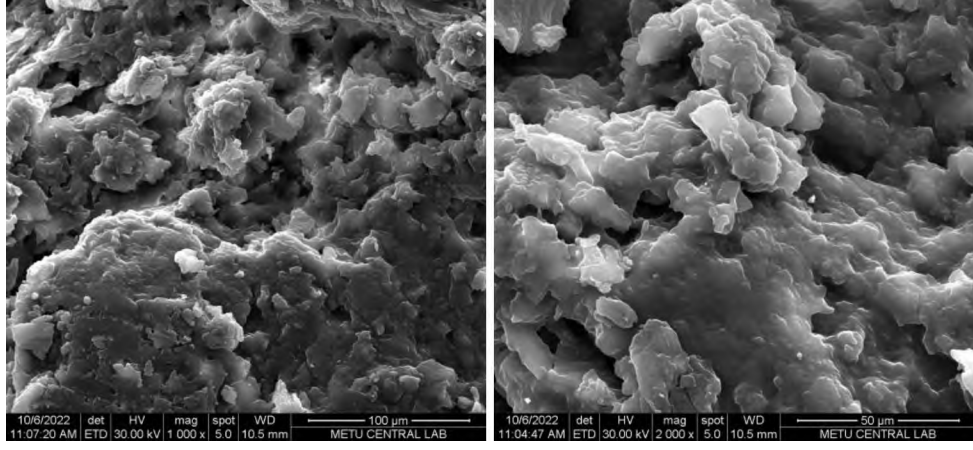
#### 4.1.1. FTIR Analizlerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada kullanılan *Pleurotus eryngii*-Lesitin-Kitosan nanomateryal yüzey fonksiyonel gruplarını belirlemek için FTIR spektrumları alındı. Ayrıca nanomateryal oluşumunda kullanılan malzemelerin birleşimiyle pik dalga sayısında meydana gelen değişimleri ve pikleri gözlemlemek amacıyla PEE, L ve K'nin FTIR spektrumları da alınarak oluşan nanomateryal ile kıyaslandı (Şekil 2.1.). Şekil 2.1.'de görüldüğü üzere, PEELKN'nın spektrumunda meydana geldiği L, K ve PEE maddelerin spektrumlarındaki piklere benzer pikler ve bu piklerde kaymalar mevcuttur. Bu piklerdeki benzerlikler ve kaymalar, başlangıçtaki maddelerin bağlanmalarını ve böylece nanomateryalin oluşumunu göstermektedir. PEELKN spektrumuna bakıldığında; O-H, N-H titreşimi ile C-H gerilme titreşimlerine ait PEE spektrumunda  $3255\text{ cm}^{-1}$  ile  $2923\text{ cm}^{-1}$ ,  $2853\text{ cm}^{-1}$ , L spektrumunda  $3285\text{ cm}^{-1}$  ile  $2950\text{ cm}^{-1}$ ,  $2823\text{ cm}^{-1}$ , K spektrumunda ise  $3276\text{ cm}^{-1}$  ile  $2869\text{ cm}^{-1}$ 'deki piklerin  $3279\text{ cm}^{-1}$  ile  $2923\text{ cm}^{-1}$ ,  $2852\text{ cm}^{-1}$ 'e kaydığı görülmektedir. Ayrıca, K spektrumunda yer alan  $1648\text{ cm}^{-1}$  ile  $1585\text{ cm}^{-1}$ 'deki kitosanın karakteristik C=O gerilmesine ait amit I ve amit II pikleri yine PEELKN spektrumunda benzer piklerle yer aldığı ve  $1641\text{ cm}^{-1}$  ile  $1533\text{ cm}^{-1}$  'e kaydığı gözlemlenmiştir. Lesitinin spektrumunda yer alan  $1710\text{ cm}^{-1}$ 'deki C=O pikinin gerilme titreşimi PEELKN spektrumunda  $1736\text{ cm}^{-1}$ 'e kaymıştır. Sırasıyla, K, PEE, L spektrumlarında yer alan ve C-O-C titreşimine ait  $1059\text{ cm}^{-1}$ ,  $1029\text{ cm}^{-1}$ ,  $1092\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik PEELKN spektrumunda  $1032\text{ cm}^{-1}$ 'e kaymıştır (Joghataei ve ark., 2019). Bunun dışında PEE spektrumunda yer alan  $1147\text{ cm}^{-1}$ 'deki C-O titreşimine ait pik yine PEELKN nanomateryalin spektrumunda benzer bir pik ile  $1153\text{ cm}^{-1}$ 'e kaydığı görülmektedir. Şekil 2.1.'deki nanomateryalin spektrumunda PEE, K ve L maddelerine ait fonksiyonel gruplarının varlığı nanomateryalin oluşumunu göstermektedir.



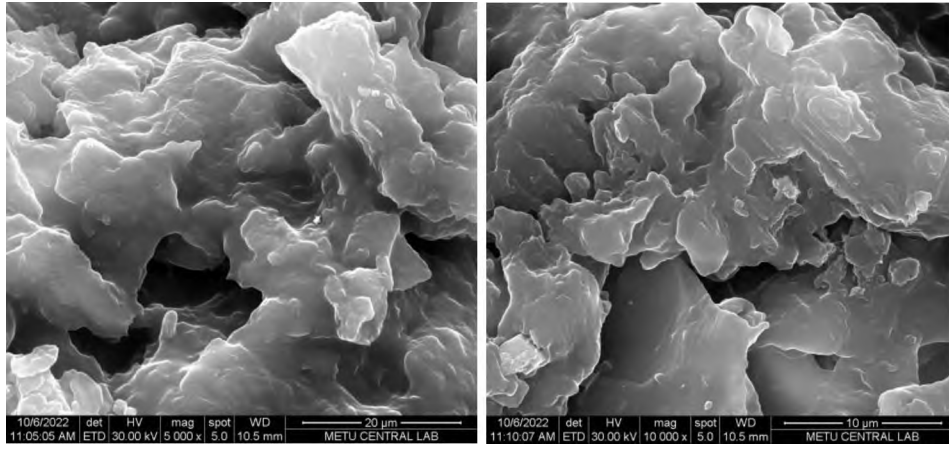
**Şekil 2.1. PEELKN, PEE, L ve K'nin FTIR spektrumları**

Şekil 2.2'de PEELKN'nin FESEM görüntüleri bulunmaktadır. FESEM görüntüleri hazırlanan PEELKN nanomateryalin morfolojisini göstermektedir. a: 1000x, b: 2000x, c: 5000x, d:10000x ve e: 20000x kat büyütme sağlanarak FESEM görüntüleri elde edilmiştir. Nanomateryalin FESEM görüntülerine bakıldığında (Şekil 2.2), genel olarak bir topaklanma olmadan, düzenli ve homojen sayılabilen şekilde dizildiği görülmektedir. Ayrıca nanomateryal yüzeyinin pürüzlü, topaklanmış ve boşluklardan meydana geldiği de gözlenmektedir (Guo ve ark., 2022).



