



T.C.

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

***MORCHELLA* sp. VE *PLEUROTUS* sp. KÜLTÜRÜNDE  
KULLANILAN ATIK MANTAR KOMPOSTUNUN  
ANTİOKSİDAN, ANTİMİKROBİYAL VE  
ENZİMATİK AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ**

Serap KÖKCÜ

BURDUR, 2020

T.C.  
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

***MORCHELLA* sp. VE *PLEUROTUS* sp. KÜLTÜRÜNDE  
KULLANILAN ATIK MANTAR KOMPOSTUNUN  
ANTİOKSİDAN, ANTİMİKROBİYAL VE  
ENZİMATİK AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ**

**Serap KÖKCÜ**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nermin SARIGÜL**

**BURDUR, 2020**

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“*Morchella* sp. ve *Pleurotus* sp. kültüründe kullanılan atık mantar kompostunun antioksidan, antimikrobiyal ve enzimatik aktivitesinin belirlenmesi”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

31 / 08/ 2020

(İmza)

Serap KÖKCÜ

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans eğitimim sürecinde yardımını ve bilgisini esirgemeyen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Nermin SARIGÜL'e (Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Burdur) ve yine bilgi birikiminden yararlandığım Prof. Dr. Hasan AKGÜL'e (Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Antalya) teşekkür ederim.

Yapmış olduğum analizlerdeki yardımlarından dolayı başta Öğr. Gör. Orhan YAVUZ, Öğr. Gör. Özge GÖKÇE, Öğr. Gör. Ali KIYAK ve Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Tezin her aşamasında yardımını esirgemeyen arkadaşım Özgür Gürkan CANVERDİ'ye, hesaplamalar konusunda yardımını esirgemeyen arkadaşım Yakuphan BAYKAN'a, tez düzeltmeleri sırasında bana zamanını ayıran arkadaşım Esra VAROL'a teşekkürlerimi sunarım.

0564-YL-19 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Ayrıca süreç içerisinde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aile üyelerim Ömer Ali OKKA'ya, Ayşegül TAĞMAN'a, Süleyman Ertan TAĞMAN'a ve tüm aileme teşekkür ederim.

**Ağustos, 2020**

**Serap KÖKCÜ**



## İÇİNDEKİLER

|                                                                               |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| TEŞEKKÜR.....                                                                 | i    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                             | ii   |
| ŞEKİL DİZİNİ .....                                                            | iii  |
| ÇİZELGE DİZİNİ .....                                                          | v    |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                          | vi   |
| ÖZET.....                                                                     | viii |
| SUMMARY .....                                                                 | ix   |
| 1. GİRİŞ.....                                                                 | 1    |
| 2. GENEL BİLGİLER .....                                                       | 4    |
| 2.1. Atık Mantar Kompostu .....                                               | 4    |
| 2.2. Atık Mantar Kompostu Kullanım Alanları .....                             | 6    |
| 2.3. Ekstrasellüler Enzim Kaynağı Olarak Atık Mantar Kompostu .....           | 12   |
| 2.4. Antioksidan Aktivite.....                                                | 19   |
| 2.4.1. Reaktif Oksijen Türleri.....                                           | 20   |
| 2.4.2. Antioksidanlar.....                                                    | 20   |
| 2.5. Antimikrobiyal Aktivite.....                                             | 24   |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                   | 29   |
| 3.1. Materyal .....                                                           | 29   |
| 3.1.1. Mantarın Eldesi.....                                                   | 29   |
| 3.1.2. Kullanılan Referans Kültürler.....                                     | 29   |
| 3.2. Yöntem.....                                                              | 30   |
| 3.2.1. Mantar Hif Gelişim Besiyerlerinin Hazırlanması .....                   | 30   |
| 3.2.2. Mantar Gelişim Ortamlarının Hazırlanması .....                         | 31   |
| 3.2.3. Kompost Hazırlanması ve Kompostlara Ekim .....                         | 31   |
| 3.2.4. Atık Mantar Kompostu Ekstraksiyonu.....                                | 33   |
| 3.2.5. Atık Mantar Kompostunun Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi.....    | 34   |
| 3.2.6. Atık Mantar Kompostunun Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi..... | 35   |
| 3.2.7. Atık Mantar Kompostunun Enzimatik Aktivitesinin Belirlenmesi.....      | 35   |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....                                       | 37   |
| 4.1. Agar Besiyerlerinde Hif Gelişimi.....                                    | 37   |
| 4.2. Buğday Besiyerinde Misel Gelişimi .....                                  | 39   |
| 4.3. Atık Mantar Kompostu Ekstraksiyonu .....                                 | 41   |
| 4.4. Atık Mantar Kompostu Antioksidan Aktivite Sonuçları .....                | 42   |
| 4.5. Atık Mantar Kompostu Antimikrobiyal Aktivite Sonuçları .....             | 46   |
| 4.6. Atık Mantar Kompostu Enzimatik Aktivite Sonuçları .....                  | 56   |
| 4.6.1. Atık Mantar Kompostunun Amilaz Enzimi Aktivite Sonuçları .....         | 57   |
| 4.6.2. Atık Mantar Kompostunun Selülaz Enzimi Aktivite Sonuçları.....         | 58   |
| 4.6.3. Atık Mantar Kompostunun Lakkaz Enzimi Aktivite Sonuçları.....          | 59   |
| 4.6.4. Atık Mantar Kompostunun Proteaz Enzimi Aktivite Sonuçları .....        | 61   |
| 5. SONUÇ .....                                                                | 63   |
| KAYNAKLAR .....                                                               | 64   |

## ŞEKİL DİZİNİ

|                                                                                                                                          | Sayfa    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Şekil 2.1. İrlanda Mantar Endüstrisi 1980-1992 .....                                                                                     | 5        |
| Şekil 3.1. <i>Morchella esculenta</i> 'nın doğada bulunuşu, Yeşil Üzümlü Yöresi, Fethiye, Muğla (07.04.2018).....                        | 29       |
| Şekil 3.2. Besiyerlerinin Petri kaplarına dökülmesi ve soğumaya bırakılması .....                                                        | 31       |
| Şekil 3.3. Mantar üretimi için modifiye edilmiş buzdolabı .....                                                                          | 33       |
| Şekil 3.4. Soxhlet cihazında atık mantar kompostu ekstraksiyonu .....                                                                    | 34       |
| Şekil 4.1. PDA besiyerinde <i>Pleurotus ostreatus</i> hifi .....                                                                         | 37       |
| Şekil 4.2. Agar besiyerinde <i>Morchella esculenta</i> hif gelişimi. a) Hagem medium, b) Minimal medium.....                             | 37       |
| Şekil 4.3. HM besiyerinden elde edilen <i>Morchella esculenta</i> kültürlerin HM besiyerinde gelişimi .....                              | 38       |
| Şekil 4.4. Buğday ortamında.....<br><i>Morchella esculenta</i> miseli.....                                                               | 39<br>39 |
| Şekil 4.5. Buğday ortamında.....<br><i>Pleurotus ostreatus</i> miseli .....                                                              | 39<br>39 |
| Şekil 4.6. <i>Pleurotus ostreatus</i> kompostu .....                                                                                     | 40       |
| Şekil 4.7. <i>Morchella esculenta</i> kompostu .....                                                                                     | 40       |
| Şekil 4.8. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitesinin belirlenmesi .....                                                                 | 42       |
| Şekil 4.9.1. n-hekzanlı atık mantar kompostu ekstraktlarının antioksidan değerlerinin askorbik asite göre değerlendirilmesi.....         | 44       |
| Şekil 4.9.2. Metanollü atık mantar kompostu ekstraktlarının antioksidan değerlerinin askorbik asite göre değerlendirilmesi.....          | 44       |
| Şekil 4.10. En yüksek derişimlerdeki (200 µg/ml) atık mantar kompostu ekstraktlarının antioksidan aktivitelerinin karşılaştırılması..... | 46       |
| Şekil 4.11. <i>Pleurotus ostreatus</i> 8.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri.....<br>a.) n-hekzan, b.) metanol .....     | 47<br>47 |
| Şekil 4.12. <i>Pleurotus ostreatus</i> 9.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri a.) n-hekzan, b.) metanol .....             | 48       |
| Şekil 4.13. <i>Morchella esculenta</i> 2.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri a.) n-hekzan, b.) metanol .....             | 49       |
| Şekil 4.14. <i>Morchella esculenta</i> 4.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri a.) n-hekzan, b.) metanol .....             | 50       |
| Şekil 4.15. <i>Morchella esculenta</i> 5.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri a.) n-hekzan, b.) metanol .....             | 51       |
| Şekil 4.16. <i>Morchella esculenta</i> 6.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri a.) n-hekzan, b.) metanol .....             | 52       |
| Şekil 4.17. <i>E. coli</i> antimikrobiyal % inhibisyon grafiği.....                                                                      | 54       |
| Şekil 4.18. <i>S.aureus</i> antimikrobiyal % inhibisyon grafiği.....                                                                     | 54       |
| Şekil 4.19. <i>E. faecalis</i> antimikrobiyal % inhibisyon grafiği.....                                                                  | 54       |
| Şekil 4.20. <i>B. cereus</i> antimikrobiyal % inhibisyon grafiği.....                                                                    | 55       |
| Şekil 4.21. <i>P. aeruginosa</i> antimikrobiyal % inhibisyon grafiği .....                                                               | 55       |
| Şekil 4.22. <i>C. albicans</i> antimikrobiyal % inhibisyon grafiği .....                                                                 | 55       |

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.23.</b> Selülaz (solda) ve Amilaz (sağda) enzim plakaları .....                                                                                                  | 56 |
| <b>Şekil 4.24.</b> Lakkaz enzim plakası.....                                                                                                                                | 56 |
| <b>Şekil 4.25.</b> <i>Pleurotus ostreatus</i> atık mantar kompostları ekstraktlarının yağsız süt tozu<br>içeren besiyerinde proteaz aktivite varlığının araştırılması ..... | 61 |
| <b>Şekil 4.26.</b> <i>Morchella esculenta</i> atık mantar kompostları ekstraktlarının yağsız süt tozu<br>içeren besiyerinde proteaz aktivite varlığının araştırılması ..... | 62 |



## ÇİZELGE DİZİNİ

|                                                                                                                                                     | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Tablo 2.1.</b> Atık Mantar Kompostu Kompozisyonu .....                                                                                           | 6     |
| <b>Tablo 2.2.</b> Atık mantar kompostu substratlarındaki nutrient seviyesi .....                                                                    | 8     |
| <b>Tablo 2.3.</b> Atık mantar kompostundan elde edilebilecek bazı enzimler .....                                                                    | 13    |
| <b>Tablo 2.4.</b> Enzim yapısında olan ve enzim yapısında olmayan bazı antioksidanlar .....                                                         | 21    |
| <b>Tablo 2.5.</b> Bazı mantarların antimikrobiyal aktivitesi .....                                                                                  | 25    |
| <b>Tablo 3.1.</b> Referans kültürler .....                                                                                                          | 30    |
| <b>Tablo 3.2.</b> Mantarlar için kullanılan kompost içerikleri .....                                                                                | 32    |
| <b>Tablo 4.1.</b> Atık Mantar Kompostu Ekstrakt Miktarları .....                                                                                    | 41    |
| <b>Tablo 4.2.</b> Farklı konsantrasyonlardaki atık mantar kompostu ekstraktlarının IC <sub>50</sub> (%50 inhibisyon konsantrasyonu) değerleri ..... | 43    |
| <b>Tablo 4.4.</b> Atık Mantar Kompostu Amilaz Absorbans Değerleri .....                                                                             | 57    |
| <b>Tablo 4.5.</b> Atık Mantar Kompostu Selüloz Absorbans Değerleri .....                                                                            | 58    |
| <b>Tablo 4.6.</b> Atık Mantar Kompostu Lakkaz Absorbans Değerleri .....                                                                             | 60    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                                     |                                                 |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>ABTS</b>                         | : 2,2' Azinobis (3-etil-bezotiazolin 6 sülfonat |
| <b>Ca</b>                           | : Kalsiyum                                      |
| <b>CaCO<sub>3</sub></b>             | : Kalsiyum karbonat                             |
| <b>CaPO<sub>4</sub></b>             | : Kalsiyum fosfat                               |
| <b>CaSO<sub>4</sub></b>             | : Kalsiyum sülfat                               |
| <b>CAT</b>                          | : Katalaz                                       |
| <b>DMSO</b>                         | : Dimetil sülfoksit                             |
| <b>DNS</b>                          | : Dinitrosalisilik asit                         |
| <b>DPPH</b>                         | : 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil                  |
| <b>FeCl<sub>3</sub></b>             | : Demir klorür                                  |
| <b>GPx</b>                          | : Glutatyon peroksidaz                          |
| <b>GSH</b>                          | : Glutatyon                                     |
| <b>GSSG</b>                         | : Glutatyon disülfid                            |
| <b>IC<sub>50</sub></b>              | : Etkin konsantrasyon                           |
| <b>K</b>                            | : Potasyum                                      |
| <b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b> | : Potasyum dihidrojen fosfat                    |
| <b>LiP</b>                          | : Lignin peroksidaz                             |
| <b>Mg</b>                           | : Magnezyum                                     |
| <b>MgSO<sub>4</sub></b>             | : Magnezyum sülfat                              |
| <b>Mn</b>                           | : Mangan                                        |
| <b>MnP</b>                          | : Mangan Peroksidaz                             |
| <b>N</b>                            | : Azot                                          |
| <b>NH<sub>4</sub>Cl</b>             | : Amonyum klorür                                |
| <b>O<sub>2</sub></b>                | : Oksijen molekülü                              |
| <b>O<sub>2</sub><sup>-</sup></b>    | : Süperoksit anyonu                             |
| <b>OH<sup>-</sup></b>               | : Hidroksil radikali                            |
| <b>P</b>                            | : Fosfor                                        |
| <b>SOD</b>                          | : Süperoksit dismutaz                           |
| <b><math>\alpha</math></b>          | : Alfa                                          |
| <b><math>\beta</math></b>           | : Beta                                          |

μ : Mikro



# ÖZET

## Yüksek Lisans Tezi

***Morchella sp.* ve *Pleurotus sp.* kültüründe kullanılan atık mantar kompostunun antioksidan, antimikrobiyal ve enzimatik aktivitesinin belirlenmesi**

**Serap KÖKCÜ**

**Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı**

**Dr. Öğr. Üyesi Nermin SARIGÜL**

**Ağustos, 2020**

Şapkalı mantar yetiştiriciliği yiyecek olarak tercih edilen bir ürün olması nedeni ile her geçen gün artmaktadır. Mantar yetiştiriciliği gıda üretiminin yanında lignoselülozik atık maddelerin biyoteknolojik geri dönüşümünün yapıldığı proseslerden biridir. Bu proses sonucunda kalan kompost atığı farklı şekillerde değerlendirilmektedir. Bu çalışmanın amacı; *Morchella esculenta* ve *Pleurotus ostreatus* kültürü sonrasında kalan atık kompostun antioksidan, antimikrobiyal ve enzimatik etkilerinin varlığı yönünden değerlendirilmesidir.

Antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde spektrofotometrik DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemi kullanılmıştır. Karşılaştırmalı çalışmalar sonucunda *Pleurotus ostreatus* atık kompostunun n-hekzan ekstraktlarının metanol ekstraktlarından daha yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Antimikrobiyal aktivite, ekstraktların dilüe edilen konsantrasyonlarının *Bacillus cereus* (NRRL-B-3711), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Escherichia coli* (ATCC 35150), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 15442), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) ve *Candida albicans* (ATCC 64548) test mikroorganizmaları üzerine etkileri ile belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre antimikrobiyal aktivite profili kültüre edilen mantar türüne, kompost tipine ve kullanılan ekstraksiyon solventine göre değişmektedir.

Enzimatik aktivitenin belirlenmesinde DNS (Dinitrosalisilik asit) (amilaz ve selüloz), ABTS 2,2'-Azinobis (3-etil-bezotiazolin 6 sülfonat (lakkaz) ve kuyu difüzyon yöntemi (proteaz) kullanılmıştır. Test edilen çoğu *Pleurotus* ve *Morchella* ekstraktı iyi amilaz ve lakkaz aktivitesi gösterse de, proteaz ve selüloz aktivitesi saptanmamıştır.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar mantar atık kompostlarının biyoaktif molekül kaynakları olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** atık mantar kompostu, antioksidan, antimikrobiyal, enzimatik aktivite

Hazırlanan bu yüksek lisans tezi Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi BAP Komisyon Başkanlığı tarafından 0564-YL-19 proje numarası ile desteklenmiştir.

## SUMMARY

M. Sc. Thesis

**Determination of Antioxidant, Antimicrobial and Enzymatic Activities of Spent Mushroom Compost of *Morchella sp.* and *Pleurotus sp.* Cultivation**

**Serap KÖKCÜ**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology**

**Supervisor: Asisst. Prof. Dr. Nermin SARIGÜL**

**August, 2020**

The production and culture of mushrooms is increasing as a desirable addition to the cuisine since ancient times. Mushroom culture is a biotechnological process that recycles ligninocellulosic wastes, since mushrooms are food for human consumption and the spent substrate can be used in different ways. The aim of this study was to assess the antioxidant, antimicrobial and enzymatic effects of post-harvest compost extract from *Morchella esculenta* and *Pleurotus ostreatus* culture.

The spectrophotometric method with DPPH was applied to antioxidant capacity determination in spent mushroom compost extracts. A comparative study determined that n-hexane extracts of spent compost of *Pleurotus ostreatus* culture showed higher antioxidant potential than methanol extracts.

Antimicrobial activities of extracts against *Bacillus cereus* (NRRL-B-3711), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Escherichia coli* (ATCC 35150), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 15442), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) and *Candida albicans* (ATCC 64548) were determined by dilution of extracts. According to our results, antimicrobial activity profile shows differences depend on cultivated mushroom species, compost type and extraction solvent.

DNS (amylase and cellulase), ABTS (laccase) and well diffusion method (protease) were used for determination of enzymatic activities. Although most of the tested *Pleurotus* and *Morchella* extract demonstrated very good amylase and laccase activities, no cellulase and protease activity was detected.

The results indicate that spent mushroom extracts can be used as cost-effective source for bioactive biomolecules.

**Keywords:** spent mushroom compost, antioxidant, antimicrobial, enzymatic activity

The present M.Sc thesis was supported by the Research Fund of Mehmet Akif Ersoy University with the project number of 0564-YL-19.



## 1. GİRİŞ

Dünyada yaklaşık 1,5 milyon mantar türünün var olabileceği düşünülmektedir. Mevcut araştırmalarda makro mantar olarak kabul edilebilecek yeterli büyüklük ve yapıda, ayrıca şapka yapısı oluşturabilen 140.000 mantar türü varlığından söz edilmektedir. Bugün bu türlerden yaklaşık 7000 tanesinin yenilebilir mantar olduğu ve bu türlerin kültüre edilebildiği gözlenmektedir. Yenilebilir mantar türlerinden yaklaşık 60 türü endüstriyel ölçekte yetiştirilmektedir. Bu türlerin bir kısmı gıda sektöründe kullanılırken bir kısmı da tıbbi alanda kullanılmaktadır (Chang ve Miles, 2004). Sürdürülebilir bir biyokütle kaynağı sağlayan lignoselülozik malzemeler mikrobiyolojik degradasyon yoluyla parçalanarak yenilebilen ve tıbbi olarak kullanılan mantarların büyütülmesi için kullanılmaktadır (Zadrazil, 1978). Yenilebilir mantarlar gıda ve ilaç sektöründe kullanıldığı gibi ticari değerleri de bulunmaktadır.

Tat, aroma gibi organoleptik özelliklerinden dolayı gastronomi alanında tercih edilen makro mantarlar bulunmaktadır. Ayrıca mantarlar içerik olarak bakıldığında yüksek oranda suya sahiptir, katı kısım karbonhidrat ve lif yönünden zengin, vitamin, mineral, doymamış yağ asidi, enzimler, terpenoit, steroit, glikozit, alkoloit, kinon ve fenil propanoid türevleri gibi çok çeşitli bileşiklere sahiptir. Antitümör, antialerjik, antimutajenik, antiviral, antimikrobiyal, antiparazitik, prebiyotik aktivite, karaciğer koruyucu immün sistem güçlendirici, kolesterol düşürücü gibi etkileri olduğu kanıtlanmıştır (Barros vd., 2008; Synytsya vd., 2009; Üstün, 2011; Kalac, 2012; Sulistiany vd., 2016). Mantarlar et ile kıyaslandıklarında protein içerikleri düşüktür. Kırsal şartlarda atık ürün olarak kabul edilen substratlar mantar yetiştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu durum mantar proteinlerini hayvansal proteinlerden daha uygun fiyatlı ve kolay elde edilebilir kılmaktadır (Gaitan-Hernandez, 2007; Portugal vd., 2007).

Makromantarların morfolojik olarak şapka, sap, lamelleri ve kök kısmı en bilindik yapılarıdır. Sporları ise göz ile doğrudan fark edilmediği için pek çok kişi tarafından bilinmez. Sporlar mantarınların taksonomik olarak teşhisinde önemlidir. Agarikler ve boletler gibi morfogrular sporlarını basidya adı verilen kısımda ürettikleri için basidiomycota phylumuna aittirler. *Pleurotus* mantar türleri bu filum içerisinde yer almaktadır. Başka bir mantar grubu olan Ascomycotalar, sporlarını aski adı verilen kese benzeri yapılar içinde üretmektedir. Mantarların morfolojileri üyelerinin doğasını

yansıtmaktadır. Spor gövdeleri, büyüklükleri, şekilleri, renkleri ve kokuları bakımından mantar türleri aralarında farklılık gösterirler. Mantarlar, Dünya'nın geri dönüşümcüsü, filtresi veya elektrik süpürgesi olarak adlandırılmaktadırlar. Çevresel toksinleri hem biriktirme hem de dekonstrükte etme özellikleri bulunmaktadır. Mantarlar mikoremediasyon olarak bilinen süreçte kirlenmiş arazileri detoksifiye etmede kullanılmaktadır. Güçlü mantar enzimleri, petrol hidrokarbonları gibi toksik bileşenlerin yanında insan için zararlı olan pestisitlerin yapısında bulunan klorlu bileşikleri parçalayabilmektedir. Bunun için en önemli örnek olarak *Pleurotus ostreatus* türünün dizel yağlarda bulunan polisiklik aromatik hidrokarbonları karbondioksit ve suya parçalaması verilebilir (Pouliot, 2018).

Tıbbi ve tedavi edici etkileri bulunan, yenilebilir *Morchella* türleri dünyanın belirli bölgelerinde ilkbaharda ortaya çıkmaktadır. *Morchella* türleri içi boş bir sap üzerinde süngere benzeyen şapka yapılarından oluşmaktadır. Şapka kısmı birçok çukurdan oluşmaktadır ve bu şapka himenyum tabakası ile sarılı kompozit bir yapı oluşturmaktadır. Gastronomik olarak çok tercih edilen bir mantar türüdür. Bu mantar türlerinin özellikle Kuzey Amerika'da yangın sonrası bol miktarda bulunduğu gözlenmiştir. Çimenli bölgelerde, nehir kenarlarında, ormanlık alanlarda ve hatta insanların sebep olduğu kül birikintilerinde bulunduğu gözlenmiştir ve bu gelişim alanlarının baz zengini yani alkali olduğu görülmüştür (Chang ve Hayes, 1978). *Morchella* türleri gruplar halinde ya da tek başlarına bulunmaktadır. İnsanlar tarafından revaçta tutulan *Morchella* tiptan ziyade gıda olarak tüketilmektedir. Farklı kültürler de farklı isimlerle tanınan bu mantar kuzugöbeği, mucize, ateş kırmızısı, sünger olarak anılmaktadır. Yenilebilen mantarlar arasında tuber ve *Morchella* türleri en değerli olarak görülmektedir. Yüksek fiyatlı mantarlar olduğu için tüketimleri sosyal statü belirtisidir. Bu mantarlar Ascomycetes'e aittir. Elde edilen askokarp dokularının incelenmesi sonucu bu türün haploid olduğuna karar verilmiştir. *Morchella* türlerinin sporları uzun kese benzeri yapıların içinde üretilmektedir (Yoon vd., 1990).

*Pleurotus* genusu, çeşitli tarımsal yan ürünlerle yetiştirilebilen bir dizi yenilebilir ve çeşitli alanlarda kullanılabilen mantar türleri içermektedir. Bu mantarlara olan ilgi, artan tüketici talebi ve substrat yoğunluğu gibi çeşitli nedenlerden dolayı büyümeye devam etmektedir (Chang ve Hayes, 1978; Chang ve Quimio, 1982; Royse ve Schisler, 1987). Bu türler, yüksek lif ve düşük yağ içeriği sayesinde gastronomik olarak çok tercih edilmektedir. *Pleurotus* türleri *Morchella* türleri gibi antioksidan, antimikrobiyal, antitümör, antimutajenik, antiviral aktivitelere sahiptir (Wasser ve Weis, 1999; Iwalokun, 2007; Patel vd., 2012). Basidiomycetes sınıfına ait olan *Pleurotus* türleri ılıman bölgelerde meşe, karaağaç, akçaağaç, kavak gibi ağaç kalıntılarında yetişmektedir (Barron ve Thorn, 1987).

*Pleurotus* türleri, dünya çapında yenilebilen mantar türlerinden, en çok tercih edilenler arasında bulunmaktadır. Çünkü bu türün endüstriyel olarak yetiştirilmesi, en kolay ve en ucuz olmasından kaynaklanmaktadır. Başka bir neden ise, farklı mevsimlerde farklı yetişebilen türlerinin bulunmasıdır. Bu yüzden *Pleurotus* türünün, mantar endüstrisi ve insan refahı üzerinde küresel bir etki yaratmaya devam etmesi düşünülmektedir (Chang ve Li, 1982).

Tez çalışmamızda toplumun talebi doğrultusunda giderek artan mantar yetiştiriciliği ve bunun sonucunda oluşan yüksek hacimli atık mantar kompostu antioksidan, antimikrobiyal ve enzimatik aktiviteleri yönünden incelenmiştir. Böylece atık mantar kompostunun tıbbi ve endüstriyel kullanım olasılığının ortaya konulması amaçlanmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

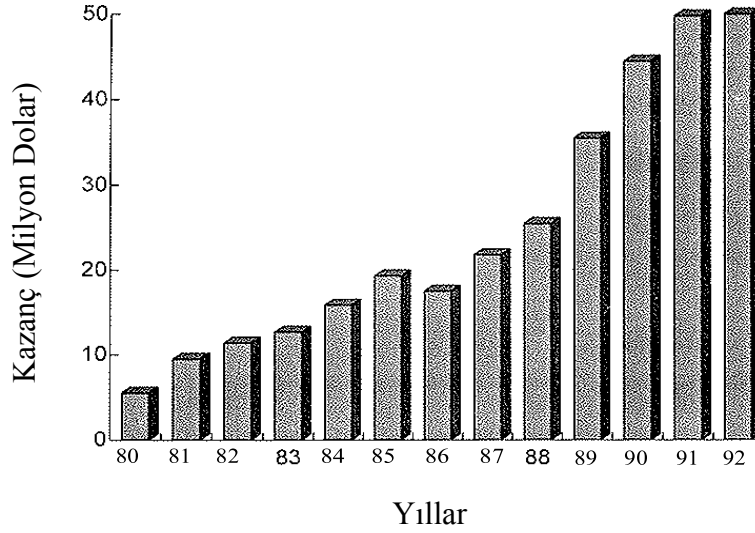
### 2.1. Atık Mantar Kompostu

Mantar kompostu; buğday samanı, hayvan gübreleri, mısır samanı, pirinç samanı, alçıtaşı, odun talaşı ve ağaç kabukları gibi tarımsal malzemelerden yapılmaktadır. Ticari olarak üretilen mantarlar, belirtilen malzemelerin karışımı ile gerçekleştirilmektedir. Bazı mantarlar bu karışımların yanı sıra iki fazlı kompostlama işlemine tabi tutulur. Misel sarımı gerçekleştirildikten sonra kompostun yüzeyine turba toprağı, üst toprak veya meyve vermesi için uygun başka bir malzeme tabakası ile kaplanmaktadır. Misel ekimi gerçekleştirilip, mantar üretimi özel iklimlendirilmiş koşullarda üretim sağlandıktan ve hasat yapıldıktan sonra, arta kalan kısım atık mantar kompostu olarak adlandırılmaktadır. Gelişimi geç olan mantar türleri dışında 2,5 hafta içinde mantarlarda primordiyum (halk arasında pin olarak adlandırılır) yapısı gözlenmeye başladığında, bu kompost harcanmış kabul edilmektedir (Rinker 2017). Atık mantar kompostları, sadece yeniden kompostlama sonucu elde edilmemektedir. Elde edilen atık mantar kompostları tekrar yeni üretim için kullanılabilir. Ancak niteliğini kaybettiği düşünülen atık mantar kompostları, atık olarak kabul edilmektedir ve atık mantar kompostunun tekrar kullanımı üreticilere göre değişmektedir (Gimenez, 2008).

Mantar üretim endüstrisinde elde edilen atık mantar kompostları, mantar üretim tesisleri atığı olarak bol miktarda oluşturulmaktadır. Geçmiş yıllardan itibaren birçok ülkedeki mantar üretim tesisi bu atık sorunuyla karşılaşmaktadır.

İrlanda'da mantar üretim endüstrisini destekleyen teknoloji 1970'lerde Kinsealy Araştırma Merkezinde geliştirilmiştir (Maccanna, 1984). Bu teknoloji, büyük ve küçük ölçekli birçok mantar yetiştiricisine verimli üretim için sağlanmıştır. Kompostlar için ayrı tedarikçiler edinilmiştir. Tedarikçiler, kompostu plastik torbalar içinde teslim etmiştir. Mantar yetiştiricisi mantar kompostunu yalıtımlı polietilen kaplı tünellerde yetiştirmiş ancak hasat sonrası atık mantar kompostu sorunuyla karşılaşmıştır. Yanlış imha şekilleri yerine atık mantar kompostunu tedarikçiye geri göndermiştir (Maher vd., 1993).

Mantar üretim endüstrisi için geliştirilen teknolojiler sonucu mantar üretimi önem kazanmıştır. Mantar üretimi için komposta olan gereksinim arttığından dolayı Gorey Co. Wexford'da 1970'lerde ilk kompost üretim tesisi kurulmuştur, daha sonra bunu 1980'lerde Monaghan'da bir tesis izlemiştir. Mantar ve kompost üretim tesislerindeki genişleme sonucu söz konusu ülkelerde bulunan tarım bakanlıkları bu alana destek vermiştir. Destek ile birlikte mantar üretim endüstrisindeki gelişim daha hızlı olmuştur (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1.** İrlanda Mantar Endüstrisi 1980-1992 (Maher vd.,1993)

Mantar üretimi için, çiftçiler kendi kompostlarını kendilerini oluşturmakta ya da tedarik etmektedirler. Uygun iklim koşullarını sağladıkları alanlarda mantar yetiştirilmesini sağlamalarının ardından ortaya çıkan atık mantar kompostu bertarafı için yöntemler aramaktadırlar. Monaghan'da 1993 yılında yapılan bir araştırmaya göre çiftçilerin büyük çoğunluğu atık mantar kompostunu bulundukları arazi alanına yayarak bertaraf etmeye çalışmışlar ancak bunun çevre ve görüntü kirliliğine sebep olmasından dolayı, atık mantar kompostunun bertarafı için başka çözümler aramaya başlamışlardır. Bazı çiftçiler ise atık mantar kompostundan kurtulabilmek adına ödeme yapmak zorunda kalmıştır. Bu sorunlar üzerine kompost tedarikçileri mantar kompostlarını üretimden sonra toplamaya başlamıştır (Maher vd., 1993).

Maher 1988 yılında Kinsealy araştırma merkezinde, Wuest ve Fahy ise 1991 yılında, Gerrits 1987 yılında, Pensilvanya'da atık mantar kompostu üzerine birçok analiz yapmıştır. Bu analizler doğrultusunda atık mantar kompostu için ortalama kompozisyon verilerini bildirmişlerdir (Tablo 2.1).

