

EMC'24



**Dergimizin Özel Sayısı,
'4nd International Eurasian Mycology Congress
ve
XII. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi'nde
sunulan bildirileri içermektedir.**



MANTAR DERGİSİ

E-DERGİ/ e-ISSN:2147-6845



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK
UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

Mantar Dergisi
The Journal of Fungus

e-ISSN 2147-6845
Aralık 2024 / Cilt:15/ Sayı:Özel Sayı
December 2024 / Volume:15 / Issue:
Special issue



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI
SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ MÜDÜRLÜĞÜ

ADINA İMTİYAZ SAHİBİ
PROF.DR. HÜSEYİN YILMAZ
REKTÖR

YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

PROF.DR. GIYASETTİN KAŞIK

Haberleşme/Correspondence

S.Ü.

Mantarcılık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü
Alaaddin Keykubat Yerleşkesi, Fen Fakültesi B Blok,
Zemin Kat-42079/Selçuklu-KONYA

Tel:(+90)0 332 2233998/ Fax: (+90)0 332 241 24 99

Web:<https://dergipark.org.tr/tr/pub/mantar>
<https://yayinevi.selcuk.edu.tr/index.php/su/md>

E-Posta:mantarcilik@gmail.com

Yayın Tarihi/Publication Date
30/12/2024



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK
UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

Mantar Dergisi
The Journal of Fungus

e-ISSN 2147-6845
Aralık 2024 / Cilt:15/ Sayı:Özel Sayı
December 2024 / Volume:15 / Issue:
Special issue



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI
SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS

EDİTÖRLER KURULU / EDITORIAL BOARD

- Prof.Dr. Gıyasettin KAŞIK-Baş Editör (Selçuk Univ.-Türkiye)
Prof.Dr. Ahmet ASAN (Trakya Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Aysun PEKŞEN (19 Mayıs Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. A.Dilek AZAZ (Balıkesir Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Cvetomir M. DENCHEV (Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaristan)
Prof.Dr. Faruk SELÇUK (Ahi Evran Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Giovanni PACIONI (Università Degli Studi Dell'Aquila- L'Aquila, İtalya)
Prof.Dr. Gülşah ÇOBANOĞLU (Marmara Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Hacer SERT(Akdeniz Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Mahendra RAI (SGB Amravati University-Hindistan)
Prof.Dr. Mitko KARADALEV (Ss.Cyril and Methodius Univ.-Macedonia)
Prof.Dr. Rasime DEMİREL(Eskişehir Teknik Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Sevda KIRBAĞ (Fırat Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Şule ÖZTÜRK (Uludağ Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Vasył P. HELUTA (M.G.Kholodny Botany Institute Mycology,Kiev, Ukrayna)
Prof.Dr. Yusufjon GAFFOROV (Academy of Sciences of Uzbekistan- Özbekistan)
Prof.Dr. Younes REZAAE DANESH (Urmia Üniv.-İran)
Doç.Dr. Beata ZIMOWSKA (University of Life Sciences- Polonya)
Doç.Dr. Hossein ZARRINFAR(Mashhad Üniv-İran)



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK
UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

Mantar Dergisi
The Journal of Fungus

e-ISSN 2147-6845
Aralık 2024 / Cilt:15/ Sayı:Özel Sayı
December 2024 / Volume:15 / Issue:
Special issue



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI
SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS

Bu sayımızda yer alan eserler hakkında aşağıda isimleri yazılı hakemlerimize yaptıkları değerlendirmeler için teşekkür ederiz.

Prof.Dr. Abdullah KAYA
Prof.Dr. Ahmet ASAN
Prof.Dr. Aysun PEKŞEN
Prof.Dr. Beyhan KİBAR
Prof.Dr. Burhan ŞEN
Prof.Dr. Celaleddin ÖZTÜRK
Prof.Dr. Erdoğan GÜNEŞ
Prof.Dr. Fatih ŞEN
Prof.Dr. Hacı Halil BIYIK
Prof.Dr. Hasan AKGÜL
Prof.Dr. Mustafa YAMAÇ
Doç.Dr. Erkan EREN
Doç.Dr. Funda ATILA
Doç.Dr. Hakan ALLI
Doç.Dr. Halide KARABIYIK
Doç.Dr. İsmail ACAR
Doç.Dr. Sinan AKTAŞ
Doç.Dr. Şeyda ÇAVUŞOĞLU
Dr.Ö.Üyesi Mustafa Emre AKÇAY
Dr.Ö.Üyesi Sinan ALKAN
Öğr. Gör. Dr. Mehmet ÇETİN



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK
UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

Mantar Dergisi
The Journal of Fungus

e-ISSN 2147-6845
Aralık 2024 / Cilt:15/ Sayı:Özel Sayı
December 2024 / Volume:15 / Issue:
Special issue



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI
SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS