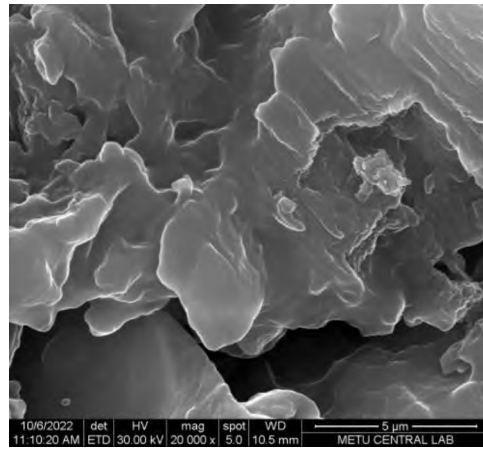
a

b



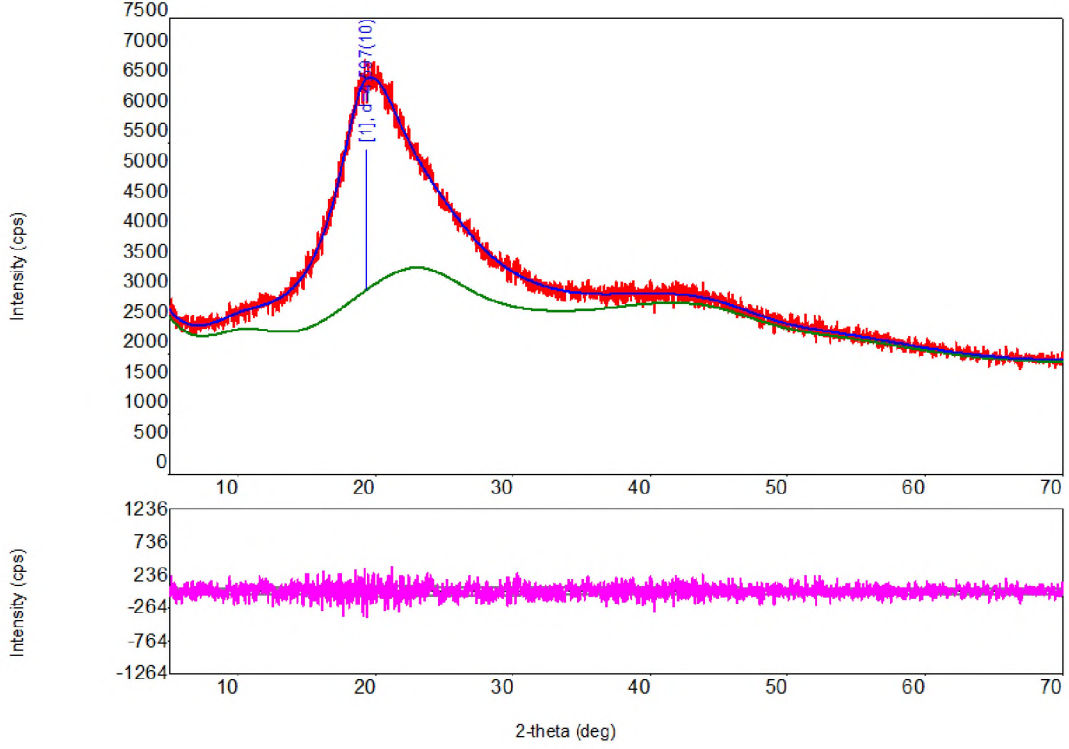
c

d



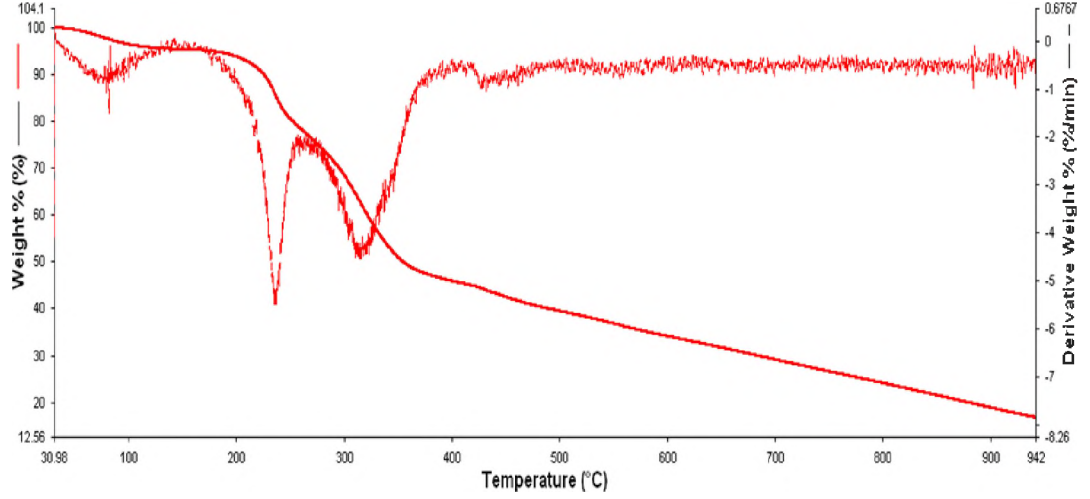
e

**Şekil 2.2. PEELKN nanomateryalin FESEM görüntüleri a:1000x b:2000x c:5000x d: 10000x e: 20000x (x:büyütme katsayısı)**



**Şekil 2.3. PEELKN nanomateryalin XRD Spektrumu**

PEELKN nanomateryalin fiziksel doğasını araştırmak için XRD spektrumu araştırıldı. XRD yoluyla yapılan nanomateryal kristallik analizi, PEELKN nanomateryalin  $2\Theta = 19.29^\circ$  yayvan bir pike sahip olduğunu göstermiştir (Şekil 2.3). PEELKN'nin XRD spektrumunun, karakteristik yayvan kitosan (Wu ve ark., 2019) ve lesitin (Nirmala ve ark., 2011) piklerine benzer bir pik göstermesi nanomateryalin yapısında kitosanın ve lesitin olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca nanomateryalin XRD'deki pikin literatürde görülen (Wu ve ark.,2019 ve Nirmala ve ark., 2011) kitosan ve lesitin piklerine göre biraz daha keskin ve kristal yapı göstermiştir (Şekil 2.3.).



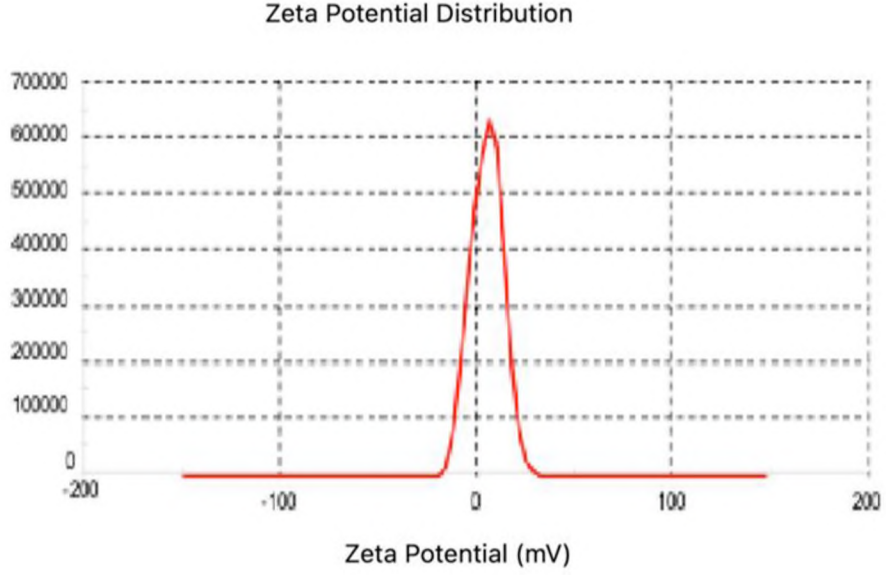
**Şekil 2.4. PEELKN nanomateryalin TGA diyagramı (0-900 °C)**

Termal analizler, bileşiklerin termal değişimlerini ve özelliklerinden ödün vermeden sunulabilecekleri sınır sıcaklığı bilmek için önemlidir. Şekil 2.4.'de, PEELKN'nin termal stabilitesi, kütle kaybı profilini takip eden termogravimetrik analiz (TGA) sonucunu göstermektedir (0-900 °C).

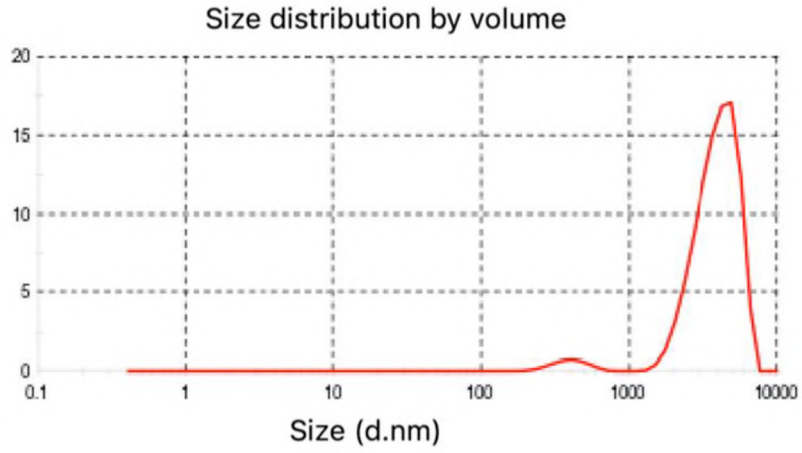
Şekil 5'teki PEELKN TGA analizine göre, kütle kaybı 3 aşamada, bozunma ise iki aşamada gerçekleşmektedir. 50-150 °C'deki birinci kütle kaybı, su molekülünün ortamdaki ayrılmasından kaynaklanmaktadır. İkinci kütle kaybı (200-300 °C) nanomateryalin içerisindeki kitosan, lesitin, PEE kütle kaybı bozunmanın başladığını (Valencia ve ark.,2021); ayrıca 300-400 °C'deki üçüncü kütle kaybı ise nanomateryaldeki organik nanomateryallerin bozunduğunu göstermektedir. PEELKN TGA diyagramına göre toplam kütle kaybı 83.245% olarak gözlemlenmiştir. Nanomateryalin TGA sonuçları literatürle karşılaştırıldığında termal özellikleri kitosan, lesitine (Valencia ve ark., 2021 ve Kraskouski ve ark., 2022) benzediği görülmektedir ki bu da nanomateryalin yapısında bu maddelerin varlığını kanıtlamaktadır.

Nanomateryalin elektroforetik hareketine bağlı kararlılığını belirlemek için zeta potansiyeli çalışılmıştır. PEELKN nanomateryalin ortalama parçacık boyutu, Zetasizer kullanılarak belirlendi. Şekil 2.5.a PEELKN zeta potansiyel dağılımı (zeta potansiyel), Şekil 2.5.b ise ortalama zeta boyut dağılımını göstermektedir. Bu grafiklerden, nanomateryalin Zeta potansiyeli 5.20 mV, ortalama Zeta çapı 705.5 nm olarak bulunmuştur. Zeta potansiyelin pozitif (5.2 mV) olması nanomateryalin yüzeyinin yüksek miktarda pozitif fonksiyonel grupların (NH<sub>2</sub>) yoğunluğunu ve varlığını göstermektedir (Kumar ve ark., 2015 ve Vakili ve ark.,2017). Polidispersite indeksi (PDI) tespit edilen parçacık boyutundaki heterojenliği gösterir. PDI boyutsuz bir parametredir ve PDI değeri

0.1'den küçükse, parçacıklar "tek Dağılımlı" olarak kabul edilir ve parçacık boyutu PDI değeri 0.7'den büyük olanlar ise "çok dağılımlı" olarak kabul edilir. PEELKN nanomateryalin PDI değeri 0.598 olarak tespit edilmiş dolayısıyla nanomateryal parçacıklarının tek dağılımlı parçacıklar olduğu ve böylece sentezlenen nanomateryalin uygun parçacık boyutu dağılımları gösterdiği anlaşılmaktadır (Ghumman ve ark., 2023).



(a)



(b)

**Şekil 4.5. (a) Nanomateryal Zeta potansiyeli, (b) Nanomateryal boyut dağılımı**

## 4.2. Mantar Ekstraktı ve Mantar Yüklü Nanopartiküllerin Antifungal Aktiviteleri

Nanopartiküllerin yeşil sentezi, etkili, düşük maliyetli, sürdürülebilir ve toksik olmayan, çevre dostu bir yaklaşımdır. İlk defa sentezlenen PEELKN, çeşitli mantar fitopatojenlerini baskılamak için etkili biyokontrol ajanları olarak kullanıldı. Kültür ortamında değişen konsantrasyonlar kullanılarak birkaç deneysel test yapıldı.

*Fusarium oxysporum* 'un ilk üç gün verileri incelendiğinde en yüksek inhibisyon oranı %40 ile PEE'de görülmüştür (Tablo 3.2). Kitosan'ın tek başına etkisi olmamıştır. 5. günden sonra *Fusarium oxysporum* üzerinde yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında bir etki gözlenmemiştir.

*Verticillium dahlia* üzerinde yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında ilk üç gün PEE ve PEELKN inhibisyon yüzdesi %76'ya kadar çıkmıştır (Tablo 3.3). 7. Gün sonunda ise PEE ve PEELKN %60.7 oranında büyümeyi inhibe ettiğini göstermektedir (Tablo 3.7).

*Bipolaris sorokiniana* üzerinde yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında ilk üç gün en yüksek inhibisyon PEE'de görülmüştür. Kitosan'ın etkisi görülmemiştir. PEELKN ise 3.günden sonra etkisini göstermeye başlamıştır (Tablo 3.3). 7. Gün sonunda PEELKN %44 inhibisyon sağladığı görülürken PEE %55.9 oranında inhibisyon sağladığı görülmüştür. Bu verilere göre PEE'in bitki patojeni *Bipolaris sorokiniana* 'ya karşı daha etkili olduğu görülmektedir (Tablo 3.7).

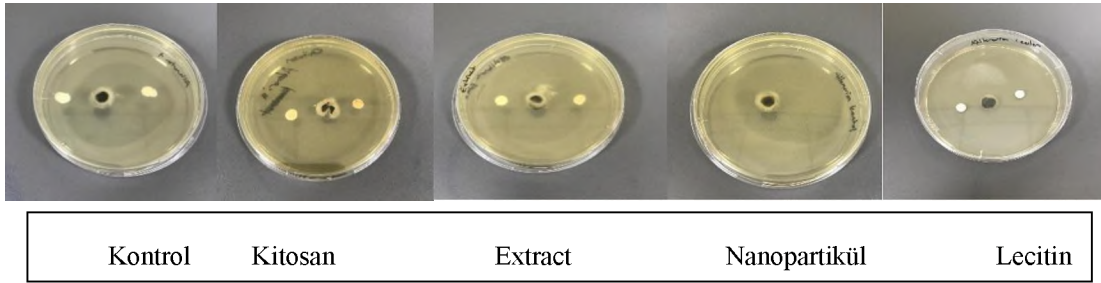
*Neoscytalidium dimidiatum* üzerinde yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında ilk üç gün en yüksek inhibisyon %45 ile PEE'da gözlenmiştir (Tablo 3.3). PEE 1. Gün hiçbir etki göstermemiştir. PEELKN en yüksek etkiyi 7. Gün sonunda göstermiştir. 7. Gün sonunda PEELKN'in %50 inhibisyon sağladığı görülürken PEE'in %63.3 oranında inhibisyon sağladığı görülmüştür (Tablo 3.7). En az etki ise Lecitinde görülmüştür. Bu verilere göre PEE'in bitki patojeni *Neoscytalidium dimidiatum* 'ya karşı daha etkili olduğu görülmektedir.