**Tablo 2.1.** Atık Mantar Kompostu Kompozisyonu (Maher 1988, Gerrits 1987, Wuest ve Fahy 1991)

|                | İrlanda | Hollanda | Amerika |
|----------------|---------|----------|---------|
| Kuru Madde (%) | 35      | 35       | 43      |
| Kül            | 39      | 45       |         |
| N              | 2,8     | 2,4      | 1,9     |
| P              | 1,0     | 0,8      | 0,4     |
| K              | 2,0     | 2,8      | 2,4     |
| Ca             | 6,6     | 12,6     | 4,9     |
| Mg             | 0,5     | 0,5      | 0,7     |
| Mn (mg/kg)     | 313     |          | 333     |

## 2.2. Atık Mantar Kompostu Kullanım Alanları

Atık mantar kompostunun tekrar kullanımında ilk düşünülen uygulama, gübre olarak değerlendirilmesidir. Atık mantar kompostunun yüksek organik madde içeriğine sahip olması, toprağın fiziksel yapısının iyileştirilmesinde faydalıdır. Sürekli mahsül alımı olan topraklar da organik madde içeriğinde düşüş gözlenebilmektedir. Atık mantar kompostu kullanımı toprakta bulunan mikroorganizmaların ve toprak solucanlarının aktivitesini arttırmaktadır. Bu durum toprak gözenekliliğinin artmasına yardımcı olarak mahsul yetiştirilmesinde verim artışı olmasını sağlamıştır. Yapılan bir çalışmada, sera toprağı içerisine atık mantar kompostu karıştırılmıştır. Podzolik olan bu toprağa hektar başına 25 ila 400 ton arası atık mantar kompostu eklenmiş, elde edilen karışım doğrultusunda çim ekimi yapılmıştır. Çim ekiminin yapıldığı bu toprakta 5 ay içerisinde 4 kez hasat yapılmıştır. Bu gözlem doğrultusunda toprak besin seviyesinin arttığı, ayrıca alınan mahsulden daha yüksek verim elde edildiği gözlenmiştir. Ancak ilerleyen hasat süreçlerinde organik içeriğin azalmasından dolayı verim düşmüş ve belli aralıklarla atık mantar kompostu gübrelemesi yapılması gerektiği öne sürülmüştür (Maher, 1988).

Atık mantar kompostunun pirinç gelişimindeki etkisi üzerine yapılan çalışmada; atık mantar kompostu içerisine inorganik azot, fosfor ve potasyum eklenerek karmaşık yapıda bir gübre kompleksi hazırlamıştır. Hazırlanan bu atık mantar kompostu pirinç üretiminde değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda diğer gübrelere nazaran atık mantar kompostu ile hazırlanan gübre kompleksinin yaklaşık %7 verim artışı sağladığı gözlenmiştir. Atık mantar kompostu ile oluşturulan kompleks gübre, pirincin fiziksel

büyümesini etkilemiştir ve bunun yanında ekonomik olarak da verim elde edilmiştir (Meiqin, 2006).

*Agaricus bisporus* atık mantar kompostu sebze fideleri üzerinde denenmiştir ve fidelerin yapraklarının daha kalın olacağını, çalışma sonucunda daha güçlü bitkiler elde edileceği ileri sürülmüştür. Öncelikle güller üzerinde yapılan bir çalışmada güllerin çiçek sayısında parti başına %30.77' ye kadar artış olduğu, güllerin hastalık insidansının %8.7'ye kadar azaldığı, domateslerde yapılan denemelerde meyve sayısının %20'ye kadar arttığı, hastalık insidanslarının %7.72'ye kadar azaldığı, yeşil karnabahar ve lahanalarda yapılan çalışmalarda yaprak sayılarının %7.8'e kadar arttığı, hastalık insidanslarının %7.81'e kadar azaldığı gözlemlenmiştir (Yangjun, 2006).

Male (1981), Avustralya'da sebze üretimi için kanatlı gübresi yerine, organik madde kaynağı olarak atık mantar kompostu kullanılabileceği sonucuna varmıştır. Bu sonuç doğrultusunda atık mantar kompostu mahsullerde denenmiş ve kanatlı gübresine göre daha yüksek verim olduğu gözlenmiştir. Mahsullere verilen atık mantar kompostu seviyesi arttıkça, sebze yaprak dokularındaki potasyum konsantrasyonlarının önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir. Atık mantar kompostunun toprakta nem tutma kapasitesini sağladığı için, mahsül veriminde artışa neden olduğunu gözlemiştir (Kaddous ve Morgan 1986).

Portakal ağaçlarının topraklarına atık mantar kompostu eklemesi yapıldıktan sonra verimin arttığı gözlenmiştir. Çalışmada; toprakta organik madde miktarının, hidrolize azotun, fosfor, potasyum, çinko, mangan ve pH değerlerinin değiştiğini, magnezyum, kalsiyum ve suda çözünen borun belirgin seviyede arttığını gözlemlemişlerdir. Atık mantar kompostu uygulanan toprakta, gelişen portakal kalitesi ve veriminin arttığı belirtilmiştir (Shenggang, 2005).

Uzun yıllardır mantar endüstrisi ile ilgilenen ülkelerde atık mantar kompostu üzerine birçok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Gerrits (1987) Hollanda'daki atık mantar kompostlarının tarımda kullanıldığını ancak belli bir kısmını farklı yollarla bertaraf edildiğini bildirmiştir. Tarım sektöründe atık mantar kompostunun kullanımında karşılaşılan bazı sorunlar mantar üreticisini tekrar kullanılmak yerine imha yöntemlerine sevk etmiştir. Mantar miselleri torba sistemine ekildikten sonra, pastörizasyon gerçekleştirilmediği için mantar miselyumu hasat tamamlansa dahi canlı durumunda kalmaktadır. Atık mantar kompostu toprağa karıştırıldıktan sonra, mantarlar atık mantar kompostunun dâhil edildikleri bölgede gelişmeye başlamaktadır. Bu sorunu çözebilmek adına merkezi bir kompostlama tesisinde arındırma işlemleri uygulanmaktadır. Ancak bu işlemler maliyetli olduğu için atık mantar kompostu tercihinin ortadan kalktığı düşünülmektedir (Maher vd., 1993).

Atık mantar kompostları önemli miktarlarda temel bitki besinleri içermektedir ve ürünler üzerindeki pozitif etkileri gözlemlendiğinden dolayı bunların inorganik gübrenin yerini alabileceği düşünülmektedir. Denemeler sonucunda, atık mantar kompostlarının potasyum, fosfor ve eser element kaynağı olduğu gözlenmiştir. Ancak en iyi sonuçların, azot takviyeleri ile elde edildiği anlaşılmıştır. Atık mantar kompostları için yapılan çalışmalarda, karşılaşılan sorunlardan birisi yüksek potasyum seviyesidir. Potasyum seviyelerinin yüksek olmasından dolayı birçok problemle karşılaşmaktadır. Maher (1991), yaptığı çalışmalarda atık mantar kompostu miktarının oranlarının potasyum seviyelerini etkilediğini gözlemiştir. Atık mantar kompostu içeriğinde bulunan potasyum bitki uygulamaların da problemlere yol açmıştır. Tuz miktarının fazlalığı bitkinin stres haline sebep olmuş ve gelişimi engellediği fark edilmiştir. Tuz oranının yüksekliğinin yanı sıra suda çözünen azot seviyelerinin düşük olduğu da anlaşılmıştır (Tablo 2.2). Bitki gelişiminde bu azot miktarının düşük olması büyümeyi sınırlandıran başka bir faktör olarak gözlenmiştir (Maher, 1991).

Atık mantar kompostundaki tuzluluk problemini çözebilmek adına, düşük miktarlarda atık mantar kompostu kullanılması önerilmiştir. Ancak bunun da azot miktarını yetersiz kılacağından dolayı doğru olmadığı düşünülmektedir. Seyreltme yöntemleri kullanılarak çözüm elde edilmeye çalışılmış ancak bu da bir dizi soruna sebep olmuştur. Olası bir çözüm olarak ise bazı iyonların emiliminin gerçekleştirilmesi yaklaşımı ortaya atılmıştır. Böylece tuzluluğu azaltmak için, zeolit gibi malzemeler kullanılmıştır. Mantar kompostu kullanılan mahsüllerde herbisit kontrolü de yapılmıştır. Mantar kompostunun kullanıldığı mahsüller herbisitten etkilenmemiştir (Cock ve Taylor, 1965). Atık mantar kompostu pastörizasyonu sırasında herbisitlerin ısı tahribatı ve kompostun yüksek alkali seviyesinden dolayı gelişemediği gözlenmiştir (Wuest ve Fahy, 1991).

**Tablo 2.2.** Atık mantar kompostu substratlarındaki nutrient seviyesi (Jordan vd., 2008)

| Kuru madde (g/kg)  | Organik madde (g/kg) | pH                     | Elektriksel iletkenlik (mS/cm) | Biyo-kullanılabilir fosfor(g/kg) | Toplam fosfor (g/kg) | Biyo-kullanılabilir Potasyum (g/kg) | Toplam potasyum (g/kg) |
|--------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------|
| 312±46.4           | 645±58.6             | 6.8±0.48               | 10±1.82                        | 4.0±3.8                          | 18±5.8               | 13±2.9                              | 20±6.2                 |
| Toplam azot (g/kg) | Karbon/ Azot oranı   | Toplam Kalsiyum (g/kg) | Toplam magnezyum (g/kg)        | Toplam sodyum (g/kg)             | Lignin (%)           | Selüloz (%)                         | Hemiselüloz (%)        |
| 21±2.0             | 18±2.0               | 28±49.16               | 18±19.38                       | 1.68±2.73                        | 25±9.5               | 38±8.6                              | 19±8.71                |



Bitkiler üzerinde yapılan gübre çalışmalarının yanı sıra, bazı bitkilerin gelişimini teşvik edici hormonlar atık mantar kompostundan üretilmiştir. Çalışmada, atık mantar kompostuna ait ekstraktlardan sıvı hormon solüsyonu elde edilmiş ve soya fasulyelerinin üzerine püskürtülerek işlem yapılmış ve soya fasulyelerinde daha güçlü sap ve yaprakların oluştuğu, hastalıklara karşı direnç kazandığı ve daha yüksek üretime sahip olduğu raporlanmıştır (Linyong, 2006; Zhengfeng, 1997).

Biyoremediasyon; bakteri, mantar ve yeşil bitkiler gibi canlı organizmaların hava, toprak ve suda istenmeyen kirleticileri uzaklaştırmak veya etkisiz hale getirmek için kullanılmasıdır. Atık mantar kompostunun ise bu çevresel kirlenmelere kısmi olarak bir çözüm olduğu öne sürülmektedir. 1978'de Hollanda'da 60.000 m<sup>3</sup> büyüklüğünde ve 10 m yüksekliğinde atık mantar kompostu yığınının bir yıl sonra H<sub>2</sub>S ürettiği fark edilmiştir. Bir yıldan sonra atık mantar kompostunun hacminin yarıya düştüğü ve m<sup>3</sup> başına bu yığının 4 mg H<sub>2</sub>S ürettiği gözlemlenmiştir (Gerrits, 1987). Atık mantar kompostunda H<sub>2</sub>S üretiminin yanı sıra uçucu organik bileşikler üretimi de gözlenmiştir (Mohseni vd., 1998; Mohseni ve Allen, 1999).

Birçok endüstriyel faaliyet sonucu ortaya çıkan atık su arıtımında, atık mantar kompostu ile çalışmalar yapılmıştır. Sular, madencilik veya madencilik dışı faaliyetlerden kaynaklı sülfidler, ağır metaller, tekstil veya plastik endüstrisinde kullanılan boyalar ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan pestisitler sonucu kirlenmektedir. Atık sular üzerinde bazı mantarların atık kompostları kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Çeşitli *Pleurotus* türlerinden elde edilen atık mantar kompostları, kontamine olmuş sulardan bakır ve nikelin (Tay vd., 2015) uzaklaştırılmasında, zeytinyağı üretim tesisi atıklarında fenolik bileşiklerin ve toksisitenin azaltılmasında (Martirani vd., 1996) ve meyve suyu endüstrisinden gelen atık sularında pestisitlerin uzaklaştırılması (Karas vd., 2015) hakkında çalışmalar yapılmıştır. *Pleurotus* türlerinin atık mantar kompostları linuron diazinon ve mikolobütanil içerikli pestisitlerin bozunmasında da incelenmiştir (Rodriguez - Cruz vd., 2012; Marin - Benito vd., 2014).

*Lentinula edodes* türünün atık mantar kompostu sulardaki asit madeni drenajlarında (Chang vd., 2000), atık suda kadmiyumun giderilmesinde (Chi vd., 2009), *Ganoderma lucidium* türünün atık mantar kompostu çeşitli organik toksinlerin uzaklaştırılmasında (Liao vd., 2012), içme suyundan filorin giderilmesinde (Chen vd., 2015) etkilerinin belirlenmesine dair çalışmalar yapılmıştır.

*Agaricus bisporus* türünün atık mantar kompostu, toprakta bulunabilecek çinko (Shuman, 1999a, 1999b), kadmiyum ve kurşun (Shuman, 1998) toksisitesinin iyileştirilmesi,

klorofenollerin, polisiklik aromatik hidrokarbonların veya aromatik monomerlerin degradasyonu (Semple vd., 1995; Fermor vd., 2000; Li vd., 2010; García-Delgado vd., 2015), nitrifikasyon (Bazin vd., 1991), tehlikeli atıkla kontamine olmuş ticari alanların stabilizasyonunun sağlanması (Rupert, 1995), atık aktif çamurdan gelen uçucu yağ asitlerinin üretilmesi (Zhou vd., 2014), polisiklik aromatik hidrokarbonların ayrışması (Eggen, 1999; Lau vd., 2003), pentaklorofenolün (Chiu vd., 1998) veya petrolün (Chiu vd., 2009) uzaklaştırılması ve iyileştirilmesi için araştırılmıştır.

Çin’de atık mantar kompostlarını değerlendirebilmek adına çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Böcek ve solucan yemi olarak, evcil hayvan yemi olarak ve protein içeriği yüksek olduğu için tavuk ve balık yemi olarak kullanılmaktadır (Zeng vd, 2007). Mantarlar, selüloz, hemiselüloz ve ligninin ayrıştırılması için güçlü kapasitelere sahip hücre dışı enzim salgırlar ve bu enzimler sayesinde hayvan yemlerinin kalitesi arttırılmaktadır.

Atık mantar kompostu; demir, kalsiyum, çinko, magnezyum ve protein gibi bileşenler içermektedir. Atık mantar kompostunun %14 oranında protein içeriği olduğu belirlenmiş ve mısır unu, buğday kepeği kadar protein içeriği olduğu saptanmıştır. Atık mantar kompostlarında bulunan miseller sayesinde yemlerde normalde bulunmayan ya da az bulunan esansiyel amino grup asit içeriğinin bulunduğu gözlenmiştir. Bu yüzden atık mantar kompostlarının tahıl ve kepek gibi ham yemlerin yerini alabilecek ucuz ve besleyici bir hayvan yemi olabileceği düşünülmektedir (Hui vd., 2007). Tian Juan (2000), *Pleurotus ostreatus* türünün atık mantar kompostunu, katı fermentasyon ile fermente atık mantar kompostu üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmanın sonucunda atık mantar kompostunun önemli içeriği olan protein oranında artış olduğunu gözlemlemiştir. Aynı zamanda vitamin, amino asit, selülaz ve canlı sporlar açısından zenginleşme olduğunu gözlemlemiş ve böylece atık mantar kompostunun sığır, tavşan, domuz gibi hayvanlar için verimli bir yem olduğunu ortaya koymuştur.

Zhixiang (2003), *Pleurotus ostreatus* atık mantar kompostu içerisine birkaç maya ekleyerek katı fermentasyonunu incelemiş ve mayalanmış olan atık mantar kompostunu analiz etmiştir. Bu atık kompostların hepsinin %20’den fazla ham protein içeriği olduğunu saptamıştır. Kümes ve çiftlik hayvanları ve ayrıca evcil hayvanlar için fonksiyonel yem olarak geliştirilebileceğini göstermiştir.

Shaoming (2003), *Shiitake* türünün atık mantar kompostu ile çalışmalar yapmıştır. Bu mantarın farklı kombinasyonlu atık kompostu, solucanlara yem olarak kullanılmış ve bu kompostların verimleri araştırılmıştır. Atık kompostlar, diğer çalışmalarda olduğu gibi önce fermente edilmiş ve sonrasında 50 olgunlaşmış solucan bu fermente atık kompostlar ile

beslenmiştir. 70 günlük üreme sonrasında solucanlar sayılmış ve atık mantar kompostu ile beslenmiş olan solucanların sayılarının 1388'e ulaştığı ve en fazla verimin bu beslenme sonucunda olduğu gözlenmiştir.

Hao-Bo (2007), *Lentinus edodes* ve *Pleurotus ostreatus* atık mantar kompostlarını domuzlarda yem olarak kullanmış ve verimliliği tespit etmeye çalışmıştır. Hamile olan domuzların atık mantar kompostları ile beslenmesini sağlamış ve meydana gelen yavruların, atık mantar kompostundan oluşturulan yem ile beslenmeyenlere göre daha kilolu ve sağlıklı olduğunu tespit etmiştir. Denemelerde oluşan yavruların ölüm ve ishal oranının azaldığını görmüştür. Böylece atık mantar kompostundan elde edilen yemlerin verimli, güvenli ve ucuz domuz üretiminde ekonomik olduğunu göstermiştir. Yeni doğan domuzlar dışında olgun domuzlarda da bu verim gözlenmiştir. Kullanılan hayvan yemlerinin içine eklenerek domuzların 1 hafta adaptasyon sağlaması beklenmiştir. Ardından belli oranlarda atık mantar kompostu içeriği arttırılarak domuzlar beslenmiş ve günde 780 gramdan daha fazla ağırlıklarının arttığı gözlenmiştir.

Sığır yemlerine %5-%10 oranında *Pleurotus ostreatus* atık mantar kompostu eklemesi yapılmıştır. Bu deneyin sonucunda atık kompost eklemesi yapılan yemlerle beslenen sığırların üreme, süt verimi ve tedavi yanıtlarında, kontrol gruplarına göre %6'ya kadar artış olduğu gözlenmiştir. Atık mantar kompostu, içeriği olan yemlerle beslenen büyükbaş hayvanların rumenlerinde bulunan mikroorganizma florasının iyi yönde etkilendiği de başka bir çalışmada gözlenmiştir (Liang vd., 2001). Belirtilen hayvanların dışında atık mantar kompostları balık yemi olarak da kullanılmış ve çalışmalar yapılmıştır. Sadece arpa tozu içeriği bulunduran balık yemlerine nazaran atık mantar kompostu içeriği olan balık yemlerinin %35.91 oranında verimliliği arttırdığı gözlenmiş ve yem maliyetini de %23.7 oranında düşürmüştür (Hui vd., 2007).

Çin, dünya çapında atık mantar kompostunun yaklaşık % 70'ini üretmektedir. (Zhu vd., 2013). *Agaricus bisporus* atık mantar kompostu biyoyakıt (Kapu vd., 2012), alternatif yakıt (Maher vd., 2000; Williams vd., 2001; McCahey vd., 2003; Ryu vd., 2008 a; Finney vd., 2009 a, b, c) ve biyogaz üretiminde (Tumwasorn vd., 1980) kullanılmaktadır. *Pleurotus* atık mantar kompostları da biyogaz kaynağı olarak incelenmiştir (Bisaria vd., 1990; Mehta vd., 1990). *Lentinula edodes* türünün atık mantar kompostu alternatif bir yakıt olarak test edilmiştir (Pauli, 1999; Lee vd., 2008; Asada vd., 2011). Atık mantar kompostları metan gazı üretebilmek için ideal bir malzemedir. Atık mantar kompostu içerisinde metan gazı üreten bakterilerin uzun süre yaşayabilmesi ve yayılabilmesi için temel oluşturan birçok besin maddesi bulunmaktadır. Atık mantar kompostu malzemelerinin kullanılması

fermantasyon süresini kısalttığı gözlenmiştir. *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* ve *Auricularia auricula*'nın atık mantar kompostları üzerine yapılan çalışmalardan birinde yaklaşık 5 kg atık mantar kompostunun 3-5 kişilik bir ailenin bir günlük biyogaz ihtiyacını karşılayabileceği saptanmıştır (Songlin, 2002).

*Agaricus bisporus* atık mantar kompostları aktif karbonun kömürleşmesi (Ma vd., 2014), ısıya dayanıklı formüller (Donnell ve Busta, 1980), lignoselülozik enzim kaynağı (Ball ve Jackson, 1995; Phan ve Sabaratnam, 2012), biyo-aşılایıcıların hazırlanması için taşıyıcı malzeme (Bahl ve Jauhri, 1986; Bahl vd., 1989), tuğlalar için yalıtım malzemesi ve hayvanlar için yatacak yer (Durrell vd., 1997; Beattie vd., 2001; Muñoz Velascoa vd., 2014), beton takviye malzemesi (Russell vd., 2005), vermikültür (Edwards vd., 1985; Tajbakhsh vd., 2008) için kullanılmıştır. *Pleurotus* türleri atık mantar kompostları hücre dışı enzim üretimi (Tan ve Wahab, 1997; Phan ve Sabaratnam, 2012), nanoparçacık üretimi (Vigneshwaran vd., 2007), peynir ve ayran üretiminde kullanılan *Lactococcus lactis* bakterisinin üretimi (Wu vd., 2014) ve süper emici reçinelerin üretilmesi için (Ding ve Gong, 2013) için kullanılmıştır. *Flammulina* türlerinin atık mantar kompostları biyolojik pestisit olan *Bacillus thuringiensis*'in çoğaltılması için araştırılmıştır (Wu vd., 2013, Wu vd., 2014).

### **2.3. Ekstrasellüler Enzim Kaynağı Olarak Atık Mantar Kompostu**

Endüstri ve sanayi gibi birçok sektörde farklı işlemler için kullanılan enzimler kimyasal reaktiflerin yanı sıra biyolojik ajanlar sayesinde de üretilmektedir. Son yıllarda kimyasal reaktifler yerine biyolojik ajanlar daha çok tercih edilmektedir. Çünkü biyolojik işlemler, kimyasal reaktiflerle karşılaştırıldığında parçalanma, bertaraf etme kolaylığı ve elde edilen tepkime yan ürünleri gibi birçok işlem ve çevre için avantaj sunmaktadır. Biyolojik işlemler çevreye zararsızdır, çok düşük korozyon ve toksik özellik göstermektedirler. Biyolojik ajanlar sayesinde elde edilen enzimler daha düşük maliyetler ile elde edilmektedir. Bu durum sonucunda enzim fiyatları azalmış ve azalmaya devam etmektedir. Enzim fiyatlarının azalışı sektörleri daha verimli, hızlı ve çekici bir hale getirmiştir. Mikrobiyoloji, moleküler biyoloji ve enzimoloji alanları enzim üretim verimliliğini daha da arttırmak, ticari fiyatlandırmayı azaltmak, enzimatik arıtma işlemleri için proses parametrelerini, koşullarını optimize etmek ve enzimleri etkili bir şekilde geri kazanmak, yeniden kullanmak için çalışmalar yürütmektedir.

Atık mantar kompostları da enzim üretimlerinde kullanılabilecek biyolojik ajanlar olarak tercih edilebilmektedir. Atık mantar kompostlarından elde edilebilecek çok çeşitli

endüstriyel öneme sahip enzim türü bulunmaktadır. Tablo 2.3'te atık mantar kompostlarından elde edilebilecek enzimlerden bazıları ve genel özellikleri belirtilmiştir.

**Tablo 2.3.** Atık mantar kompostundan elde edilebilecek bazı enzimler

| Enzimin Adı   | Katalizlediği Reaksiyon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Kullanım Alanı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Kaynak                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lakkaz</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aromatik bileşikler lakkaz enzimi içinde bulunan polifenolazlar ile oksitlenir.</li> <li>Benzen halkası içeren bileşikler okside ederler.</li> <li>Fenolik bileşikler, fenilpropanoidler, azo boyaları ve indigo boya gibi çok çeşitli substratları oksitler.</li> <li>Aromatik olmayan lignin içerikli bileşikler oksitler.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Atık suların boyalardan arındırılmasında kullanılır.</li> <li>Kağıt imalat ve geri dönüşüm endüstrisinde, fenolik bileşiklerin ortadan kaldırılarak kağıt kalitesini arttırmada kullanılır.</li> <li>Kağıt hamurlarının ağartılmasında kullanılır.</li> <li>Tekstil boylarından fenollerin uzaklaştırılmasında kullanılır.</li> <li>Tekstil ürünlerinin atık detoksifikasyonunda kullanılır.</li> <li>Biyosensör teknolojisinde kullanılır.</li> <li>Meyve suyu, bira, şarap üretiminde fenolik bileşiklerin oluşturduğu bulanıklık ve renk bozukluklarının giderilmesinde kullanılır.</li> <li>Şarap ve biranın stabilize edilmesinde kullanılır.</li> <li>Fırın endüstrisinde kullanılan hamurların hacminin ve kalitesinin arttırılmasında kullanılır.</li> </ul> | <p>Chauhan vd., 2017</p> <p>Mathews vd., 2016</p> <p>Singh ve Gupta, 2020</p> <p>Chandra ve Chowdhary, 2015</p> <p>Christopher vd., 2014</p> <p>Singh vd., 2014</p> <p>Saxena ve Chauhan, 2016</p> <p>Sondhi vd., 2015</p> <p>Wang ve Zhao, 2016</p> <p>Bilal vd, 2019</p> |

Tablo 2.3. devam etmektedir.

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                             |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gıda maddelerinde aroma arttırıcı olarak kullanılır.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                             |
| <b>Lignin Peroksidaz (LiP)</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boyaların, klorofenollerin, polisiklik aromatik hidrokarbonların, organofosforlu bileşiklerin ve fenoller gibi birçok ksenobiyotiğin degradasyonunu gerçekleştirir.</li> <li>Ligninin hidrojen peroksite bağlı oksidatif degradasyonunu katalize eder.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Toprak detoksifikasyonunda kullanılır.</li> <li>Atık sularda fenollerin ve klorofenollerin degradasyonunda kullanılır.</li> <li>Kozmetik ürünlerinde kullanılır.</li> <li>Etanol üretiminde kullanılır.</li> <li>Tekstil endüstrisinde sentetik boyaların degradasyonunda kullanılır.</li> <li>Gıdaların raf ömrünü uzatmak için kullanılır.</li> </ul>                                                                                                                                                                     | <p>Falade vd., 2017</p> <p>Draelos, 2015</p> <p>Singh, 2015</p> <p>Osma vd.,2010</p>                        |
| <b>Manganez Peroksidaz (MnP)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Çevresel kirleticilerin, polisiklik aromatik hidrokarbonların, sentetik boyaların, böcek ilaçlarının, poliklorlu bifenillerin, herbisitlerin ve diğer bir çok ksenobiyotiğin ayrışmasını sağlar.</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>MnP, LiP ve lakkaz enzimleri lignoselülotik enzimler olarak bir çok gıda ve tarım artıklarının tekrar kullanım uygulamalarında kullanılır.</li> <li>MnP, fenollerin giderilmesini sağlayarak yiyecek ve içeceklerin renklerinin iyileştirilmesinde kullanılır.</li> <li>Meyve suyu, bira ve şarap üretiminde berraklaştırma için kullanılır.</li> <li>Şeker pancarı ve zeytinyağı gibi üretim fabrikalarının atık sularının arıtılmasında kullanılır.</li> <li>Gıdalar için aromatik tatlar üretmede kullanılır.</li> </ul> | <p>Vrsanska vd., 2015</p> <p>Velioglu ve Ozturk, 2015</p> <p>Maciel vd.,2010</p> <p>Chowdhary vd., 2019</p> |
| <b>Ksilanaz</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ksilanazlar ksilooligosakkaritler</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fırın endüstrisinde hamurun reolojik</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Michelin vd., 2014</p>                                                                                   |

Tablo 2.3. devam etmektedir.

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                               |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <p>ve ksilobiyozya üzerine etki etmektedir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uzun zincirli polisakkarit omurgalarını parçalar.</li> <li>• Ligninlerin degradasyonunu sağlar.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                    | <p>özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meyve suyu üretiminde stabilizasyon için kullanılır.</li> <li>• Bira ve şarap yapımında biranın ve şarabın berraklaştırılması ve viskozitesinin azaltılması için kullanılır.</li> <li>• Meyve sebze suları üretiminde yumuşatıcı enzim olarak, viskozitelerinin azaltılmasında, bulanıklık giderici olarak kullanılır.</li> <li>• Gıdaların raf ömürlerinin uzatılmasında kullanılır.</li> <li>• Hayvan yemlerinin kalitelerinin artırılmasında kullanılır.</li> <li>• Kağıt hamurunun ağartılmasında kullanılır.</li> </ul> | <p>Mandal, 2015</p> <p>Raveendran vd., 2018</p> <p>Moreira ve Filho, 2016</p>                                                                                                 |
| <b>Proteaz</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteinleri daha küçük peptitlere ve amino asitlere hidrolize edip hücre tarafından emilimini katalize eder. Bu yüzden azot metabolizmasında çok önemli rolleri vardır.</li> <li>• Birçok proteinin lokalizasyonunu ve aktivitesini düzenlediğinden ve protein-protein etkileşimlerini modüle ettiğinden, moleküler sinyallerin üretilmesine, transdüksiyonuna ve amplifikasyonuna</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterjan endüstrisinde protein içerikli lekelerin çıkarılmasında kullanılır.</li> <li>• Meyve suyu ekstraksiyonlarının tüm uygulamalarında ve meyve suyu berraklaştırılmasında kullanılır.</li> <li>• Pamuğun işlenmesinde, bitki liflerinin gamının giderilmesinde kullanılır.</li> <li>• Atık su arıtımında kullanılır.</li> <li>• Bitkisel yağ ekstraktlarının elde</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 | <p>Liu ve Kokare, 2017</p> <p>Salinas vd., 2015</p> <p>Palomba vd., 2017</p> <p>Cobos ve Diaz, 2015</p> <p>Zarei vd., 2015</p> <p>Santini vd., 2017</p> <p>Kirk vd., 2002</p> |

Tablo 2.3. devam etmektedir.

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | <p>katkıda bulunduğundan dolayı birçok fizyolojik sürecin kritik düzenleyici işlevlerini yerine getirmektedir.</p>                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>edilmesinde kullanılır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Çay ve kahve fermantasyonlarının gerçekleştirilmesinde kullanılır.</li> <li>• Kağıdın ağartılmasında kullanılır.</li> <li>• Kanatlı yemlerinin katkı maddelerinin üretilmesinde kullanılır.</li> <li>• Et endüstrisinde eti yumuşatmak için, süt endüstrisinde çökelmede kullanılır.</li> <li>• Fırın endüstrisinde hamur kalitesini arttırmak için kullanılır.</li> <li>• Deri endüstrisinde elastin ve keratin degradesyonunda kullanılır.</li> <li>• Terapötik ajanlar olarak ilaç endüstrisinde kullanılır.</li> </ul> | <p>Hussain vd., 2017</p> <p>Jerica ve Janko, 2012</p>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Amilaz</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nişatayı parçalayarak farklı primer grupları üretirler.</li> <li>• Glikozidik bağları hidrolize ederler.</li> <li>• Amilaz enzimi amiloz, amilopektin ve glikojen moleküllerinin indirgeyici olmayan uçlarında glikolitik bağlantılar üzerine etki ederek, moleküler ağırlığı daha düşük olan karbonhidratlar üretmektedir.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enzimatik deterjan endüstrisinde tercih edilen önemli enzimlerden birisi olan amilazlar, tüm sıvı deterjanların %90'ını oluşturmaktadır. Deterjan formülasyonlarında tercih edilmesinin sebebi, hem sert lekeleri çıkarmada etkili olmaları, hemde çevre için güvenli olmalarından kaynaklanmaktadır.</li> <li>• Amilaz enzimlerinden üretilen çamaşır deterjanları, çamaşırlarda oluşan nişastalı gıdaların leke kalıntılarını dekstrinlere ve</li> </ul>                                                                                                | <p>Saini vd., 2017</p> <p>Pundir, 2015</p> <p>Silva, 2014</p> <p>Park vd.,2018</p> <p>Satya ve Swasti, 2019</p> <p>Sundarram ve Murty, 2014</p> <p>Prakash ve Jaiswal, 2010</p> <p>Hmidet vd., 2009</p> <p>Chi vd., 2009</p> <p>Mukherjee vd., 2010</p> <p>Ghorai vd., 2009</p> <p>Kirk vd., 2002</p> |

Tablo 2.3. devam etmektedir.



|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                              |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|  |  | <p>oligosakkaritlere indirmek için kullanılmaktadır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etanol üretiminde kullanılır.</li> <li>• Amilazlar fırın endüstrisi, mayalama, sindirim yardımcılarının hazırlanması, kek ve meyve suyu üretimi, nişasta şurubu üretimi gibi birçok işlenmiş gıda endüstrisi ürünlerinde yaygın olarak kullanılır.</li> <li>• Hamura eklenen amilazlar fermantasyonun artmasına neden olduklarından, hamur viskozitesini azaltmaktadır. Bu durum, ürün hacminde ve dokusunda iyileşmelerin olmasını ayrıca fermantasyon sayesinde oluşan ekstra şekerin, ekmeğin tadında ve kabuğunun kızarmasında daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlar.</li> <li>• Fırın endüstrisinde, amilazlar ürün kalitesinin artmasının yanı sıra ekmek pişirme sırasında, ürünün yumuşak kalmasını ve raf ömrünün uzamasını sağlar.</li> <li>• Amilazlar ayrıca bira ve meyve sularının arıtılmasında da kullanılır.</li> <li>• Lif sindirilebilirliğini sağladıkları için, hayvan yemleri üretiminde ön</li> </ul> | <p>Ahlawat vd., 2009<br/>Mitidieri, 2006</p> |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|

Tablo 2.3. devam etmektedir.