İÇİNDEKİLER/ CONSTENS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- A New Genus Record for the Phleogenaceae Family from Türkiye.....1
Türkiye'den *Phleogenaceae* Familyası için Yeni Bir Cins Kaydı
Yusuf UZUN, Sedat KESİCİ, İsmail ACAR
-
- Comparative Analysis of Mycelium Biocomposites as Potential
Next-Generation Green Building Materials.....7
Yeni Nesil Yeşil Yapı Malzemesi Olarak Miselyum Biokompozitlerin Karşılaştırmalı Analizi
Onur KIRDÖK, Sultan Kübra TOKER, Orkun KIVRAK,
Tutku Didem ALTUN, Elif Esin HAMEŞ
-
- Hatay İlinde *Protea* Süs Bitkilerinde Kurumaya Sebep Olan Fungal Hastalıklar.....18
Fungal Diseases Causing Drying In *Protea* Ornamental Plants In Hatay Province
Aysun UYSAL, Şener KURT, Tuğba HANEDAN
-
- Distribution of *Volvariella bombycina* in Forest Communities of the Ural River Valley
within the West Kazakhstan Region.....24
Volvariella bombycina'nın Batı Kazakistan Bölgesi'ndeki Ural Nehri Vadisi Orman Topluluklarındaki Dağılımı
Assemgul SARSENOVA, Sardarbek ABIYEV, Talshen DARBAYEVA, Cafer EKEN
-
- Expanding the *Tricharina* Diversity in Türkiye:
The Identification of *Tricharina cretea* from Nemrut Mountain.....29
Türkiye'deki *Tricharina* Çeşitliliğinin Genişletilmesi: Nemrut Dağı'ndan *Tricharina cretea* Türünün Tanımlanması
Şuheda ALDEMİR TERMAN, Mustafa Emre AKÇAY, Ayten DİZKIRICI
-
- Konya İlinde Kültür Mantarcılığı ve Üretiminde Karşılaşılan Sorunlar.....37
Mushroom Production in Konya Province and the Challenges Encountered in Its Cultivation
Sinan ALKAN, Yusuf AKDEMİR
-
- Dünyada ve Türkiye'de Mantar Sektörü ve Sürdürülebilirlik.....49
Mushroom Industry in the World and Türkiye and Sustainability
Aysun PEKŞEN, Erkan EREN
-
- First Record of *Helvella capucina* in Türkiye: Morphological and Molecular Characterization.....66
Türkiye'den *Helvella capucina* Türünün İlk Kaydı ve Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu
Şuheda ALDEMİR TERMAN, Mustafa Emre AKÇAY, Ayten DİZKIRICI
-
- Bazı Mantar Miselyumlarından Yalıtım Malzemesi Üretimi Üzerine Bir Araştırma.....73
A Research on the Production of Insulation Materials from some Fungi Mycelia
Hacı Halil BIYIK, Aykan ÖZGÜR
-
- Examination of Galactomannan Antigen Test Results
in the Diagnosis of Patients with Suspect of Invasive Aspergillosis.....83
İnvaziv Aspergilloz Şüphesi Olan Hastaların Tanısında Galaktomanan Antijen Test Sonuçlarının Araştırılması
Salih MAÇİN, Rugiyya SAMADZADE, Senanur YILMAZ, Duygu FINDIK
-
- Examination of The Aegean Region in Terms of Truffle Potential.....91
Ege Bölgesi'nin Trüf Potansiyeli Açısından İncelenmesi
Sevgin ÖZDERİN, Hakan ALLI



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK
UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

Mantar Dergisi
The Journal of Fungus

e-ISSN 2147-6845
Aralık 2024 / Cilt:15/ Sayı:Özel Sayı
December 2024 / Volume:15 / Issue:
Special issue



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI
SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- Isparta İlinde Kültür Mantarı Üreticilerinin Finansal Deneyimleri.....98
Financial Experiences of Button Mushroom Producers in Isparta Province
Ayşe Gül GÖK
- Taze ve Kuru *Agaricus bisporus*'da Polifenol Oksidaz Enzimlerinin Karşılaştırılması.....111
Comparison of Polyphenol Oxidase Enzymes in Fresh and Dried *Agaricus bisporus*
Dudu DEMİR, Cafer EKEN
- Nutrient Elements Contained in *Tuber aestivum* (Summer Truffle) Mushroom118
Tuber aestivum (Yaz Trüfö) Mantarının İçerdiği Besin Elementleri
Sevgin ÖZDERİN, Hakan ALLI, İbrahim KIVRAK
- Derim Sonrası Melatonin ve Jelatin Uygulamalarının *Agaricus campestris* L. (*Agaricaceae*)'in
Modifiye Atmosfer Koşullarında Organik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler.....128
Changes in Organic Acid Content of *Agaricus campestris* L. (*Agaricaceae*) Under Modified
Atmosphere Conditions by Postharvest Melatonin and Gelatin Applications
Ramazan AĞIN, Şeyda ÇAVUŞOĞLU

DERLEME MAKALELERİ / REVIEW ARTICLES

- Heat-Resistant Moulds in Fruits and Fruit-Containing Products.....138
Meyve ve Meyve İçeren Ürünlerde Isıya Dirençli Küfler
Elif DOĞAN, Nükhet Nilüfer DEMİREL ZORBA
- Atık Mantar Kompostunun Topraksız Tarımda Katı Ortam Materyali Olarak Kullanımı.....151
Use of Waste Mushroom Compost as Solid Media Material in Soilless Agriculture
Gamze ÇAKIRER SEYREK, Köksal DEMİR
- Topluluk Destekli Tarım Ve Mantar Yetiştiriciliği:
Türkiye İçin Sürdürülebilir Bir Mantar Girişimciliği Önerisi.....159
Community Supported Agriculture And Mushroom Cultivation:
A Sustainable Mushroom Entrepreneurship Proposal For Türkiye
Ayşe Gökür Tansu ÖNCEL, Muhsin Arif AKKAYA



This article is cited as: Uzun, Y., Kesici, S., Acar, İ. (2024). A New Genus Record for the *Phleogenaceae* Family from Türkiye. *Mantar Dergisi*, 15 (Special issue), 1-6.

Geliş(Received) :14.10.2024
Kabul(Accepted) :06.11.2024

Research Article
Doi: 10.30708/mantar.1566693

A New Genus Record for the *Phleogenaceae* Family from Türkiye

Yusuf UZUN¹, Sedat KESİCİ², İsmail ACAR^{3*}

* Corresponding Author: ismailacar@yyu.edu.tr

¹ Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Pharmacy, Pharmacy Profession Sciences, Van, Türkiye / yusufuzun2004@yahoo.com

² Hakkâri University, Yüksekova Vocational High School, Department of Plant and Animal Production, Hakkâri, Türkiye / sedatkesici@hakkari.edu.tr

³ Van Yüzüncü Yıl University, Başkale Vocational High School, Department of Organic Agriculture, Van, Türkiye. / ismailacar@yyu.edu.tr

Abstract: This study focuses on macrofungus specimens collected during a comprehensive field survey in 2023 in the Çukurca district of Hakkâri. Each specimen was photographed in situ and analysed using well-known mycological techniques. Detailed morphological analysis is crucial for the correct identification of the collected samples. All microcharacters of the species are meticulously drawn in the manuscript for clarity. In particular, this study represents the first description of *Helicogloea lagerheimii* Pat. at the genus level in Türkiye. Furthermore, the discovery of *H. lagerheimii* in the Çukurca region highlights the ecological diversity and richness of the region's mycobiota. It underlines the need for continued mycological research in under-explored areas of the country.

Keywords: Basidiomycota, Biodiversity, Hakkâri, *Helicogloea lagerheimii*, Türkiye.