*Alternaria alternata* üzerinde yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında ilk üç gün en yüksek etkiyi PEE göstermiştir. 7. Gün sonunda PEELKN %6 inhibisyon sağladığı görülürken PEE %2.9 oranında inhibisyon sağladığı görülmüştür (Tablo 3.7).

**Tablo 3.1.** Anti fungal aktivitede 1. gün verileri

Test	Edilen	LECİTİN	KİTOSAN	PEELKN	PEE
<b>Mikroorganizmalar</b>					
<i>Neoscytalidium dimidiatum</i>		%25.0	%25.0	%25.0	%25.0
<i>Alternaria alternata</i>		28.6%	%14.3	%0	%28.6
<i>Verticillium dahlia</i>		%46.0	%33.3	%50	%33.3
<i>Bipolaris sorokiniana</i>		%0.0	%16.7	%18	%16.7
<i>Fusarium oxysporum</i>		%53.8	% 23.1	%31	%53.8

**Resim 1.** *Alternaria alternata*'nın anti fungal aktivitesi 1. gün görselleri



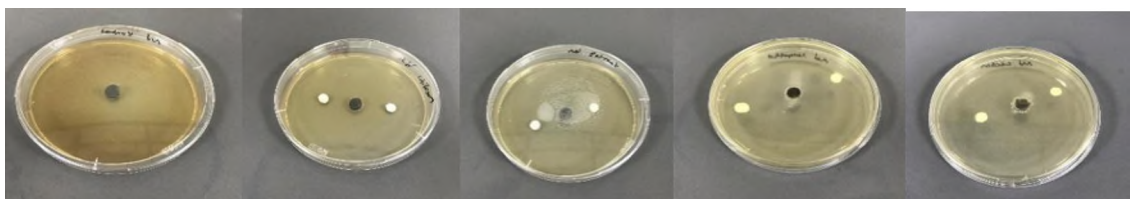
**Resim 2.** *Bipolaris sorokiniana*'nın anti fungal aktivitesi 1. gün görselleri



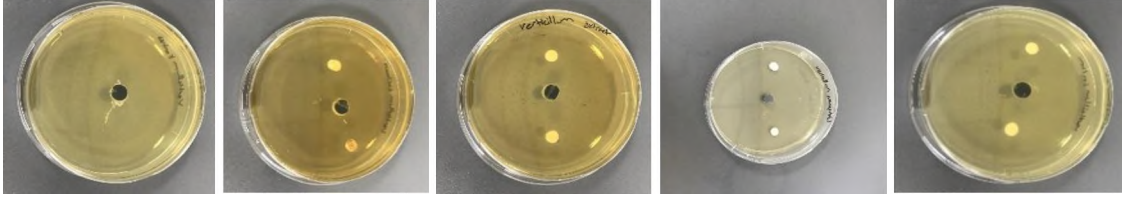
**Resim 3.** *Fusarium oxysporum*'nın anti fungal aktivitesi 1. gün görselleri



**Resim 4.** *Neoscytalidium dimidiatum*'nın anti fungal aktivitesi 1. gün görselleri



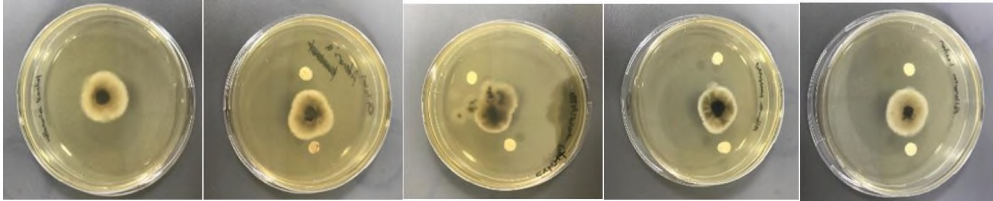
Resim 5. *Verticillium dahlia*'nın anti fungal aktivitesi 1. gün görselleri



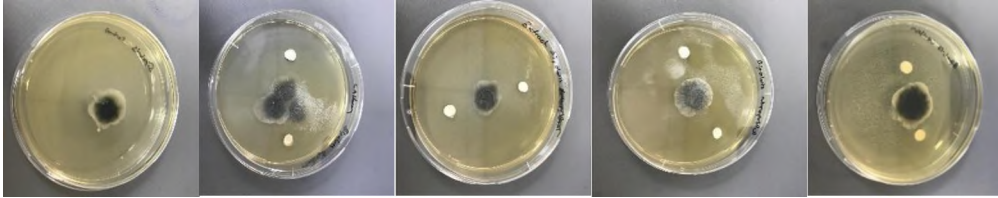
Tablo 3.2. Anti fungal aktivitede 2. gün verileri

Test	Edilen	LECİTİN	KİTOSAN	PEELKN	PEE
<b>Mikroorganizmalar</b>					
<i>Neoscytalidium dimidiatum</i>		%28.6	%7.1	%21	%28.6
<i>Alternaria alternata</i>		%15.4	%7.7	%23	%20.1
<i>Verticillium dahlia</i>		%70.0	%70.0	%75	%70.0
<i>Bipolaris sorokiniana</i>		%25.0	%8.3	%8	%33.3
<i>Fusarium oxysporum</i>		%30.0	%15.0	%25	%40.0

Resim 6. *Alternaria alternata*'nın anti fungal aktivitesi 2. gün görselleri



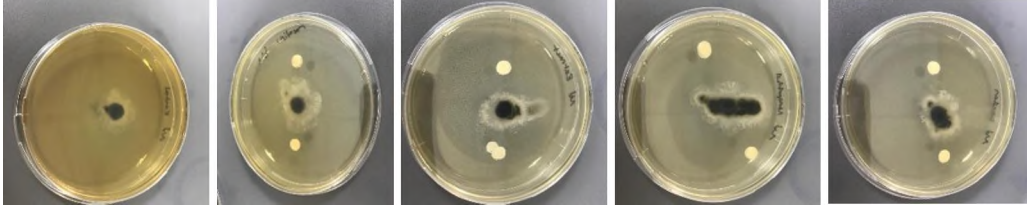
Resim 7. *Bipolaris sorokiniana*'nın anti fungal aktivitesi 2. gün görselleri



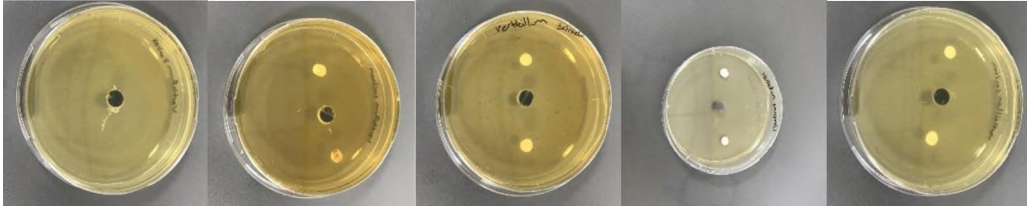
Resim 8. *Fusarium oxysporum*'un anti fungal aktivitesi 2. gün görselleri



Resim 9. *Neoscytalidium dimidiatum*'un anti fungal aktivitesi 2. gün görselleri



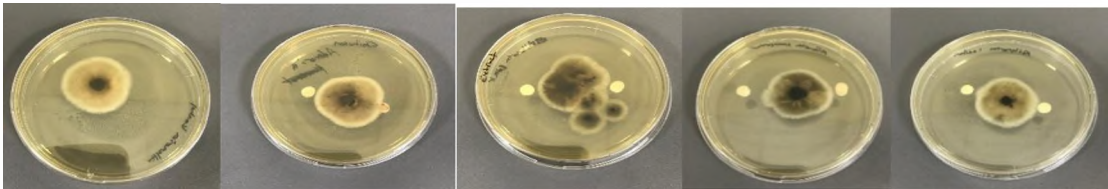
Resim 10. *Verticillium dahlia*'nin anti fungal aktivitesi 2. gün görselleri



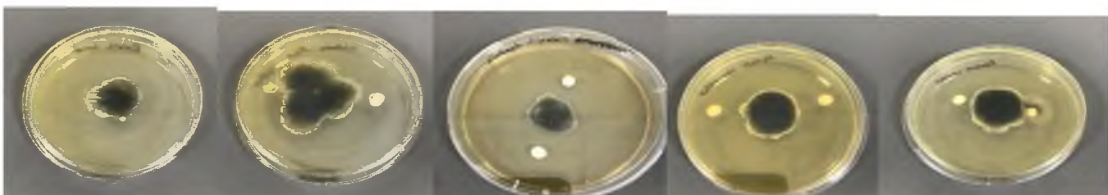
Tablo 3.3. Anti fungal aktivitede 3. gün verileri

Test	Edilen	LECİTİN	KİTOSAN	PEELKN	PEE
<b>Mikroorganizmalar</b>					
<i>Neoscytalidium dimidiatum</i>		%25.0	%0.0	%20	%45.0
<i>Alternaria alternata</i>		%6.3	%6.3	%0	%12.5
<i>Verticillium dahlia</i>		%7.4	%71.4	%76.2	%76
<i>Bipolaris sorokiniana</i>		%0.0	%7.7	%8	%23.1
<i>Fusarium oxysporum</i>		%18.2	%4.5	%5	%27.3

Resim 11. *Alternaria alternata*'nin anti fungal aktivitesi 3. gün görselleri



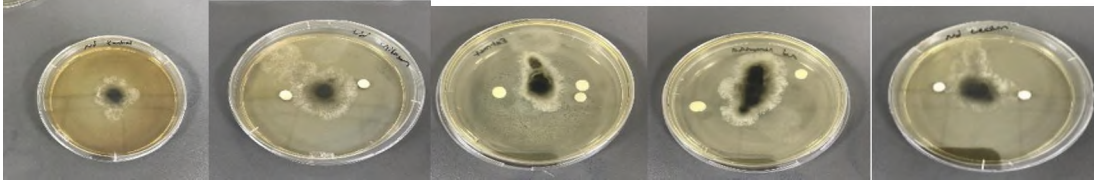
Resim 12. *Bipolaris sorokiniana*'nin anti fungal aktivitesi 3. gün görselleri