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                               |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>işlemlerde amilazlar kullanılır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amilazlar tekstil endüstrisinde, haşıl sökme işleminde iplik sağlamlığı için kullanılır.</li> <li>• Amilazlar, kağıt endüstrisinde kağıdın yazı kalitesini arttırmak adına, kağıt yüzeyinde pürüzsüzlük sağlamak ve kağıdın daha güçlü hale gelebilmesi için kullanılır.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                               |
| <b>Selülaz</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selülaz enzim kompleksi kristalli selülozu ayrıştırabilmek için en az üç farklı enzim tipinden oluşmaktadır.</li> <li>• Bu enzimler; endoglukanaz, ekzoglukanaz ve <math>\beta</math>-glükosidaz olarak gruplandırılmaktadır. Bu enzim grubu birlikte çalışarak selülozu hidrolize etmektedir.</li> <li>• Endoglukanazlar selüloz molekülündeki uzun zincirin iç bölgelerinde rastgele ayrıştırmalar gerçekleştirerek selülozun polimerizasyon derecesini azaltmaktadır. Endoglukanazların gerçekleştirdiği bu ayrışmalar sonucunda, farklı uzunluklarda oligosakkaritler meydana gelmektedir.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bitki patojeni ve hastalık kontrolünde, bitki ve mantar protoplastlarının üretiminde, toprak kalitesini arttırmada kullanılır.</li> <li>• Selülozik malzemelerin etanole, diğer çözücülere, organik asitlere, tek hücreli proteinlere ve lipitlere dönüştürülmesinde kullanılır.</li> <li>• Enerji zengini hayvan yemi üretiminde kullanılır.</li> <li>• Selülaz bazı deterjanlar; liflere zarar vermeden üstün temizleme etkisi; gelişmiş renk parlaklığı ve kir giderme için kullanılır.</li> <li>• Bira ve şarap stabilizasyonu ve ideal viskozite için kullanılır.</li> <li>• Meyve ve sebze sularında renk, aroma iyileştirmesinde; unlu mamullerde</li> </ul> | <p>Kuhad vd., 2011<br/>Kuhad vd., 2016<br/>Shah vd., 2017<br/>Raveendran vd., 2018<br/>Socol vd., 2017<br/>Urbaniec ve Bakker 2015<br/>Liming ve Xueliang, 2004<br/>Karmakar ve Ray, 2011</p> |

Tablo 2.3. devam etmektedir.

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekzoglukanazlar ise selüloz zinciri üzerinde veya endoglukanazların meydana getirdiği oligosakkarit parçaların serbest ucundan hidrolizini gerçekleştirerek glikoz veya sellobiozları oluşturmaktadır.</li> <li>• <math>\beta</math>-glikosidazlar açığa çıkan sellobiozları glikoza parçalamaktadır. <math>\beta</math>-glikosidazlar selülozun parçalanmasında, son ürün oluşana kadar meydana gelen tüm basamaklardan sorumlu olan bir selülaz enzimi türüdür. Bu enzim yalnızca son ürünü oluşturmaktan sorumlu değildir. Aynı zamanda, bu enzim ekzoglukanaz ve endoglukanaz enzimlerinin gerekli zamanlarda inhibe olmasını sağlayarak selüloz hidroliz sürecinin en verimli şekilde gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır.</li> </ul> | <p>kaliteli hamur için kullanılır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kağıt hamuru ağartılmasında, kağıt mukavemetinin arttırılmasında kullanılır.</li> <li>• Kumaşlarda parlaklığın ve yumuşaklığın arttırılmasında; kumaşlardaki boya lekelerinin çıkarılmasında kullanılır.</li> </ul> |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

#### 2.4. Antioksidan Aktivite

Serbest radikaller nükleik asit, serbest aminoasit, lipit, lipoprotein, karbonhidrat, bağ dokular, aerobik hücrelerin tüm fraksiyonlarında, metabolizma sırasında yada patolojik durumlarda yan ürün olarak meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu radikaller hücre içinde değişikliklere sebebiyet verebilmektedir. Bu değişiklikler sonucunda hücrelerde, dokularda ve organlarda hasar, iltihap, kanserogenez, yaşlanma gibi önemli hastalıklar meydana gelebilmektedir (Shahidi ve Zhong, 2015).

Farklı gruplarda sınıflandırılan radikallerin en önemlileri, oksijenden oluşan radikallerdir.

#### **2.4.1. Reaktif Oksijen Türleri**

Reaktif oksijen türleri, esas olarak mitokondri olmak üzere hücre metabolizmalarının yan ürünleri olarakta üretilmektedir. Moleküler oksijen ( $O_2$ ), tüm aerobik organizmaların hayatta kalması için gerekmektedir. Aerobik enerji metabolizması, bir enzim kompleksi yardımıyla okdido-redüksiyon enerjisinin ATP de yüksek enerjili fosfat bağına dönüştürüldüğü bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Oksijenden suya indirgenme sırasında elektron transferleri gerçekleşmektedir ve bu transfer sırasında reaktif oksijen molekülleri oluşmaktadır. Sırasıyla oksijenin indirgenmesiyle süperoksit anyonu ( $O_2^{\cdot-}$ ), hidrojen peroksit ve geçiş metali iyonlarının varlığında, daha da reaktif olan hidroksil radikali (OH) oluşabilmektedir. Bu oksijen metabolitleri oksijen molekülüne göre daha yüksek reaktiviteye sahiptir ve bu yüzden reaktif oksijen türleri olarak adlandırılmaktadır (Victor vd., 2000).

Mitokondri ve hücre kaynaklarından elde edilen bu reaktif oksijen türleri hücre bileşeni, DNA, doku gibi yapılara zarar verme potansiyeline sahip olan toksik moleküller olarak kabul edilmektedir. Bu durum hücreler üzerinde oksidatif stres oluşturmaktadır. Dolayısıyla oksidatif stres, oksidatif zararı ile hücredeki antioksidan kapasitesi arasındaki dengesizlik olarak tanımlanmakta ve bir çok hastalığın ortaya çıkmasında rol oynamaktadır. Reaktif oksijen türlerinin potansiyel olarak zarar verici etkileri enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlarla korumaya yardımcı olmaktadır. (Simioni vd., 2018).

#### **2.4.2. Antioksidanlar**

Antioksidanlar, kolayca diğer moleküllerle bağ yapabilen serbest radikallerin oluşumunu önlemektedir. Antioksidanlar, hücre metabolizmalarının sebep olduğu serbest radikalleri süpürerek, hücrenin zarar görmesini engelleyen yapılardır. Hücre temel bileşenleri ve DNA gibi okside olabilecek olan yapıların okside olmasını önlemekte veya geciktirmektedir. Bu durum, antioksidanların sağladığı bir savunma sistemi olarak belirtilmektedir. Antioksidanlar, serbest radikal üretimini önleyerek, üretilmiş radikalleri temizleyerek, hücrede meydana gelen deformasyonları onararak, radikallerin sebep olduğu zincir reaksiyonlarını durdurarak, endojen antioksidan kapasitesini arttırarak savunma yapmaktadır (Sarıkaya vd., 2009).

**Tablo 2.4.** Enzim yapısında olan ve enzim yapısında olmayan bazı antioksidanlar

| <b>Enzim Yapısında Olan Bazı Antioksidanlar</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Enzim</b>                                    | <b>Antioksidan Özelliği</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Kaynak</b>                                                                                                         |
| Süperoksit dismutaz (SOD)                       | <ul style="list-style-type: none"><li>Süperoksitlerin inhibe edilmesini sağlar.</li><li>Süperoksitler zincir radikallerinin başlangıç elemanı olarak ifade edilmektedir. Süperoksit dismutazlar bu yüzden oksidatif stres karşısında ilk savunucu mekanizmadır.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Mironczuk-Chodakowska, 2018<br>Jeeva vd., 2015<br>Ighodaro ve Akinloye, 2019<br>Rabeloa vd., 2018<br>Vuleta vd., 2016 |
| Katalaz (CAT)                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>Katalazlar da süperoksit dismutazlar gibi katalizleme yapmaktadır. Serbest radikal olan süperoksidi oksijen molekülüne ve suya parçalamaktadır.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ighodaro ve Akinloye, 2019<br>Jeeva vd., 2015<br>Rabeloa vd., 2018<br>Vuleta vd., 2016                                |
| Glutasyon peroksidaz (GPx)                      | <ul style="list-style-type: none"><li>Hücreyi hidrojen peroksidin neden olduğu zararlara karşı koruyan ve hidrojen peroksitten hidroksil radikalının oluşmasını engelleyen enzimlerdir.</li><li>Glutasyon peroksidazlar dört tane protein alt biriminden oluşmaktadır. Bu proteinlerin aktif bölgelerinde selenyum atomu bulunmaktadır. Bunlara selenyuma bağımlı glutasyon peroksidaz denilmektedir. Ayrıca selenyum atomu içermeyen glutasyon peroksidazlarda vardır. Selenyum içerikli olan glutasyon peroksidazlar hidrojen peroksit ve organik hiperoksitlere karşı etki gösterirken, selenyum içeriği olmayan glutasyon peroksidazlar hidroperoksidazlar ile etkileşime girmektedir. Glutasyon peroksidaz, hidrojen peroksit ile glutasyonun (GSH) reaksiyona girmesini sağlayarak glutasyon disülfid (GSSG) ve su oluşmasını sağlamaktadır.</li><li>Selenyum bağımlı olmayan glutasyon indirgeyici enzimlere ise Glutasyon-S-Transferaz adı verilmektedir. Bu enzimler hidroperoksitlere karşı aktivite göstermektedir ve antioksidan aktivitelerinin yanı sıra hücre</li></ul> | Ighodaro ve Akinloye, 2019<br>Jeeva vd., 2015<br>Rabeloa vd., 2018                                                    |

Tablo 2.4. devam etmektedir.

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                              |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                    | <p>içinde bulunan endojen maddelerin taşınmasında da görev almaktadır. Glutasyon-S-Transferazlar hücre içinde zararlı etkisi olabilecek ajanlarla direkt bağ oluşturarak bu ajanların sebep olabileceği zararlı etkiye karşı hücreyi korumaktadır.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                              |
| <b>Bazı Enzim Yapısında Olmayan Antioksidanlar</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                              |
| Glutasyon                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Glutasyonlar bazı dokularda milimolar konsantrasyonlarına kadar ulaşabildikleri için hücre içinde en çok bulunabilen küçük moleküllerdir. Önemli antioksidanlar olan glutasyonlar; glutasyon peroksidaz, glutasyon redüktaz ve glutasyon-S-transferaz enzimleri tarafından katalizlenerek çeşitli elektrofilik bileşiklerin ve peroksitlerin detoksifikasyonlarında rol oynamaktadır.</li> <li>• Glutasyonlar, detoksifikasyonlara ek olarak hücre içinde gen regülasyonu ve ekspresyonu gibi hücreysel aktivitelerde de rol oynamaktadır.</li> <li>• Hücre içinde glutasyon eksikliği hücreyi oksidatif hasar riskine sokmakta bu yüzden bir çok hastalık meydana gelebilmektedir.</li> </ul> | <p>Haida ve Hakiman, 2019<br/>Shereefa ve Kumaraswamy, 2016</p>                                              |
| C ve E vitaminleri                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serbest radikallerden daha az reaktif olan radikalleri oluşturmak için serbest radikallerle reaksiyona giren nonenzimatik antioksidanlardır.</li> <li>• Reaktif radikalleri hapsederek radikal reaksiyon zincirlerini kırmaktadırlar.</li> <li>• E vitaminleri lipitte çözünen, hücre membranını koruyan ve membranda meydana gelen radikal reaksiyon zincirlerini kıran önemli bir antioksidan olarak belirtilmektedir.</li> <li>• Vitamin C, askorbik asit olarak da bilinmektedir. C vitaminleri kollajen, karnitin ve nörotransmitter biyosentezlerinde kofaktör</li> </ul>                                                                                                                | <p>Haida ve Hakiman, 2019<br/>Shereefa ve Kumaraswamy, 2016<br/>Anahita vd., 2015<br/>Pham-Huy vd., 2008</p> |

Tablo 2.4. devam etmektedir.

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                        |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | <p>olarak görev yapmaktadır. C vitaminleri süperoksit, hidroperoksil radikalleri, ozon, azot dioksitnitroksit radikalleri gibi oksijen ve azot radikal türlerini kolayca temizleyebilmektedir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>C vitamini önemli bir antioksidan olmasının yanısıra hücre içinde birçok aktiviteye sahiptir ve enzim kofaktörü olduğu gibi hücre içi glutatyonlarının da korunmasında rol oynamaktadır. C vitaminleri lipitte çözünür radikallerin artırılmasıyla üretilen <math>\alpha</math>-tokoferoksilleri, <math>\alpha</math>-tokoferollere (Vitamin E) rejenere ederek bir koantioksidan görevi de görmektedir.</li> </ul>                                                |                                                                                                        |
| $\beta$ -karoten                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Göz için önemli olan A vitaminine dönüşebilmektedirler.</li> <li>Bu antioksidanlar aynı zamanda bir pro-vitamin olan yağda çözünür karotenoidlerdir.</li> <li>Güçlü bir antioksidan olan <math>\beta</math>-karotenler singlet oksijenin en iyi söndürücüsü olarak kabul edilmektedir.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Haida ve Hakiman, 2019<br>Young ve Lowe, 2018                                                          |
| Flavonoid ve fenolik bileşikler | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bir çok gıda ürünlerinde doğal antioksidanlar olarak bulunmaktadır.</li> <li>Flavonoidler 5 farklı sınıfta incelenmektedir. Bunlar flavonlar, flavonoller, flavanonlar, flavanoller ve antosiyanin olarak ayrılmaktadır.</li> <li>Flavonoller, bitkisel gıdalardaki flavonoidlerin en yaygın olanlarıdır. Flavonlar yapısal olarak flavonollere benzemektedir ve sadece karbon halkası üzerinde ki bir değişiklikten dolayı ayrımları yapılmıştır. Antosiyaninler suda çözünebilir pigmentlerdir.</li> <li>Flavonoidler, süperoksit anyonu, hidroksil veya peroksil radikalleri, singlet oksijeni oksitler. Ayrıca oksidasyonda inhibitör görevi görürler.</li> </ul> | Tanwar ve Modgil, 2012<br>Haida ve Hakiman, 2019<br>Debnath vd., 2018<br>Shereefa ve Kumaraswamy, 2016 |

## 2.5. Antimikrobiyal Aktivite

Mantarlar ile yapılan antimikrobiyal aktivite çalışmalarında insan sağlığının korunmasında kullanım potansiyeline sahip antibiyotiklerin varlığı belirlenmiştir. Mantarlar kendi doğal ortamlarında hayatta kalabilmek adına antimikrobiyal aktivite gösterecek bileşenleri oluşturmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden mantarlardan sağlanabilecek olan birçok ekstrasellüler yapı insan için önem teşkil etmektedir. Sadece hastalıklardan korunma veya iyileşme amacı ile değil aynı zamanda gıdaların korunması, gıda raf ömrünün uzatılması ve gıda kaynaklı hastalıkların engellenmesinde de antibiyotikler yaygın kullanım alanına ve öneme sahiptir. Antimikrobiyal aktiviteye sahip olan ürünler alternatif gıda koruyucuları olarak tercih edilmektedir (Tajkarimi vd., 2010). Bu durum farklı doğal kaynaklardan üretilen antimikrobiyallerin araştırılmasına yol açmıştır. Doğal antimikrobiyaller, bitki, hayvan, bakteri, alg ve mantar dahil olmak üzere farklı birçok kaynaktan elde edilebilmektedir (Gyawali ve İbrahim, 2012). Doğal antimikrobiyallerden elde edilen bileşikler arasında olan polifenolik bileşikler, büyük yapısal çeşitliliğe ve farklı kimyasal bileşimdeki değişikliklere sahiptir. Bu nedenle bu bileşiklerin patojenik olan mikroorganizmalara karşı antibakteriyal etkilerinin olduğu farkedilmiştir (Stojkovic vd., 2013). Doğal antimikrobiyal maddelere, yapılarındaki polifenolik bileşikler veya hidrofobik bazı gruplar, sahip oldukları bu özellikleri kazandırmaktadır. (Dorman ve Deans, 2000).

Bitkiler üzerinde yapılmış olan antimikrobiyal aktivite çalışmaları vardır. Algler ve mantarlar yeni bir antimikrobiyal madde kaynağı olarak çalışılmaktadır (Bhagavathy vd., 2011; Ramesh ve Pattar, 2010).

Mikroorganizmaların ilaca olan dirençlerinin giderek artması da çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek olan antibiyotiklerin geliştirilmesi ihtiyacını gündeme getiren bir konudur (Levy ve Marshall, 2004). Doğal antimikrobiyallerden elde edilen biyoaktif kimyasalların antimikrobiyal potansiyellerinin yaygın olduğu bilinmektedir. Hatta ilk antibiyotik olan penisilinin keşfi, mantarlardan elde edilen doğal ürünlerin antimikrobiyal potansiyelini vurgulamaktadır. Bunun yanı sıra mantarlar hayatta kalabilmek adına ortamlarındaki diğer mikroorganizmalar ile rekabette avantaj sağlayacak kimyasal bileşikler üretebilmektedir (Spiteller, 2008). *Basidiomycetes* makro funguslarından grifolin (Hirata ve Nakanishi, 1950), skorodonin, strobilurin C (Anke vd., 1980), ganomisin (Mothana vd., 2000), mikaseol (Zahid vd., 2006), plöromutilin (Kavanagh vd., 1951) gibi antimikrobiyal maddeler izole edilmiştir. Retapamulin, basidiomisetlerden elde edilen önemli olan bir antibiyotik olarak



ortaya çıkmıştır. Bu antibiyotik ciltte enfeksiyona neden olan Gram pozitifler üzerinde çalışılmış ve tedavide sonuçlar elde edilmiştir (Jones vd., 2006). Bu bileşenlerin yanı sıra makromantarlardan elde edilen polisakkaritlerin dolaylı yoldan antimikrobiyal aktivite sergilediği gözlenmiştir (Alves vd., 2013).

Farklı mantar türlerinin farklı ekstraksiyon sıvılarıyla yapılan denemelerinde ekstraktlar seyreltilerek mikroorganizmalar üzerindeki farklı konsantrasyonlardaki inhibe edici etkileri gözlenmiştir (Tablo 2.5).

*Pleurotus ostreatus* mantarı üzerinde yapılan bir çalışmada *S. aureus*, *Staphylococcus epidermidis* ve *E. coli* gibi bir çok ilaca direnci olan bakterilerin suşlarına karşı mantar ekstraktlarının etkili olduğu gözlenmiştir (Wolff vd., 2008). *Morchella esculenta* türünün ekstraktları antimikrobiyal aktivitenin yanı sıra antioksidan, antienflamatuar, hepatoprotektif ve antitümör aktiviteleri göstermektedir (Nitha vd., 2007; Alves vd., 2012; Nitha vd., 2013; Heleno vd., 2013; Dimitrijevic vd., 2015).

**Tablo 2.5.** Bazı mantarların antimikrobiyal aktivitesi (Glamoclija vd., 2018).

| Mantar                     | Ekstrakt tipi | Antimikrobiyal aktivite                                                   | Kaynak                                                                           |
|----------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Agaricus bisporus</i>   | Metanol       | Antibakteriyal<br>İnhibisyon zonu 4-23 mm                                 | Abah ve Abah, 2010<br>Ozturk vd., 2011<br>Sharma vd., 2015<br>Waithaka vd., 2017 |
|                            |               | Antifungal<br>İnhibisyon zonu 8-21 mm                                     | Ozturk vd., 2011<br>Sharma vd., 2015<br>Waithaka vd., 2017                       |
|                            | Aseton        | Antibakteriyal<br>İnhibisyon zonu 10-17,77 mm                             | Sharma vd., 2015                                                                 |
| <i>Agaricus blazei</i>     | Metanol       | Antibakteriyal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 0,1-2,3 mg/ml      | Stojkovic vd., 2014                                                              |
|                            |               | Antifungal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 0,1-1,25<br>mg/ml      |                                                                                  |
|                            | Etanol        | Antibakteriyal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 0,04-1,15<br>mg/ml |                                                                                  |
|                            |               | Antifungal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 0,15-3,125<br>mg/ml    |                                                                                  |
| <i>Agaricus campestris</i> | Metanol       | Antibakteriyal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 0,58-2,34<br>µg/ml | Glamoclija vd., 2015                                                             |
|                            |               | Antifungal                                                                |                                                                                  |

Tablo 2.5. devam etmektedir.

|                            |         |                                                                  |                    |
|----------------------------|---------|------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                            |         | Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,39-6,25 µg/ml                |                    |
|                            | Etanol  | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,03-2,34 µg/ml |                    |
|                            |         | Antifungal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,1-3,12 µg/ml      |                    |
| <i>Agaricus macroporus</i> | Metanol | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,4-1,15 µg/ml  |                    |
|                            |         | Antifungal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,4-3 µg/ml         |                    |
|                            | Etanol  | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,35-1,7 µg/ml  |                    |
|                            |         | Antifungal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,5-2,34 µg/ml      |                    |
| <i>Agaricus bitorquis</i>  | Metanol | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,29-2,34 µg/ml |                    |
|                            |         | Antifungal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,78-3,12 µg/ml     |                    |
|                            | Etanol  | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,23-1,17 µg/ml |                    |
|                            |         | Antifungal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,39-3,12 µg/ml     |                    |
| <i>Coprinus comatus</i>    | Metanol | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,75-3 mg/ml    | Stojkovic, 2013    |
|                            |         | Antifungal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,75-3 mg/ml        |                    |
|                            | Su      | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 13-52 mg/ml     | Klancnik vd., 2017 |
|                            |         | Antifungal                                                       |                    |

Tablo 2.5. devam etmektedir.

|                              |              |                                                                                                 |                                                               |
|------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                              |              | Minimum inhibisyon konsantrasyonu 13-52 mg/ml                                                   |                                                               |
| <i>Grifola frondosa</i>      | Sıcak Alkali | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,02-2,5 mg/ml                                 | Klaus vd., 2015                                               |
| <i>Laetiporus sulphureus</i> | Metanol      | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,9-3,6 mg/ml <sup>-1</sup>                    | Petrovic vd., 2014b                                           |
|                              |              | Antifungal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 1,25-4,5 mg/ml <sup>-1</sup>                       |                                                               |
|                              | Polisakkarit | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,4-3,1 mg/ml <sup>-1</sup>                    |                                                               |
|                              |              | Antifungal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,5-4 mg/ml <sup>-1</sup>                          |                                                               |
| <i>Lentinula edodes</i>      | Su           | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 5->50 mg/ml<br>İnhibisyon Zonu: 15-21,2mm      | Hirasawa vd., 1999<br>Venturini vd., 2008                     |
|                              | Etil asetat  | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,1-2 mg/ml                                    | Hirasawa vd., 1999                                            |
|                              | Kloroform    | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,01->1,5 mg/ml                                | Hirasawa vd., 1999                                            |
| <i>Morchella esculenta</i>   | Metanol      | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,02->10 mg/ml<br>İnhibisyon Zonu: 6,16-8,34mm | Heleno vd., 2013                                              |
|                              | Etanol       | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,8-50 mg/ml                                   | Dimitrijevic vd., 2015                                        |
| <i>Morchella conica</i>      | Metanol      | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,7-7,5 mg/ml                                  | Vieira vd., 2015                                              |
|                              |              | Antifungal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,78-12,5 mg/ml                                    |                                                               |
|                              | Etanol       | Antibakteriyal İnhibisyon Zonu: 4-29mm                                                          | Turkoglu vd., 2006                                            |
| <i>Meripilus giganteus</i>   | Metanol      | Antibakteriyal Minimum inhibisyon konsantrasyonu 0,012-2,5 mg/ml<br>İnhibisyon Zonu: 8,5-17,5mm | Karaman vd., 2010<br>Karaman vd., 2014<br>Stojkovic vd., 2017 |

Tablo 2.5. devam etmektedir.

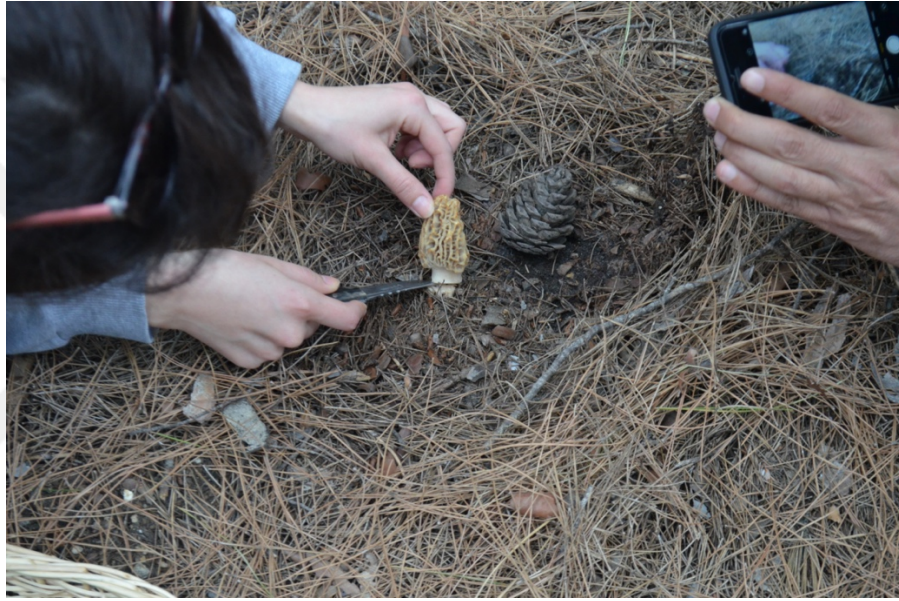
|                            |             |                                                                                              |                                        |
|----------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                            |             | Antifungal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 0,025-0,3<br>mg/ml                        |                                        |
| <i>Pleurotus ostreatus</i> | Sulu        | Antibakteriyal<br>İnhibisyon zonu 1-30,66mm                                                  | Bawadekji vd., 2017<br>Owaid vd., 2017 |
|                            |             | Antifungal<br>İnhibisyon zonu 20,66-<br>33,33mm                                              |                                        |
|                            | Metanol     | Antibakteriyal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 5-8 mg/ml<br>İnhibisyon Zonu:5-10,5mm | Akyüz vd., 2010<br>Chowdhury vd., 2015 |
|                            |             | Antifungal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 4 mg/ml<br>İnhibisyon Zonu: 8-15,5 mm     |                                        |
|                            | Etanol      | Antibakteriyal<br>İnhibisyon zonu 6,75-21,83<br>mm                                           | Ahmad vd., 2014                        |
|                            | Etil asetat | Antibakteriyal<br>İnhibisyon zonu 7,1-13,43mm                                                | Uddin vd., 2015<br>Roy vd., 2016       |
|                            | Hekzan      | Antibakteriyal<br>İnhibisyon zonu 11,09-<br>24,56mm                                          | Uddin vd., 2015                        |
|                            | Kloroform   | Antibakteriyal<br>İnhibisyon zonu 10-17mm                                                    |                                        |
| <i>Polyporus squamosus</i> | Metanol     | Antibakteriyal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 0,2-20,4<br>mg/ml                     | Fernandes vd., 2016<br>Mocan vd., 2018 |
|                            |             | Antifungal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 0,4-3,13<br>mg/ml                         |                                        |
|                            | Etanol      | Antibakteriyal<br>Minimum inhibisyon<br>konsantrasyonu 6,3-50 mg/ml                          | Dimitrijevic vd.,<br>2015              |

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Mantarın Eldesi

*Pleurotus ostreatus* HK-35 kışlık miselleri, Antalya Korkuteli ilçesinde ticari üreticiden alınmıştır. *Morchella esculenta* örnekleri ise Fethiye, Yeşil Üzümlü yöresinden toplanmıştır (Şekil 3.1). Bu mantarlar kurutulduktan sonra besiyerlerine ekim yapılmak üzere 4°C’de saklanmıştır.



Şekil 3.1. *Morchella esculenta*'nın doğada bulunuşu, Yeşil Üzümlü Yöresi, Fethiye, Muğla (07.04.2018)

##### 3.1.2. Kullanılan Referans Kültürler

*Pleurotus ostreatus* ve *Morchella esculenta* türleri atık mantar kompostlarının antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesinde aşağıda (Tablo 3.1) belirtilen referans kültürler kullanılmıştır;

**Tablo 3.1.** Referans kültürler

| <b>Tür Adı</b>                | <b>Referans Kodu</b> |
|-------------------------------|----------------------|
| <i>Bacillus cereus</i>        | NRRL-B-3711          |
| <i>Enterococcus faecalis</i>  | ATCC 29212           |
| <i>Escherichia coli</i>       | ATCC 35150           |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | ATCC 15442           |
| <i>Staphylococcus aureus</i>  | ATCC 25923           |
| <i>Candida albicans</i>       | ATCC 64548           |

### **3.2. Yöntem**

#### **3.2.1. Mantar Hif Gelişim Besiyerlerinin Hazırlanması**

*Pleurotus ostreatus* kültüvasyonu için patates dekstroz agar (PDA), *Morchella esculenta* kültüvasyonu için Hagem medium (HM) ve Minimal medium kullanılmıştır.

**Patates dekstroz agar hazırlanışı:** 200 gr patatesin kabukları soyulduktan sonra 30 dk boyunca 1 litre su da haşlanmıştır. Daha sonra filtre kâğıdından süzülerek içerisine 20 gr dekstroz ve 20 gr agar eklemesi yapılmıştır. Hazırlanan besiyeri karışımı 15 dakika 121 °C’de otoklavlanmıştır (Rahmaningsih vd., 2018).

**Hagem medium hazırlanışı:** 4 gr malt ekstrakt, 1 gr maya ekstraktı, 5 gr glikoz, 0,5 gr NH<sub>4</sub>Cl, 0,5 gr KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,5 gr MgSO<sub>4</sub>-7H<sub>2</sub>O, %1’lik FeCl<sub>3</sub> çözeltisinden 0,5 ml, 100 ppm’lik tiamin çözeltisinden 0,125 ml alınarak 1 litre distile suda çözündürülmüş ve ardından 15 dakika 121 °C’de otoklavlanmıştır (Kalmış ve Kalyoncu, 2008).

**Minimal medium hazırlanışı:** 0,036 gr üre, 0,5 gr KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,5 gr MgSO<sub>4</sub>-7H<sub>2</sub>O, 0,099 gr CaCl<sub>2</sub>, 1 gr glikoz alınarak 1 litre distile suda çözündürülmüş ve ardından 15 dakika 121 °C’de otoklavlanmıştır (Kalmış ve Kalyoncu,2008).

Hazırlanan tüm besiyerleri Petri kaplarına 3-5 mm olacak şekilde dökülmüş ve katılaşması için soğumaya bırakılmıştır (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2.** Besiyerlerinin Petri kaplarına dökülmesi ve soğumaya bırakılması

### 3.2.2. Mantar Gelişim Ortamlarının Hazırlanması

**Agar Besiyerinde Hif Gelişim Ortamı:** *Pleurotus ostreatus* mantarları PDA, *Morchella esculenta* HM ve MM besiyerlerine inoküle edilmek üzere steril penslerle 1-2 mm olacak şekilde küçük parçalara ayrılmıştır. Mantar parçaları %0,1'lik merkürük klorür çözeltisi içerisinde 20 saniye bekletilmiştir. Daha sonra merkürük klorür çözeltisi içerisinde alınan mantar parçaları 5 kez steril su içerisinde yıkanmıştır. Yıkanan mantar parçaları, her besiyerine üç parça yerleştirilecek şekilde besiyerine gömülmüştür. Hazırlanan besiyerlerine ekilen mantar parçaları 27 °C'de 8-10 gün inkübe edilmiştir. (Sehgal, 2005).

**Buğdaylı Misel Gelişim Ortamı:** 450 gr buğday 24 saat suda bekletildikten sonra suyu süzdürülen buğdayların ağırlığının %0,5'i kadar  $\text{CaSO}_4$  ve % 2'si kadar ise  $\text{CaCO}_3$  eklenmiştir. 1 litrelik kavanozlara doldurulan karışım 121°C'de bir buçuk saat otoklavlanmıştır. Karışım soğuduktan sonra HM besiyerinde geliştirilmiş olan *Morchella esculenta* ve PDA besiyerinde geliştirilmiş olan *Pleurotus ostreatus* hifleri buğday karışımına Petrinin  $\frac{1}{4}$  olacak şekilde inoküle edilmiştir (Yıldız, 1998).