Türkiye'den *Phleogenaceae* Familyası için Yeni Bir Cins Kaydı

Öz: Bu çalışma, 2023 yılında Hakkâri'nin Çukurca ilçesinde gerçekleştirilen kapsamlı bir saha araştırması sırasında toplanan makrofungus örneklerine odaklanmaktadır. Her bir örnek yerinde fotoğraflanmış ve iyi bilinen mikolojik teknikler kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıntılı morfolojik analiz, toplanan örneklerin doğru tanımlanması için çok önemlidir. Çalışmada mikrokarakterlerin daha anlaşılır olması için türün tüm mikrokarakterleri titizlikle çizilmiştir. Bu araştırma *Helicogloea lagerheimii* Pat. türünün Türkiye'de cins düzeyinde ilk tanımlanmasını içermektedir. Ayrıca, Çukurca yöresinden *H. lagerheimii*'nin keşfi, bölgenin mikobiyotasının ekolojik çeşitliliğini ve zenginliğini vurgulamakta ve ülkenin az keşfedilmiş bölgelerinde mikolojik araştırmaların devam etmesi gerektiğinin altını çizmektedir.

Anahtar kelimeler: Bazidyomikota, Biyoçeşitlilik, Hakkâri, *Helicogloea lagerheimii*, Türkiye.

Introduction

More than 8,400 species (215 genera) of *Pucciniomycotina* have been described to date,

representing approximately 8% of all fungi described to date (Kirk et al., 2008; Akata et al., 2016). *Pucciniomycotina*, a close relative of *Ustilaginomycotina*



CC BY 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır / Licensed under the CC BY 4.0 International License.

Atıflamada APA stili kullanılmıştır, iThenticate ile taranmıştır./ APA style was used in citation, plagiarism was checked with iThenticate.

and *Agaricomycotina*, is one of the subphylums forming the basal lineage of *Basidiomycota*. All examined members of the *Pucciniomycotina* have simple septal pores devoid of septal pore valves and dolipores (septal pore swellings), which together with their predominant cell wall sugars and disc-like spindle pole bodies distinguish them from most other members of *Basidiomycota* (McLaughlin et al., 1995; Wells, 1994). Although some members of the *Ustilaginomycotina* appear to have simple septal pores, these are associated with membranous plates that are continuous with the plasma membrane (Lutzoni et al., 2004). The detailed phylogeny of *Pucciniomycotina*, which includes nine classes (*Agaricostilbomycetes*, *Mixiomycetes*, *Tritirachiomycetes*, *Cystobasidiomycetes*, *Microbotryomycetes*, *Classiculomycetes*, *Cryptomycocolacomycetes*, *Atractiellomycetes* and *Pucciniomycetes*), has not yet been fully resolved (Aime et al., 2014).

The single-order *Atractiellales* of the *Atractiellomycetes*, one of the nine classes of the *Pucciniomycotina*, includes two families (*Hoehnelomycetaceae* Jülich and *Phleogenaceae* Weese). Members of the order *Atractiellales* are saprotrophic. They are characterised by having simpleosomes and phragmobacidia. *Phleogenaceae* is the largest family of the order and is represented by 50 species in 7 genera (Akata et al., 2016; Aime et al., 2018; Wijayawardene et al., 2020).

The genus *Helicogloea* Pat in the family *Phleogenaceae* Weese is represented by 25 resupinate species living mainly in decaying wood and other plant remains. The genus is typically characterized by translucent, gelatinous or waxy basidiocarps as well as non-septate hyphae. The basidium is usually four-celled with transversal septa and a probacidial sac. Basidiospores vary in size and shape from medium to large (Malysheva et al., 2020). The most important morphological feature that distinguishes the species in the genus *Helicogloea* from *Bourdotigloea* Aime, named in 2018, is the absence of cystidia (Aime et al., 2018). In addition, several species with non-gelatinized basidiocarps, floccose structures, and clamped hyphae were transferred from *Helicogloea* to *Saccosoma* Spirin in 2018 (Spirin et al., 2018). The majority of species belonging to the genus *Helicogloea* exhibit host specificity; seven species are found only on angiosperms, while two are restricted to conifers (Malysheva et al., 2020).

According to Sesli et al. (2020) and Solak and Türkoğlu (2022) checklists and recent studies (Acar and Quijada, 2022; Acar and Uzun, 2022; Allı, 2022; Dizkirici and Acar, 2022; Acar, 2023; Akata et al., 2023; Akçay et al., 2023; Şahin et al., 2023; Kesici et al., 2023; Uzun and

Kaya, 2023; Acar et al., 2024; Acar and Karabıyık, 2024a, b; Akata et al., 2024a, b, c; Aslan et al., 2024; Keleş et al., 2024; Şengül et al., 2024; Terman et al., 2024; Yeşilyurt et al., 2024) *Helicogloea lagerheimii* is a new genus record. This study aims not only to record the presence of *Helicogloea lagerheimii* in Türkiye, but also to contribute to the mycobiota of the country and the world.

Material and Metod

Fresh specimens of *Helicogloea lagerheimii*, the subject of this study, were collected within the borders of Gündeş Village (Çukurca/Hakkâri) in 2020. The morphological characters of the specimen were noted in the field notes. In addition, it was photographed and documented in its natural environment with a Canon 60D digital camera. Afterward, it was meticulously transported to Van Fungarium in Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Science, Department of Biology. It was dried in an area out of the sun and turned into fungarium material for later use. For the determination of microscopic data, preparations were made from the dried sample and examined and photographed with a Leica DM500 (Germany) research microscope. Microscopic characters were measured at least 20 times using Leica Application Suite (version 3.4.0). Macro- and micromorphological analyses were carried out following the methods of studies by (Möller, 1895; Rogers, 1932; Rick, 1933; Baker, 1936). CoreIDRAW (64-bit) (Canada) drawing programme was used to make the observed micro characters more understandable. The specimens of the study are kept in Van Yüzüncü Yıl University Fungarium (VANF).

Results

Systematisation of the study sample

Basidiomycota R.T. Moore

Pucciniomycotina R. Bauer, Begerow, J.P. Samp., M. Weiss & Oberw.

Atractiellomycetes R. Bauer, Begerow, J.P. Samp., M. Weiss & Oberw.

Atractiellales Oberw. & Bandoni

Phleogenaceae Weese

Helicogloea Pat.

Proposed Turkish scientific name:
"Lagerheim'in Mantarı"

***Helicogloea lagerheimii* Pat.** (Figure 1-2)

Fruit bodies, soft and gelatinous and have no definite shape. When fresh, appear greyish and translucent. When dry, develop a coating like a matt varnish and can cover large areas up to 120 mm. The surface may be bumpy or wrinkled. Internal structure

consists of hyphae segmented by septa, often showing constrictions in these segments. The hyphae walls are slightly thickened and can be up to 6.3 μm in diameter. **Clamp connections** not present. **Probasidia** develop laterally from terminal primordial cells; thin-walled, sac-like and oblong to oval in shape, 20–38 \times 7–10 μm . **Metabasidia** develops at the ends of the primordial cells, narrowing at the beginning and widening towards the end. They are transversely divided into three segments and

measure 60–95 \times 6–8 μm . Sterigmata (spore-bearing structures) can be up to 10 μm long. **Basidiospores** curved-cylindrical to egg-shaped to ellipsoid, transparent, with a blunt tip, 9–16 \times 6–8.5 μm ; germinate by a process of repetition.