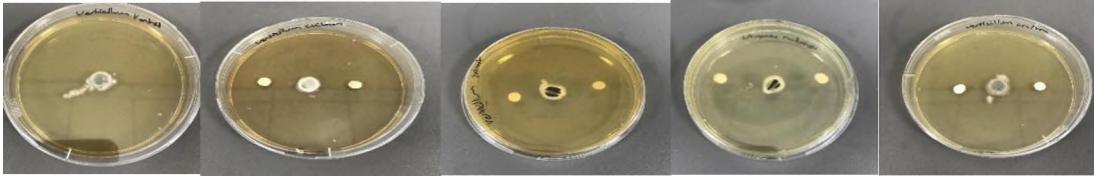
Resim 13. *Fusarium oxysporum*'un anti fungal aktivitesi 3. gün görselleri



Resim 14. *Neoscytalidium dimidiatum*'un anti fungal aktivitesi 3. gün görselleri



Resim 15. *Verticillium dahlia*'nın anti fungal aktivitesi 3. gün görselleri



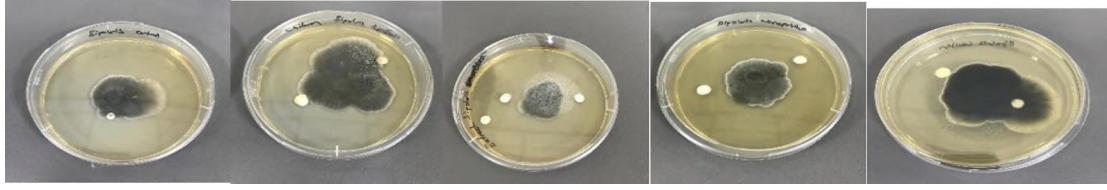
Tablo 3.4. Anti fungal aktivitede 4. gün verileri

Test	Edilen	LECİTİN	KİTOSAN	PEELKN	PEE
<b>Mikroorganizmalar</b>					
<i>Neoscytalidium dimidiatum</i>		%44.4	%46.7	%47	%66.7
<i>Alternaria alternata</i>		%12.0	%4.0	%4	%16.0
<i>Verticillium dahlia</i>		%62.5	%60.7	%63	%62.5
<i>Bipolaris sorokiniana</i>		%40.4	%33.3	%44	%59.3
<i>Fusarium oxysporum</i>		%14.3	%2.9	%9	%34.3

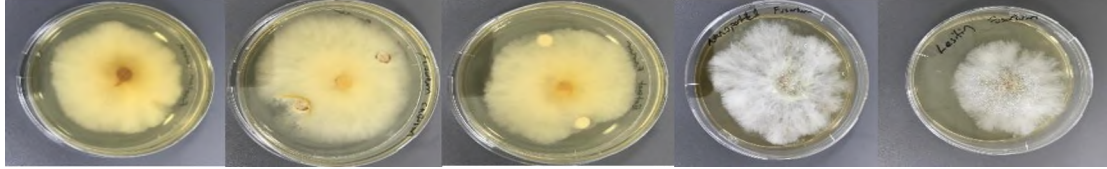
Resim 16. *Alternaria alternata*'nın anti fungal aktivitesi 4. gün görselleri



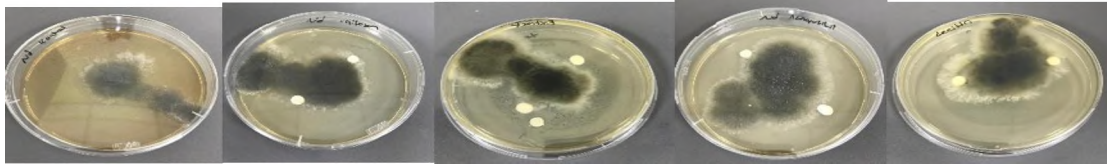
Resim 17. *Bipolaris sorokiniana*'nın anti fungal aktivitesi 4. gün görselleri



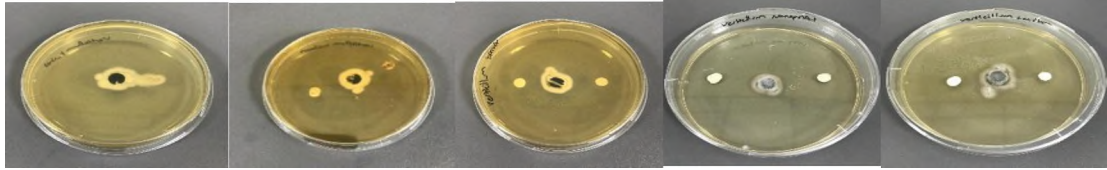
Resim 18. *Fusarium oxysporum*'un anti fungal aktivitesi 4. gün görselleri



Resim 19. *Neoscytalidium dimidiatum*'un anti fungal aktivitesi 4. gün görselleri



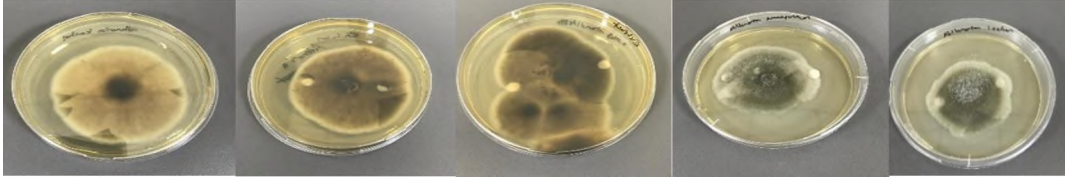
Resim 20. *Verticillium dahlia*'nın anti fungal aktivitesi 4. gün görselleri



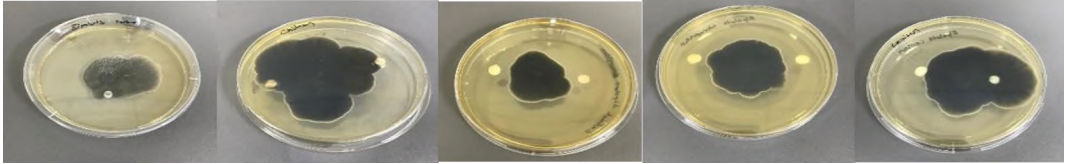
Tablo 3.5. Anti fungalaktivitede 5. gün verileri

Test	Edilen	LECİTİN	KİTOSAN	PEELKN	PEE
<b>Mikroorganizmalar</b>					
<i>Neoscytalidium dimidiatum</i>		%40.0	%40.0	%42	%66.0
<i>Alternaria alternata</i>		%6.9	%3.4	%7	%24.1
<i>Verticillium dahlia</i>		%60.0	%60.0	%64	%60
<i>Bipolaris sorokiniana</i>		%40.0	%21.9	%44	%59.4
<i>Fusarium oxysporum</i>		%26.7	%11.1	%11	%35.6

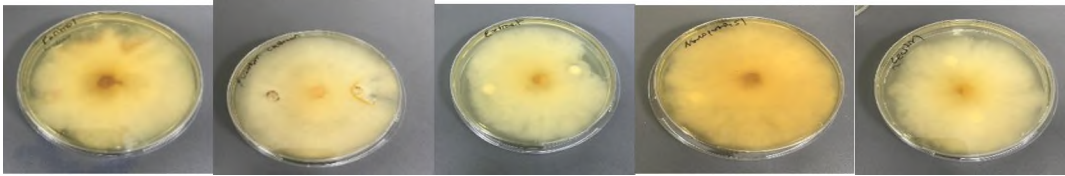
Resim 21. *Alternaria alternata*'nın anti fungal aktivitesi 5. gün görselleri



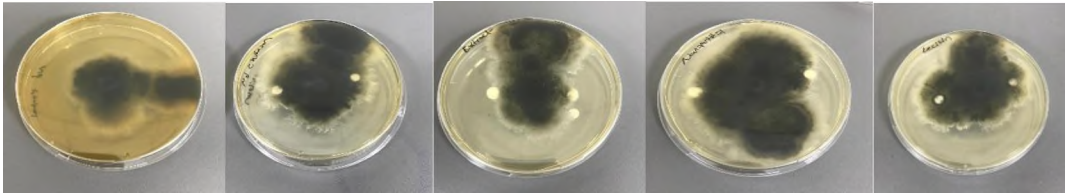
Resim 22. *Bipolaris sorokiniana*'nın anti fungal aktivitesi 5. gün görselleri



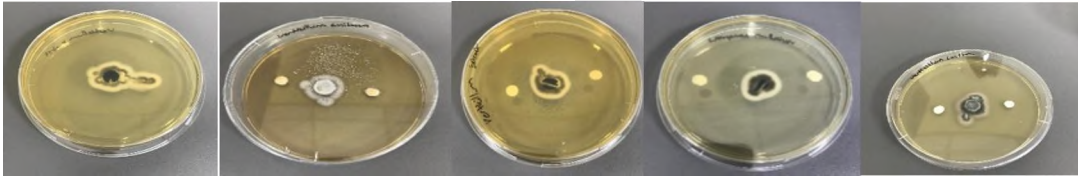
Resim 23. *Fusarium oxysporum*'un anti fungal aktivitesi 5. gün görselleri



Resim 24. *Neoscytalidium dimidiatum*'un anti fungal aktivitesi 5. gün görselleri



Resim 25. *Verticillium dahlia*'nın anti fungal aktivitesi 5. gün görselleri

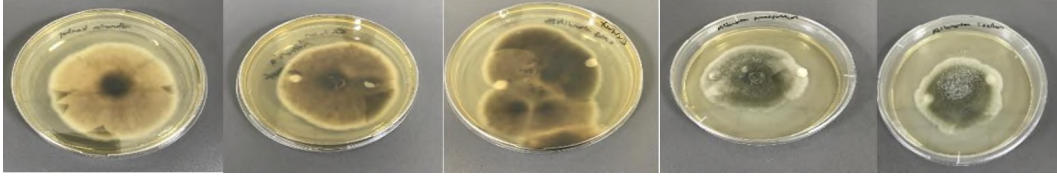


**Tablo 3.6.** Anti fungalaktivitede 6. gün verileri

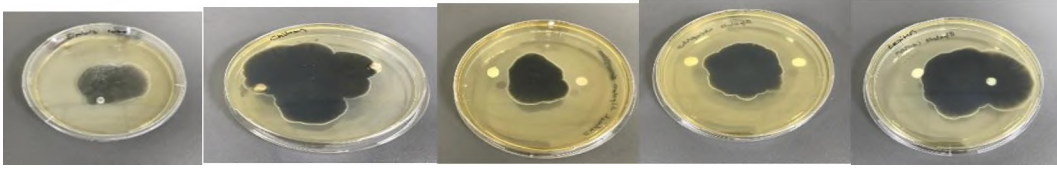
Test	Edilen	LECİTİN	KİTOSAN	PEELKN	PEE
<b>Mikroorganizmalar</b>					
<i>Neoscytalidium dimidiatum</i>		%40.0	%40.0	%42	%64.0
<i>Alternaria alternata</i>		%3.2	%0.0	%0	%6.5
<i>Verticillium dahlia</i>		%59.5	%59.5	%61.5	%61.5

<i>Bipolaris sorokiniana</i>	%45.5	%15.2	%45	%60.6
<i>Fusarium oxysporum</i>	-	-	-	-

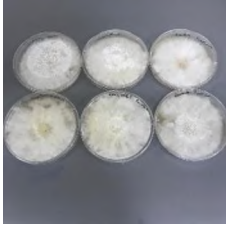
Resim 26. *Alternaria alternata*'nin anti fungal aktivitesi 6. gün görselleri