### 3.2.3. Kompost Hazırlanması ve Kompostlara Ekim

*Morchella esculenta* ve *Pleurotus ostreatus* mantarları için farklı kompost içerikleri kullanılmıştır (Tablo 3.2). Tabloda belirtilen kompost içeriklerinin tamamı 100 gram olacak şekilde tartılmış, homojen bir şekilde karıştırılarak küçük cam kavanozlara aktarılmıştır ve 121°C'de iki saat otoklavlanmıştır. Otoklavlanan kompost içerikleri UV ışık ile steril edilmiş ortamda soğumaya bırakılmıştır.

Soğuyan kompost içeriklerinin ortasına açılan oyuya miseller, steril edilmiş bir spatül ile inoküle edilmiştir. Kompost içeriklerinin bulunduğu kavanozların kapaklarına delikler açılmıştır ve bu delikler alkole batırılmış yağlı pamuklar ile kapatılmıştır.

Mantar kompostlarının sarımlarının gerçekleşmesi ve mantar üretimi için bir buzdolabı modifiye edilerek iklim dolabı şekline dönüştürülmüştür (Şekil 3.3), bu şekilde sıcaklık, nem ve oksijen-karbondioksit dengesi ayarlanmıştır. Mantar kompostlarının sarımları 27 °C’de, %90 nemde gerçekleştirilmiştir. *Pleurotus ostreatus* ve *Morchella esculenta* mantar kompostlarının sarımları gerçekleştirildikten sonra ortam sıcaklığı 16 °C’ye ayarlanmıştır. Mantar kompostları sarımları elde edildikten sonra şapka yapısı oluşmaya başlayan *Pleurotus* mantarları için belli saat aralıklarında aydınlatma yapılmıştır.

**Tablo 3.2.** Mantarlar için kullanılan kompost içerikleri

| <i>Morchella esculenta</i>         |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Kompost (Eliuz ve Goksen, 2017) | 2. Kompost (Eliuz ve Goksen, 2017) | 3. Kompost (Eliuz ve Goksen, 2017) |
| Pamuk kavuzu %90                   | Karışık ağaç talaşı %75            | Pirinç samanı %70                  |
| Odun talaşı %8                     | Buğday kepeği %20                  | Buğday kepeği %25                  |
| Toprak %2                          | Glikoz yada sakkaroz %1            | CaPO <sub>4</sub> %1               |
|                                    | Taş macun tozu. %1                 | Alçıtaşı %1                        |
|                                    | CaPO <sub>4</sub> %1               | Toprak %3                          |
|                                    | Toprak %2                          |                                    |
| 4. Kompost (Eliuz ve Goksen, 2017) | 5. Kompost (Eliuz ve Goksen, 2017) | 7. Kompost (Eliuz ve Goksen, 2017) |
| Mısır samanı %75                   | Turba/ torf %100                   | Turba/torf %25                     |
| Pirinç samanı %10                  |                                    | Talaş %37.5                        |
| Buğday kepeği. %10                 |                                    | Kestane kabuğu % 37.5              |
| Sakkaroz %1                        | 6. Kompost (Eliuz ve Goksen, 2017) |                                    |
| Taş macun tozu %1                  | Turba/torf %25                     |                                    |
| CaPO <sub>4</sub> %1               | Patates kabuğu %75                 |                                    |
| Toprak %2                          |                                    |                                    |
| <i>Pleurotus ostreatus</i>         |                                    |                                    |
| 8. Kompost (Sharma vd., 2013)      | 9. Kompost (Ashraf vd., 2013)      |                                    |
| Buğday samanı %93                  | Pamuk kavuzu %93                   |                                    |
| Buğday kepeği                      | Buğday kepeği %5                   |                                    |
| CaSO <sub>4</sub> %2               | CaSO <sub>4</sub> %2               |                                    |





**Şekil 3.3.** Mantar üretimi için modifiye edilmiş buzdolabı

#### **3.2.4. Atık Mantar Kompostu Ekstraksiyonu**

*Pleurotus ostreatus* ve *Morchella esculenta* mantarlarının elde edilen atık mantar kompostları ekstraksiyon için kurutulmuştur. Kurutulmuş olan atık mantar kompostları havan ile dövülerek homojen hale getirilmiştir. Ekstraksiyon metanol (Menega ve Rajakumar, 2013) ve n-hekzan (Heleno vd., 2015) kullanılarak iki solvent sistemi ile tam otomatik soxhlet cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.4). *Pleurotus ostreatus* 9.atık kompostu, *Morchella esculenta* 2. ve 4. atık kompostu için 300 ml solvent, *Pleurotus ostreatus* 8. atık kompostu, *Morchella esculenta* 5. ve 6. atık kompostu için 150 ml solvent kullanılmıştır. 2 saat süre sonunda ekstraksiyonu gerçekleştiren atık mantar kompostları, ekstraksiyonlarının gerçekleştirildiği solventler içerisinde çözdürülmüştür. Her biri farklı falkon tüpüne aktarılmış olan ekstraktlar analizlerde kullanılmak üzere 4°C’de saklanmıştır.



**Şekil 3.4.** Soxhlet cihazında atık mantar kompostu ekstraksiyonu

### **3.2.5. Atık Mantar Kompostunun Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi**

Atık mantar kompostunda antioksidan aktivite DPPH (2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemi ile belirlenmiştir. Ekstraksiyon işleminden sonra metanol ve n-hekzan solventleri içerisinde çözdürülen ekstraktların solventleri etüvde uçurulmuştur. Miktarları belirlenen ekstraktlar ana konsantrasyon 4 mg/ml olacak şekilde çözdürülmüştür. Standart olarak askorbik asit ve ekstrakt konsantrasyonları 200/100/50/25/12,5 µg/ml olacak şekilde metanol içerisinde çözdürülmüştür. Seri konsantrasyonları hazırlanan askorbik asit, ekstraktlar ve kör olarak kullanılan metanol 200'er µl olacak şekilde 96 kuyucuklu plakalara aktarılmıştır. Tüm kuyucuklara metanolde çözdürülmüş 1mM'lık DPPH'dan 50'şer µl eklenerek karanlık ortamda 30 dakika boyunca bekletilmiştir. Tüm denemeler duplike olarak yapılmıştır. Bekleme süresinin ardından UV/VIS spektrofotometresinde 517 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Antioksidan etkin konsantrasyon ( $IC_{50}$ ) aşağıdaki formül (3.1) ile hesaplanmıştır (Turkoglu vd., 2006).

$$IC_{50} = (A_{blank} - A_{örnek} / A_{blank}) \times 100 \quad (3.1)$$

### 3.2.6. Atık Mantar Kompostunun Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi

Antimikrobiyal etkilerinin gözlenmesi için kullanılacak olan atık mantardan elde edilmiş olan ekstraktların metanol ve n-heksan solventleri etüvde uçurulmuştur. Bu ekstraktlar dimetil sülfoksit (DMSO) içerisinde konsantrasyonlar 4 mg/ml olacak şekilde çözdürülmüştür.

Test mikroorganizmaları olarak *E. feacalis* (ATCC 29212) , *B. cereus* (NRRL-B3711), *S. aureus* (ATCC 25923), *E. coli* (ATCC 35150), *P. aeruginosa* (ATCC 15442) bakterileri ve maya olarak da *C. albicans* (ATCC 64548) kullanılmıştır. Son konsantrasyon 400/200/100/50/25/12.5/6.25 µg/ml olacak şekilde ekstrakt içeren Müeller Hinton Broth II besiyerleri 96 kuyucuklu mikropalaklara aktarılmıştır (180 µl) (Zhu vd., 2012). Üzerine 0,5 MacFarland değerinde süspanse edilen test organizmalarından 20 µl inoküle edilmiştir.

Bakteriler 37 °C’de 24 saat, *C. albicans* (ATCC 64548) ise 25 °C’de 4 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyonları tamamlanan mikroorganizmaların UV/VIS spektrofotometrede 600 nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüştür. Absorbans değerleri mikroorganizma ve besiyerinin bulunduğu kontrol grubu ile karşılaştırılarak antimikrobiyal etki gözlenmiştir.

### 3.2.7. Atık Mantar Kompostunun Enzimatik Aktivitesinin Belirlenmesi

Atık mantar kompostundan elde edilen ekstraktlarda 4 farklı enzim üzerine çalışma yapılmıştır. Amilaz ve selülaz enzim aktivitelerini belirlemek için Dinitrosalisilik asit (DNS) yöntemi (Miller, 1958), lakkaz enziminin ABTS (2,2’-azinobis (3-etil-bezotiazolin 6 sulfonat) (Doğan, 2014) substratını dönüşüme uğratması ile absorbans değerlerine göre enzim varlığı yorumlanmıştır. Proteaz varlığı yağsız süt tozu içeren besiyerinde kuyu difüzyon yöntemi ile uygulanmıştır.

Amilaz aktivitesini belirleyebilmek için 0,2 gram nişasta substratı, 20 ml 0,02 M pH:7 fosfat tamponunda, selülaz aktivitesini belirlemek için 0,2 gram karboksimetilselüloz 20 ml 0,2 M pH:5 asetat tamponunda çözdürülmüştür. Hazırlanan nişasta ve karboksimetilselüloz çözeltileri 900 µl olmak üzere tüplere aktarılmıştır. Üzerlerine DMSO’da ana konsantrasyon 4 mg/ml olacak şekilde çözdürülmüş olan ekstraktlar 1/5, 1/10 ve 1/20’lik seyreltmelerden 180 µl tüplere aktarılmıştır. 37 °C’de amilaz 5 dakika, selülaz ise 45 dakika etüvde bekletilmiştir. Kör olarakta amilaz aktivitesi için nişasta, selülaz için glukoz kullanılmıştır. Daha sonra körlere ve örneklere 1’er ml DNS reaktifi eklenmiştir (DNS reaktifi; 1 gr DNS, 2 M NaOH, 100 ml distile su ve 30 gr potasyum-sodyum-tartarat ile hazırlanmıştır. DNS ve NaOH distile suda çözdürülmüştür. Reaksiyon potasyum-

sodyum-tartarat ile durdurulmuştur.). 10 dakika kaynar suda bekletildikten sonra üzerlerine 10 ml distile su eklenmiştir. UV/VIS spektrofotometresinde 540 nm’de okunmuştur (Tunçakın, 2015).

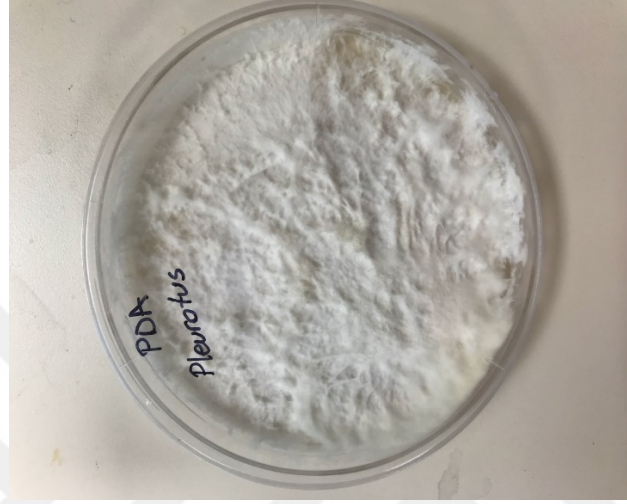
Lakkaz enzim aktivitesini belirlemek için 5mM ABTS 20 ml 0,1 M pH:4 asetat tamponu içerisinde çözündürülmüştür ve 900 µl tüplere aktarılmıştır. ABTS substratı üzerine 1/5, 1/10, 1/20 oranlarında seyreltilmesi yapılan ekstraktlar eklenmiştir. Kör olarak yine ABTS substratı kullanılmıştır. 37 °C’de 5 dakika etüvde bekletilen örneklerin absorbans değerleri 420 nm’de okunmuştur.

Proteaz aktivitesinin varlığını belirleyebilmek için yağsız süt tozu içeren besiyerleri hazırlanmıştır. Besiyeri soğuduktan sonra kuyucuklar açılmış ve DMSO’da çözülmüş ekstraktlardan 10-20-30 µl bu kuyucuklara aktarılmıştır (Devi vd., 2020).

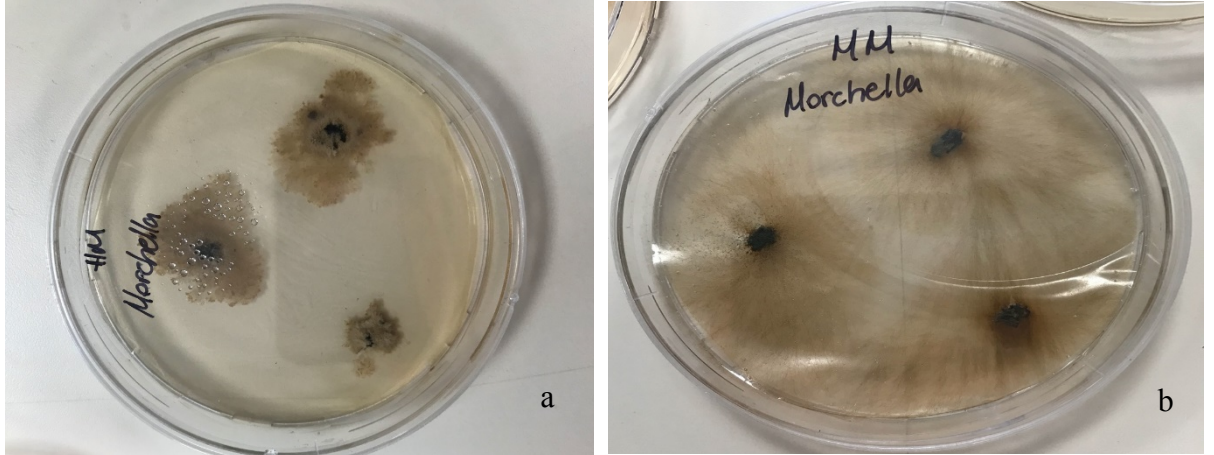
## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Agar Besiyerlerinde Hif Gelişimi

*Pleurotus ostreatus*'un PDA besiyerinde (Şekil 4.1), *Morchella esculenta*'nın ise HM (Şekil 4.2-a) ve MM (Şekil 4.2-b) besiyerlerinde hif gelişimi olduğu gözlenmiştir.



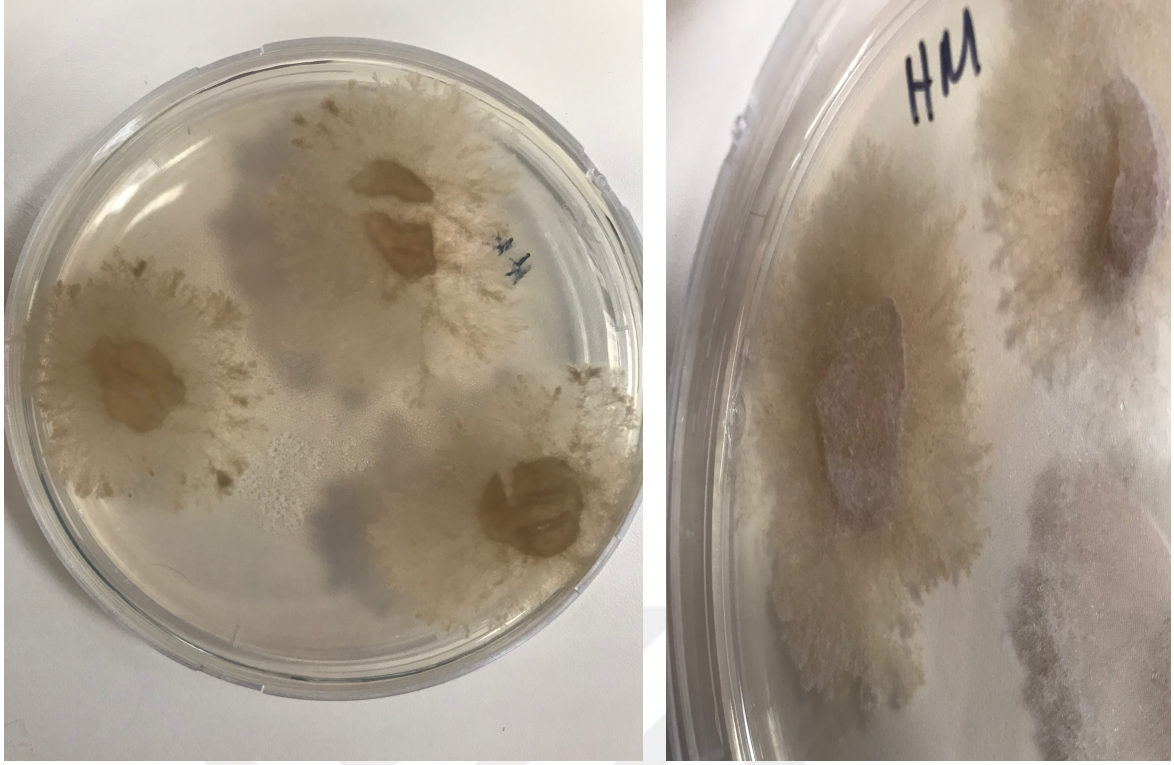
Şekil 4.1. PDA besiyerinde *Pleurotus ostreatus* hifi



Şekil 4.2. Agar besiyerinde *Morchella esculenta* hif gelişimi. a) Hagem medium, b) Minimal medium

HM besiyerinde gelişen *Morchella esculenta* hifleri tekrar HM besiyerine ekilerek daha geniş gelişme zonları elde edilmiştir ( Şekil 4.3).





**Şekil 4.3.** HM besiyerinden elde edilen *Morchella esculenta* kültürlerin HM besiyerinde gelişimi

*Pleurotus ostreatus* ticari üretimi yapılan ve piyasada istiridye mantarı olarak rahatlıkla bulunan yenilebilen bir şapkali mantardır. *Morchella* türlerinin ise laboratuvar koşullarında kültürü yapılamamaktadır, şapka yapısının gelişiminde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle piyasada bulunan *Morchella* türleri ülkemizde doğadan toplanarak satışa sunulmakta ve tüketilmektedir. Yaptığımız çok tekrarlı denemelerde *Morchella esculenta*'nın hif gelişimi gerçekleşmiş, ancak bu hif gelişiminin *Pleurotus ostreatus* ile kıyaslandığında çok az olduğu belirlenmiştir.

*Morchella* türlerinin kültürü ile ilgili alınmış patentler bulunmaktadır. 1986 yılında Ower vd., (1988) tarafından kontrollü ortamlarda beyaz morel mantarların (*Morchella esculenta*) kültüvasyonu ile ilgili 4594809 US patent numarasına sahip, patent alınmıştır. Daha sonra yapılan değişiklik ve eklemelerle patent geliştirilmiştir (Patent No. 4757640) ve bu patent çok uluslu bir şirket olan Morel Mountain tarafından satın alınmıştır. Şu an ticari kültüvasyon bu şirket tarafından yapılmaktadır ve patent ulaşımına açık değildir (Barnes ve Wilson, 1998). Amerika'da bahçede üretim yapmak için hazır kitler satılmaktadır, Çin'de laboratuvar da geliştirilen hifler topraklara ekilerek büyük miktarlarda üretim yapılmaktadır.

#### 4.2. Buğday Besiyerinde Misel Gelişimi

Agar besiyerlerinden elde edilen hifler, mantar gelişimi için komposta inoküle edilmiş ve inkübasyona bırakılmıştır. Ancak yapılan denemeler sonucunda agar besiyerlerindeki hiflerin kompost malzemesini sarması için zayıf olduğu anlaşılmış ve bu yüzden kompost materyal için misel geliştirilmesine karar verilmiştir.

Agar besiyerinden alınan hifler buğday besiyerine ekilmiş ve inkübasyon süresi sonunda *Morchella esculenta* (Şekil 4.4) ve *Pleurotus ostreatus* (Şekil 4.5) hiflerinin buğday besiyerinde sarımı gerçekleştirilmiştir. *Morchella esculenta* buğday besiyerinde de, *Pleurotus* ile kıyaslandığında zayıf misel gelişimi göstermiştir. Buğday besiyerinden alınan hifler, kompostlara aktarılmıştır.



Şekil 4.4. Buğday ortamında *Morchella esculenta* miseli



Şekil 4.5. Buğday ortamında *Pleurotus ostreatus* miseli

Kompostlarda hif gelişimine bakıldığında; *Pleurotus ostreatus*'un misel üretimi için kullanılan 8 ve 9 numaralı her iki kompost içeriğinde de sarım gerçekleştirdiği görülmüştür. (Şekil 4.6). 8. kompost içeriği Sharma vd. (2013)'nin , 9. kompost içeriği Ashraf vd. (2013) çalışmaları ile benzerlik göstermektedir.

*Morchella esculenta* türü için denenen kompost içeriklerinden 2, 4, 5, 6 (Şekil 4.7) numaralı kompost içeriklerinde sarım gerçekleşmiştir. Eliuz ve Goksen'in (2017) yaptığı

Çalışmada torf ve patates kabuğunun var olduğu 6. kompostta daha iyi misel gelişimi raporlanmıştır.

Alvarado-Castillo vd. (2011) yaptıkları çalışmada, mısır, yulaf, buğday ve avdar içeren kompostlar denenmiş bu çalışmada en iyi sklerotium üretim avdar içeren kompostta, yüzeyde ve yzeeye yakın noktalarda elde edilmiştir.

Çalışmamızda *Morchella esculenta* misel ve sklerotium gelişimi 6 (patates) ve 4 (mısır, pirinç, buğday, şeker) numaralı kompostlarda gerçekleşmiştir. 1, 3 ve 7 numaralı kompostlarda 3 kez denenmesine rağmen sarım gözlenmemiştir.

*Pleurotus ostreatus* türü kültürü *Morchella esculenta* 'ya göre daha iyi misel gelişimi gösterdiği için ilk denemede sarım gerçekleştirilmiştir. Ancak *Morchella esculenta* türü kültüre edilmesi zor bir mantar türü olduğu için sarım kompostların tümünde gözlenmemiştir. Sarım sürecinde karşılaşılan en büyük problem kontaminasyon olmuştur ve bu problem inkübasyon ortamının UV lambası ile etkin sterilizasyonu ile giderilmiştir.



şekil 4.6. *Pleurotus ostreatus* kompostu



şekil 4.7. *Morchella esculenta* kompostu



#### 4.3. Atık Mantar Kompostu Ekstraksiyonu

*Pleurotus ostreatus* ve *Morchella esculenta* atık mantar kompostu soxhlet ile yapılan ekstraksiyonlarında n-hekzan ve metanol solventleri kullanılmıştır.

Heleno vd. (2015)'nin , *Agaricus bisporus* türünün soxhlet ile yapılan ekstraksiyon çalışmasında etanol ile n-hekzan solventleri kullanılmıştır. Menega ve Rajakumar (2013) *Pleurotus florida* üzerinde yaptığı çalışmada mantar ekstraksiyonunu metanol ile gerçekleştirmiştir. Heleno vd. (2015)'nin yaptığı çalışmada n-hekzan ekstraksiyon solventinden elde edilen ekstraktların daha iyi saflıkta olduğu raporlanmıştır.

Yaptığımız çalışmaya benzer fazla çalışma bulunmamaktadır. Atık mantar kompostunun değerlendirilmesinde gübre olarak kullanımı öne çıkmaktadır. Hegazi ve Mostafa (2015) tarafından yapılan çalışmada, *Pleurotus ostreatus* üretimi sonrasında kalan kompost ekstraktı bitki beslemesi için kullanılmıştır. Bu çalışmada ekstrakt eldesi, kompostların su ile 48 saat boyunca iyice ıslatılması ve sonrasında süzülmesi ile elde edilmiştir.

Atık mantar kompostlarının ekstraktlarının her biri ekstraksiyon sonrasında tartılarak miktarı belirlenmiştir (Tablo 4.1) ve elde edilen ekstraktlar üç ayrı deney için eşit miktarda bölünmüştür.

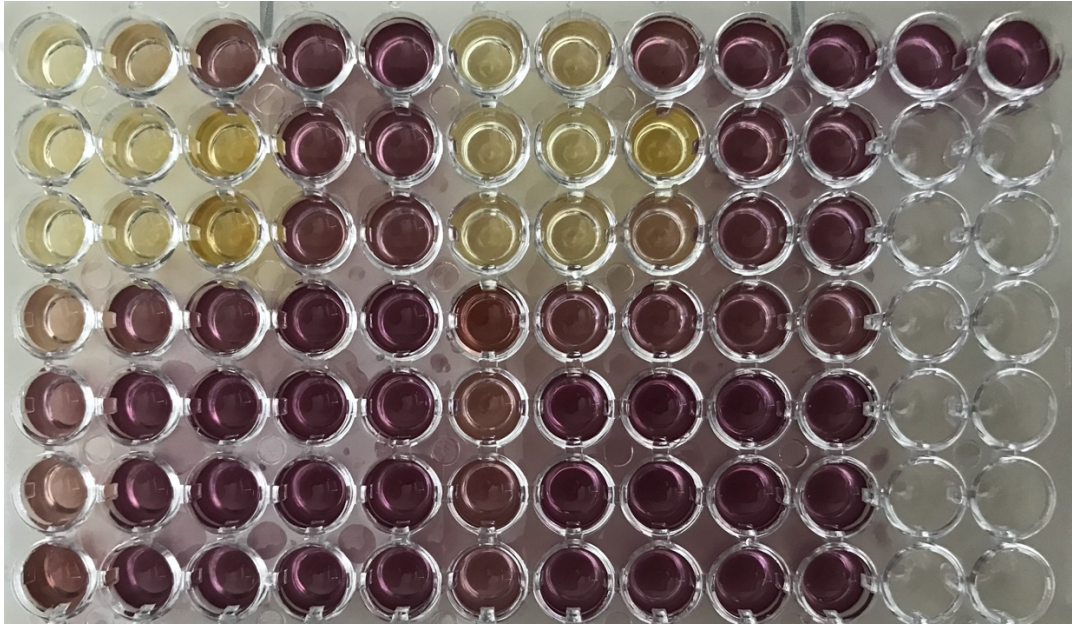
Çalışmamızda atık komposttan n-hekzan ekstraktları ile metanol ekstraktları yapılan deney sonuçları karşılaştırıldığında 2, 6 ve 8. kompostlarda hekzan ile yapılan ekstraksiyonda metanolden daha fazla ekstrakt elde edildiği gözlenmiştir.

**Tablo 4.1.** Atık Mantar Kompostu Ekstrakt Miktarları

| Atık Mantar Kompostu                         | Metanol Ekstraktı | n-hekzan ekstraktı |
|----------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| <b><i>Pleurotus ostreatus</i> 8. kompost</b> | <b>0,94 g</b>     | 1,24 g             |
| <b><i>Pleurotus ostreatus</i> 9. kompost</b> | 2,35 g            | <b>1,56 g</b>      |
| <b><i>Morchella esculenta</i> 2. kompost</b> | <b>1,10 g</b>     | 2,16 g             |
| <b><i>Morchella esculenta</i> 4. kompost</b> | 2,59 g            | <b>1,93 g</b>      |
| <b><i>Morchella esculenta</i> 5. kompost</b> | 3,94 g            | <b>1,14 g</b>      |
| <b><i>Morchella esculenta</i> 6. kompost</b> | <b>1,16 g</b>     | 1,56 g             |

#### 4.4. Atık Mantar Kompostu Antioksidan Aktivite Sonuçları

*Pleurotus ostreatus* ve *Morchella esculenta* atık mantar kompostlarından 6 tanesi metanol solventinden, 6 tanesi n-hekzan solventinden elde edilen ekstraktları 96 kuyucuklu plakaya aktarılmış ve antioksidan aktivite gösteren ekstraktların mor renkte olan DPPH çözeltisini sarı renge dönüştürdüğü gözlenmiştir (Şekil 4.8). Farklı konsantrasyonlardaki atık mantar kompostu ekstraktları DPPH radikali kullanılarak elde edilen  $IC_{50}$  değerleri tablo 4.2’de verilmiştir. DPPH radikali kullanılarak belirlenen serbest giderim aktivitelerinin farklı konsantrasyonlarındaki değişimlerinin askorbik asit ile karşılaştırılması Şekil 4.9.1 ve Şekil 4.9.2’de verilmiştir.



Şekil 4.8. DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitesinin belirlenmesi

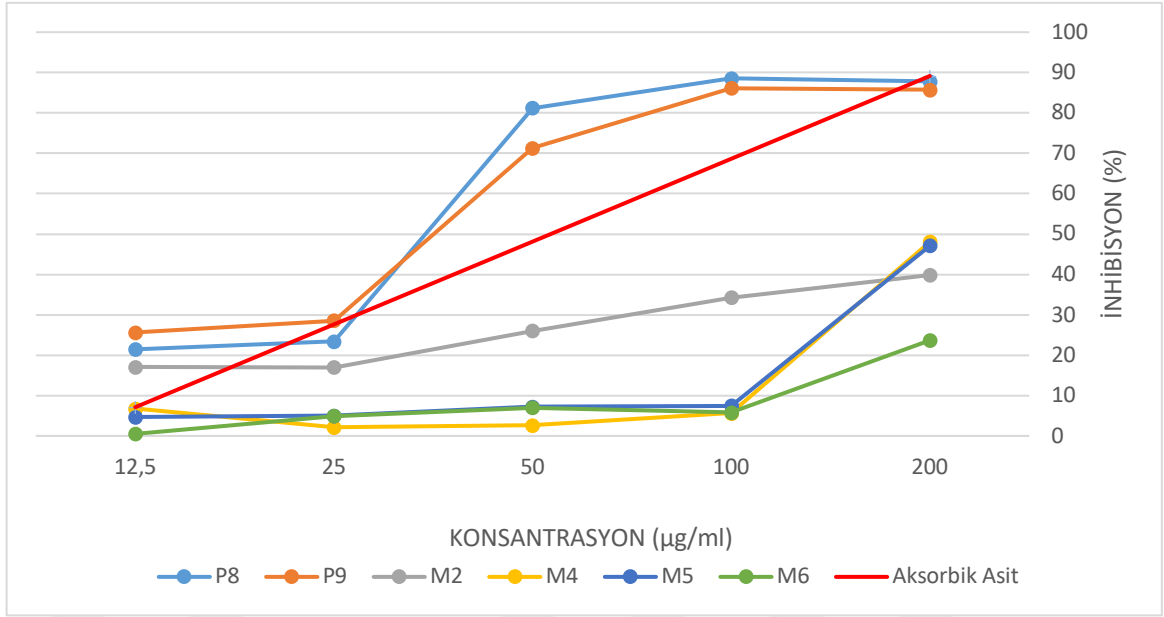
**Tablo 4.2.** Farklı konsantrasyonlardaki atık mantar kompostu ekstraktlarının IC<sub>50</sub> (%50 inhibisyon konsantrasyonu) değerleri

| Atık Mantar Kompostu Örnekleri         | İnhibisyon (%) (sonuçlar iki paralel çalışmanın ortalamasıdır) |                          |                          |                                 |                           |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------|
|                                        | 12,5µg/ml                                                      | 25 µg/ml                 | 50 µg/ml                 | 100 µg/ml                       | 200 µg/ml                 |
| <i>Pleurotus ostreatus</i> (Kompost 8) | 21.447 (H)<br>-0.444 (M)                                       | 23.414 (H)<br>1.206 (M)  | 81.218 (H)<br>48.921 (M) | <b>88.579 (H)</b><br>87.119 (M) | 87.754 (H)<br>87.563 (M)  |
| <i>Pleurotus ostreatus</i> (Kompost 9) | 25.635(H)<br>-4.188(M)                                         | 28.553 (H)<br>-1.459 (M) | 71.320 (H)<br>9.201 (M)  | <b>86.104 (H)</b><br>60.152 (M) | 85.723 (H)<br>73.223 (M)  |
| <i>Morchella esculenta</i> (Kompost 2) | 17.069 (H)<br>-7.424 (M)                                       | 16.942 (H)<br>-4.378 (M) | 26.015 (H)<br>-7.297 (M) | 34.264 (H)<br>-6.155 (M)        | 39.848 (H)<br>57.424 (M)  |
| <i>Morchella esculenta</i> (Kompost 4) | 6.789 (H)<br>-7.107 (M)                                        | 2.157 (H)<br>0.761 (M)   | 2.602 (H)<br>-5.964 (M)  | 5.647(H)<br>-21.827(M)          | 48.033 (H)<br>42.766 (M)  |
| <i>Morchella esculenta</i> (Kompost 5) | 4.695 (H)<br>-3.680 (M)                                        | 5.013 (H)<br>-0.444 (M)  | 7.234 (H)<br>-10.596 (M) | 7.424 (H)<br>-26.586 (M)        | 47.081 (H)<br>-3.173 (M)  |
| <i>Morchella esculenta</i> (Kompost 6) | 0.508 (H)<br>14.404 (M)                                        | 4.949 (H)<br>-10.152 (M) | 6.980 (H)<br>-8.756 (M)  | 5.774 (H)<br>-5.711 (M)         | 23.668 (H)<br>-12.183 (M) |

M: Metanollü ekstrakt; H: n-hekzanlı ekstrakt

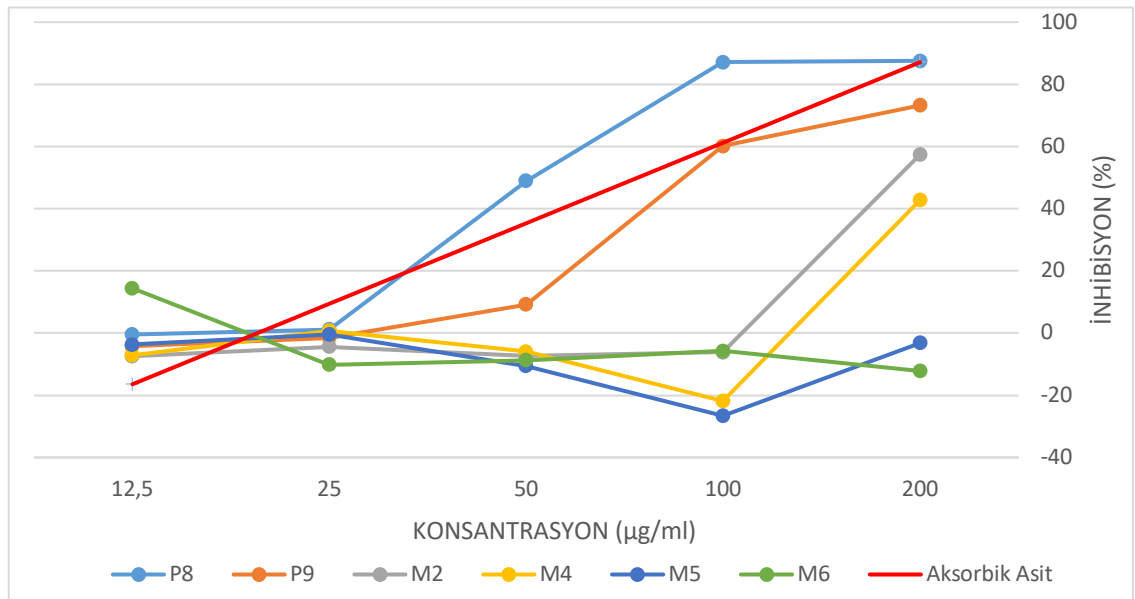
Tablo 4.2 incelendiğinde *Morchella esculenta* kompostlarının genel olarak antioksidan aktivitesinin düşük olduğu görülmektedir. Bu *Morchella esculenta*'nın düşük misel ve sklerotium gelişimi göstermesi nedeni ile beklenen bir sonuçtur.