Specimen examined: Hakkâri, Çukurca, Gündeş village, 37° 18'N, 43° 28'E, 1072 m, on stump of *Juglans* sp, 24.11.2020, Kesici 0316.

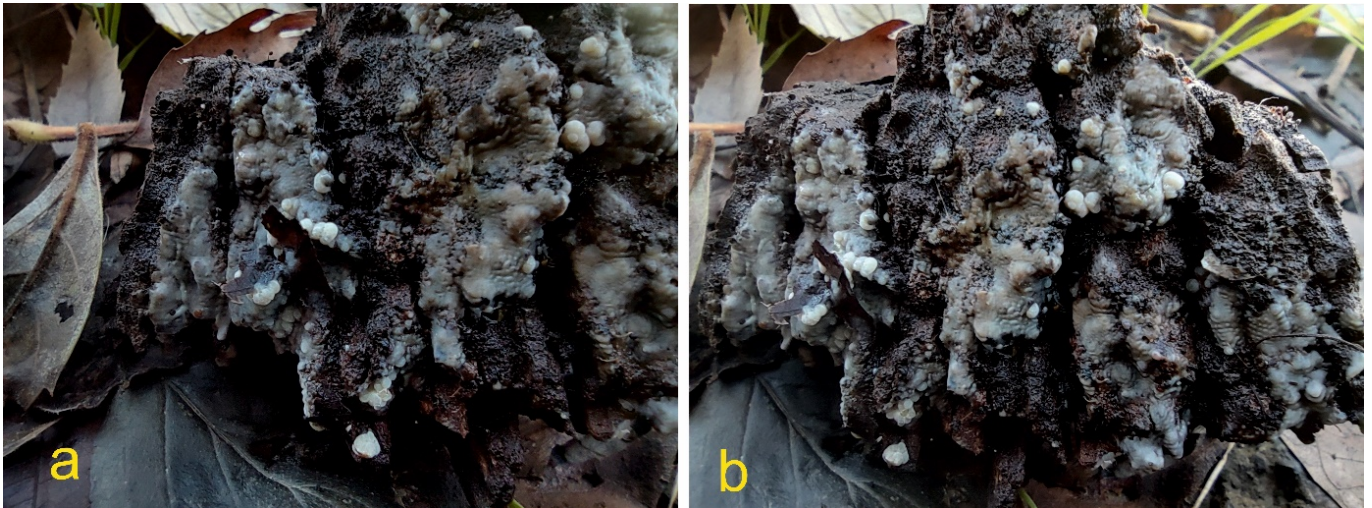


Figure 1. a-b. Fruit bodies of *Helicogloea lagerheimii*

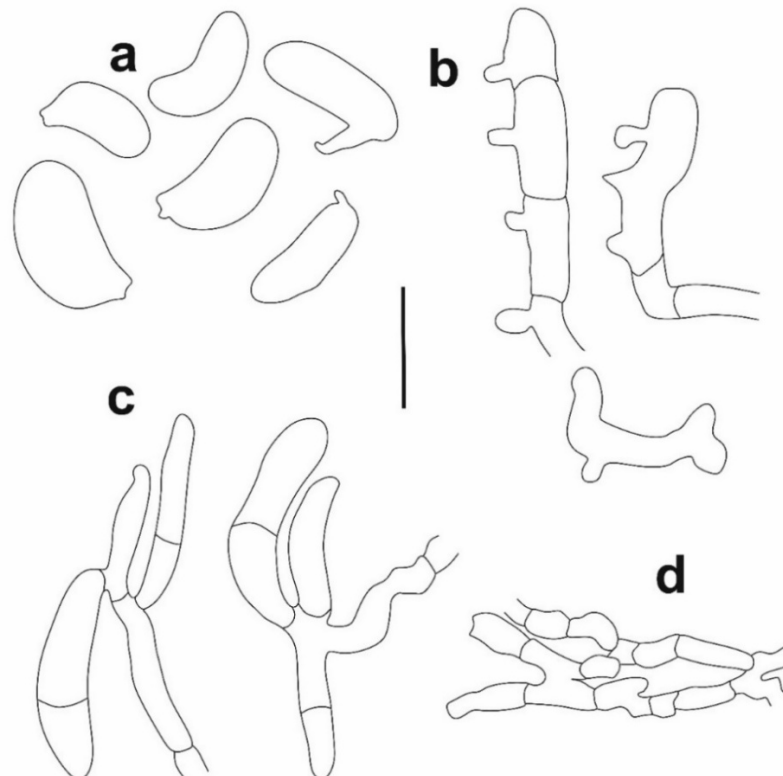


Figure 2. *Helicogloea lagerheimii* a. Basidiospores, b. Probasidia, c. Metabasidia, d. Subicular hyphae
Scale bar: 10 μm

Discussions

Helicogloea lagerheimii is morphologically very similar to *H. ovispora* (Möller) Spirin. The fructification is a particularly well-developed gelatinous fructification. It is also slightly similar concerning the size of the basidium. However, some differences are quite clear. In particular,

the probacidia of the type collection is sometimes narrowed and often located more anteriorly than usual concerning the basal wall of the primordium. The microcharacters of *H. ovispora* are generally larger and coarser (Baker, 1936; Spirin et al., 2018).

Table 1: Comparison of the present sample with other studies

<i>H. lagerheimii</i>	Hyphae	Probasidium	Metabasidium	Spores
Current study	2–6.3 µm	20–38 × 7–10 µm	60–95 × 6–8 µm	9–16 × 6–8.5 µm
Möller, 1895	2–6 µm	30 × 8 µm	100 µm	13 × 7–9 µm
Rogers, 1932	3–4.5–6 µm	16–32 × 7–10 µm	75–100 × 4.5–7.5 µm	11–14.5 × 5–7.5 µm
Rick, 1933	2–6 µm	18–33 × 6–7.5 µm	65 × 4.5 µm	15–18 × 6–7.5 µm
Baker, 1936	2–6 µm	18–38 × 5.5–10 µm	69–100 × 5–7.5 µm	13–15–18 × 6.5–8 µm

As indicated in Table 1, the microscopic characters of this study are very close to the reference ranges in the studies by (Möller, 1895; Rogers, 1932; Rick, 1933 and Baker, 1936). This is evidence that our sample was analysed correctly. In light of all these data, *Helicogloea lagerheimii* is a new record at the genus level for the mycobiota of our country.