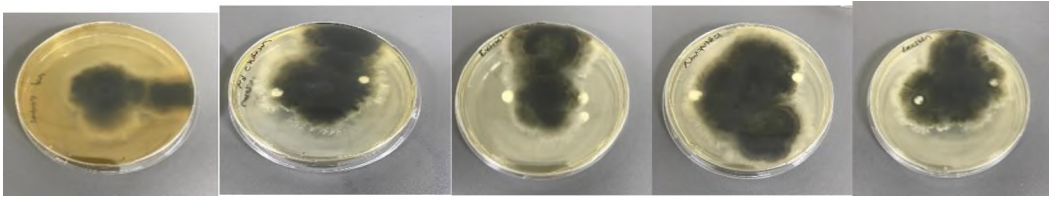
Resim 27. *Bipolaris sorokiniana*'nin anti fungal aktivitesi 6. gün görselleri



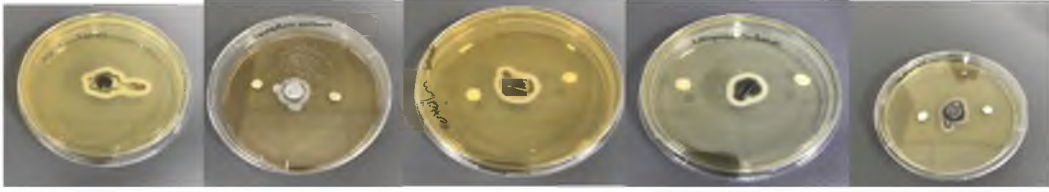
Resim 28. *Fusarium oxysporum*'un anti fungal aktivitesi 6. gün görselleri



Resim 29. *Neoscytalidium dimidiatum*'un anti fungal aktivitesi 6. gün görselleri



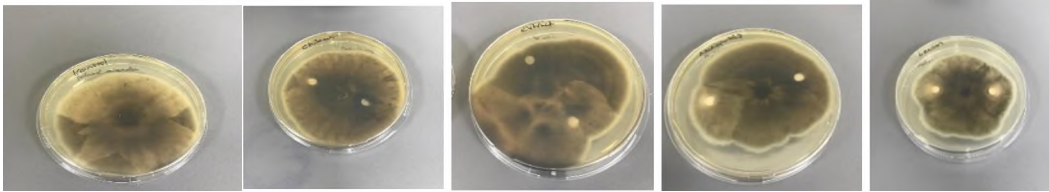
Resim 30. *Verticillium dahliae*'nin anti fungal aktivitesi 6. gün görselleri



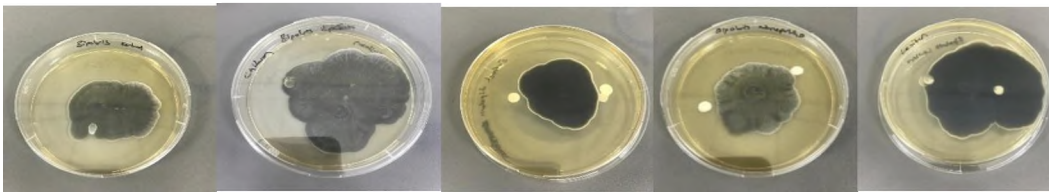
**Tablo 3.7.** Anti fungalaktivitede 7. gün verileri

Test	Edilen	LECİTİN	KİTOSAN	PEELKN	PEE
<b>Mikroorganizmalar</b>					
<i>Neoscytalidium dimidiatum</i>		%41.7	%50.0	%50.0	%63.3
<i>Alternaria alternata</i>		%2.9	%0.0	%6	%2.9
<i>Verticillium dahlia</i>		%57.1	%59.7	%60.7	%60.7
<i>Bipolaris sorokiniana</i>		%41.2	%11.8	%44	%55.9
<i>Fusarium oxysporum</i>		-	-	-	-

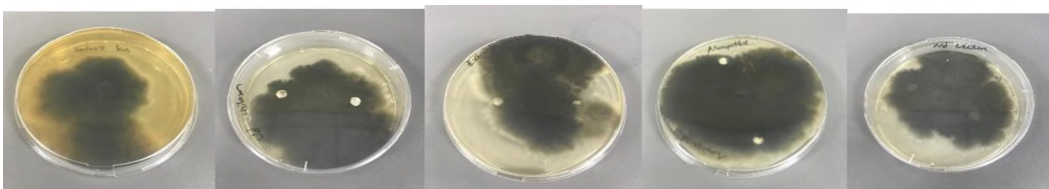
Resim 31. *Alternaria alternata*'nın anti fungal aktivitesi 6. gün görselleri



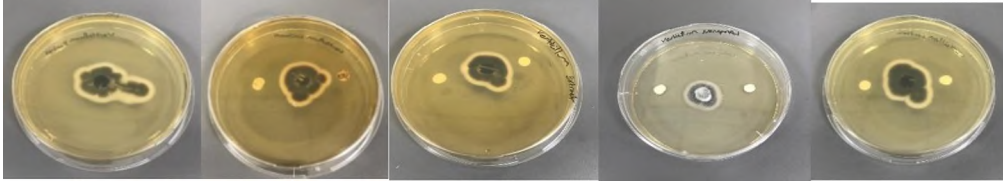
Resim 32. *Bipolaris sorokiniana*'nın anti fungal aktivitesi 6. gün görselleri



Resim 33. *Neoscytalidium dimidiatum*'un anti fungal aktivitesi 6. gün görselleri



Resim 34. *Verticillium dahlia*'nın anti fungal aktivitesi 6. gün görselleri



Kitosanın suda ve bazı organik çözücülerde çözünmemesi, tarımsal üretimde kullanımını sınırlandırmasına rağmen, toksik olmaması, istenen partikül boyutu, katyonik özellikleri, uygulanabilirliği, biyouyumluluğu ve düşük maliyeti gibi özellikleri tarım gibi birçok sektörde çeşitli alternatifleri olan bir biyopolimer olarak onu umut verici kılmaktadır (Huang ve ark.,2014).

Sathiyabama ve Parthasarathy (2016), *Penicillium oxalicum* kültüründen izole edilen anyonik proteinlerin kitosan çözeltilerine eklenmesiyle hazırlanan kitosan nanoparçacıklarının, fitopatojenlerin, yani *Pyricularia grisea*, *Fusarium oxysporum*, *A. solani* 'nın büyümesini engelleme potansiyeli gösterdiğini bildirmiştir. Çalışmanın bulguları biyolojik olarak sentezlenen kitosan nanoparçacıklarının, test edilen fitopatojenlerin büyümesini engellediğini gösterdi. Çalışmamızda *Neoscytalidium dimidiatum*, *Alternaria alternata*, *Verticillium dahlia*, *Bipolaris sorokiniana* 'ya karşı inhibisyon bölgeleri oluşmuştur.

Yapılan başka çalışmalarda Cu-kitosan nanoparçacıkları *Alternaria alternata*'nın spor çimlenmesini maksimum %87.4 önleme oranı göstermiştir. Çalışmamızda *Alternaria alternata*'ya karşı en yüksek inhibisyon %28.6 ile PEE ve %23 ile PEELKN'de elde edildi. Ancak PEE etkinliğinin azaldığı gözlemlenmiştir. *Alternaria alternata* üzerinde yapılan çalışmada 7. Gün sonunda nanopartikülün %6 inhibisyon sağladığı görülürken extractın %2.9 oranında inhibisyon sağlaması nanomateryallerin dayanıklılığı ile açıklanabilir.

Diğer bir çalışma Kitosan nanoparçacık'ların *Aspergillus niger* ve *Fusarium solani*'ye karşı antifungal aktivitesini gözlemlendi. Mikro ve nanopartikül kitosan (CS), sodyum tripolifosfat (TPP) ile iyonotropik jelleşme kullanılarak sentezlenmiş ve *Aspergillus parasiticus*'a karşı etkili olduğu bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise her ne kadar *A. Alternata* ve *Fusarium solani*'ye karşı istenen sonuç elde edilememişse de bu konuda yapılan çalışmaların tekrar düzenlenerek devam etmesi gerekmektedir.

Bazı literatür verileri *Pleurotus* spp.'nin patojenik mantara karşı antifungal aktivitelerini araştırmıştır. Owaid ve ark. (2017), *P. salmoneostramineus*'un *Verticillium*

*sp.*'ye karşı En yüksek inhibisyon aktivitesi %55.56 bulmuştur. *P. ostreatus* ve *P. salmoneostramineus* kültür filtratları ile en yüksek inhibisyon sırasıyla *T. harzianum* ve *Verticillium sp.*'ye karşı %55 ve %50 olmuştur. Aynı şekilde bizim çalışmamızda da PEE ve PEELKN'nin *Verticillium sp.*' ye karşı yüksek inhibisyon göstermiştir. Sırasıyla, en yüksek %76 ve %76.2 olarak tespit edilen inhibisyon değeri önem arz etmektedir.

Son zamanlarda istiridye mantarının birçok patojenik mantara karşı antifungal (Owaid ve ark.,2017b; Owaid ve Ibraheem, 2017) aktiviteye sahip olduğu böylece mantar aracılı nanomateryal sentezinin, bitki hastalıklarının yönetimi için yeşil ve çevre dostu alternatifler sunabileceği belirtilmektedir (Alghuthaymi ve diğerleri, 2015). Birçok araştırmacı, mikosentezlenmiş AgNP'lerin antimikrobiyal etkilere sahip olduğunu bildirmiştir (Owaid, 2019b). Ag+'nın pozitif yükünün, hücre geçirgenliği ve zar bileşenlerinin progresif salımına neden olabileceği, serbest radikal oluşumu ile (Sanghi ve Verma, 2009) mantar hücre zarının negatif yükleri arasındaki elektrostatik çekim yoluyla mantar önleyici etkinliği için çok önemli olduğundan bahsetmiştir (Janga ve ark., 2011; Meng ve ark., 2011). Çalışmada sentezlenen PEELKN nanomateryalinin pozitif yüklü olması ve güçlü antifungal etki göstermesi bu görüşü desteklemektedir.

*Agrocybe cylindracea*, *Stereum ostrea*, *Pycnoporus cinnabarinus*, *P. coccineus*, *Oudemansiella mucida*, *Cordyceps sobolifera*, *Armillaria mellea*, *Calvatia craniiformi*, *Dictyophora indusiata*, *Pholiota adiposa*, *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes*, *Phellinus linteus*, *Pleurotus ostreatus*, *Ganoderma colossum*, *G. resinaceum*, *G. lucidum* ve *G. boninense*, *Russula delica*, *Morchella conica* gibi farklı mantarların antibakteriyel ve/veya antifungal aktivitelerini sunan diğer çalışmalar mantar özlerinde farklı antifungal peptitlerin ve/veya proteinlerin varlığını göstermektedir.

Yapılan çalışmada, PEE ve PEELKN'nin bitki patojenleri üzerinde etkinliği farklılıklar göstermektedir. Tür çeşitliliğinden kaynaklandığı düşünülen bu farklılıklar nedeniyle PEE ve PEELKN'nin farklı patojenik türler üzerinde de etkili olabileceği düşünülmektedir. Bizim çalışmamızda bunu destekler niteliktedir.