En yüksek inhibisyon yüzdesi (%88,6) 100 µg/ml konsantrasyonda uygulanan ve n-hekzan kullanılarak *Pleurotus ostreatus* 8 numaralı kompost ekstraktından elde edilmiştir. 9 numaralı kompostta da yakın sonuç elde edilmiştir (%86,1). Genel olarak bakıldığında metanol ekstraktlarında daha düşük antioksidan değerlerine ulaşılmıştır.



**Şekil 4.9.1.** n-hekzanlı atık mantar kompostu ekstraktlarının antioksidan değerlerinin askorbik asite göre değerlendirilmesi

Atık mantar kompostlarının n-hekzanlı ekstraktlarının etkin konsantrasyonları hesaplanarak Şekil 4.9.1’de antioksidan olan askorbik asit ile kıyaslamaları yapılmıştır. *Pleurotus ostreatus* türünden elde edilen her iki n-hekzanlı atık mantar kompostu ekstraktının etkin konsantrasyon değerleri askorbik asitten yüksek, *Morchella esculenta* türünün tüm n-hekzanlı atık mantar kompostlarından elde edilen ekstraktların etkin konsantrasyon değerleri askorbik asitten düşük çıkmıştır.



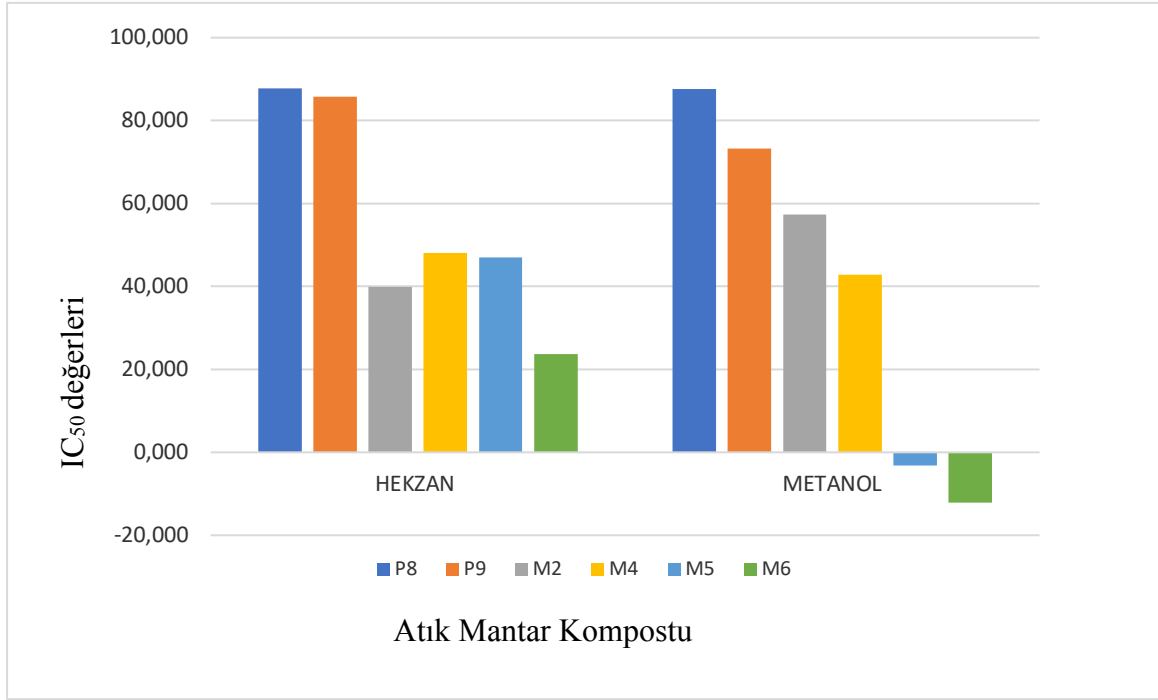
**Şekil 4.9.2.** Metanollü atık mantar kompostu ekstraktlarının antioksidan değerlerinin askorbik asite göre değerlendirilmesi

Atık mantar kompostlarının metanollü ekstraktlarının etkin konsantrasyonları hesaplanarak Şekil 4.9.2’de antioksidan olan askorbik asit ile kıyaslamaları yapılmıştır. *Pleurotus ostreatus* türünden elde edilen metanollü 8 numaralı atık mantar kompostunun etkin konsantrasyon değerleri askorbik asitten yüksek, 9 numaralı atık mantar kompostunun etkin konsantrasyon değerleri ve *Morchella esculenta* türünün tüm metanollü atık mantar kompostlarından elde edilen ekstraktların etkin konsantrasyon değerleri askorbik asitten düşük çıkmıştır.

He vd. (2016)’nin *Pleurotus eryngii* atık mantar kompostu üzerinde yaptığı çalışmada atık kompostun metanollü ekstraktının DPPH radikali ile reaksiyonu sonucu antioksidan aktivitesi incelenmiştir. Bu çalışmada atık kompostun IC<sub>50</sub> değerleri ile askorbik asitin IC<sub>50</sub> değerleri karşılaştırılmıştır ve *Pleurotus eryngii* atık mantar kompostunun yüksek antioksidan etkisi olduğu raporlanmıştır. Bizim çalışmamızda da *Pleurotus ostreatus* türünün iki farklı solventle elde edilen atık mantar kompostu ekstraktlarının IC<sub>50</sub> değerleri belirlenmiş ve bu değerler askorbik asit ile karşılaştırılmıştır. *Pleurotus ostreatus* türü atık mantar kompostunda yüksek antioksidan aktivite gözlenmiştir.

Mau vd. (2004)’nin *Morchella esculenta* mantar türü miselleri üzerinde yaptığı antioksidan aktivite çalışmasında DPPH yöntemi kullanılmıştır. Mantar miselinin metanollü ekstraktlarının IC<sub>50</sub> değerleri tokoferoller ve askorbik asit ile karşılaştırılmıştır. *Morchella esculenta* türünün yüksek antioksidan aktivitesinin olduğu raporlanmıştır. Bizim çalışmamızda *Morchella esculenta* türünün atık mantar kompostunun antioksidan aktivitesi askorbik asit ile karşılaştırılmış yüksek antioksidan aktivite gözlenememiştir. Bu durumun *Morchella esculenta* türünün hif ve misellerinin zayıf olmasından ve kompost sarımının *Pleurotus* türleri kadar iyi olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

*Pleurotus ostreatus* türünün atık kompostunda, *Morchella esculenta* atık kompostlarına göre daha yüksek antioksidan aktivite gözlenmiştir. 200 µg/ml derişimlerdeki antioksidan aktivitelerinin karşılaştırılması Şekil 4.10’daki sütun grafiğinde verilmiştir.

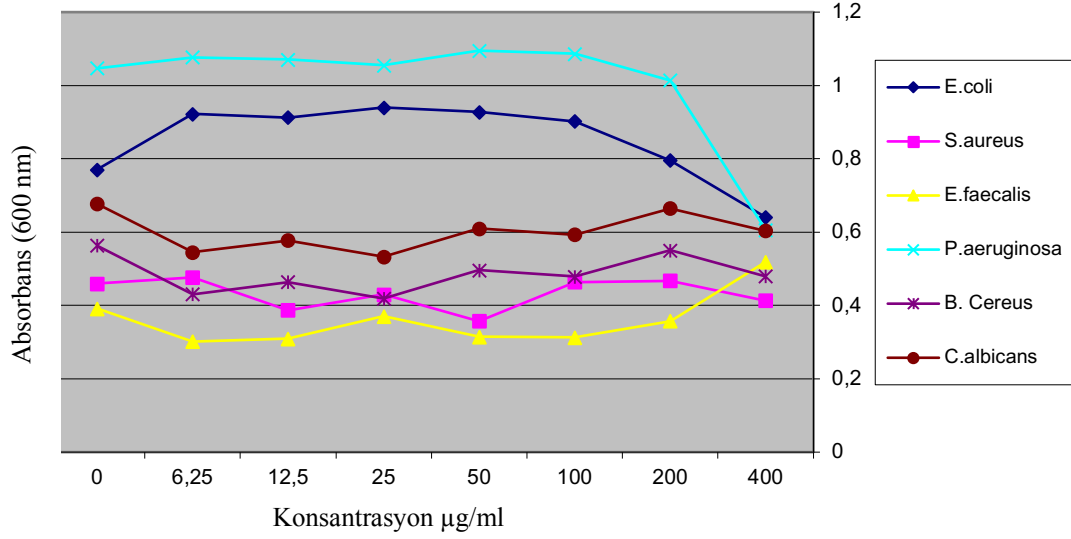


**Şekil 4.10.** En yüksek derişimlerdeki (200 µg/ml) atık mantar kompostu ekstraktlarının antioksidan aktivitelerinin karşılaştırılması

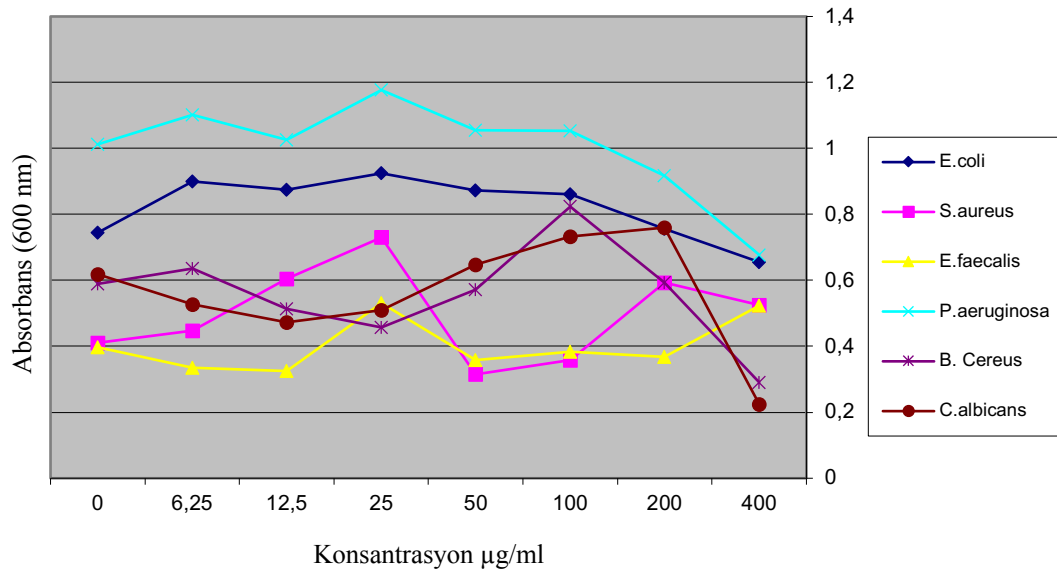
#### 4.5. Atık Mantar Kompostu Antimikrobiyal Aktivite Sonuçları

*Pleurotus ostreatus* ve *Morchella esculenta* atık mantar kompostlarının 6 tanesi metanol solventi, 6 tanesi n-hekzan solventinden elde edilen ekstraktların, 5 farklı bakteri (*E. coli*, *S. aureus*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *B. cereus*) ve bir maya (*C. albicans*) üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiştir. *Pleurotus ostreatus* ve *Morchella esculenta* türlerinden elde edilen metanol ve n-hekzan atık mantar kompostu ekstraktlarına ait bakteri ve maya antimikrobiyal aktivite sonuçları Şekil 4.11- 4.16'de verilmiştir.

a) n-Hekzan

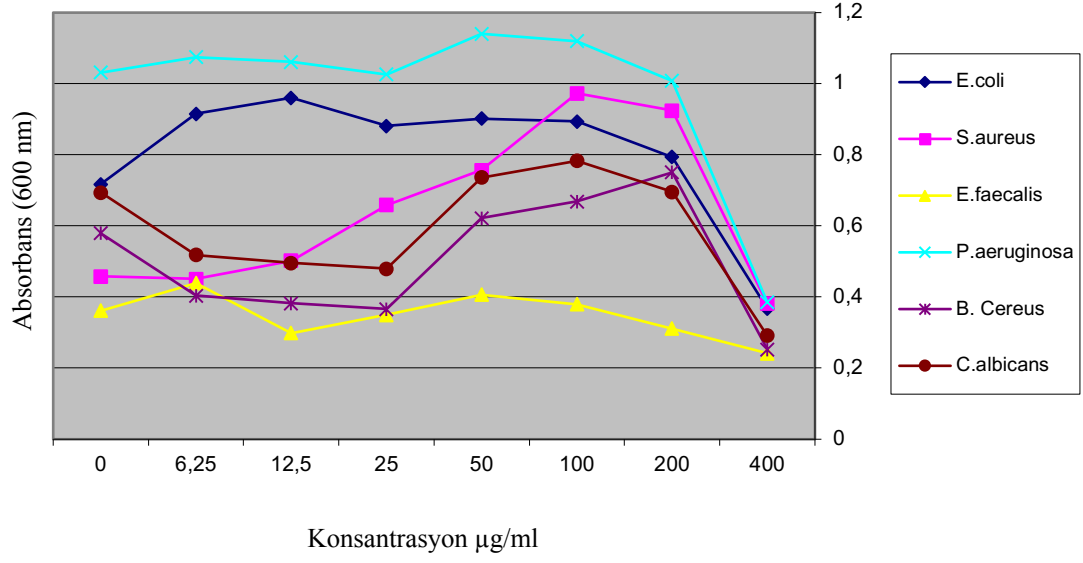


b) Metanol

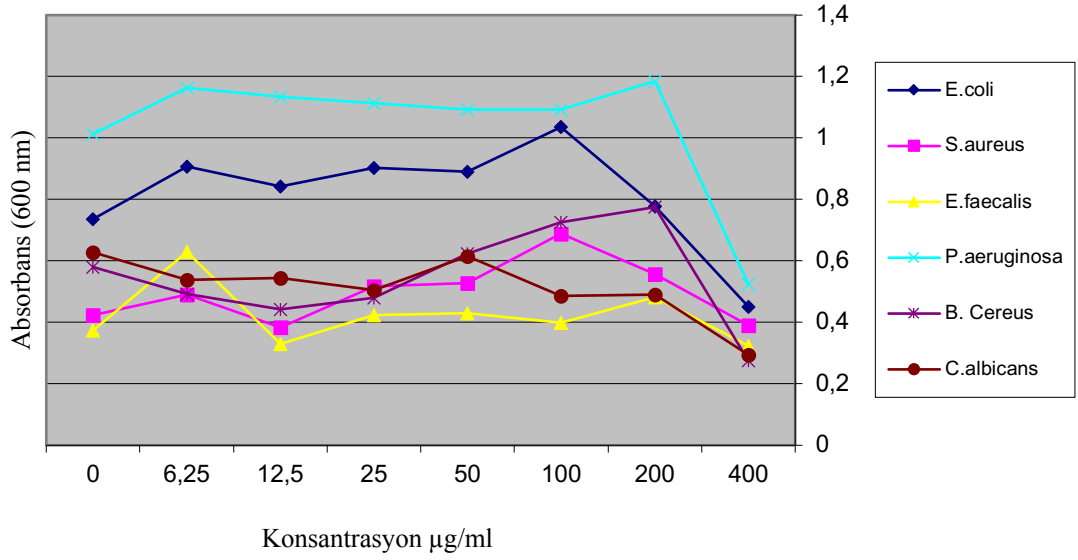


Şekil 4.11. *Pleurotus ostreatus* 8.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri  
a.) n-hekzan, b.) metanol

a) n-Hekzan



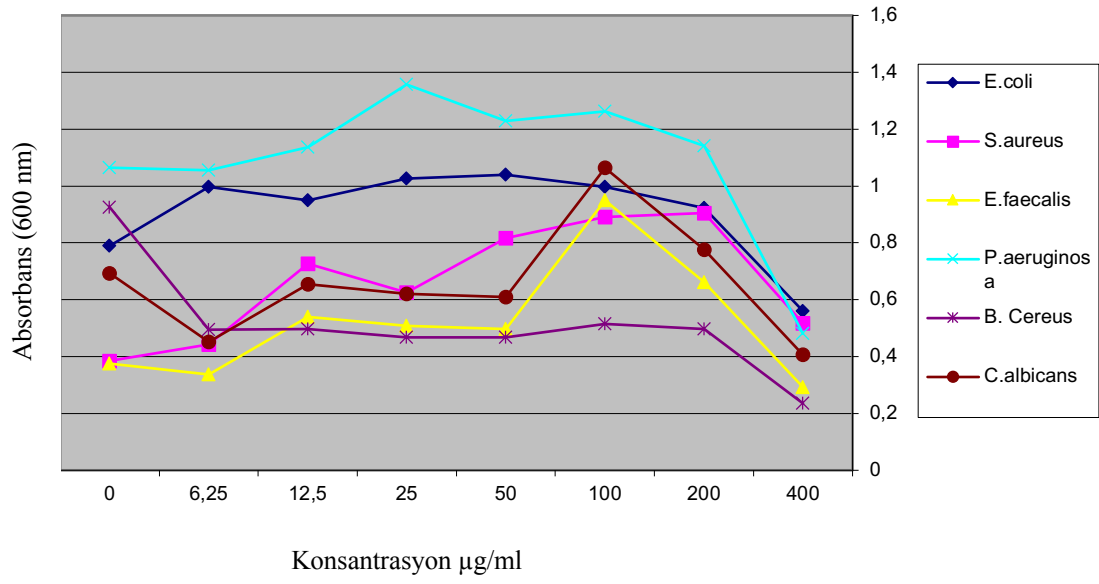
b) Metanol



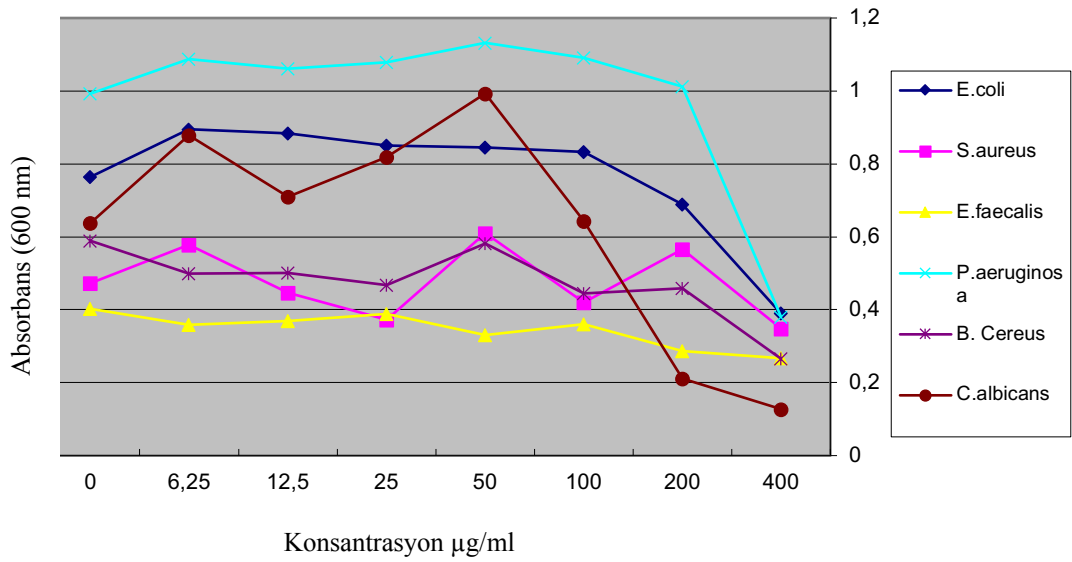
Şekil 4.12. *Pleurotus ostreatus* 9.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri  
a.) n-hekzan, b.) metanol



a) n-Hekzan

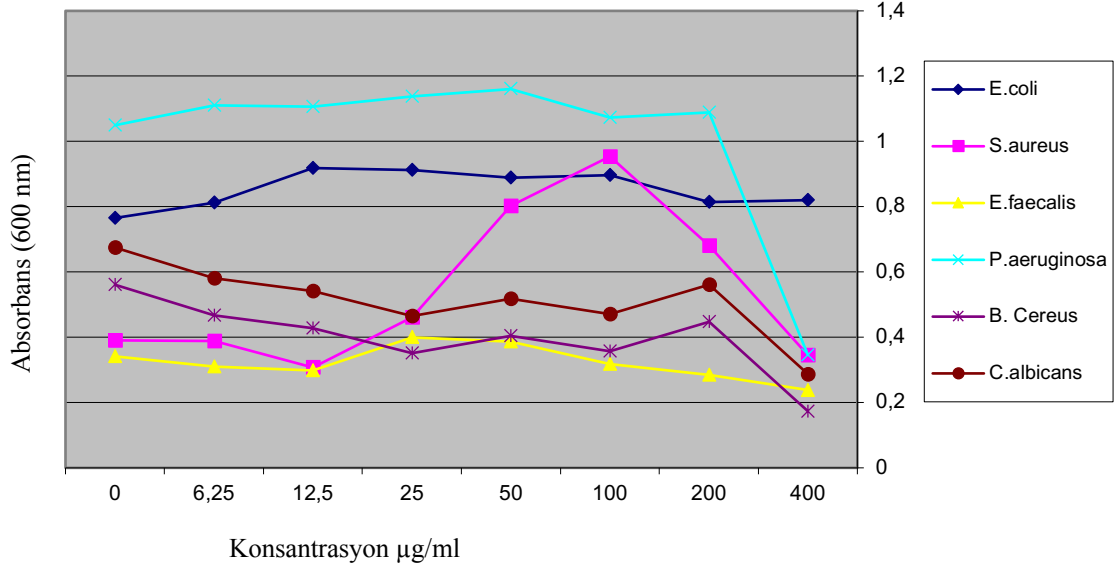


b) Metanol

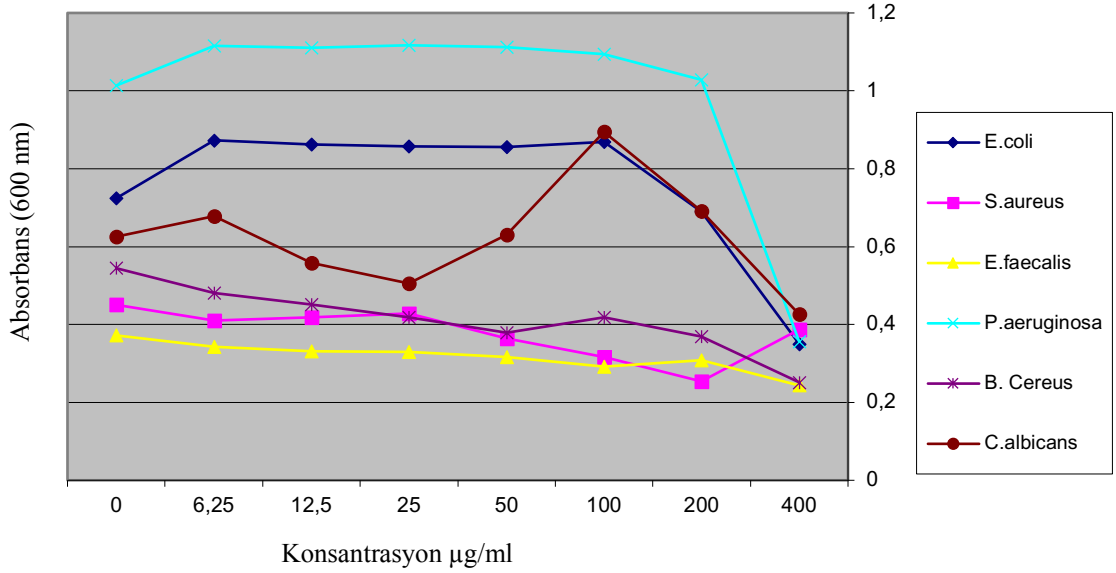


Şekil 4.13. *Morchella esculenta* 2.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri a.) n-hekzan, b.) metanol

a) n-Hekzan

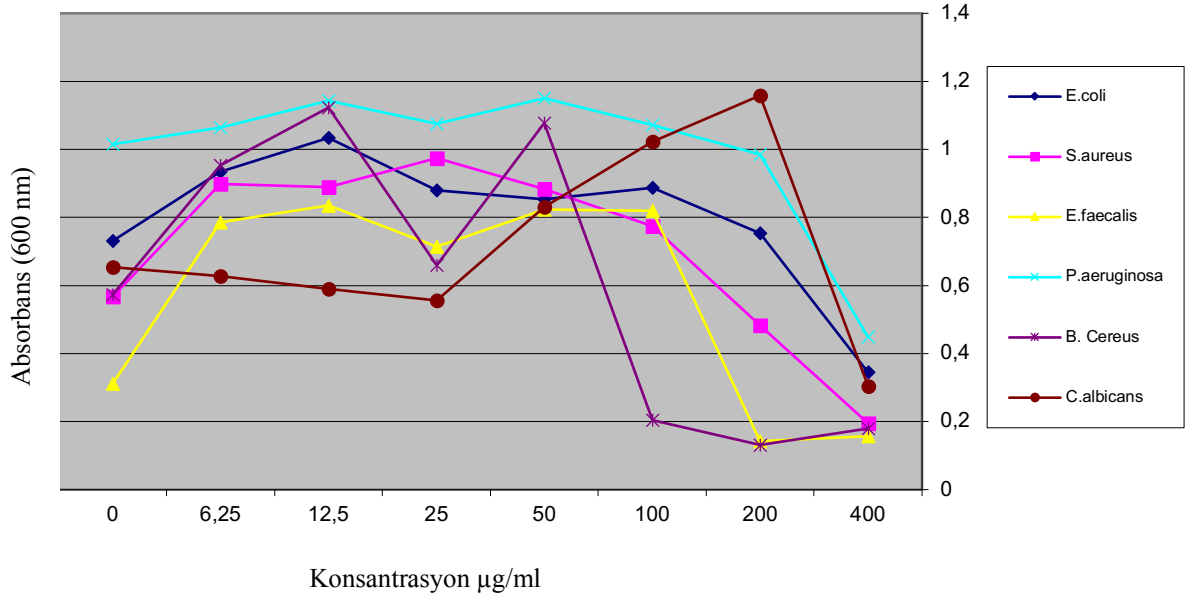


b) Metanol

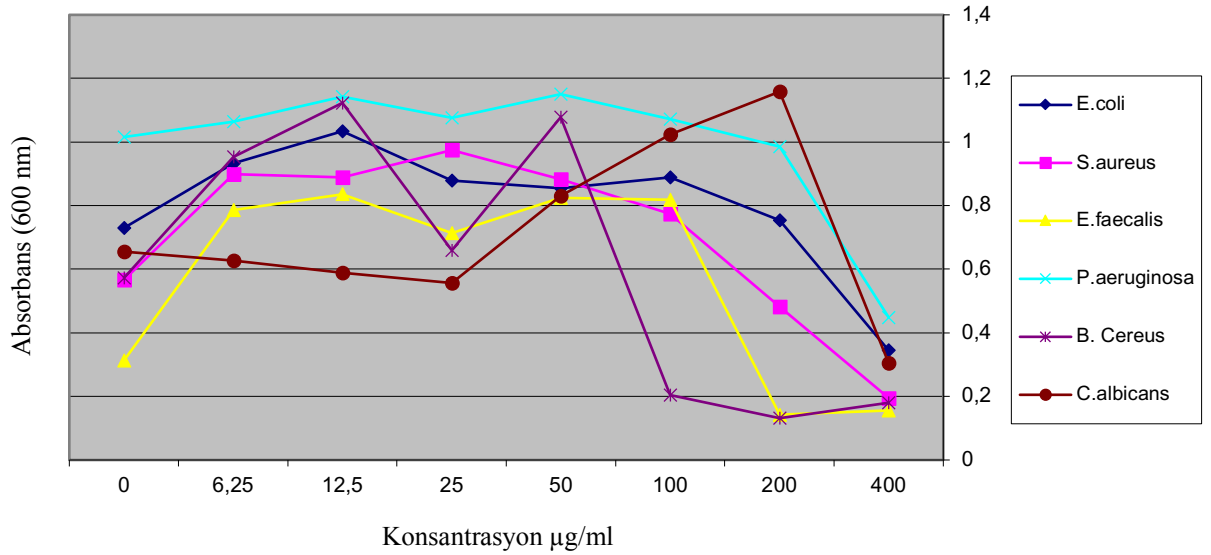


Şekil 4.14. *Morchella esculenta* 4.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri a.) n-hekzan, b.) metanol

a) n-Hekzan

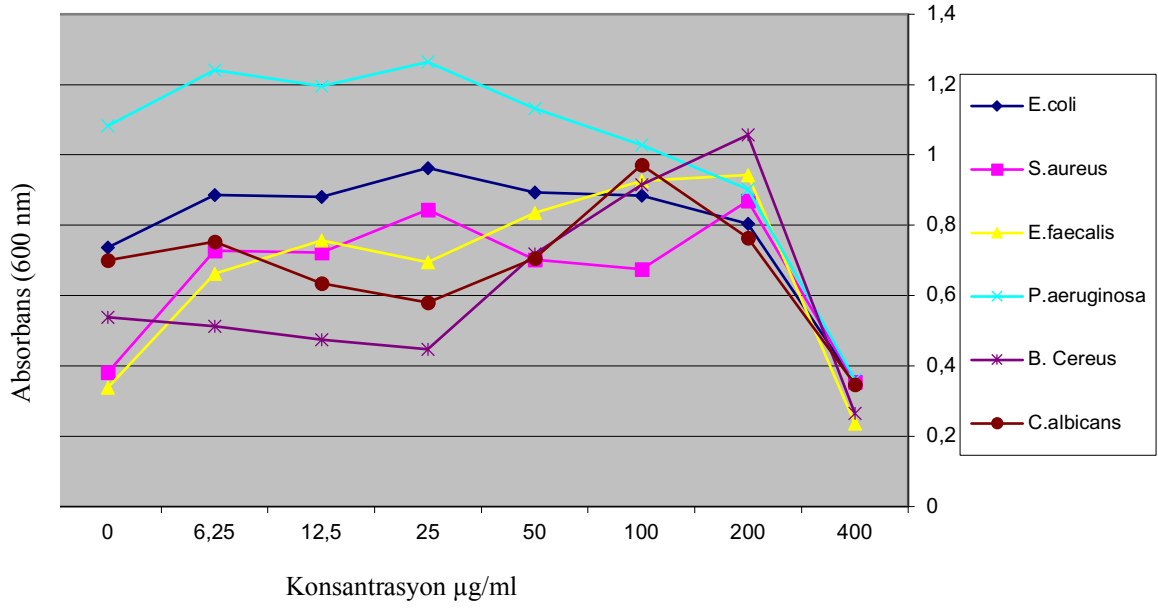


b) Metanol

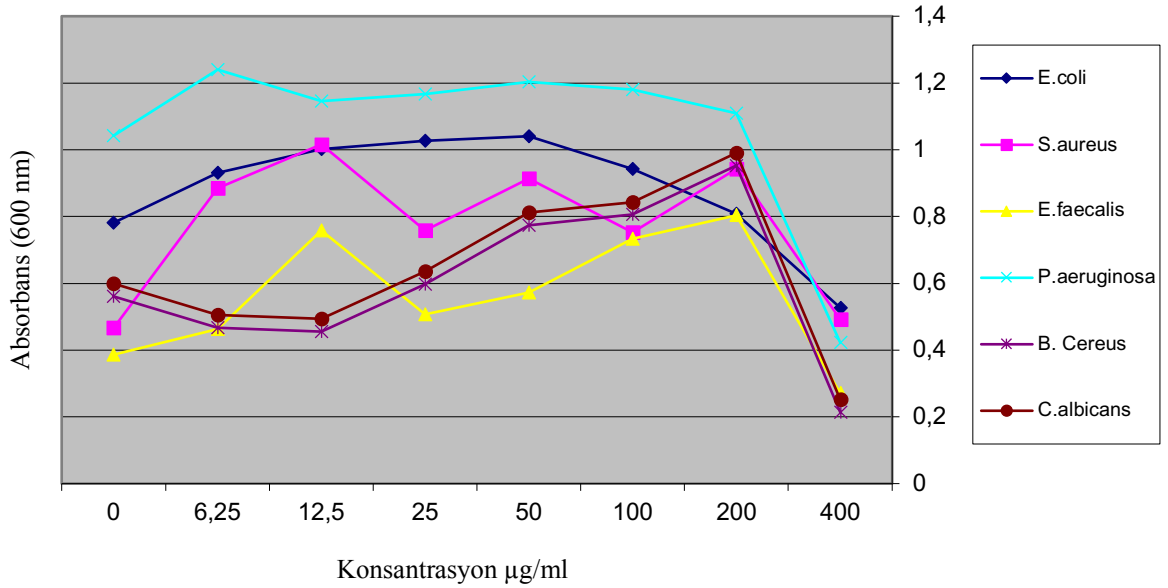


Şekil 4.15. *Morchella esculenta* 5.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri a.) n-hekzan, b.) metanol

a) n-Hekzan



b) Metanol



Şekil 4.16. *Morchella esculenta* 6.kompost ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri a.) n-hekzan, b.) metanol

Martinez vd. (2007)'nin , yaptığı çalışmada *Pleurotus ostreatus* türünün atık mantar kompostunun *Bacillus subtilis*, *E. coli*, *Staphylococcus epidermidis* bakterileri üzerinde antibakteriyal etkilerini gözlemiştir. Farklı substrat içerikleri ile hazırlanan atık kompostların 3 ayrı bakteri türünde de etkili olduğunu raporlamıştır.