Author contributions

All authors contribute equally.

Conflicts of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethical Statement:

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Yusuf UZUN, Sedat KESİCİ, İsmail ACAR)

References

- Acar, İ. and Quijada, L. (2022). A new species record from the order of *Pezizales*; *Coprotus disculus*. *Mantar Dergisi*, 13(2): 120-123.
- Acar, İ. and Uzun, Y. (2022). *Stictis bengalensis* (*Stictidaceae*, *Ostropales*) – A new addition to fungal genera and species for Turkey. *Österr. Z. Pilzk.*, 30: 7-10.
- Acar, İ. (2023). A New Locality Record from the Order of *Helotiales*; *Cistella grevillei*. *Mantar Dergisi*, 14(2): 78-81.
- Acar, İ., Kalmer, A. and Dizkirici, A. (2024). Confirmation of *Hebeloma salicicola* (*Basidiomycota*) from Türkiye. – *Österr. Z. Pilzk*, 31: 89–97.
- Acar, İ., and Karabıyık, H. (2024a). *Lasiobelonium Ionicerae* (Alb. & Schwein.) Raitv.= A Novel Record for Türkiye. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(3), 791-796.
- Acar, İ., and Karabıyık, H. (2024b). *Brunnipila calyculiformis* (Schumach.) Baral: A Novel Record for Türkiye. *Cumhuriyet Science Journal* 45(3):486-489. DOI: 10.17776/csj.1478560
- Aime, M. C., Toome, M., and McLaughlin, D.J. (2014). 10 *Pucciniomycotina*. *Systematics and Evolution: Part A*, 271-294.
- Aime, M. C., Urbina, H., Liber, J. A., Bonito, G., and Oono, R. (2018). Two new endophytic *Atractiellomycetes*, *Atractidochium hillariae* and *Proceropycnis hameedii*. *Mycologia*, 110(1), 136-146.
- Akata, I., Kabaktepe, Ş., ALLI, H., Akgül, H., Işıloğlu, M., & Helfer, S. (2016). A new class record for Turkish *Pucciniomycotina*. *Biological Diversity and Conservation*, 9/2: 115-118.
- Akata, İ., Kumru, E., Ediş, G., Özbey, B. G. and Sahin, E. (2023). Three New Records For Turkish Agaricales Inhabiting Ankara University Beşevler 10th Year Campus Area. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 23(3): 250-263.
- Akata, I., Kumru, E., Sahin, E., Acar, İ. and Kaya, E. (2024a). *Amanita vidua*: A new record for Turkish Amanita Section Phalloideae based on morphological and molecular data. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 25(1): 97-110.
- Akata, I., Ediş, G., Kumru, E., Acar, İ., and Sahin, E. (2024b). Initial Report of *Inocybe costinittii* in Türkiye with Morphological and Molecular Data. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(6), 1304-1312.
- Akata, I., Ediş, G., Kumru, E., Acar, İ. and Sahin, E. (2024c). Taxonomic Studies on *Rhodocybe asyae* Specimens Discovered in a New Location. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(Ek Sayı 1 (Suppl 1)), 124-132.
- Akçay, M.E., Acar, İ. and Uzun, Y. (2023). Three new records of *Helotiales* for the mycobiota of Türkiye. *Anatolian Journal of Botany*, 7(2): 117-121.
- Allı, H. (2022). Muğla Sitki Koçman Üniversitesi Kampüsünde Yetişen Makromantarlar. *Mantar Dergisi*, 13(2): 96-104.
- Aslan, A.M., Uzun, Y. and Kaya, A. (2024). *Agaricus brunneofibrillosus*, A New Record for Turkish Mycobiota. *Mantar Dergisi*, 15(1): 12-15.
- Baker, G. E. (1936). A study of the genus *Helicogloea*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 23(1), 69-128.
- Dizkirici, A. and Acar, İ. (2022). *Hymenoscyphus conscriptus* & *H. fucatus*, newly recorded from Turkey. *Mycotaxon*, 137(3): 555-567.
- Keleş, A., Akçay, M. E., Uzun, Y., Sadullahoğlu, C., and Kesici, S. (2024). Macromycetes determined in Baykan (Siirt) district. *Anatolian Journal of Botany*, 8(1), 77-83.
- Kesici, S., Sadullahoğlu, C., Uzun, Y., Akçay, M. E., and Kaya, S. (2023). Türkiye Kortikoid Mantarlarına Hakkâri'den Yeni Bir Kayıt. *Doğu Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 10-14.
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W. and Stalpers, J. A. (2008). *Dictionary of the Fungi*, 10th edn. CABI, Wallingford.
- Lutzoni, F., Kauff, F., Cox, C.J., McLaughlin, D., Celio, G., Dentinger, B., Padamsee, M., Hibbett, D., James, T.Y., Baloch, E., Grube, M., Reeb, V., Hofstetter, V., Schoch, C., Arnold, A.E., Miadlikowska, J., Spatafora, J., Johnson, D., Hambleton, S., Crockett, M., Shoemaker, R., Sung, G.H., Lu'cking, R., Lumbsch, T., O'Donnell, K., Binder, M., Diederich, P., Ertz, D., Gueidan, C., Hansen, K., Harris, R.C., Hosaka, K., Lim, Y.W., Matheny, B., Nishida, H., Pfister, D., Rogers, J., Rossmann, A., Schmitt, I., Sipman, H., Stone, J., Sugiyama, J., Yahr, R., Vilgalys, R. (2004). Assembling the fungal tree of life: progress, classification, and evolution of subcellular traits. *Am J Bot* 91:1446–1480.
- Malysheva, V., Spirin, V., Schoutteten, N., De Lange, R., Pennanen, J., & Larsson, K. H. (2020). New and noteworthy species of *Helicogloea* (*Atractiellomycetes*, *Basidiomycota*) from Europe. *In Annales Botanici Fennici* (Vol. 57, No. 1-3, pp. 1-7). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- McLaughlin, D. J., Frieders, E.M. and Lü, H. (1995). A microscopist's view of heterobasidiomycete phylogeny. *Stud Mycol* 38:91–109.
- Möller, A. (1895). *Protobasidiomyceten: Untersuchungen aus Brasilien* (No. 8). G. Fischer.
- Rick, J. (1933). Monografla dos protobasidiomicetos Rio-Grandenses. *Egatea*, 18, 209-215.
- Rogers, D. P. (1932). A cytological study of *Tulasnella*. *Botanical Gazette*, 94(1), 86-105.