Yapılan çalışmalarda göstermektedir ki PEE ve PEELKN'nin bitki, patojeni fungusların büyümesini önemli ölçüde inhibe etmektedir.

## 5. SONUÇ

Yeşil Nanofungisitler Enzimler, besinler, polisakkaritler, bitki özleri, biyolojik olarak parçalanabilen polimerler ve mikroorganizmalar dahil olmak üzere biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerden nanoparçacıkların biyojenik sentezi, nanobiyoteknoloji ve yeşil nanoteknolojide umut verici bir yaklaşımdır. Zehirli ve tehlikeli kimyasal bileşikleri en aza indirmek veya bunlardan kurtulmak için organik nanoparçacıklarının sentezlemeye yönelik güvenilir ve çevre dostu prosedürlere her zaman bir talep olmuştur.

Sentetik fungusitlerin tarımsal ürünlerde uygulanması, fungusite dirençli mantarların gelişmesi ve çevre ile çiftlik hayvanlarının ve insanların sağlığı üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle kısıtlanmıştır. Bu nedenle mikonanoteknolojiyi kullanmak doğal yöntemlerle elde edilip doğada zararlı etkisi bulunmayan maddeleri elde etmek için önemlidir.

Çalışmamız, *Pleurotus eryngii* mantar ekstraktının fitopatojenik mantarlar *Neoscytalidium dimidiatum*, *Alternaria alternata*, *Verticillium dahlia*, *Bipolaris sorokiniana*'ya karşı antifungal etkisine ilişkin yeni yayınlanmış veriler sunmaktadır. Sentezlediğimiz PEE ve PEELKN, bazı yaygın fitopatojenik mantarların çimlenmesi ve büyümesine karşı inhibe edici etkiye sahiptir ve daha kapsamlı çalışmalarda kullanılacaktır.

Bulgular, PEELKN'lerin bitki fitopatojenik mantarlarıyla başarılı bir şekilde mücadele etmek için kullanılabileceği anlamına gelebilir. Daha kapsamlı saha araştırmalarında fungusit olarak test edilebilirse, insanlar ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi de dahil olmak üzere çeşitli faydaları olabilir.

## 6. KAYNAKÇA

- A. Ahmad, P. Mukherjee, S. Senapati, D. Mandal, MI Khan, et al., Extracellular Biosynthesis of silver nanoparticles using the fungus *Fusarium oxysporum* colloids surfaces biointerfaces 28 (2003) 313-318.
- A. Fariq, T. Khan, and A. Yasmin, "Microbial synthesis of nanoparticles and their potential applications in biomedicine," J. Appl. Biomed., vol. 15, no. 4, pp. 241–248, 2017.
- Abbasian, M., Kashani, A., Ardakani, M.R., Rejali, F., Timajchi, M., Seifi, S.M., Mafakheri, S., 2012. The Effects of Chemical, Biological and Nano Fungicides on Mycorrhizal Colonization and Quality of Sunflower. Annals of Biological Research, 3 (8): 4239- 4245.
- Abdel-Aziz SM, Prasad R, Hamed AA, Abdelraof M (2018) Fungal nanoparticles: a novel tool for a green biotechnology? In: Prasad R, Kumar V, Kumar M, Wang S (eds) Fungal nanobionics: principles and applications. Springer Singapore, Singapore, pp 61–87. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-8666-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8666-3_3)
- Acay, H., Baran, M.F. (2019). Biosynthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using King Oyster (*Pleurotus Eryngii*) Extract: Effect on Some Microorganisms, App Eco Environ Research 17(4), 9205-9214.
- Acay, H., Yildirim, A., Erdem Güzel, E., Kaya, N., & Baran, M. F. (2020). Evaluation and characterization of *Pleurotus eryngii* extract-loaded Kitosan nanoparticles as antimicrobial agents against some human pathogens. Preparative Biochemistry & Biotechnology, 50(9), 897-906.
- Acay, H., Yildirim, A., Erdem Güzel, E., Kaya, N., & Baran, M. F. (2020). Evaluation and characterization of *Pleurotus eryngii* extract- loaded Kitosan nanoparticles as antimicrobial agents against some human pathogens. Preparative Biochemistry & Biotechnology, 50(9), 897–906.
- Acay, H., Yildirim, A., Güney, İ. G., & Derviş, S. (2022). *Morchella esculenta*-based Kitosan bionanocomposites: Evaluation as an antifungal agent. *Journal of Food Processing and Preservation*, 00, e17117. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17117>
- Acay. H (2018). Yenilebilen yabani mantar *Morchella esculenta* (L.) Pers.'nın besinsel kalitesi ve biyoaktif özelliklerinin değerlendirilmesi. Mantar dergisi, 9(2), 95-105.
- Acharya, A., ve Pal, PK (2020) Tarım nanoteknolojisi: Çevresel sürdürülebilirliği etkileyerek araştırma sonucunu saha uygulamalarına çevirmek. *Nano Darbe* , 19, 100232. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2020.100232>

- Agrios, G. (2004). *Plant pathology* (5th ed.). Academic Press. Phaechamud, T., Ritthidej, G.C., 2008. Formulation variables influencing drug release from layered matrix system comprising Kitosan and xanthan gum. *AAPS Pharm SciTech*, 9(3): 870-877.
- Akram Ghumman, S., Mahmood, A., Noreen, S., Aslam, A., Ijaz, B., Amanat, A., Kausar, R., Rana, M., & Hameed, H. (2023). Kitosan-Linseed mucilage polyelectrolyte complex nanoparticles of Methotrexate: In vitro cytotoxic efficacy and toxicological studies. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(2), 104463.
- Akyüz, M., Kırbağ, S., 2007. Amerika Birleşik Devletleri sebze ve meyvelerin yanı sıra alternatif besin kaynağı : Yabani mantar (*Pleurotus eryngii* var. *ferulae*). *Artvin Çoruh Üni Orman Fak Derg*, 8(1), 26-36.
- Aliaksandr Kraskouski, Kseniya Hileuskaya, Viktoryia Nikalaichuk, Alena Ladutska, Volha Kabanava, Wanzi Yao, Lijun You, Kitosan-based Maillard self-reaction products: Formation, characterization, antioxidant and antimicrobial potential, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, Volume 4, 2022, 100257
- AR Binupriya, M. Sathishkumar, SI Yun, 2009 Myco-crystallization of silver ions to *Aspergillus oryzae* var. living and dead cell filtrates and nano-sized particles. *viridis* and *Staphylococcus aureus* KCCM 12256, Ind. Eng.
- AS Jaloot, MN Owaid, GA Naeem, RF Muslim - Environmental nanotechnology, monitoring 2020. Mycosynthesizing and characterizing silver nanoparticles from the mushroom *Inonotus hispidus* (Hymenochaetaceae), and their antibacterial and antifungal activities.
- Balashanmugam P, Santhosh S, Giyaullah H, Balakumaran MD, Kalaichelvan PT. Mycosynthesis, characterization and antibacterial activity of silver nanoparticles from *Microporus xanhopus*, a macrofungus. *IJRSET* 2013;2:6262–70.
- Berdy, J. (2005). Bioactive microbial metabolites. *The Journal of antibiotics*, 58(1), 1-
- Beykaya, M. ve Çağlar A. (2016). Bitkisel Özütlere Kullanılarak Gümüş Nanopartikül (AgNP) Sentezlenmesi ve Antimikrobiyal Etkinlikleri Üzerine Bir Araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 16, 631–41.
- Beyki M., Zhavah S., Tahere S., Rahmani-Cherati T., Abollahi A., Mansour B., Bayat M., Tabatabaei M., Mohsenifarc A. Encapsulation of *Mentha piperita* essential oils in Kitosan–cinnamic acid nanogel with enhanced antimicrobial growth against *Aspergillus flavus*. *Ind. Crop Prod.* 2014;54:310–319. [Google Scholar]
- Biosynthesis of antifungal active silver nanoparticles using sorghum grain contaminant *Phoma leveillei* Fresen. *environment. Bull.*, 26 ( 2a ) ( 2017 ), p. 1447 - 1452
- Biosynthesis of gold nanoparticles using yellow oyster mushroom *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus*, *Environmental Nanotechnology*
- Biosynthesis of silver nanoparticles using the fungus *Fusarium oxysporum*, *Colloids Surfaces B Biointerfaces* 28 (2003) 313–318.

- Bordes, P., Pollet, E., & Avérous, L. (2009). Nano-biocomposites: Biodegradable polyester/nanoclay systems. *Progress in Polymer Science*, 34(2), 125–155.
- Bouwmeester, H., Dekkers, S., Noordam, M. Y., Hagens, W.I., Bulder, A.S., de Heer, C., ten Voorde, S.E.C.G, Wijnhoven, S.W.P., Marvin, H.J.P., Sips, A.J.A.M., 2009. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. *Regul.Toxicol.Pharmacol*,53,52-62.o
- Bramhanwade, K., Shende, S., Bonde, S. *et al.* Fungicidal activity of Cu nanoparticles against *Fusarium* causing crop diseases. *Environ Chem Lett* 14, 229–235 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10311-015-0543-1>
- Bramhanwade, K., Shende, S., Bonde, S. *et al.* Fungicidal activity of Cu nanoparticles against *Fusarium* causing crop diseases. *Environ Chem Lett* 14, 229–235 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10311-015-0543-1>
- cej.2014.07.009.
- Chen, L.C., Kung, S.K., Chen, H.H., Lin, S.B., 2010. Evaluation of zeta potential difference as an indicator for antibacterial strength of low molecular weight Kitosan. *Carbohydrate Polymers*, 82(1): 913-919.
- Chookhongkha, N., Miyagawa, S., Jirakiattikul, Y., & Photchanachai, S. (2012, November). Chili growth and seed productivity as affected by Kitosan. In *Proceedings of the International Conference on Agriculture Technology and Food Sciences (ICATFS'2012)*, Manila, Philippines (pp. 17-18).
- Chookhongkha, N., Miyagawa, S., Jirakiattikul, Y., & Photchanachai, S. (2012, November). Chili growth and seed productivity as affected by Kitosan. In *Proceedings of the International Conference on Agriculture Technology and Food Sciences (ICATFS'2012)*, Manila, Philippines (pp. 17-18).
- Choudhury, S.R., Ghosh, M., Mandal, A., Chakravorty, D., Pal, M., Pradhan, S., Goswami, A., 2011. Surface-modified sulfur nanoparticles, an effective antifungal agent against
- Chowdappa, P., Shivakumar, G., 2013. Nanotechnology in crop protection: Status and scope. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 19(2): 131-151.
- Cota-Arriola, O, Cortez-Rocha, MO, Burgos-Hernández, A, Ezquerria-Brauer, J y PlascenciaJatomea M. 2013. Controlled release matrices and micro/nanoparticles of Kitosan with antimicrobial potential: Development of new strategies for microbial control in agriculture. *J Sci Food Agric* 93: 1525-1536
- Dubchak, S., Ogar, A., Mietelski, J.W., and Turnau, K., 2010. Influence of silver and titanium nanoparticles on arbuscular mycorrhiza colonization and accumulation of radiocaesium in *Helianthus annuus*. *Spanish J. Agric. Res.*, 8: 103-108.
- Durán N, Marcato PD, Alves OL, Souza G, Esposito E (2005) Mechanistic aspects of biosynthesis of silver nanoparticles by several *Fusarium oxysporum* strains. *J Nanobiotechnol* 3:1–8