Bastida vd. (2016)'nin, *Pleurotus ostreatus* atık mantar kompostu üzerinde yaptığı antimikrobiyal çalışmada, atık kompost ekstraktlarının *E. coli*, *S. aureus*, *Micrococcus luteus*, *Salmonella typhimurium* bakteri türleri üzerinde etkili olduğu raporlanmıştır.

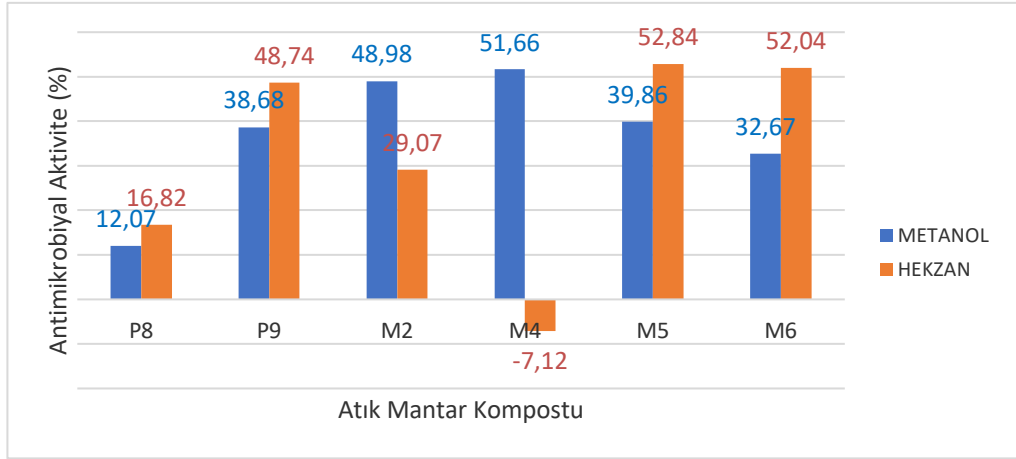
Makro funguslardan etanol ile elde edilen ekstraktlardan Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler için geniş spektrumlu bir aktivite gösterdikleri gözlenmiştir (Fagade ve Oyelade, 2009).

Bala vd. (2011)'nin yaptığı bir çalışmada *S. aureus* ve *E. coli* üzerinde makrofunguslardan elde edilen ekstraktların inhibe edici etkilerinin olduğu gözlenmiştir.

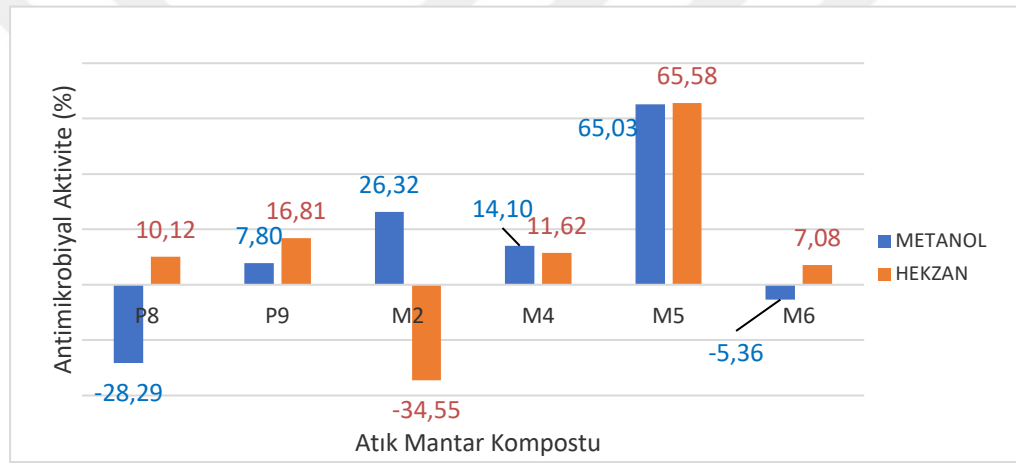
Bizim çalışmamızda *Pleurotus ostreatus* ve *Morchella esculenta* atık mantar kompostlarının ekstraktlarının antimikrobiyal etkinliğine bakıldığında, düşük miktarda konulan ekstraktların üremeyi teşvik ettiği, 400 µg/ml konsantrasyonda ilave edildiğinde ise etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11-4.16). 400 µg/ml konsantrasyonda atık mantar kompostlarına ait olan antimikrobiyal etkiler sütun grafiklerinde gösterilmiştir (Şekil 4.17-4.22). Bu sütun grafiklerinde antimikrobiyal % inhibisyon değerleri aşağıdaki formüle (4.1) göre hesaplanmıştır.

$$\frac{\text{Absorbans } 0 \text{ } \mu\text{g/ml konsantrasyon} - \text{Absorbans } 400 \text{ } \mu\text{g/ml konsantrasyon}}{\text{Absorbans } 0 \text{ } \mu\text{g/ml konsantrasyon}} \times 100 \quad (4.1)$$

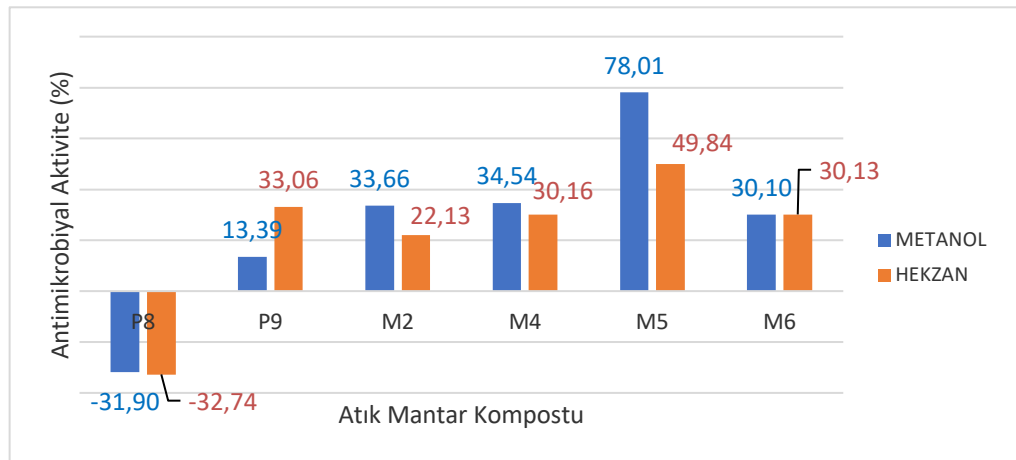
Her mikroorganizma için tüm ekstraktların antimikrobiyal % inhibisyon değerleri farklı grafiklerde gösterilmiştir. Bu grafiklere göre *E. coli* ve *S. aureus* üzerinde en fazla antimikrobiyal etkiye sahip olan *M. esculenta* n-hekzanlı 5. atık kompostu olduğu, *E. faecalis* üzerinde en fazla antimikrobiyal etkiye sahip olan *M. esculenta* metanollü 5. atık kompostu olduğu, *B. cereus* üzerinde en fazla antimikrobiyal etkiye sahip olan *M. esculenta* n-hekzanlı 5. atık kompostu olduğu, *P. aeruginosa* üzerinde en fazla antimikrobiyal etkiye sahip olan *M. esculenta* n-hekzanlı 4. atık kompostu olduğu, *C. albicans* üzerinde en fazla antimikrobiyal etkiye sahip olan *M. esculenta* metanollü 2. atık kompostu olduğu gözlenmiştir.



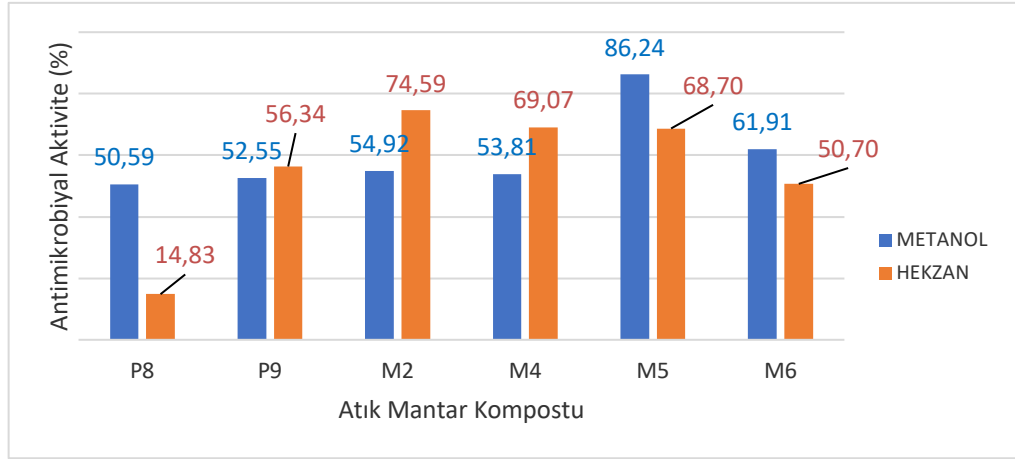
Şekil 4.17. *E. coli* antimikrobiyal % inhibisyon grafiğı



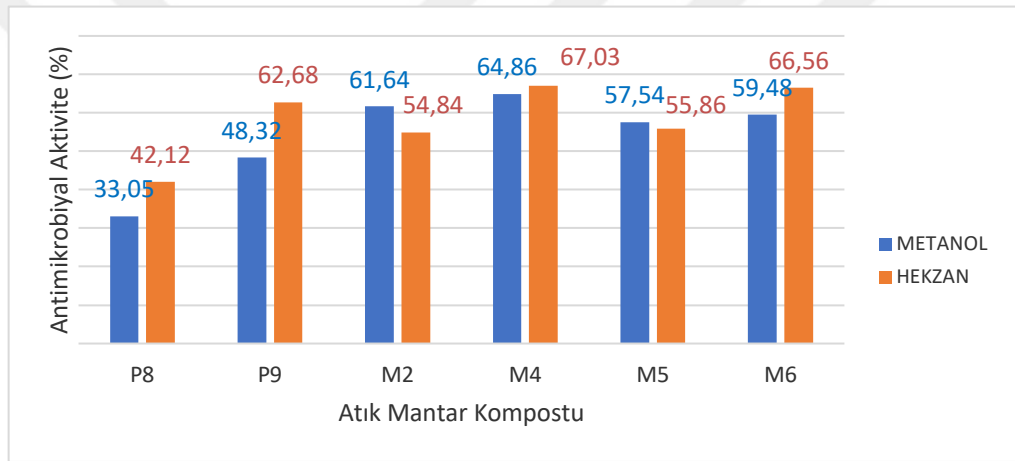
Şekil 4.18. *S. aureus* antimikrobiyal % inhibisyon grafiğı



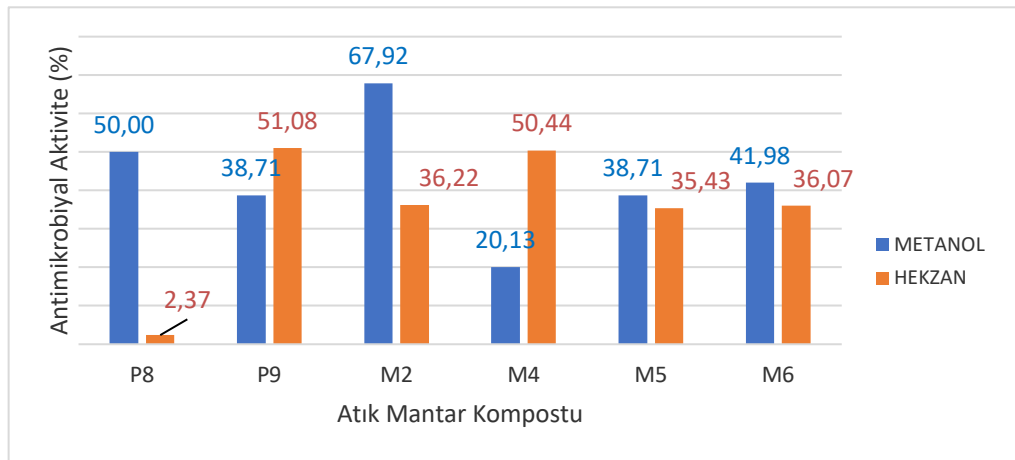
Şekil 4.19. *E. faecalis* antimikrobiyal % inhibisyon grafiğı



Şekil 4.20. *B. cereus* antimikrobiyal % inhibisyon grafiği



Şekil 4.21. *P. aeruginosa* antimikrobiyal % inhibisyon grafiği

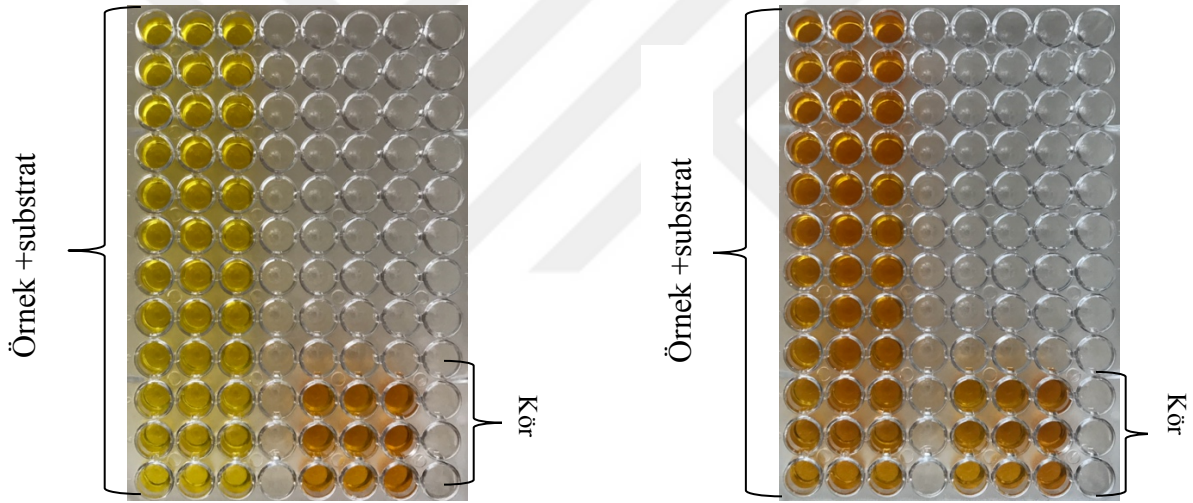


Şekil 4.22. *C. albicans* antimikrobiyal % inhibisyon grafiği

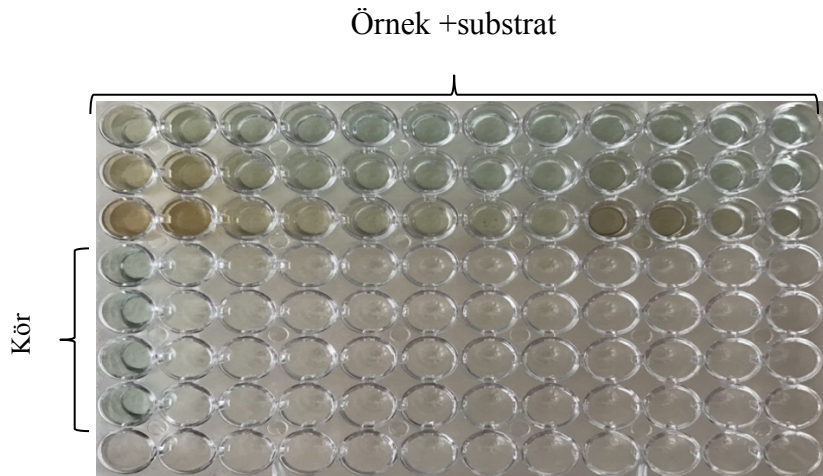
Grafiklerin tamamı incelendiğinde *E. coli* için *M. esculenta* n-hekzanlı 4. atık mantar kompostu ekstraktı hariç tüm ekstraktların antimikrobiyal etki gösterdiği, *S. aureus* için *M. esculenta* n-hekzanlı 2. ve metanollü 6. atık mantar kompostu, *P. ostreatus* metanollü 8. atık kompostu ekstraktı hariç tüm ekstraktların antimikrobiyal etki gösterdiği, *E. faecalis* için *P. ostreatus* n-hekzanlı ve metanollü 8. atık mantar kompostu ekstraktı hariç tüm ekstraktların antimikrobiyal etki gösterdiği gözlenmiştir.

#### 4.6. Atık Mantar Kompostu Enzimatik Aktivite Sonuçları

*Pleurotus ostreatus* ve *Morchella esculenta* atık mantar kompostlarından ekstraktları amilaz aktivite varlığı, selüloz aktivite varlığı (Şekil 4.23), lakkaz aktivite varlığı (Şekil 4.24) araştırılması için plakalara aktarılmıştır. Atık mantar kompostunun metanollü ve n-hekzan ekstraktları aynı sonuçları vermiştir.



Şekil 4.23. Selülaz (solda) ve Amilaz (sağda) enzim plakaları



Şekil 4.24. Lakkaz enzim plakası



#### 4.6.1. Atık Mantar Kompostunun Amilaz Enzimi Aktivite Sonuçları

Amilaz enzimi aktivitesini belirleyebilmek için nişasta substrat olarak kullanılmıştır. Aynı konsantrasyonlarda olacak şekilde körler hazırlanmıştır. Genel amilaz aktivitesi değerlendirildiği için substrat olarakta tekrar nişasta kullanılmıştır. Böylece parçalanmış nişasta (substrat + örnek) ile parçalanmayan (substrat) nişasta arasındaki absorbans değerleri karşılaştırılmıştır. (Tablo 4.4).

**Tablo 4.4.** Atık Mantar Kompostu Amilaz Absorbans Değerleri

| Atık Mantar Kompost<br>Ekstraktları      | 1/20<br>Konsantrasyondaki<br>Absorbans<br>Değerleri | 1/10<br>Konsantrasyondaki<br>Absorbans<br>Değerleri | 1/5<br>Konsantrasyondaki<br>Absorbans<br>Değerleri |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <i>Pleurotus ostreatus</i> 8.<br>kompost | 0,284±0,011                                         | <b>0,326±0,007</b>                                  | 0,346±0,025                                        |
| <i>Pleurotus ostreatus</i> 9.<br>kompost | 0,222±0,004                                         | <b>0,323±0,003</b>                                  | 0,307±0,001                                        |
| <i>Morchella esculenta</i> 2.<br>kompost | 0,243±0,004                                         | 0,298±0,002                                         | 0,325±0,001                                        |
| <i>Morchella esculenta</i> 4.<br>kompost | 0,327±0,001                                         | <b>0,325±0,001</b>                                  | 0,298±0,001                                        |
| <i>Morchella esculenta</i> 5.<br>kompost | 0,336±0,008                                         | 0,334±0,003                                         | <b>0,395±0,002</b>                                 |
| <i>Morchella esculenta</i> 6.<br>kompost | 0,306±0,011                                         | 0,354±0,007                                         | <b>0,428±0,005</b>                                 |
| Kör                                      | 0,226±0,01                                          | 0,259±0,008                                         | 0,375±0,008                                        |

Atık mantar kompostlarından elde edilen ekstraktları ve substratın bulunduğu reaksiyon kuyusunun optik yoğunluk değeri körün optik yoğunluk değeri ile karşılaştırılmıştır. Körden daha yüksek absorbans değeri veren kuyucuklarda amilaz aktivite varlığı olduğu yorumlanmıştır. Miller (1958), DNS metodu ile yaptığı çalışmada substratların parçalanması sonucu oluşan şekerlerin DNS reaktifi ile eşdeğer miktarlarda renk yoğunluğu oluşturduğunu raporlamıştır. Bu rapora göre körden daha yüksek absorbans değerleri gözlenemediği için amilaz aktivitesinin düşük olduğu yorumlanmıştır. Çalışmamızda laboratuvarında *Pleurotus ostreatus* hif sarımı yapılan kompostlar

kullanılmıştır. Çiftliklerde kompostlardan genellikle aynı komposttan birden fazla hasat yapılmaktadır. Bu uygulama kompostun içerisindeki ekstrasellüler enzimlerin artmasına neden olabilir.

Lim vd. (2013)'nin yapmış olduğu çalışmada, farklı ekstraksiyon solventleri kullanılarak elde edilen ekstraktta enzim varlığı ve miktarı belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan kompostlar 6 farklı mantar üretim çiftliğinden elde edilmiştir. Solvent olarak musluk suyu, distile su, sodyum sitrat tamponu, sodyum fosfat tamponu kullanılmıştır. Yapılan çalışmada amilaz, lakkaz, selüloz ve ksilanaz enzim miktarları belirlenmiştir. Denenen tüm solvent sistemlerinde amilaz enzimi belirlenmiştir.

Kumla vd. (2020)'nin yapmış olduğu çalışmada, zirai atıkların mantar üretimi için kullanımında arta kalan kompostun enzimatik önemi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada lignoselülozik materyallerde bulunan hidrolitik enzimlere dikkat çekilmiştir. Amilaz enzimine yer verilmemiştir.

#### 4.6.2. Atık Mantar Kompostunun Selüloz Enzimi Aktivite Sonuçları

Selüloz enzimi aktivitesini belirleyebilmek için karboksimetil selüloz substrat olarak, kör olarak glukoz kullanılmıştır. Karboksimetil selülozun parçalanmasından sonra oluşabilecek şeker olan glukozu göre absorbans değerlendirmesi yapılmıştır. Kör ve örnek tüplerinin aralarındaki absorbans değerleri karşılaştırılarak aktivite varlığı değerlendirilmiştir (Tablo 4.5).

**Tablo 4.5.** Atık Mantar Kompostu Selüloz Absorbans Değerleri

| Atık Mantar<br>Kompost<br>Ektraktları    | 1/20<br>Konsantrasyondaki<br>Absorbans Değerleri | 1/10<br>Konsantrasyondaki<br>Absorbans Değerleri | 1/5<br>Konsantrasyondaki<br>Absorbans Değerleri |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <i>Pleurotus ostreatus</i><br>8. kompost | 0,068±0,004                                      | 0,081±0,001                                      | 0,116±0,018                                     |
| <i>Pleurotus ostreatus</i><br>9. kompost | 0,049±0,005                                      | 0,068±0,004                                      | 0,070±0,001                                     |
| <i>Morchella esculenta</i><br>2. kompost | 0,049±0,000                                      | 0,052±0,002                                      | 0,065±0,003                                     |
| <i>Morchella esculenta</i><br>4. kompost | 0,049±0,000                                      | 0,055±0,001                                      | 0,066±0,002                                     |

Tablo 4.5. devam etmektedir.

|                                          |             |             |             |
|------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Morchella esculenta</i><br>5. kompost | 0,057±0,001 | 0,059±0,001 | 0,082±0,003 |
| <i>Morchella esculenta</i><br>6. kompost | 0,050±0,004 | 0,071±0,011 | 0,082±0,002 |
| Kör                                      | 0,232±0,004 | 0,252±0,003 | 0,364±0,002 |

Atık mantar kompostlarından elde edilen ekstraktları ve substratın bulunduğu reaksiyon kuyusunun absorbands değeri, körün absorbands değerinden elde edilen sonuçlara göre selüloz aktivitesinin olmadığı yorumu yapılmıştır. Miller (1958)'in raporuna göre renk yoğunluğunun olması yani absorbands değerinin yüksek çıkması durumunda aktivite varlığı olabileceği için elde ettiğimiz atık mantar kompostu ekstraktlarında selüloz aktivitesi olmadığı düşünülmektedir.

Lim vd. (2013)'nin, *Pleurotus sp.* atık mantar kompostu için yaptığı selüloz aktivite belirleme çalışmasında da DNS yöntemi kullanılmıştır. Lim ve diğerleri selüloz aktivite varlığını raporlamışlardır.

Kumla vd. (2020)'nin, yapmış olduğu derleme çalışmasında selülozlar geniş bir yer tutmaktadır. Bunun nedeni kullanılan kompost materyallerinin selüloz yönünden zengin olması ve kültürü yapılan mantar atık mantar kompostunda bulunmasının doğal olarak beklenmesidir. Selüloz zor parçalanan ve ortamda basit şekerler varken tercih edilmeyen bir karbon kaynağıdır. Yaptığımız çalışmada selüloz enzimi saptanmamış olmasının nedeni tek bir sarım gerçekleşmiş kompostta kültürü yapılan mantar tarafından selülozun henüz tüketilmemiş olması ve bu nedenle enzim üretilmemiş olmasıdır. Ayrıca denemesi yapılan ekstrakt seyreltilerek kullanılmıştır. Seyreltilmeden denenmesi durumunda çok az da olsa enzim bulunması ihtimalinin olduğu göz önünde tutulmalıdır.

#### 4.6.3. Atık Mantar Kompostunun Lakkaz Enzimi Aktivite Sonuçlar

Substrat olarak kullanılan 5mM ABTS kör olarak kullanılmıştır. Kör elde edilen absorbands değerleri ile örneklerden elde edilen absorbands değerleri karşılaştırılmıştır. Ekstraktların eklendiği ABTS substratında olan renk değişimleri UV/VIS spektrofotometresinde okunduktan sonra sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yuen (2004), *Pleurotus* türü atık mantar kompostunda lakkaz aktivitesini belirleyebilmek için ABTS substratı kullanmış ve enzim aktivite varlığında yeşil renk yoğunluğunun olduğunu raporlamıştır.

Polak ve Wilkolazka (2012) yaptığı lakkaz aktivitesi çalışmasında ABTS substratının kahverengiye döndüğünü ve lakkaz aktivite varlığının olduğunu raporlamıştır. Bizim çalışmamızda da atık mantar kompostu ekstraktlarının supernatantlarından alınan örneklerin ABTS üzerine renk değişimleri incelenmiş ve renk değişiminin kahverengi olduğu gözlenmiştir. Örnek absorbans değerleri körlere göre karşılaştırılmıştır (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6.** Atık Mantar Kompostu Lakkaz Absorbans Değerleri

| Atık Mantar<br>Kompost<br>Ekstraktları   | 1/20<br>Konsantrasyondaki<br>Absorbans Değerleri | 1/10<br>Konsantrasyondaki<br>Absorbans Değerleri | 1/5<br>Konsantrasyondaki<br>Absorbans Değerleri |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <i>Pleurotus ostreatus</i><br>8. kompost | 0,611±0,000                                      | 1,125±0,029                                      | <b>1,775±0,030</b>                              |
| <i>Pleurotus ostreatus</i><br>9. kompost | 0,269±0,011                                      | 0,296±0,057                                      | 0,360±0,012                                     |
| <i>Morchella esculenta</i><br>2. kompost | 0,275±0,002                                      | 0,281±0,006                                      | 0,336±0,024                                     |
| <i>Morchella esculenta</i><br>4. kompost | 0,354±0,030                                      | 0,375±0,013                                      | <b>0,499±0,044</b>                              |
| <i>Morchella esculenta</i><br>5. kompost | 0,355±0,004                                      | 0,419±0,003                                      | <b>0,500±0,017</b>                              |
| <i>Morchella esculenta</i><br>6. kompost | 0,322±0,006                                      | 0,353±0,026                                      | 0,360±0,016                                     |
| Kör                                      | 0,278±0,004                                      | 0,288±0,004                                      | 0,319±0,004                                     |

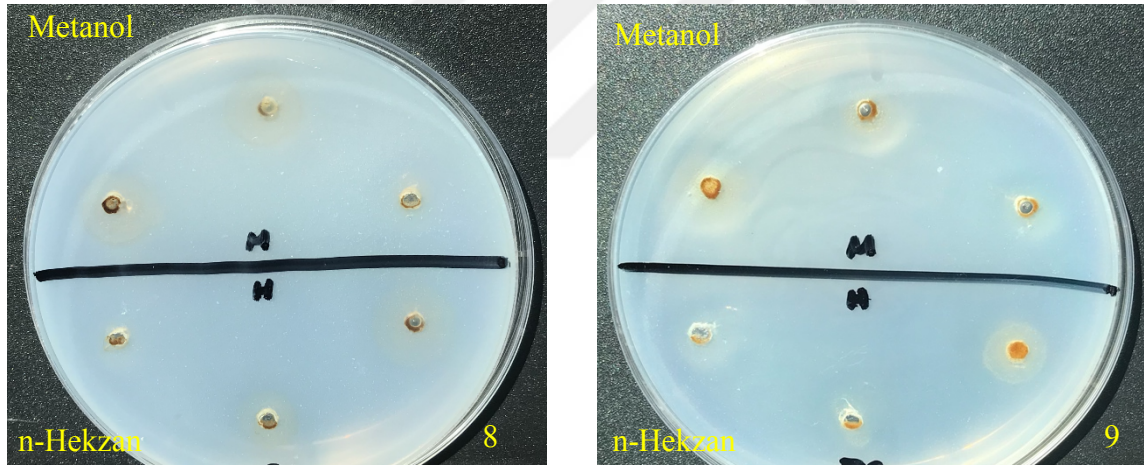
Lakkaz enzimi ligninin parçalanmasında etkili olan enzimlerden biridir. Mantar üretiminde kullanılan kompostlar az ya da çok lignin veya lignoselülozik materyaller içermektedir. Bu materyaller kompostun bünyesine saman ya da talaş olarak katılmaktadır (Kumla vd., 2020). Lignin doğada en zor parçalanan moleküllerden biridir. 8 numaralı kompost ekstraktlarında en yüksek lakkaz aktivitesi belirlenmiştir. *Pleurotus ostreatus* atık mantar kompostları, *Morchella esculenta* atık mantar kompostları ile kıyaslandığında çok daha iyi sarım gerçekleştirmiştir. 8 ve 9 numaralı kompost kıyaslandığında 8 numaralı kompost saman içermektedir ancak 9 numaralı kompostta ne saman ne de talaş bulunmamaktadır. Bu nedenle bu kompostta üretildiğinde *Pleurotus ostreatus*'un lakkaz

enzimi üretmemesi normaldir. Diğer kompostlarda çok az hifsel gelişim gerçekleşmiştir ve *M. esculenta* 4. ve 5. kompostlarda lakkaz aktivite varlığı gözlenmiştir.