- Sesli, E., Asan A., Selçuk, F. (eds.) Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kivanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu. and Yoltaş, A., *The Checklist of Fungi of Turkey*, (2020). Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını, İstanbul.
- Solak, MH. and Türkoğlu, A. (2022). *Macrofungi of Turkey (Checklist Volume III)*, Kanyılmaz Matbaacılık Kâğıt ve Ambalaj San. Tic. Ltd. Şti. Bornova/İzmir.
- Spirin, V., Malysheva, V., Trichies, G., Savchenko, A., Pöldmaa, K., Nordén, J., ... & Larsson, K. H. (2018). A preliminary overview of the corticioid *Atractiellomycetes* (*Pucciniomycotina*, *Basidiomycetes*). *Fungal Systematics and Evolution*, 2(1), 311-340.
- Şahin A, Uzun, Y. and Kaya A (2023). Contribution to the Macrofungal Biodiversity of Yahyalı District. *Mantar Dergisi*, 14(2): 60-68.
- Şengül, M. Ş., Türkekul, İ., and Işık, H. (2024). Morphology and phylogeny of *Cortinarius strenuipes* (*Basidiomycota*, *Agaricales*) reported for the first time from Türkiye. *Anatolian Journal of Botany*, 8(1), 72-76.
- Terman, Ş.S., Dizkırıcı, A., Akçay, M.E. and Sadullahoğlu, C. (2024). Morphological and molecular identification of *Dissingia confusa* based on the first record of the species in Türkiye. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 25(1): 65-72.
- Uzun, Y. and Kaya, A. (2023). *Leucoglossum leucosporum*, A New Record for Turkish Mycobiota. *Mantar Dergisi*, 14(2): 92-95.
- Wells K. (1994). Jelly fungi, then and now! *Mycologia*, 86:18–48.
- Wijayawardene, N.N., Hyde, K.D., Al-Ani, L.K.T., Tedersoo, L., Haelewaters, D., Rajeshkumar, K.C., Zhao, R.L., Aptroot, A., Leontyev, D.V., Saxena, R.K., Tokarev, Y.S., Dai, D.Q., Letcher, P.M., Stephenson, S.L., Ertz, D., Lumbsch, H.T., Kukwa, M., Issi, IV., Madrid, H., Phillips, A.J.L., Selbmann, L., Pfliegler, W.P., Horváth, E., Bensch, K., Kirk, P.M., Kolaříková, K., Raja, H.A., Radek, R., Papp, V., Dima, B., Ma, J., Malosso, E., Takamatsu, S., Rambold, G., Gannibal, P.B., Triebel, D., Gautam, A.K., Avasthi, S., Suetrong, S., Timdal, E., Fryar, S.C., Delgado, G., Réblová, M., Doilom, M., Dolatabadi, S., Pawłowska J., Humber RA., Kodsueb R, Sánchez-Castro I, Goto BT, Silva DKA., de Souza, F.A., Oehl, F., da Silva, G.A., Silva, I.R., Błaszowski, J., Jobim K, Maia LC, Barbosa FR, Fiuza PO., Divakar, P.K., Shenoy, B.D., Castañeda-Ruiz, R.F., Somrithipol, S., Lateef. A.A., Karunarathna, S.C., Tibpromma, S., Mortimer. P.E., Wanasinghe, D.N., Phookamsak, R., Xu, J., Wang, Y., Tian, F., Alvarado, P., Li, D.W., Kušan, I., Matočec, N., Maharachchikumbura, S.S.N., Papizadeh, M., Heredia, G., Wartchow, F., Bakhshi, M., Boehm, E., Youssef, N., Hustad, V.P., Lawrey, J.D., Santiago, ALCMA., Bezerra, J.D.P., Souza-Motta, C.M., Firmino, A.L., Tian, Q., Houbraken, J., Hongnan, S., Tanaka, K., Dissanayake, A.J., Monteiro, J.S., Grossart, H.P., Suija, A., Weerakoon, G., Etayo, J., Tsurykau A., Vázquez, V., Mungai P., Damm, U., Li, Q.R., Zhang, H., Boonmee, S., Lu, Y.Z., Becerra, A.G., Kendrick, B., Brearley, F.Q., Motiejūnaitė, J., Sharma B., Khare R., Gaikwad, S., Wijesundara, DSA., Tang, LZ., He, MQ., Flakus, A., Rodriguez-Flakus, P., Zhurbenko, M.P., McKenzie, E.H.C., Stadler, M., Bhat, D.J., Liu, J.K., Raza, M., Jeewon, R., Nassonova, E.S., Prieto, M., Jayalal, R.G.U., Erdoğan, M., Yurkov, A., Schnittler, M., Shchepin O.N., Novozhilov, Y.K., Silva-Filho AGS., Liu P., Cavender J.C., Kang, Y., Mohammad, S., Zhang LF., Xu RF., Li, YM., Dayarathne MC., Ekanayaka, A.H., Wen, TC., Deng, CY., Pereira, OL., Navathe, S., Hawksworth, D.L., Fan, X.L., Dissanayake, L.S., Kuhnert, E., Grossart, H.P. and Thines, M. (2020). Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere* 11(1), 1060–1456, Doi 10.5943/mycosphere/11/1/8
- Yeşilyurt, F., Karaduman, Y., Uzun, Y., and Kaya, A. (2024). *Simocybe centunculus*, a new record for the mycobiota of Türkiye. *Anatolian Journal of Botany*, 8(1), 46-49.



This article is cited as: Kırdök, O., Toker, S.K., Kıvrak, O., Altun, T.D., Hameş, E.E. (2024). Comparative Analysis of Mycelium Biocomposites as Potential Next-Generation Green Building Materials, *Mantar Dergisi*, 15(Special issue) 7-17.