- E. Ghasemian <sup>a</sup>, A. Naghoni <sup>b</sup>, B. Tabaraie T. Tabaraie In vitro susceptibility of filamentous fungi to copper nanoparticles assessed by rapid XTT colorimetry and agar dilution method Sensibilité in vitro de champignons filamenteux aux nanoparticules de cuivre évaluée par colorimétrie XTT rapide et par la méthode de dilution en gélose
- Elamawi RM, Al-Harbi RE (2014) Effect of biosynthesized silver nanoparticles on *Fusarium oxysporum* fungus the cause of seed rot disease of faba bean, tomato and barley. *J Plant Prot Path Mansoura Univ* 1(12):991–1007
- Elamawi RM, Al-Harbi RE (2014) Effect of biosynthesized silver nanoparticles on *Fusarium oxysporum* fungus the cause of seed rot disease of faba bean, tomato and barley. *J Plant Prot Path Mansoura Univ* 1(12):991–1007
- Eskandari, M *Nanotechnol Rev* 2016; aop Optimization of processing parameters in green synthesis of gold nanoparticles using microwave and edible mushroom (*Agaricus bisporus*) extract and evaluation of their antibacterial activity
- Fry, W.E. and Goodwin, S.B. (1997) Resurgence of the Irish Potato Famine Fungus. *BioScience*, 47, 363-371.
- Garcia Rincon, J., Vega Perez, J., Guerra Sinchez, M.G., Hernndez Lauzardo, A.N., Peqa Diaz, A., Velizquez Del Valle, M.G., 2010. Effect of Kitosan on growth and plasma membrane properties of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 97(3): 275-278.
- Gholami-Shabani, M., Akbarzadeh, A., Norouzian, D. et al. Antimicrobial Activity and Physical Characterization of Green Silver Nanoparticles Synthesized Using Nitrate Reductase from *Fusarium oxysporum* . *Application Biochem Biotechnol* 172 , 4084–4098 (2014). <https://doi.org/10.1007/s12010-014-0809-2>
- Ghormade, V.; Deshpande, M.V.; Paknikar, K.M. Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnol. Adv.* 2011, 29, 792–803. [CrossRef]
- Gopal, M., Gogoi, R., Srivastava, C., Kumar, R., Singh, P., Nair, K., Yadav, S., Arunava Goswami, A., 2011. Nanotechnology and its application in plant protection. *Plant Pathology in India: Vision 2030*, Indian Pathology Society, India 224-232pp
- Govindaraju, K., Tamilselvan, S., Kiruthiga, V., Singaravelu, G., 2010. Biogenic silver nanoparticles by *Solanum torvum* and their promising antimicrobial activity. *Journal of Biopesticides*, 3(1): 394-399
- Gregori, A., Švagelj, M., Pohleven, J., 2007. Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp. *Food Technology Biotechnology* 45, 238-249.
- Huang, J., Chang, P. R., & Dufresne, A. (2014). Polysaccharide nanocrystals: Current status and prospects in material science. In J. Huang,
- Ing, L.Y., Zin, N.M., Sarwar, A., Katas, H., 2012. Antifungal activity of Kitosan nanoparticles and correlation with their physical properties. *International Journal of Biomaterials*, 2012: 1-9.

- Jayaseelan, C., Ramkumar, R., Rahuman, A. A., & Perumal, P. (2013). Green synthesis of gold nanoparticles using seed aqueous extract of *Abelmoschus esculentus* and its antifungal activity. *Industrial Crops and Products*, 45, 423–429.
- Jayaseelan, C., Ramkumar, R., Rahuman, A. A., & Perumal, P. (2013). Green synthesis of gold nanoparticles using seed aqueous extract of *Abelmoschus esculentus* and its antifungal activity. *Industrial Crops and Products*, 45, 423–429.
- Joghataei, M., Hosseini, S. F., & Arab-Tehrany, E. (2019). Cinnamaldehyde loaded Kitosan/tripolyphosphate nanoassemblies: Fabrication, characterization, and in vitro evaluation of antioxidant activity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(7), e13972.
- Khan AU, Malik N, Khan M, Cho MH, Khan MM. 2018. Fungiassisted silver nanoparticle synthesis and their applications. *Bioprocess Biosyst Eng*, 41(1): 1-20
- Khan AU, Malik N, Khan M, Cho MH, Khan MM. 2018. Fungiassisted silver nanoparticle synthesis and their applications. *Bioprocess Biosyst Eng*, 41(1): 1-20
- Kheiri A., Moosawi S.A., Malhipour A., Saremi H., Nikkhah M. Application of Kitosan and Kitosan nanoparticles for the control of *Fusarium* head blight of wheat *Fusarium graminearum* in vitro and greenhouse. *Int. J. Biol. Macromol.* 2016;93(A):1261–1272. [PubMed] [Google Scholar]
- Khot, L. R., Sankaran, S., Maja, J. M., Ehsani, R., & Schuster, E. W. (2012). Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review. *Crop Protection*, 35, 64–70.
- Kim, S. W., Kim, K. S., Lamsal, K., Kim, Y. J., Kim, S. B., Jung, M. Y., Lee, Y. S. (2009). An in vitro study of the antifungal effect of silver nanoparticles on oak wilt pathogen *Raffaelea* sp. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19(8), 760–764.
- KS Siddiqi, A. Husen Production of metal nanoparticles from fungi and metal salts: scope and application *Nanoscale Res Lett.* , 11 ( 2016 ), p. 98
- Lamsal, K., Kim, S.W., Jung, J.H., Kim, Y.S., Kim, K.S., Lee, Y.S., 2011. Application of silver nanoparticles for the control of *Colletotrichum* species in vitro and pepper Antracnose disease in field. *Mycobiology* 39, 194-199.
- Li, K., Xing, R., Liu, S., Qin, Y., Meng, X., Li, P. (2012). Microwave-assisted degradation of Kitosan for a possible use in inhibiting crop pathogenic fungi. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51, 767–773
- Li, Q., Ren, J., Dong, F., Feng, Y., Gu, G., Guo, Z., 2013. Synthesis and antifungal growth of thiadiazole-functionalized Kitosan derivatives. *Carbohydr. Res.* 373, 103–107.
- Lin, JT, Liu, CW, Chen, YC, Hu, CC, Juang, LD, Shiesh, CC, Yang, DJ, 2014. Chemical composition, antioxidant, and anti-inflammatory properties for ethanolic extracts from *Pleurotus eryngii* fruit bodies harvested at different times. *LWT- Food Science and Technology.* 55(1), 374-382.

- Luo, D-Q.; Shao, H-J.; Zhu, H-J.; Liu, J-K. Activity in vitro and in vivo against plant pathogenic fungi of grifolin isolated from the Basidiomycete *Albatrellus dispansus*. *Z. Naturforsch.*, 2005, 60c, 50-56
- M.N. Owaid et al. Mycogenic fabrication of silver nanoparticles using *Picoa*, Pezizales, characterization and their antifungal activity. *Environ. Nanotechnol. Monit. Manage.* (2022)
- M.N. Owaid, J. Raman, H. Lakshmanan, S.S.S. Al-Saeedi, V. Sabaratnam, I. Ali Abed
- M.N. Owaid, S.S.S. Al-Saeedi, I.A. Abed
- MA Alghuthaymi, H. Almoammar, M. Rai, E. Said-Galiev, KA Abd-Elsalam, Myconanoparticles: their role in synthesis and phytopathogen management, *Biotechnol. Biotechnology Equip.* 29 (2015) 221–236.
- MA Yassin, AM El-Samawaty, OH Abdelkader, AM Elgorban, SR Sayed
- MA Yassin, AM El-Samawaty, TM Dawoud, et al. Characterization of nanoparticles synthesized by *Penicillium citrinum* and its anti-*Aspergillus flavus* effect Saudi J. Biol. science, 24 (2017), p. 1243 - 1248
- Machado, S., Pinto, S. L., Grosso, J. P., Albergaria, J. T., Delerue-Matos, C. 2013. Green production of zero-valent iron nanoparticles using tree leaf extracts. *The Science of the Total Environment.* 445-446: 1-8
- Marcela Sarmento Valencia, Maurício Franco da Silva Júnior, Francisco Humberto Xavier-Júnior, Bruno de Oliveira Veras, Priscilla Barbosa Sales de Albuquerque, Elizabeth Fernanda de Oliveira Borba, Teresinha Gonçalves da Silva, Viviane Lansky Xavier, Marthyna Pessoa de Souza, Maria das Graças Carneiro-da-Cunha, Characterization of curcumin-loaded lecithin-Kitosan bioactive nanoparticles, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, Volume 2, 2021, 100119
- Mater. Lett.*, 153 (2015), pp. 186-190, 10.1016/j.matlet.2015.04.023
- melt-mixing. *Chem. Eng. J.* 256, 356–364. <https://doi.org/10.1016/j.>
- Mishra BK, Mishra RK, Mishra RC, Tiwari AK, Yadav RS, Dikshit A (2011) Biocontrol Efficacy of *Trichoderma viride* Isolates Against Fungal Plant Pathogens Causing Disease in *Vigna radiata* L. *Archives of Applied Science Research* 3(2): 361-369.
- Mohammadtaghi Vakili, Mohd Rafatullah, Mahamad Hakrii Ibrahim, Ahmad Zuhairi Abdullah, Zahra Gholami, Babak Salamatnia, Enhancing reactive blue 4 adsorption through chemical modification of Kitosan with hexadecylamine and 3-aminopropyl triethoxysilane, *Journal of Water Process Engineering*, Volume 15, 2017, Pages 49-54,
- Monitor Manage.*, 8 (2017), pp. 157-162, 10.1016/j.enmm.2017.07.004
- Muhammad, A.; Isra, N.; Shahbaz, T.S.; Nasir, A.R.; Ehsan, H.; Muhammad, U.; Hamza, S.; Kiran, F.; Ehtsham, A.; Abdul, Q.