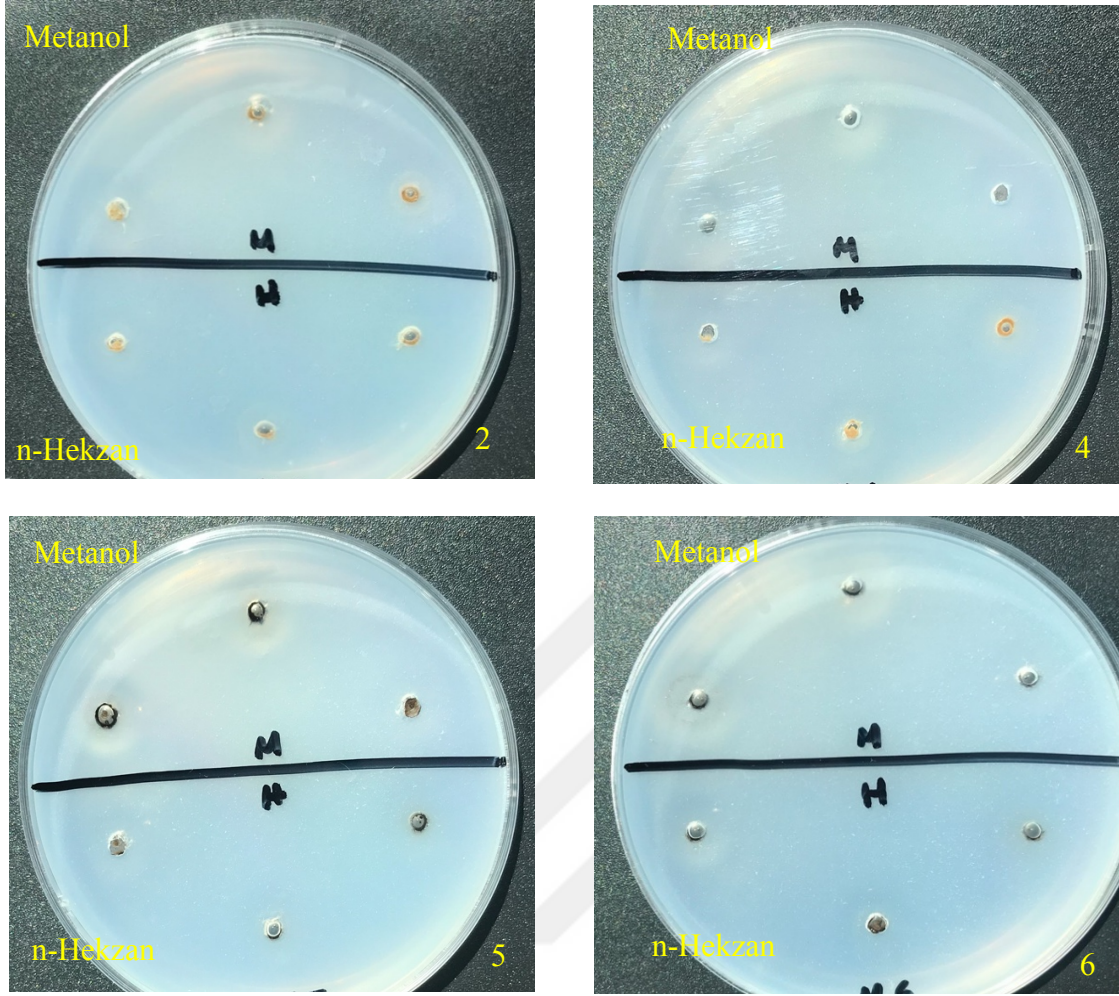
Kumla vd. (2020)'nin, yaptıkları derlemede lakkaz saptanan *Pleurotus* kompostlarının buğday samanı veya ağaç yaprağı içerdiği belirtilmiştir.

#### 4.6.4. Atık Mantar Kompostunun Proteaz Enzimi Aktivite Sonuçlar

Proteaz enzimi aktivite varlığını belirleyebilmek adına yağsız süt tozu içeren besiyerlerine açılan kuyulara atık mantar kompostu ekstraktları eklenmiştir. Devi vd. (2020)'nin yaptığı çalışmada *Pleurotus florida* atık mantar kompostunda proteaz aktivite varlığını gelatin agar besiyerinde araştırılmıştır. Gelatin agar besiyerine inoküle edilen atık mantar kompostları etrafında zon açılmaları olduğu gözlenmiştir. Ancak bizim çalışmamızda *Pleurotus ostreatus* (Şekil 4.25) ve *Morchella esculenta* (Şekil 4.26) türlerine ait ekstraktlarının yağsız süt tozu içeren besiyerine inoküle edildiği bölgelerde zon açılması gözlenmemiştir.



Şekil 4.25. *Pleurotus ostreatus* atık mantar kompostları ekstraktlarının yağsız süt tozu içeren besiyerinde proteaz aktivite varlığının araştırılması



**Şekil 4.26.** *Morchella esculenta* atık mantar kompostları ekstraktlarının yağsız süt tozu içeren besiyerinde proteaz aktivite varlığının araştırılması

Kompost materyali protein içeriği yönünden oldukça zayıftır. Bu nedenle ekstraktlarda proteaz aktivitesinin görülmemesi normal olarak değerlendirilmiştir.

## 5. SONUÇ

Ülkemizde her geçen yıl artan miktarlarda şapkalı mantar üretimi yapılmaktadır. Ziraî atıkların değerlendirilmesi ve maddî değeri yüksek ürüne dönüştürülmesi ve böylelikle üretime kazandırılması çok önemlidir. Yaptığımız çalışma üretim sonrasında kalan kompost materyalinin farklı alanlarda kullanım potansiyeli olup olmadığı hakkında fikir vermesi yönünden önemlidir.

Kompost ekstraktlarında antimikrobiyal, antioksidan ve enzimatik aktivite saptanmıştır. Sürekli üretimin yapıldığı tesislerde, kullanım sonrası atık olarak düşünülen ve toprak organik madde düzenleyicisi, hayvan yemi, biyolojik hastalık kontrolünde, biyogaz üretiminde, vermikompost üretiminde ve gübre olarak kullanılan kompost materyalinin potansiyel kullanım alanları büyük önem taşımaktadır.

Gıda olarak tat, aroma ve besin değeri yönünden mantarlar tercih edilmektedir. Kompost ekstraktlarının antioksidan ve antimikrobiyal özellikte olması sağlık sektörü ile güvenilir ve fonksiyonel gıda üretimini akla getirirse de ayırma ve saflaştırma işlemleri yönünden ekonomik olup olmadığı değerlendirilmelidir.

Enzimatik karakterizasyonunun tam olarak yapılması ile ekstraktların kullanımı daha olası görülmektedir. Bu ekstraktlar;

- ✓ Renk gideriminde
- ✓ Hemiselülozik ve lignin içeren atıklardan biyoyakıt üretiminde
- ✓ Meyve sularında bulanıklılık gideriminde
- ✓ Çiftlik hayvanlarının yemlerinin sindirilebilirliğinin arttırılmasında
- ✓ Kağıt endüstrisinde
- ✓ Tekstil endüstrisinde kumaş kalitesinin arttırılmasında
- ✓ Atık arıtımında ve diğer sektörlerde değerlendirilebilir.

Sonuç olarak; özellikle büyük çapta üretimin yapıldığı tesislerde ortaya çıkan kompostun sadece gübre olarak değil, bu kompostlardan elde edilecek ekstraktların farklı alanlarda kullanım yolları araştırılmalı ve değerlendirilmelidir. Çalışmamız sonuçlarına göre; mantar atıklarının antimikrobiyal, antioksidan madde ve çeşitli enzimlerin üretilmesi için potansiyeli vardır. Ölçek büyüterek yapılacak üretimler ile ekonomik yönü de ortaya konulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Abah S.E., Abah G., 2010. Antimicrobial and Antioxidant Potentials of *Agaricus bisporus*. *Advances in Biological Regulation*, 4(5), 277–282.
- Abdunnasır Yıldız, 1998. Farklı Katkı Maddelerinin Değişik Oranlarının *Pleurotus florida* Fovose'nin Misel Gelişimi, Basidiokraplarının Oluşum ve Gelişim Süreleri ile Verim Miktarı Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Biology*, 22 127-142.
- Ahlawat, S., Dhiman, S.S., Battan, B., Mandhan, R.P., Sharma, J., 2009. Pectinase Production by *Bacillus subtilis* and Its Potential Application in Biopreparation of Cotton and Micropoly Fabrica. *Process Biochemistry* 44, 521-526.
- Ahmad N., Mahmood F., Akbar Khalil S., Zamir R., Fazal H., Abbasi B.H., 2014. Antioxidant Activity via DPPH, Gram-positive and Gram-negative Antimicrobial Potential in Edible Mushrooms. *Toxicology and Industrial Health*, 30(9), 826–834.
- Ajita Sundarram, Thirupathihalli Pandurangappa Krishna Murthy, 2014.  $\alpha$ -Amylase Production and Applications: A Review. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, 2 (4), 166-175.
- Akyüz M., Onganer A.N., Erecevit P., Kirbağ S., 2010. Antimicrobial Activity of Some Edible Mushrooms in the Eastern and Southeast Anatolia Region of Turkey. *Gazi University Journal of Science*, 3(2), 125–130.
- Alison Pouliot, 2018. The Allure of Fungi. *CSIRO Publishing*, 10.
- Alvarado-Castillo Gerardo, Pérez-Vazquez Arturo, Felipe Gallardo-López, Nava-Tablada Martha Elena, 2011. *Morchella Sclerotia* Production Through Grain Supplementation. *Interciencia*, 36 (10), 768-773.
- Alves M.J., Ferreira I.C.F.R., Dias J., Teixeira V., Martins A., 2013. A Review on Antifungal Activity of Mushroom Extracts and Isolated Compounds. *Current Topics in Medicinal Chemistry* 13(21), 2648–2659.
- Alves M.J., Ferreira I.C.F.R., Martins A., Pintado M., 2012. Antimicrobial Activity of Wild Mushroom Extracts Against Clinical Isolates Resistant to Different Antibiotics. *Journal Applied Microbiolgy* 113(2), 466–475.
- Amal Z Hegazi, Soha Mostafa, 2015. Application Efficiency of Spent Mushroom Compost Extract, Cyanobacteria and Bacteria on Green Fruit and Seed Yield of Squash under Drip Irrigation System. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 04 (04), 887-898.



- Ana Vuleta, Sanja Manitašević Jovanović, Branka Tucić, 2016. Adaptive Flexibility of Enzymatic Antioxidants SOD, APX and CAT to High Light Stress: The Clonal Perennial Monocot Iris Pumila as A Study Case. *Plant Physiology and Biochemistry*, 100,166-173.
- Anahita, A., Asmah, R., Fauziah, O., 2015. Evaluation of Total Phenolic Content, Total Antioxidant Activity, and Antioxidant Vitamin Composition of Pomegranate Seed and Juice. *International Food Research Journal* 22(3), 1212-1217.
- Andrew J. Young ,Gordon L. Lowe, 2018. Carotenoids-Antioxidant Properties, *Antioxidants*, 7(2), 28.
- Anke T., Kupka J., Schramm G., Steglich W., 1980. Antibiotics from Basidiomycetes. X. Scorodonin, A New Antibacterial and Antifungal Metabolite From Marasmius Scorodonius. *The Journal of Antibiotics*, 33, 463-467.
- Asada C, Asakawa A, Sasaki C, Nakamura Y., 2011. Characterization of The Steam-exploded Spent Shiitake Mushroom Medium and Its Efficient Conversion to Ethanol. *Bioresource Technology* 102(21),10052–10056.
- Ayodeji O. Falade, Uchechukwu U. Nwodo, Benson C. Iweriebor, Ezekiel Green, Leonard V. Mabinya, Anthony I. Okoh, 2017. Lignin Peroxidase Functionalities and Prospective Applications, *Microbiology Open* 6(1),1-14.
- Bahl N., Gupta M., Jauhri K.S., 1989. The Development of High-quality Inoculants From Spent Compost. *Mushroom Science*, 12(1), 427–431.
- Bahl N., Jauhri K.S., 1986. Spent Compost as A Carrier for Bacterial Inoculant Production. In: P.J. Wuest, D.J. Royse, R.B. Beelman (Eds). Proceedings of International Symposium on Scientific and Technical Aspects of Cultivating Edible Fungi. The Pennsylvania State University, 63–68.
- Bala N., Aitken E.A., Fechner N., Cusack A., Steadman K.J., 2011. Evaluation of Antibacterial Activity of Australian Basidiomycetous Macrofungi Using A High Throughput 96-well Plate Assay. *Pharmaceutucal Biology*, 49, 492–500.
- Ball A.S., Jackson A.M., 1995. The Recovery of Lignocellulose-degrading Enzymes From Spent Mushroom Substrate. *Bioresource Technology*, 54(3), 311–314.
- Barron, G.L. and Thorn, R.G., 1987. Destruction of Nematodes by Species of *Pleurotus*, *Canadin Journal Botany*, 64, 774–778.
- Barros L., Cruz T., Baptista P., Estevinho L.M., Ferreira I.C.F.R., 2008. Wild and Commercial Mushrooms As Source of Nutrients and Nutraceuticals. *Food Chemistry Toxicology*, 46, 2742-2747.

- Bawadekji A., Mridha M.A.U., Al Ali M., Jamith Basha W., 2017. Antimicrobial Activities of Oyster Mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fr.) Kummer. J. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 7(10), 227–231.
- Bazin M.J., Rutili A., Gaines A., Lynch J.M., 1991. Humic Acid Relieves pH-Inhibition of Nitrification in Continuous-flow Columns. *FEMS Microbiology Ecology* 85(1), 9–14.
- Beattie V.E., Sneddon I.A., Walker N., Weatherup R.N., 2001. Environmental Enrichment of Intensive Pig Housing Using Spent Mushroom Compost. *Animal Science* 72, 35–42.
- Beenu Tanwar, Rajni Modgil, 2012. Flavonoids: Dietary Occurrence and Health Benefits , *Spatula DD.*, 2(1), 59-68.
- Bhagavathy, S., Sumathi, P., Jancy Sherene Bell I., 2011. Green Algae *Chlorococcum Humicola* A New Source of Bioactive Compounds with Antimicrobial Activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(1), 1-7.
- Bilal M, Adeel M, Rasheed T, Zhao Y, Iqbal HM, 2019. Emerging Contaminants of High Concern and Their Enzyme-assisted Biodegradation A Review. *Environment International*. 124, 336–353.
- Bisaria R., Vasudevan P., Bisaria V.S., 1990. Utilization of Spent Agro-residues from Mushroom Cultivation of Biogas Hrodution. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 33(5), 607–610.
- Biswojit Debnath, Muhammad Irshad, Sangeeta Mitra, Min Li, Hafiz Muhammad Rizwan, Shuang Liu, Tenfei Pan, Dongliang Qiu, 2018. Acid Rain Deposition Modulates Photosynthesis, Enzymatic and Non-enzymatic Antioxidant Activities in Tomato. *International Journal of Environmental Research*, 12, 203–214.
- Burçak Tunçakın, 2015. Bazı endüstriyel Hidrolitik Enzimlerin Şapkalı Mantarlardaki Aktivitelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne , Türkiye.
- Carolina Simioni, Giorgio Zauli, Alberto M. Martelli, Marco Vitale, Gianni Sacchetti, Arianna Gonelli, Luca M. Neri, 2018. Oxidative Stress: Role of Physical Exercise and Antioxidant Nutraceuticals in Adulthood and Aging. *Oncotarget*, 9(24), 17181–17198.
- Chandra R, Chowdhary P., 2015. Properties of Bacterial Laccases and Their Application in Bioremediation of Industrial Wastes. *Environmental Science Processess and Impacts*, 17, 326–342.
- Chandra S. Pundir, 2015. Enzyme Nanoparticles Preparation, Characterisation, Properties and Applications, Micro-Nano Technologies Series, ELSEVIER.

- Chang I.S., Shin P.K., Kim B.H., Chang I.S., Chang P.K., Shin P.K., Kim B.H., 2000. Biological Treatment of Acid Mine Drainage Under Sulfate-reducing Conditions with Solid Waste Materials as Substrate. *Water Research*, 34(4), 1269–1277.
- Chang S.T., Miles P.G., 2004. Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact. CRC Press, 2. Baskı.
- Chang S. T., Quimo, T.H. 1982. Tropical Mushrooms: Biological Nature and Cultivation Methods, Hong Kong: The Chinese University Press.
- Chang S. T., Hayes W. A., 1978. The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms. New York: Academic Press. Guide to Medicinal Mushrooms and Cultivation of Saprobic Mushrooms.
- Chang S.T., Li S.F., 1982. Mushroom culture, *Advances in Agricultural Microbiology, Butterworths* 677–691.
- Chauhan P.S., Goradia B., Saxena A., 2017. Bacterial Laccase: Recent Update on Production, Properties and Industrial Applications. *3 Biotechnology* 7, 323.
- Chowdhury M., Kubra K., Ahmed S., Barros L., Ferreira M., Queiros B., 2015. Screening of Antimicrobial, Antioxidant Properties and Bioactive Compounds of Some Edible Mushrooms Cultivated in Bangladesh. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 14(1), 8.
- Chen G.J., Peng C.Y., Fang J.Y., Dong Y.Y., Zhu X.H., Cai H.M., 2015. Biosorption of Fluoride from Drinking Water Using Spent Mushroom Compost Biochar Coated with Aluminum Hydroxide. *Desalination and Water Treatment*, 1–11.
- Chi M., Chen Y., Wu T., Lo H., Lin L., 2009. Engineering of a Truncated  $\alpha$ -amylase of *Bacillus* sp. Strain TS-23 for the Simultaneous Improvement of Thermal and Oxidative Stabilities. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 109(6), 531–8.
- Chi Z., Chi Z., Liu G., Wang F., Ju L., Zhang T., 2009. *Saccharomycopsis fibuligera* and its Applications in Biotechnology. *Biotechnology Advances* 27, 423–431.
- Chia-Chay Tay, Hong-Hooi Liew, Suhaimi Abdul-Talib, Ghufuran Redzwand, 2015. Bi-metal Biosorption Using *Pleurotus ostreatus* Spent Mushroom Substrate (PSMS) As A Biosorbent: Isotherm, Kinetic, Thermodynamic Studies and Mechanism. *Desalination and Water Treatment*, 1–7.
- Chiu S-W, Ching ML, Fong KL, Moore D., 1998. Spent Oyster Mushroom Substrate Performs Better than Many Mushroom Mycelia in Removing the Biocide Pentachlorophenol. *Mycological Research*, 102(12), 1553–1562.

- Chiu S-W, Gao T, Chan CS-S, Ho CK-M., 2009. Removal of Spilled Petroleum in Industrial Soils by Spent Compost of Mushroom *Pleurotus pulmonarius*. *Chemosphere*, 75, 837–842.
- Christopher LP, Yao B, Ji Y., 2014. Lignin Biodegradation with Laccase-mediator Systems. *Frontiers in Energy Research*, 2, makale:12.
- Cobos, Á., Díaz, O., 2015. Chemical Composition of Meat and Meat Products. In: Cheung, P.C.K., Mehta, B.M. (Eds.), *Handbook of Food Chemistry*. Springer, Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 471–510.
- Cock, L. J., Taylor R. E., 1965. The Effect of TBA Residues in Compost on the Growth of Mushrooms and Subsequently on Tomatoes and Cucumbers. *Plant Pathology*, 14, 105-108.
- Daniel J. Royse, Lee C. Schisler, 1987. Yield and Size of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* as Effected by Delayed-release Nutrient, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 26, 191 194.
- Danny Lee Rinker, 2017. Spent Mushroom Substrate Uses, Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications, First Edition, Edited by Diego Cunha Zied and Arturo Pardo-Giménez, 427-453.
- Deepti Singh, Neeraj Gupta, 2020. Microbial Laccase: A Robust Enzyme and Its Industrial Applications. *Biologia*, 75, 1183–1193.
- Dimitrijevic M., Stankov Jovanovic V., Cvetkovic J., Mihajilov-Krstev T., Stojanovic G., Mitic V., 2015. Screening of Antioxidant, Antimicrobial and Antiradical Activities of Twelve Selected Serbian Wild Mushrooms. *Anal Methods*, 7, 41-81.
- Ding R., Gong K., 2013. Super-absorbent Resin Preparation Utilizing Spent Mushroom substrates. *Journal of Applied Polymer Science* 130(2), 1098–1103.
- Donnell L.S., Busta F.F., 1980. Heat Resistance of *Desulfotomaculum Nigrificans* Spores in Soy Protein Infant Formula Preparations. *Applied and Environmental Microbiology*, 40(4), 721–725.
- Dorman, H., Deans S., 2000. Antimicrobial Agents from Plants: Antibacterial Activity of Plant Volatile Oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88(2), 308-316.
- Draelos Z. D., 2015. A Split-face Evaluation of A Novel Pigment-lightening Agent Compared With No Treatment and Hydroquinone. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 72, 105– 107.
- Durrell J., Sneddon I.A., Beattie V.E., 1997. Effects of Enrichment and Floor Type on Behaviour of Cubicle Loose-housed Dry Sows. *Animal Welfare*, 6(4), 297–308.

- Edwards C.A., Burrows I., Fletcher K.E., Jones B.A., 1985. The Use of Earthworms for Composting Farm Wastes. In: JKR Gasser (Ed.), *Composting of Agricultural and Other Wastes*. Elsevier Applied Science Publishers: London, 229–242.
- Eggen T., 1999. Application of Fungal Substrate from Commercial Mushroom Production – *Pleurotus ostreatus* for Bioremediation of Creosote Contaminated Soil. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 44 (2–3), 117–126.
- Elif Ayse Erdogan Eliuz, Gulden Goksen, 2017. Morel Culture Study Part I: *Morchella* sp. Mycelial Growth and Nutrient-primed Mycelia. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 5(01), 066-069.
- Erbil Kalmış, Fatih Kalyoncu, 2008. Mycelial Growth Rate of Some Morels (*Morchella* spp.) In Four Different Microbiological Media, American-Eurasian *Journal of Agriculture and Environmental Science*, 3 (6), 861-864.
- Fagade O.E., Oyelade A.A., 2009. A Comparative Study of the Antibacterial Activities of Some Wood-decay Fungi to Synthetic Antibiotic Discs. *Electronic Journal Environment Agriculture Food Chemistry* 8, 184–188.
- Fereidoon Shahidi, Ying Zhong, 2015. Measurement of Antioxidant Activity. *Journal of Functional Foods*, 18, Part B, 757-781.
- Fernandes A., Petrović J., Stojković D., Barros L., Glamočlija S.M., Anabela M., Isabel F., 2016. *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr from Different Origins: Chemical Characterization, Screening of The Bioactive Properties and Specific Antimicrobial Effects Against *Pseudomonas aeruginosa*. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 69,91–97.
- Fermor T., Watts N., Duncombe T., Brooks R., McCarthy A., Semple K., Reid B., 2000. Bioremediation: Use of Composts and Composting Technologies. *Mushroom Science*, 15:833–839.
- Finney K.N., Ryu C., Sharifi V.N., Swithenbank J., 2009a. The Reuse of Spent Mushroom Compost and Coal Tailings for Energy Recovery: Comparison of Thermal Treatment Technologies. *Bioresource Technology*, 100, 310–315.
- Finney K.N., Sharifi V.N., Swithenbank J., 2009b. Fuel Pelletization with a Binder: Part II - the Impacts of Binders on the Combustion of Spent mushroom Compost-coal Tailing Pellets. *Energy and Fuels*, 23, 3203–3210.
- Finney K.N., Sharifi V.N., Swithenbank J., 2009c. Combustion of Spent Mushroom Compost and Coal Tailing Pellets in a Fluidised-bed. *Renewable Energy*, 34, 860–868.

- Flávio Henrique Silveira Rabeloa, Berenice Kussumoto de Alcântara da Silva, Lucélia Borgob, Els Keunenb, Mônica Lanzoni Rossia, Karina Lima Reis Borgesd, Elcio Ferreira dos Santosa, André Rodrigues dos Reise, Adriana Pinheiro Martinellia, Ricardo Antunes Azevedod, Ann Cuypersb, José Lavresa, 2018. Enzymatic Antioxidants-Relevant or not to Protect The Photosynthetic System Against Cadmium-induced Stress in Massai Grass supplied with Sulfur?, *Environmental and Experimental Botany*, 155, 702–717.
- Gail Lorenz Miller, 1958. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 25-108.
- Gaitan-Hernandez R., 2007. Transferencia de Tecnología de Cultivo de *Pleurotus* spp. Como Alternativa de Beneficio Social y Económico en el Estado de Veracruz. In: Sanchez JE Vazquez, D Martinez-Carrera, G Mata and H Leal Lara (Eds), El cultivo de setas *Pleurotus* spp. en Mexico. ECOSUR, Tapachula: Chiapas, Mexico, 101–112.
- García-Delgado C., D'Annibale A., Pesciaroli L., Yunta F., Crognale S., Petruccioli M., Eymar E., 2015. Implications of Polluted Soil Biostimulation and Bioaugmentation with Spent Mushroom Substrate (*Agaricus bisporus*) on the Microbial Community and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Biodegradation. *Science of the Total Environment*, 508, 20–28.
- Gerrits, J. P. G., 1987. Compost for Mushroom Production and Its Subsequent Use for Soil Improvement. In M. de Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L'Hermite and F. Zucconi (eds) Compost : Production, Quality and Use . Elsevier Applied Science, London 431-439.
- Ghorai, S., Banik, S.P., Verma, D., Chowdhury, S., Mukherjee, S., Khowala, S., 2009. Fungal Biotechnology in Food and Feed Processing. *Food Research International* 42, 577-587.
- Glamočlija J., Stojković D., Nikolić M., Ćirić A., Barros L., Ferreira I.C., Soković M., 2015. Comparative Study on Edible *Agaricus* Mushrooms as Functional Foods. *Food and Function*, 6, 1900–1910.
- Gimenez AP. (2008). Reuse of Spent Mushrooms Substrates in Edible Mushrooms Production. *Itea-Informacion Tecnica Economica Agraria*, 104(3), 360–368.
- Gyawali R., Ibrahim, S. A., 2012. Impact of Plant Berivatives on the Growth of Foodborne Pathogens and the Functionality of Probiotics. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 95(1), 29-45.
- Heleno S.A., Stojković D., Barros L., Glamočlija J., Soković M., Martins A., Queiroz M.J., Ferreira I., 2013. A Comparative Study of Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Hroperties of *Morchella esculenta*. *Food Research International*, 51(1), 236–243.

- Hirasawa M., Shouji N., Neta T., Fukushima K., Takada K., 1999. Three Kinds of Antibacterial Substances from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. (shiitake, an Edible Mushroom). *International Journal of Antimicrobial Agents*, 11(2), 151–157.
- Hirata Y., Nakanishi K. 1950. Grifolin, An Antibiotic from A Basidiomycete. *Journal Biological Chemistry*, 184, 135–144.
- Hmidet N., El-Hadj Ali N., Haddar A., Kanoun S., Alya S., Nasri M., 2009. Alkaline Proteases and Thermostable  $\alpha$ -amylase Co-produced by *Bacillus licheniformis* NH1: Characterization and Potential Application as Betergent Additive. *Biochemical Engineering Journal*, 47, 71-79.
- Hongji Zhu, Kai Sheng, Erfu Yan, Jianjun Qiao, Feng Lv, 2012. Extraction, Purification and Antibacterial Activities of A Polysaccharide from Spent Mushroom Substrate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 50, 840–843.
- Hussain F., Kamal S., Rehman S., Azeem M., Bibi I., Ahmed T., Iqbal H. M. N., 2017. Alkaline Protease Production Using Response Surface Methodology, Characterization and Industrial Exploitation of Alkaline Protease of *Bacillus subtilis* sp. *Catalysis Letters* 147(5), 1204-1213.
- Iwona Mironczuk-Chodakowska, Anna Maria Witkowska, Małgorzata Elżbieta Zujko, 2018. Endogenous Non-enzymatic Antioxidants in the Human Body. *Advances in Medical Sciences*, 63(1), 68-78.
- J. Sathiya Jeeva, J. Sunitha, R. Ananthalakshmi, S. Rajkumari, Maya Ramesh, Ramesh Krishnan, 2015. Enzymatic Antioxidants and Its Role in Oral Diseases, *Journal of Pharmacy and Bioallied Science*, (Suppl 2): S331–S333.
- Jasmina Glamoclija, Marina Kosticc, and Marina Sokovicc, 2018. Antimicrobial and Hepatoprotective Activities of Edible Mushrooms. *Biology of Macrofungi*, Springer, 81-113.
- Jaturong Kumla, Nakarin Suwannarach, Kanaporn Sujarit , Watsana Penkhrue, Pattana Kakumyan , Kritsana Jatuwong, Santhiti Vadthanarat, Saisamorn Lumyong, 2020. Cultivation of Mushrooms and Their Lignocellulolytic Enzyme Production Through the Utilization of Agro-Industrial Waste, *Molecules*, 25, 2811.
- Jawad Ashraf, Muhammad Asif Ali, Waqas Ahmad, Chaudhry Muhammad Ayyub, Jamil Shafi, 2013. Effect of Different Substrate Supplements on Oyster Mushroom (*Pleurotus* spp.) Production. *Food Science and Technology*, 1(3), 44-51.
- Jeng-Leun Mau, Chieh-No Chang, Shih-Jeng Huang, Chin-Chu Chen, 2004. Antioxidant Properties of Methanolic Extracts from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces Albuminosus* Mycelia. *Food Chemistry*, 87(1), 111-118.

- Jerica Sabotic, Janko Kos, 2012. Microbial and Fungal Protease Inhibitors Current and Potential Applications. *Microbial Biotechnology*, 93(4), 1351–1375.
- Jesus M. Marin-Benito, Eliseo Herrero-Hernandez, M. Soledad Andrades, Maria J. Sanchez-Martin, M. Sonia Rodriguez-Cruz, 2014. Effect of Different Organic Amendments on the Dissipation of Linuron, Biazinon and Myclobutanil in an Agricultural Soil Incubated for Different Time Periods, Institute of Natural Resources and Agrobiolology of Salamanca (IRNASA-CSIC), 40-52.
- Jolanta Polak, Anna Jarosz-Wilkolazka, 2012. Fungal Laccases as Green Catalysts for Dye Synthesis. *Process Biochemistry*, 47, 1295-1307.
- Jones R.N, Fritsche T.R., Sader H.S., Ross J.E., 2006. Activity of Retapamulin (SB-275833), A Novel Pleuromutilin Against Selected Resistant Gram-positive cocci. *Antimicrobial Agents Chemother*, 50, 2583–2586.
- Jujjavarapu Satya E., Dhagat Swasti, 2019. Evolutionary Trends in Industrial Production of  $\alpha$ -amylase. *Recent Patents on Biotechnology*, 13(1), 4-18(15).
- Kaddous F.G.A., Morgan, A.S., 1986. Spent mushroom compost and deep litter fowl manure as soil amelioration for vegetables. In: Proc. Of Surface Soil Management, Rotorava, New Zealand, 138-47.
- Kalac P., 2012. Chemical Composition and Nutritional Value of European Species of Wild Growing Mushrooms, In: Mushrooms: Types, pProperties and Nutrition, (S. Andres and N. Baumann Ed.), Nova Science Publishers.
- Kapu N.U.S., Manning M., Hurley T.B., Voigt J., Cosgrove D.J., Romaine C.P., 2012. Surfactant-assisted Pretreatment and Enzymatic Hydrolysis of Spent Mushroom Compost for the Production of Sugars. *Bioresource Technology*, 114, 399–405.
- Karaman M., Jovin E., Malbasa R., Matavuly M., Popović M., 2010. Medicinal and Edible Lignicolous Fungi as Natural Sources of Antioxidative and Antibacterial Agents. *Phytotherapy Research*, 24, 1473–1481.
- Karaman M., Stahl M., Vulić J., Vesić M., Canadanović-Brunet J., 2014. Wild-growing Lignicolous Mushroom Species as Sources of Novel Agents with Antioxidative and Antibacterial Potentials. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(3), 311–319.
- Karas P, Metsoviti A, Zisis V, Ehaliotis C, Omirou M, Papadopoulou E.S., 2015. Dissipation, Metabolism and Sorption of Pesticides Used in Fruit-packaging Plants: Towards An Optimized Depuration of Their Pesticide-contaminated Agro-industrial Effluents. *Science of the Total Environment*, 530–531, 129–139.
- Karmakar M., Ray R.R., 2011. Current Trends in Research and Application of Microbial Cellulases. *Reseach Journal Microbiology*, 6, 41–53.