Geliş(Received) :18.10.2024
Kabul(Accepted) :07.11.2024


Research Article
Doi: 10.30708/mantar.1569974


Comparative Analysis of Mycelium Biocomposites as Potential Next-Generation Green Building Materials

Onur KIRDÖK¹, Sultan Kübra TOKER², Orkun KIVRAK³,
Tutku Didem ALTUN⁴, Elif Esin HAMEŞ⁵


* Corresponding Author: arch.onurkirdok@gmail.com

¹ Ege University, Faculty of Science, Biotechnology, İzmir, Türkiye/
arch.onurkirdok@gmail.com 

² Ege University, Faculty of Science, Biology, İzmir, Türkiye.
sultankubratoker@gmail.com 

³ Biop Biotech, Türkiye./ orkunkivrak@gmail.com 

⁴ Dokuz Eylül University, Faculty of Architecture, Architecture, İzmir, Türkiye.
didem.akyol@deu.edu.tr 

⁵ Ege University, Faculty of Science, Bioengineering, İzmir, Türkiye.
esin.hames@ege.edu.tr 

Abstract: The construction industry is responsible for approximately 40% of the environmental damage due to carbon emissions resulting from high energy consumption, production processes, product logistics, and application methods. The production and use processes of traditional building materials contribute to the depletion of natural resources and the disruption of ecological balance. The search for sustainable and eco-friendly materials is becoming increasingly important in this context. This study emphasises the potential and significance of fungal mycelium for the construction industry.

Mycelium biocomposites offer environmental benefits and exhibit important performance criteria such as thermal performance, acoustic performance, compressive strength, flexural strength, and radioactive shielding properties. In this research, the characteristics of the developed mycelium composites are compared with conventional environmentally harmful alternatives in the construction industry. The comparison is based on thermal conductivity, acoustic performance, compressive strength, and flexural strength tests, and the values of widely used products such as MDF, rock wool, and gypsum board in the literature are considered.

The findings demonstrate that mycelium biocomposites are a sustainable alternative and superior in some performance metrics. Specifically, they can compete with existing products in thermal and acoustic performance and exhibit superior compressive strength and flexural strength compared to certain products. Given the current environmental impacts of the construction industry, mycelium-based materials stand out as an innovative solution that preserves ecological balance and offers long-term sustainable building practice.

Keywords: Mycelium biocomposite, Construction industry, Biodegradable, Biodesign, Biotechnology



Yeni Nesil Yeşil Yapı Malzemesi Olarak Miselyum Biyokompozitlerin Karşılaştırmalı Analizi

Öz: İnşaat sektörü, yüksek enerji tüketimi, üretim süreçleri, ürün lojistiği ve uygulama yöntemlerinden kaynaklanan karbon emisyonları nedeniyle oluşan çevresel hasarın yaklaşık %40'dan sorumludur. Geleneksel yapı malzemelerinin üretim ve kullanım süreçleri doğal kaynakların tükenmesine ve ekolojik dengenin bozulmasına katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilir ve çevre dostu malzeme arayışı giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışma, mantar miselyumunun inşaat sektörü için potansiyelini ve önemini vurgulamaktadır.

Miselyum biyokompozitleri yalnızca çevresel faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda termal performans, akustik performans, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve radyoaktif kalkanlama özellikleri gibi önemli performans kriterleri de sergiler. Bu çalışmada, geliştirilen miselyum kompozitlerinin özellikleri inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan ve çevreye zararlı alternatiflerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, termal iletkenlik, akustik performans, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı testlerine dayanmaktadır ve literatürde yaygın olarak kullanılan MDF, taş yünü ve alçıpan gibi ürünlerin değerleri dikkate alınmıştır.

Bulgular, miselyum biyokompozitlerinin yalnızca sürdürülebilir bir alternatif olmadığını, aynı zamanda bazı performans ölçütlerinde de üstün olduğunu göstermektedir. Özellikle, termal performans ve akustik performansta mevcut ürünlerle rekabet edebilirler ve belirli ürünlere kıyasla üstün basınç dayanımı ve eğilme dayanımı sergilerler. İnşaat sektörünün mevcut çevresel etkileri göz önüne alındığında, miselyum bazlı malzemeler ekolojik dengeyi koruyan ve uzun vadede sürdürülebilir bir yapı uygulaması sunan yenilikçi bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Miselyum biyokompozit, İnşaat sektörü, Biyobozunur, Biyotasarım, Biyoteknoloji

Introduction

The construction industry heavily impacts nature due to its dependency on energy usage and raw material consumption in the production process. Approximately 40% of global energy is estimated to be used by the construction sector. In addition, 50% of the world's raw material consumption by weight is used in the

construction sector (Pacheco-Torgal, 2015). While the construction industry consumes materials and energy, it produces waste throughout the process and becomes waste at the end of the cycle (Figure 1).

The relationship between environmental degradation and the construction lifecycle can be outlined in seven significant steps (Figure. 2).

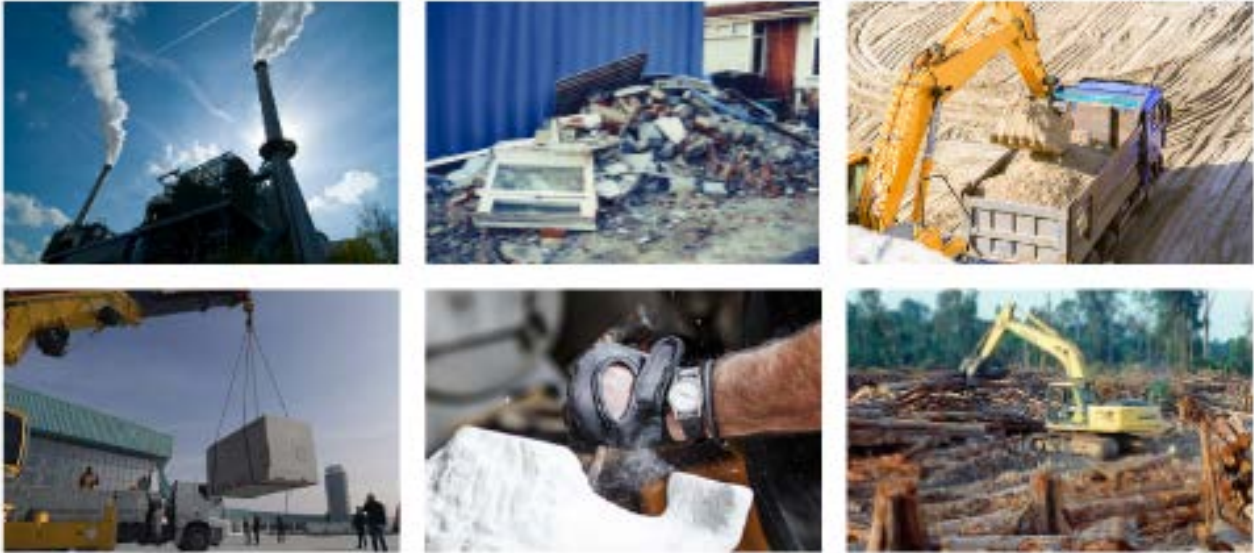


Figure 1. Harmful impact of conventional construction industry (Picture source: Canva)