- Munoz, Z., A. Moret and S. Garces, 2009. Assessment of Kitosan for inhibition of *Colletotrichum* sp. on tomatoes and grapes. *Crop Protect.*, 28: 36-40.
- Mycosynthesis of silver nanoparticles by *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus* and its inhibitory effects against *Candida* sp
- Nanoparticles: A safe way towards fungal diseases. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 2020, 53, 781–792. [CrossRef]
- Narayanan KB, Sakthivel N. 2010. Biological synthesis of metal nanoparticles by microbes. *Adv Coll Interf Sci*, 156(1-2): 1-13.
- Owaid MN, Raman J, Lakshmanan H, Al-Saeedi SS, Sabaratnam V, AlAssaffii IA. *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus* Inhibitory effects against *citrinopileatus* and *Candida* sp. *Mater Lett* 2015;153:186–90.
- Owaid, M. N. , Abed, I. A. , Al-saeedi, S. S. S. "Nutraceutical Value of Four Oyster Mushroom Species, Higher Basidiomycetes" . *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry* 45 (2017 ): 117-123  
<<https://dergipark.org.tr/en/pub/hjbc/issue/61912/926438>>
- Owaid, M. N., Al Saeedi, S. S. S., Abed, I. A., Shahbazi, P., and Sabaratnam, V. (2017b). Antifungal activities of some *pleurotus* species (higher basidiomycetes). *Walailak J. Sci. Technol.* 14, 215–224. doi: 10.14456/vol14iss1pp
- P. Mukherjee , A. Ahmad , D. Mandal et al. Fungal-mediated synthesis of silver nanoparticles and their immobilization in the micelle matrix: a new biological approach to nanoparticle synthesis. *NanoLet.* , 1 ( 2001 ), p. 515 - 519
- Pareek, V., Bhargava, A., Gupta, R., Jain, N., and Panwar, J. "Synthesis and applications of noble metal nanoparticles: a review," *Advanced Science, Engineering and Medicine*, vol. 9, no. 7, pp. 527-544, 2017.
- Patra, P., Goswami, A., 2012. Zinc nitrate derived nano ZnO: Fungicide for disease management of horticultural crops. *International Journal of Innovative Horticulture*, 1(1):28-33.
- Phaechamud, T., Ritthidej, G.C., 2008. Formulation variables influencing drug release from layered matrix system comprising Kitosan and xanthan gum. *AAPS Pharm SciTech*, 9(3): 870-877.
- Prabaharan, M., Sivashankari, P.R. (2016). Prospects of Bioactive Kitosan-Based Scaffolds in Tissue Engineering and Regenerative Medicine. In: Dutta, P. (eds) *Chitin and Kitosan for Regenerative Medicine*. Springer Series on Polymer and Composite Materials. Springer, New Delhi. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2511-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2511-9_2)
- R. Nirmala, Hye-Min Park, R. Navamathavan, Hyung-Sub Kang, Mohamed H. El-Newehy, Hak Yong Kim, Lecithin blended polyamide-6 high aspect ratio nanofiber scaffolds via electrospinning for human osteoblast cell culture, *Materials Science and Engineering: C*,

- R. Sanghi, P. Verma Biomimetic synthesis and characterisation of protein capped silver nanoparticles *Bioresour. Technol.*, 100 (2009), pp. 501-504, 10.1016/j.biortech.2008.05.048
- Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W., 2003. Kitosan as Antimicrobial Agent: Applications and Mode of Action. *Biomacromolecules*, 4(6): 1457-1465.
- Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W., 2003. Kitosan as Antimicrobial Agent: Applications and Mode of Action. *Biomacromolecules*, 4(6): 1457-1465.
- Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W., 2003. Kitosan as Antimicrobial Agent: Applications and Mode of Action. *Biomacromolecules*, 4(6): 1457-1465.
- Radhakrishnan, MC, Peter, P., 2021. Biological Properties of Silver Nanoparticles from  $\beta$  (1-3) Glucan Isolated from Edible Mushroom *Pleurotus florida*. *Applied Nano Letters. bio. Science.* 10(2), 2096-2106.
- Rai, M.; Alka, Y.; Bridge, P.; Aniket, G. Myconanotechnology: A new and emerging science. *Application Mikol.* 2009 , 258–267. [ Google Scholar ] [ CrossRef ]
- Ravichandran, R. 2010. Nanotechnology Applications In Food And Food Processing: Innovative Green Approaches, Opportunities And Uncertainties For Global Market. *Int J Green Nanotechnology, Physics and Chemistry*, 1: P72-P96.
- Rodriguez Estrada, AE, 2008. *Pleurotus eryngii*'nin Basidiomata'sı nda moleküler soyuluş ve verim artı şları ile antioksidanlar selenyum ve ergotionin, Doktora Tezi, Pennsylvania Eyalet Üniversitesi, Bitki Patolojisi Bölümü. 237 s.
- Roller, S., Covill, N., 1999. The antifungal properties of Kitosan in laboratory media and apple juice. *International Journal of Food Microbiology*, 47(1-2): 67-77.
- S. Al-Zubaidi, A. Al-Ayafi, and H. Abdelkader, “Biosynthesis, characterization and antifungal activity of silver nanoparticles by *Aspergillus niger* isolate,” *Journal of Nanotechnology Research*, vol. 1, no. 1, pp. 23–36, 2019.
- Saharan, V., Mehrotra, A., Khatik, R., Rawal, P., Sharma, S.S., Pal, A., 2013a. Synthesis of Kitosan based nanoparticles and their in vitro evaluation against phytopathogenic fungi. *Int. J. Biol. Macromol.* 62, 677–683.
- Saharan, V., Mehrotra, A., Khatik, R., Rawal, P., Sharma, S.S., Pal, A., 2013b. Synthesis of Kitosan based nanoparticles and their in vitro evaluation against phytopathogenic fungi. *Int. J. Biol. Macromol.* 62, 677–683.
- Saharan, V., Mehrotra, A., Khatik, R., et al. Kitosan-based nanoparticles synthesis and their in vitro evaluation against phytopathogenic fungi. (2013) *International J Biol Macromolecules* 62: 677-683

- Salaberria, A.M., Labidi, J., Fernandes, S.C.M., 2014. Role of chitin nanocrystals and nanofibers on physical, mechanical and functional properties in thermoplastic starch films.
- Sandeep Kumar, Neetu Chauhan, Madhuban Gopal, Rajesh Kumar, Neeraj Dilbaghi, Development and evaluation of alginate–Kitosan nanocapsules for controlled release of acetamiprid, *International Journal of Biological Macromolecules*, Volume 81, 2015, Pages 631-637.
- Seçkin H. , Meydan İ. Synthesis and Characterization of Veronica beccabunga Green Synthesized Silver Nanoparticles for The Antioxidant and Antimicrobial Activity. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 2021; 8(1): 49-55.
- Sekmen, E (2019) Bazı metal nanopartiküllerin çeşitli biyoekstreler ile yeşil sentezi, karakterizasyonu ve grafit elektrot modifikasyonunda kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, s.32-35
- Shibata, N. 2009. The Cell Wall Galactomannan Antigen From *Malassezia Furfur* And *Malassezia* Detection Has Diagnostic Potential. *Microbiology (Reading)*. 155, 3420-3429.
- Singh P, Kim YJ, Zhang D, Yang DC. 2016. Biological synthesis of nanoparticles from plants and microorganisms. *Trends in Biotechnol*, 34(7): 588– 599. Singh P, Kim YJ, Zhang DB, Yang DC. 2016. Biological Synthesis of Nanoparticles from Plants and Microorganisms. *Trends Biotechnol*, 34(7): 588-599
- Singh, J., 2006. Nanomaterials and Nanotechnology. *Asian Journal of Chemistry*, 18(5): 3271-3274.
- Staji, M., Vukojevi, J., Duleti-Lauševi, S., 2009. The biology of *Pleurotus eryngii* and its role in biotechnological processes: a review. *Critical Reviews in Biotechnology*. 29(1), 55-66.
- Staji, M., Vukojevi, J., Duleti-Lauševi, S., 2009. The biology of *Pleurotus eryngii* and its role in biotechnological processes: a review. *Critical Reviews in Biotechnology*. 29(1), 55-66.
- Stephenson, G.R. *Pesticide Use and World Food Production: Risks and Benefits*; ACS Publications: Washington, DC, USA, 2003.
- Talbot NJ. On the trail of a cereal killer: Exploring the biology of *Magnaporthe grisea*. *Annu Rev Microbiol*. 2003;57:177-202. doi: 10.1146/annurev.micro.57.030502.090957. PMID: 14527276.
- Tegart, G., 2003. *Nanotechnology: The Technology for the 21th Century*. The Second International Conference on Technology Foresight, 27-28 February, 1-12s. Tokyo.
- Wang, L., H. Wu, G. Qin and X. Meng, 2014. Kitosan disrupts *Penicillium expansum* and controls postharvest blue mold of jujube fruit. *Food Control*, 41: 56-62.

- Wolfgang, L. 2007. Bottom-up Methods For Making Nanotechnology Products. <http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=1079>
- Worrall, E.A.; Hamid, A.; Mody, K.T.; Mitter, N.; Pappu, H.R. Nanotechnology for Plant Disease Management. *Agronomy* 2018, 8, 285. [CrossRef] Flood, J. The importance of plant health to food security. *Food Secur.* 2010, 2, 215–231. [CrossRef]
- Wu, J., Niu, Y., Jiao, Y., & Chen, Q. (2019). Fungal Kitosan from *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. Chaidam increased the stability and antioxidant activity of liposomes modified with biosurfactants and loading betulinic acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123, 291-299.
- Xu, Z.P., Zeng, Q.P., Lu, G.Q and Yu, A.B 2006. Inorganic nanoparticles as carriers for efficient cellular delivery. *Chemical Engineering Science*, 61: 1027-1040.
- Xu, Z.P., Zeng, Q.P., Lu, G.Q and Yu, A.B 2006. Inorganic nanoparticles as carriers for efficient cellular delivery. *Chemical Engineering Science*, 61: 1027-1040.
- Yadav A, Kon K, Kratosova G, Duran N, Ingle AP, Rai M. 2015. Fungi as an efficient mycosystem for the synthesis of metal nanoparticles: progress and key aspects of research. *Biotechnol Lett*, 37(11): 2099-2120.
- Yien, L., Mohamad, N., Sarwar, A., Katas, H., 2012. Antifungal growth of Kitosan nanoparticles and correlation with their physical properties. *Int. J. Biomater.* 632698. <https://doi.org/10.1155/2012/632698>.
- Young KJ, Byung HK, Geunhwa J (2009) Antifungal activity of silver ions and nanoparticles on phytopathogenic fungi. *Plant Dis* 93:1037–1043
- Young KJ, Byung HK, Geunhwa J (2009) Antifungal activity of silver ions and nanoparticles on phytopathogenic fungi. *Plant Dis* 93:1037–1043
- Yuxi Guo, Xuefeng Chen, Pin Gong, Jing Guo, Dan Deng, Guanglian He, Chenglong Ji, Ruotong Wang, Hui Long, Jiating Wang, Wenbo Yao, Wenjuan Yang, Fuxin Chen, Effect of shiitake mushrooms polysaccharide and Kitosan coating on softening and browning of shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*) during postharvest storage, *International Journal of Biological Macromolecules*, Volume 218, 2022, Pages 816-827,
- Zaller, J.; Brühl, C.A. Editorial: Non-target Effects of Pesticides on Organisms Inhabiting Agroecosystems. *Front. Environ. Sci.* 2019, 7, 75. [CrossRef]

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Ad, Soyad : Elif DERELİ  
Uyruğu : T.C.

### EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	: Karadeniz Teknik Üniversitesi	2014
Lise	: Gazi Çiftliği YDA Lisesi	2008

### İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2017	MEB	Öğretmen