- Kavanagh F., Hervey A., Robbins W.J., 1951. Antibiotic Substances from Basidiomycetes.8. *Pleurotus multilus* (Fr.) Sacc. and *Pleurotus passeckerianus* Pilat. Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America, 37, 570–574.
- Klancnik A., Megušar P., Sterniša M, Jeršek B., Bucar F., Smole Možina S., Kos J., Sabotič J., 2017. Aqueous Extracts of Wild Mushrooms Show Antimicrobial and Antiadhesion Activities Against Bacteria and Fungi. *Phytotherapy Research*, 31(12), 1971–1976.
- Klaus A., Kozarski M., Vunduk J., Todorovic N., Jakovljevic D., Zizak Z., 2015. Biological Potential of Extracts of the Wild Edible Basidiomycete Mushroom *Grifola frondosa*, *Food Research International*, 67, 272–283.
- Kuhad R.C., Deswa D., Sharma S., Bhattacharya A., Jain K.K., Kaur A., Karp M., 2016. Revisiting Cellulase Production and Redefining Current Strategies Based on Major challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 249–272.
- Kuhad R.C., Gupta R., Singh A., 2011. Microbial Cellulases and Their Industrial Applications. *Enzyme Research*, 1–10.
- L. R. S. Moreira ve E. X. F. Filho, 2016. Insights into the Mechanism of Enzymatic Hydrolysis of Xylan. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 5205–5214.
- Lau K.L., Tsang Y.Y., Chiu S.W., 2003. Use of Spent Mushroom Compost to Bioremediate PAH Contaminated Samples. *Chemosphere*, 52, 1539–1546.
- Lee J.W., Koo B.W., Choi J.W., Choi D.H., Choi I.G., 2008. Evaluation of Waste Mushroom Logs as A Potential Biomass Resource For The Production of Bioethanol. *Bioresource Technology*, 99, 2736-2741.
- Levy S.B., Marshall B., 2004. Antibacterial Resistance Worldwide: Causes, Challenges and Responses. *Nature Medicine*, 10, 122-129.
- Li Hao-bo, GAO Yun-ying, LEI Jin-min, HE Xin-nian, WANG Xiao-ping, Hui Lin-feng, 2007. Influence of Short-Term Fattening Effects of Feeding with Waste Material from *Lentinus Edodes*(WMLE) on Qinshan Crossbred Steers, Journal of Henan Agricultural University, 04.
- Li X., Lin X., Zhang J., Wu Y., Yin R., Feng Y., Wang Y., 2010. Degradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Crude Rxtracts From Spent Mushroom Substrate and Its Possible Mechanisms. *Current Microbiology*, 60, 336–342.
- Li Zhixiang , 2003. The Study on Using Fermentable Spent Mushroom Compost Make Animal Feed, China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, No. 05

- Liang Xue wu, Yao Liang, Liu Qing hua, Bao Ruo hong, 2001. Ruminant Degradability of Organic Material and Cell Wall Constituent of Waste Material From Fungal Culture by Different Treatments in Nylon Bags for Cattle. *Journal of Fujian Agricultural University*, (Natural Science), 04.
- Liao C.S., Yuan S.Y., Hung B.H., Chang B.V., 2012. Removal of Organic Toxic Chemicals Using the Spent Mushroom Compost of *Ganoderma lucidum*. *Journal of Environmental Monitoring*, 14, 1983-1988.
- Liu Zhengfeng, 1997, Edible Fungus Residue Can be Used to Produce Plant Hormones. *Edible Fungi of China*, 16(4), 19.
- Lubaina Abdul Hadeef Shereefa, Murugan Kumaraswamy, 2016. Reactive Oxygen Species and Ascorbate–Glutathione Interplay in Signaling and Stress Responses in *Sesamum orientale* L. Against *Alternaria sesami* (Kawamura) Mohanty and Behera. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15, 48–56.
- Ma Y., Wang Q., Sun X., Wang X., Su W., Song N., 2014. A Study on Recycling of Spent Mushroom Substrate to Prepare Chars and Activated Carbon. *Bioresources*, 9(3), 3939–3954.
- MacCanna C., 1984. Commercial Mushroom Production, pp:163 An Foras Taluntais (The Agricultural Institute), Dublin.
- Maciel, M.J.M., Silva, A.C., Ribeiro, H.C.T., 2010. Industrial and Biotechnological Applications of Ligninolytic Enzymes of the Basidiomycota: A Review. *Electronic Journal Biotechnology*, 13 (6).
- Maher M.J., Smyth S., Dodd V.A., McCabe T., Magette W.L., Duggan J., Hennerty M.J., 2000. Managing Spent Mushroom Compost. Project 4444. Teagasc, Kinsealy Research Centre, Malahide Road, Dublin 17.
- Maher, M. J., 1988. Spent Mushroom Compost as An Organic Manure and Potting Compost Component. In W. Bidlingmaier and P. L' Hermite (eds.) Compost processes in waste management, 71-82.
- Maher, M. J., 1991. Spent Mushroom Compost (SMC) as A Nutrient Source in Peat Based Potting Composts. In M. J. Maher (ed) Science and cultivation of edible fungi, 645-650.
- Maher M.J., Lenehan J.J., Staunton W.P., 1993. Spent Mushroom Compost Options for Use, Teagasc Agriculture and Food Development Authority, Kinsealy Research Centre.
- Male, R. T. 1981. The use of Spent Mushroom Compost in Vegetable Production. *Mushroom Science*, XI: 11-121.
- Mandal A., 2015. Review on Microbial Xylanases and Their Applications. *International Journal Life Science*, 4, 178–87.

- Maricela Ayala Martínez, Deyanira Ojeda Ramírez, Sergio Soto Simental, Nallely Rivero Perez, Marcos Meneses Mayo, Armando Zepeda-Bastida, 2015. Antibacterial Activity of Spent Substrate of Mushroom *Pleurotus ostreatus* Enriched with Herbs. *Journal of Agricultural Science*, 7, 11.
- Martina Vrsanska, Alena Buresova<sup>1</sup>, Pavel Damborsky, Vojtech Adam, 2015. Influence of Different Inducers on Ligninolytic Enzyme Activities. *Journal of Metallomics and Nanotechnologies*, 3, 64-70.
- Martirani L., Giardina P., Marzullo L., Sannia G., 1996. Reduction of Phenol Content and Toxicity in Olive Oil Mill Waste Waters with the Ligninolytic Fungus *Pleurotus ostreatus*. *Water Research*, 30(8), 1914–1918.
- Mathews S.L., Smithson C.E., 2016. Grunden A.M. Purification and Characterization of a Recombinant Laccase Like Multi-copper Oxidase from *Paenibacillus glucanolyticus* SLM1. *Journal Application of Microbiology*, 121, 1335–1345.
- McCahey S., McMullan J.T., William B.C., 2003. Consideration of Spent Mushroom Compost as A Source of Energy. *Developments in Chemical Engineering and Mineral Processing*, 11(1–2), 43–53.
- Mehta V., Gupta J.K., Kaushal S.C., 1990. Cultivation of *Pleurotus florida* Mushroom on Rice Straw and Biogas Production from the Spent Straw. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 6, 366–370.
- Menega Dhanabalan, Rajakumar Sundaram, 2013. Free Radical Scavenging Activity of Methanolic Extract of *Pleurotus florida* Mushroom. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(4), 601-606.
- Michele Michelin, Maria de Lourdes T.M. Polizeli, Denise S. Ruzene, Daniel P. Silva, José A. Teixeira, 2014. Application of Lignocelulosic Residues in the Production of Cellulase and Hemicellulases from Fungi, by Taylor and Francis Group, LLC, 31-64.
- Miranti Rahmaningsih, Ike Virdiana, Syamsul Bahri, Yassier Anwar, Briain P Forster, Frederic Breton, 2018. Nursery Screening for *Ganoderma* Response in Oil Palm Seedlings: A Manual, 3. bask1, British library, London, UK, p:40.
- Mitidieri, S.; Souza Martinelli, A.H.; Schrank, A.; Vainstein, M.H., 2006. Enzymatic Detergent Formulation Containing Amylase from *Aspergillus niger*: A Comparative Study with Commercial Detergent Formulations. *Bioresource Technology*, 97, 1217-1224.
- Mocan A., Fernandes Â., Barros L., Crişan G., Smiljković M., Soković M., Ferreira I.C.F.R., 2018., Chemical Composition and Bioactive Properties of the Wild Mushroom *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr: A Study with Samples from Romania. *Food and Function*, 9(1), 160–170.

- Mohseni M., Allen D.G., 1999. Transient Performance of Biofilters Treating Mixtures of Hydrophilic and Hydrophobic Volatile Organic Compounds. *Journal of the Air and Waste Management*, 49,1434–1441.
- Mohseni M., Allen D.G., Nichols K.M., 1998. Biofiltration of Alpha-pinene and Its Application to the Treatment of Pulp and Paper Air Emission. *TAPPI Journal*, 81(8), 205–211.
- Mothana R.A.A., Jansen R., Julich W.D., Lindequist U., 2000. Ganomycins A and B, New Antimicrobial Farnesyl Hydroquinones from the Basidiomycete *Ganoderma pfeifferi*. *Journal National Product*, 63, 416–418.
- Mukherjee A.K., Kumar T.S, Rai S.K., Roy J.K., 2010. Statistical Optimization of *Bacillus alcalophilus*  $\alpha$ -amylase Immobilization on Iron-oxide Magnetic Nanoparticles. *Biotechnology of Bioprocess Engeering*, 15, 984-992.
- Muñoz Velasco P, Morales Ortiz M, MENDÍVIL MA GIRO, Juárez Castelló MC, Muñoz Velasco L., 2014. Development of Better Insulation Bricks by Adding Mushroom Compost Wastes. *Energy and Buildings*, 80,17–22.
- Nitha B., Fijesh P.V., Janardhanan K.K., 2013. Hepatoprotective Activity of Cultured Mycelium of Morel mushroom, *Morchella esculenta*. *Experimental and Toxicology Pathology*, 65(1–2),105–112.
- Nitha D., Meera C.R., Janardhanan K.K., 2007. Anti-inflammatory and Antitumour Activities of Cultured Mycelium of Morel mushroom, *Morchella esculenta*. *Current Science*, 92, 235–239.
- O.M. Ighodaro & O.A. Akinloye, 2019. First Line Defence Antioxidants-superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT) and Glutathione Peroxidase (GPX): Their Fundamental Role in the Entire Antioxidant Defence Grid. *Alexandria Journal of Medicine*, 54(4), 287-293.
- Ole Kirk, Torben Vedel Borchert, Claus Crone Fuglsang, 2002. Industrial Enzyme applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(4), 345-351.
- Osma J.F., Toca-Herrera J.L., Rodriguez-Couto S., 2010. Uses of Laccases in the Food Industry. *Enzyme Research*, 918761, 8 sayfa.
- Owaid M.N., Al-Saeedi S.S.S., Al-Assaffii I.A.A., 2017. Antifungal Activity of Cultivated Oyster Mushrooms on Various Agro-wastes. *Summa Phytopathologica*, 43(1), 9–13
- Ozturk M., Duru M.E., Kivrak S., Dogan N.M., Turkoglu A., Ozler M.A., 2011. In vitro Antioxidant, Anticholinesterase and Antimicrobial Activity Studies on Three *Agaricus* species with Fatty Acid Compositions and Iron Contents: A Comparative Study on the Three most Edible Mushrooms. *Food and Chemical Toxicology*, 49, 1353–1360

- Palomba R., Formisano G., Arrichiello A., Auriemma G., Sarubbi F., 2017. Development of a Laboratory Technique for the Evaluation of Protease Enzymes Activity in Goat and Sheep Milk. *Food Chemistry*, 221, 1637–1641.
- Pankaj Chowdhary, Nandkishor More, Ashutosh Yadav, Ram Naresh Bharagava, 2019. Ligninolytic Enzymes: An Introduction and Applications in the Food Industry. *Enzymes in Food Biotechnology*, 181-195.
- Patel Y., Naraian R., Singh V.K., 2012. Properties of *Pleurotus* species (oyster mushroom): A review. *World Journal of Fungal and Plant Biology*, 3(1), 1–12.
- Pauli G., 1999. Earthworms, Mushrooms and Zero Waste in China. *Biocycle*, 40(2), 68–69.
- Peixin He , Fangli Li , Lina Huang , Dongdong Xue , Wei Liu , Chunping Xu, 2016. Chemical Characterization and Antioxidant Activity of Polysaccharide Extract from Spent Mushroom Substrate of *Pleurotus eryngii*. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 1–6.
- Petrovic J., Stojković D., Reis F.S., Barros L., Glamočlija J., Ćirić A., Ferreira I., Sokovic M., 2014. Study on Chemical, Bioactive and Food Preserving Properties of *Laetiporus sulphureus*. *Food and Function*, 5, 1441–1451.
- Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C. 2008. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. *International Journal Biomedical Science*, 4(2), 89-96.
- Phan C.W., Sabaratnam V., 2012. Potential Uses of Spent Mushroom Substrate and Its Associated Lignocellulosic Enzymes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96(4), 863–873.
- Portugal Portugal D., Lopez Eustaquio L., Mora Perez V.M., Montiel Arcos E., 2007. Produccion Rustica de *Pleurotus ostreatus* En una Comunidad Indigena de Morelos. In: Sanchez JE Vazquez, D Martinez-Carrera, G Mata and H Leal Lara (Eds). El cultivo de setas *Pleurotus* spp. en Mexico. ECOSUR, Tapachula: Chiapas, Mexico, 101–112.
- Prakash O., Jaiswal N., 2010.  $\alpha$ -Amylase: An Ideal Representative of Thermostable Enzymes. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 160, 2401–2414.
- Ramesh C.H., Pattar M.G., 2010. Antimicrobial Properties, Antioxidant Activity and Bioactive Compounds from Six Wild Edible Mushrooms of Western Ghats of Karnataka, India. *Pharmacognosy Research*, 2(2), 107-112.
- Ritu Saini, Harnek Singh Saini, Anjali Dahiya, 2017. Amylases: Characteristics and Industrial Applications. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 1865-1871.

- Rodriguez-Cruza M.S., Herrero-Hernandez E., Ordaxa J.M., Marin-Benito J.M., Draouib K., Sanchez-Martina M.J., 2012. Adsorption of Pesticides by Sewage Sludge, Grape Marc, Spent Mushroom Substrate and by Amended Soils. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 92(8),933–948.
- Ronald D. Ower, 1988. Cultivation of Morchella, US4866878A, United States.
- Roy D.N., Azad A.K., Sultana F., Anisuzzaman A.S.M., 2016. In-vitro Antimicrobial Activity of Ethylacetate Extract of Two Common Edible Mushrooms. *Journal of Pharmacological Sciences*, 5(2), 79–82.
- Rupert D.R., 1995. Use of Spent Mushroom Substrate in Stabilizing Disturbed and Commercial sites. *Compost Science and Utilization*, 3(1):80–83.
- Russell M., Basheer P.A.M., Rao J.R., 2005. Potential Use of Spent Mushroom Compost Ash as An Activator for Pulverised Fuel Ash. *Construction and Building Materials*, 19, 698–702.
- Ryu C., Finney K., Sharifi V.N., Swithenbank J. 2008. Pelletised Fuel Production from Coal Tailings and Spent Mushroom Compost – Part II. Economic Feasibility Based on Cost Analysis. *Fuel Processing Technology*, 89, 276–283.
- Ryu C., Finney K., Sharifi V.N., Swithenbank J., 2008. Pelletised Fuel Production from Coal Tailings and Spent Mushroom Compost – Part I. Identification of Pelletisation Parameters. *Fuel Processing Technology*, 89, 269–275.
- S. Barnes, Ms. A. Wilson, 1998. Cropping the French Black Morel, Rural Industries Research and Development Corporation. All Rights Reserved, Level 1, Tasmanian Institute of Agricultural Research Department of Primary Industry and Fisheries, Tasmania
- S. Karthika Devi, N .Prabhu, S Monika, N. M. Swapna, S. Vaishali, T. Gajendran, 2020, Sequestration and Purification of Essential Enzyme from Pleurotus florida Compost Waste and Its Application Studies. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 8(1), 64-68.
- S.N. Jordan, G.J Mullen, M.C. Murphy, 2008. Composition Variability of Spent Mushroom Compost in Ireland. *Bioresource Technology*, 99, 411–418.
- Salinas-Valdes A., De La Rosa M.J., Sena-Saldivar S.O., Chuck-Hernandez C., 2015. Yield and Textural Characterstics of Panela Cheeses Hroduced with Dairy-Vegetable Trotein (Soybean or Peanut) Blends Supplemented with Transglutaminase. *Journal of Food Science*, 80 (12), 2950–2956.
- Sandrina A. Heleno, Patrícia Diz, M.A. Prieto , Lillian Barros , Alírio Rodrigues , Maria Filomena Barreiro , Isabel C.F.R. Ferreira 2015. Optimization of Ultrasound-assisted Extraction to Obtain Mycosterols from Agaricus bisporus L. by Response Surface Methodology and Comparison with Conventional Soxhlet Extraction. *Food Chemistry*, 1054-1063.

- Santini A., Tenore G.C., Novellino E., 2017. Nutraceuticals: A Paradigm of Proactive Medicine. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 96, 53–61.
- Sarıkaya A. O., Ulusoy E., Öztürk N., Tuncel M., Kolaylı S., 2009. “Antioxidant Activity and Phenolic Acid Content and Chestnut Honey and Propolis”. *Journal of Food Biochemistry*, 33.
- Saxena A., Chauhan P.S., 2016. Role of Various Enzymes in einking of Paper: A Review. *Critical Reviews Biotechnology*, 15,1–15.
- Semple K.T., Fermor T.R., 1995. The Bioremediation of Xenobiotic-contamination by Composts and Associated Microflora. *Mushroom Science*, 14(2), 917–924.
- Seon-Hwa Lim, Yun-Hae Lee, Hee-Wan Kang, 2013. Efficient Recovery of Lignocellulolytic Enzymes of Spent Mushroom Compost from Oyster Mushrooms, *Pleurotus* spp., and Potential Use in Dye Decolorization. *Mycobiology*, 41(4), 214-220.
- Shah A., Patel H., Narra M., 2017. Bioproduction of Fungal Cellulases and Hemicellulases Through Solid State Fermentation. *Fungal Metabolites*, 349–393.
- Sharma M.V., Sagar A., Joshi M., 2015. Study on Antibacterial Activity of *Agaricus bisporus* (Lang.) Imbach. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(2),553–558.
- Shivani Sehgal, 2005. Studies on Cytology and Morphogenesis of *Morchella esculenta* Fr., Doktora tezi, Chaudhary Sarwan Kumar Himachal Pradesh Krishi Vishvavidyalaya, Palampur.
- Shuman LM., 1998. Effect of Organic Waste Amendments on Cadmium and Lead in Soil Fractions of Two Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29(19–20), 2939–2952.
- Shuman LM., 1999a. Effect of Organic Waste Amendments on Zinc Fractions of Two Soils. *Soil Science*, 164(3), 197–205.
- Shuman LM., 1999b. Organic Waste Amendments Effects on Zinc Fractions of Two Soils. *Journal of Environmental Quality*, 28(5), 1442–1447.
- Sindhu Raveendran, Binod Parameswaran, Sabeela Beevi Ummalyma, Amith Abraham, Anil Kuruvilla Mathew, Aravind Madhavan, Sharrel Rebello Ashok Pandey, 2018. Applications of Microbial Enzymes in Food Industry. *Food Technology and Biotechnology*, 56(1), 16-36.
- Singh D., Sharma K.K., Jacob S., Gakhar S.K., 2014. Molecular Docking of Laccase Trotein from *Bacillus safensis* DSKK5 Isolated from Earthworm Gut: A Novel Method to Study Dye Decolorization Potential. *Water Air Soil Pollution*, 225, 2175.

- Singh, R. L., Singh, P. K., & Singh, R. P., 2015. Enzymatic Decolorization and Degradation of Azo Dyes A Review. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 104, 21–31.
- Soccol, C.R., Scopol, E., Alberto, L., Letti, J., Karp, S.G., Woiciechowski, A.L., Vandenberghe, D.S., 2017. Recent Developments and Innovations in Solid State Fermentation. *Biotechnology Research Innovation*, (1), 52–71.
- Sondhi S., Sharma P., George N., Chauhan P.S., Puri N., Gupta N., 2015. An Extracellular Thermo-Alkali-Stable Laccase from *Bacillus tequilensis* SN4, with a Potential to Biobleach Softwood Pul., *3 Biotechnology*, 5, 175–185.
- Soniya Sharma, Ram Kailash P. Yadav, Chandra P. Pokhrel, 2013. Growth and Yield of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates. *Journal on New Biological Reports*, 2(1), 03-08.
- Spiteller P. 2008. Chemical Defense Strategies of Higher Fungi. *Chemistry Europe Journal*, 14, 9100-9110.
- Stojkovic D.S., Kovačević-Grujičić N., Reis F.S., Davidović S., Barros L., Popović J., Petrovic I., Pavic A., Ciric A., Stevanovic M., 2017. Chemical Composition of the Mushroom *Meripilus giganteus* Karst. and Bioactive Properties of Its Methanolic Extract. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 79, 454–462
- Stojkovic D., Petrovic J., Sokovic M., Glamoclija J., Kukic-Markovic J., Petrovic S., 2013. In Situ Antioxidant and Antimicrobial Activities of Naturally Occurring Caffeic Acid, p-coumaric Acid and Rutin, Using Food Systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture stress and the molecular biology of antioxidant defenses*, Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Stojkovic D., Reis F.S., Glamoclija J., Ćirić A., Barros L., J.L.D. van Griensven L., 2014. Cultivated Strains of *Agaricus bisporus* and *A. brasiliensis*: Chemical Characterization and Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Properties for Final Healthy Product Natural Preservatives in Yoghurt. *Food and Function*, 5, 1602–1612.
- Sulistiany H., Sudirman L.I., Dharmaputra O.S., 2016. Production of Fruiting Body and Antioxidant Activity of Wild *Pleurotus*. *Hayati Journal of Bioscience*, 23, 191-195.
- Sung Hoon Park, Yerim Na, Jungwoo Kim, Shin Dal Kang, Kwan-Hwa Park, 2018. Properties and Applications of Starch Modifying Enzymes for Use in the Baking Industry. *Food Science and Biotechnology*, 27,299–312.
- Synytsya A., Mickova K., Synytsya A., Jablonsky I., Spevacek J., Erban V., Kovarikova E., Copikova J., 2009. Glucans from Fruit Bodies of Cultivated Mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* Structure and Potential Prebiotic Activity. *Carbohydrate Polymers*, 76, 548-556.



- Tajbakhsh J., Abdoli M.A., Mohammadi Goltapeh E., Alahdadi I., Malakouti M.J., 2008. Recycling of Spent Mushroom Compost Using Earthworms *Eisenia foetida* and *Eisenia andrei*. *Environmentalist*, 28, 476–482.
- Tajkarimi M., Ibrahim S., Cliver D., 2010. Antimicrobial Herb and Spice Compounds in Food. *Food Control*, 21(9), 1199-1218.
- Tan Y.H., Wahab M.N., 1997. Extracellular Enzyme Production During Anamorphic Growth in the Edible Mushroom *Pleurotus sajor-caju*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 13,613–617.
- Tay C.C., Liew H.H., Redzwan G., Yong S.K., Surif S., Abdul-Talib S., 2011. *Pleurotus ostreatus* Spent Mushroom Compost as Green Biosorbent for Nickel (II) Biosorption. *Water Science and Technology*, 64(12), 2425–2432.
- Tay C.C., Redzwan G., Liew H.H., Yong S.K., Surif S., Abdul-Talib S., 2010. Copper (II) Biosorption Characteristic of *Pleurotus* Spent Mushroom Compost. Proceedings: 2010 International Conference on Science and Social Research (CSSR 2010), December 5–7, 2010, Kuala Lumpur, Malaysia, 6–10.
- Tian Juan, 2000. The Essential of Technique for Feeding Bomestic Animal with SMC. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 09, 31-32.
- Tony Marcio da Silva, 2014. Fungal Amylases: Applications and Functional Properties, by Taylor and Francis Group, LLC, 152-172.
- TSANG Yiu-Yuen, 2004. Use of Spent Mushroom Compost of *Pleurotus pulmonarius* As a Source of Ligninolytic Enzymes for Organopollutant Degradation, A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Philosophy in Biology, The Chinese University of Hong Kong.
- Tuğba Doğan, 2014. Atık Sulardan Fenolik Bileşiklerin Uzaklaştırılması İçin Yeni Nesil Destek Malzemeleri, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Tumwasorn S, Chinoros C, Easpiakdumrong P, Pattanasettakul W., 1980. Effects of Different Rice Straws and Dilution Rates of Manures on Biogas Production. *Mushroom Newsletter for the Tropics*,1(2), 6–10.
- Turkoglu A., Kıvrak I., Mercan N., Duru ME., Gezer K., Turkoglu H., 2006. Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Morchella conica* Pers., *African Journal of Biotechnology*, 5 (11), 1146-1150.
- Uddin G.M., Hossain S., Monirul Islam M., Asaduzzaman M., Bulbul J., Amin R., 2015. Evaluation of Antimicrobial, Antioxidant and Cytotoxic Property of *Pleurotus ostreatus* Mushroom. *International Research Journal of Biological Sciences*, 4(1), 29–33.

- Urbaniec K., Bakker R.R., 2015. Biomass Residues as Raw Material for Dark Hydrogen Fermentation A Review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40, 3648–3658.
- Velioglu Z., Ozturk Urek R., 2015. Biosurfactant Production by *Pleurotus ostreatus* in Submerged and Solid-state Fermentation Systems. *Turkish Journal Biology*, 39, 160–166.
- Venturini M.E., Rivere C.S., Gonsalez C., Blanco D., 2008. Antimicrobial Activity of Extracts of Edible Wild and Cultivated Mushrooms Against Foodborne Bacterial Strains. *Journal of Food Protection*, 71(8), 1701–1706.
- Victor J. Thannickal, Barry L. Fanburg, 2000. Reactive Oxygen Species in Cell Signaling. *American Journal of Physiology Lung Cellular and Molecular Physiology*, 279, L1005–L1028.
- Vieira V., Fernandes A., Barros L., Glamočlija J., Ćirić A., Stojković D., Martins A., Soković M., Ferreira I.C.F.R., 2015. Wild *Morchella conica* Pers. from Different Origins: A Comparative Study of Nutritional and Bioactive Properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 90–98.
- Vigneshwaran N., Kathe A.A., Varadarajan P.V., Nachane R.P., Balasubramanya R.H., 2007. Silver- protein (core-shell) Nanoparticle Production Using Spent Mushroom Substrate. *Langmuir* 23, 7113–7117.
- Waithaka P.N., Gathuru E.M., Githaiga B.M., Onkoba K.M., 2017. Antimicrobial Activity of Mushroom (*Agaricus bisporus*) and Fungal (*Trametes gibbosa*) Extracts from Mushrooms and Fungi of Egerton Main Campus. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 6:3.
- Wang Meiqin, 2006. Effects of using Edible-Fungus-Residue as Fertilizer on Rice Yield, China Rice, 2, 44-45.
- Wang T.N., Zhao M., 2016. A Simple strategy for Extracellular Production of CotA Laccase in *Escherichia coli* and Becolorization of Simulated Textile Effluent by Recombinant Laccase. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(2), 685-696
- Wang Yangjun, 2006. Recycle Experiment on Flower and Vegetable with Spent Mushroom Substrate. *Edible Fungi*, 1,45-46.
- Wasser S.P., Weis A.L., 1999. Medicinal Properties of Substances Occurring in Higher Basidiomycetes Mushrooms: Current Perspectives (review). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 1, 31–62.
- Williams B.C., McMullan J.T., McCahey S., 2001. An Initial Assessment of Spent Mushroom Compost as A potential Energy Feedstock. *Bioresource Technology*, 79, 227–230.

- Wolff E.R.S., Wisbeck E., Silveira M.L.L., Gern R.M.M., Pinho M.S.L., Furlan S.A., 2008. Antimicrobial and Antineoplastic Activity of *Pleurotus ostreatus*. *Applied Biochemistry Biotechnology*, 151, 402–412.
- Wu S., Lan Y., Huang D., Peng Y., Huang Z., Xu L., 2014. Use of Spent Mushroom Substrate for Production of *Bacillus thuringiensis* by Solid State Fermentation. *Journal of Economic Entomology*, 107(1), 137–143.
- Wu S., Lan Y., Wu Z., Peng Y., Chen S., Huang Z., 2013. Pretreatment of Spent Mushroom Substrate for Enhancing the Conversion of Fermentable Sugar. *Bioresource Technology*, 148, 596–600.
- Wuest, P. J. and H. K. Fahy., 1991. Spent Mushroom Compost, Traits and Uses. *Mushroom News*, 39(12), 9-15.
- X. Liming, S. Xueliang, 2004. High-yield Cellulase Production by *Trichoderma reesei* ZU-02 On Corn Cob Residue. *Bioresource Technology*, 91, 259-262.
- Xiangyang Liu, Chandrakant Kokare, 2017. Microbial Enzymes of Use in Industry, Biotechnology of Microbial Enzymes Production. *Biocatalysis and Industrial Applications*, 267-298.
- Xiao Shenggang, 2005. Test of Soil Amendment of Orange Garden with Spent Mushroom Substrate. *Edible Fungi*, 6:48.
- Yoon C.S., Gessner R.V., Ramono M.A., 1990. Population Genetics and Systematics of the *Morchella esculenta* Complex. *Mycologia*, 82, 227-235.
- Zadrazil F., 1978. Cultivation of *Pleurotus*. In: The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms Chang, S.T., Hayes, W.A., Eds., Academic Press, New York, 521-557.
- Zahid S., Udenigwe C.C., Ata A., Eze M.O., Segstro E.P., Holloway P., 2006. New Bioactive Natural Products from *Coprinus micaceus*. *Natural Product Research*, 20, 1283–1289.
- Zainol Haida, Mansor Hakiman, 2019. A Comprehensive Review on the Determination of Enzymatic Assay and Nonenzymatic Antioxidant Activities. *Food Science and A Nutrition*, 7, 1555–1563.
- Zarei M., Forghani B., Ebrahimpour A., Abdul-Hamid A., Anwar F., Saari N., 2015. In Vitro and in Vivo Antihypertensive Activity of Palm Kernel Cake Protein Hydrolysates: Sequencing and Characterization of Potent Bioactive Peptides. *Industrial Crops and Products*, 76, 112–120.
- Zeng Hui, Liao Jianhua, Dai Jianqing, Chen Meiyuan and Cheng Yi, 2007. The Alternative Uses of Spent Mushroom Compost, Book Chapter; Conference Paper : Mushroom Biology and Mushroom Products. Proceedings of the Sixth International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, Bonn, Germany, 231-245, 48

- Zepeda-Bastida , D. Ojeda-Ramírez , S. Soto-Simental , N. Rivero-Perez , M. Ayala-Martínez ; 2016. Comparison of Antibacterial Activity of the Spent Substrate of *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes*. *Journal of Agricultural Science*, 8,4.
- Zheng Linyong, 2006. Utilization of Spent Mushroom Substrate. *Acta Edulis fungi*, 13(1), 76-77.
- Zhou A., Du J., Varrone C., Wang Y., Wang A., Liu W., 2014. VFAs Bioproduction from Waste Activated Sludge by Coupling Pretreatments with *Agaricus bisporus* Substrates Conditioning. *Process Biochemistry*, 49,283–289.
- Zhou Songlin, 2002. Production of Biogas with SMC. *Edible Fungi*, 01,6
- Zhu H.J., Liu J.H., Sun L.F., Hu Z.F., Qiao J.J., 2013. Combined Alkali and Acid Pretreatment of Spent Mushroom Substrate for Reducing Sugar and Biofertilizer Production. *Bioresource Technology*, 136, 257–266.
- Zhuo Shaoming, 2003. Earthworm Raising with Agricultural Wastes and Their Combinations. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 23(6), 26-28.