Figure 2. Construction Lifecycle Steps & Environmental degradation (Personal archive)

1. **Raw Material Extraction:** This first step leads to the depletion of natural resources, destruction of ecosystems, deforestation, and increased emissions due to reliance on heavy machinery and unsustainable practices.
2. **Material Production:** Manufacturing building materials is energy-intensive, emitting pollutants and generating toxic by-products. This stage involves processes like cement production, one of the largest sources of CO₂ emissions globally.
3. **Transportation:** Transportation of raw materials, manufactured products, and construction debris contributes to CO₂ emissions and air pollution. This step supports and overlaps with raw material extraction, production, and waste management, amplifying the environmental footprint due to the heavy loads involved in the construction industry.
4. **Construction Process:** The construction phase primarily relies on fossil fuels for machinery and energy, resulting in pollution and substantial waste generation. The on-site treatment and assembly of materials add to local environmental impacts, including water and soil contamination.
5. **Operational Lifetime:** During the operational phase of a building's life, significant energy is consumed for heating, cooling, lighting, and running appliances. This energy often comes from non-renewable sources, contributing to global energy demands and emissions over the building's lifespan.
6. **Maintenance and Renovation:** To extend a building's functional life, operations such as replacing components or retrofitting for new purposes occur. This process consumes

additional resources and produces waste. Renovations may also release hazardous materials, such as asbestos, into the environment.

7. **Demolition and End of Life:** When a building reaches the end of its life, the demolition process generates vast amounts of waste. Much of this material is not recycled, leading to landfill overcrowding and lost opportunities to repurpose or reuse valuable resources.

The Need for Biodesign in Architecture: A Regenerative Approach

Considering the extensive environmental damage associated with each phase of the construction lifecycle, it is clear that the industry requires a paradigm shift. Traditional building methods exacerbate environmental degradation at every stage, from raw material extraction to demolition. This is where **biodesign** offers a regenerative solution.

Biodesign integrates biotechnology and architectural principles to create structures that work with nature rather than against it. This approach embraces **multidisciplinary collaboration**, combining architecture with biology, material science, and sustainability practices (URL 1, 2024). The core idea seeks to design an architecture that belongs to nature, utilising living organisms as active agents in either the design process or the final product. Examples of this bio-collaborative relationship include Armstrong's proposed protocell architecture (Beesley & Armstrong, 2011), the production of bioblocks with calcifying bacteria (Gündoğdu et al., 2019), Neri Oxman's biofabrication studies with silkworms (Kirdök et al., 2019), and the creation of building materials from fungal mycelium (Karana et al., 2018).

Biocollaborative design processes focus on generating **complex living and non-living biological products** from raw materials, such as cells and molecules. This regenerative mindset contrasts sharply with the traditional linear approach to construction, where materials are used and discarded. In biodesign, materials form part of a **circular system**: they grow, fulfil their function, and then biodegrade, contributing back to the ecosystem rather than depleting it. For example, **mycelium biocomposites** offer insulation, acoustic performance, and structural strength while being fully biodegradable at the end of their lifecycle, reducing waste and resource consumption (Kirdök et al., 2020).

Looking forward, our buildings could become organic smart surfaces that **interact with nature** to create comfortable living conditions through a continuous exchange of materials. Dollens (2009) describes the “augmentation” of the built environment as “actones,” transition zones between habitats that support locality and economy. But how can we effectively integrate living organisms and their capabilities into architecture? Can we treat nature as a **collaborator** to create structures that harmonise with the environment and have regenerative effects?

Adopting biodesign is a new toolset for architects that allows to address the environmental harms of the construction industry while the role of materials and the building process itself can be redefined. By integrating nature into architectural design, **biodesign** offers a regenerative, eco-friendly, and future-proof alternative to conventional building practices.

Conventional Construction Materials: A Comparative Overview

In the construction industry, various materials are employed for cladding, insulation, and structural functions, each offering distinct performance traits and environmental impacts. Commonly used materials include synthetic options like Expanded Polystyrene (EPS), Extruded Polystyrene (XPS), Medium Density Fiberboard (MDF), and Polyvinyl Chloride (PVC) panels, alongside natural materials such as stone, brick, and wood panels. These conventional materials are preferred due to their cost-effectiveness, ease of installation, and established performance. On the other hand these conventional materials pose significant environmental threats and challenges.

EPS and **XPS**, both derived from petrochemicals, are widely used for insulation due to their lightweight nature, thermal efficiency, and moisture resistance. However, these materials are non-biodegradable and difficult to recycle, contributing to waste issues at the end of their lifecycle. Additionally, their production process

involves the release of harmful chemicals and greenhouse gases, increasing their carbon footprint.

MDF, a wood-based product, is commonly used in interior applications such as wall cladding due to its strength and stability. However, MDF resins often contain formaldehyde, a hazardous substance that releases volatile organic compounds (VOCs), affecting indoor air quality over time. While derived from wood, MDF is not easily recyclable, and its disposal in landfills can have environmental consequences.

PVC cladding panels are a synthetic option favored for their durability and water resistance, yet their production and disposal raise environmental concerns. The manufacturing of PVC involves toxic chemicals, and when burned, PVC can release harmful dioxins into the atmosphere. Furthermore, PVC is not biodegradable, contributing to long-term environmental hazards.

Natural stone and **brick cladding**, traditional materials in construction, are highly durable and offer excellent thermal mass, improving energy efficiency. However, quarrying and processing stones are resource-intensive, and these materials are heavy, increasing transportation-related energy consumption. Despite being recyclable, reusing stone and brick can be labor-intensive and costly.

Wood panels, often selected for their aesthetics and renewability, can be an eco-friendly option if sourced sustainably, as they sequester carbon during growth. Nonetheless, wood is vulnerable to moisture and fire damage, necessitating treatments with chemical preservatives, which introduce additional environmental and health concerns.

While these conventional materials have become industry standards for insulation and cladding, their environmental trade-offs are increasingly difficult to ignore. As global attention shifts towards sustainable construction, the need for eco-friendly alternatives like mycelium-based biocomposites becomes ever more pressing.

Biocomposites: A Sustainable Response to Conventional Materials

In this broader context of biodesign, **biocomposites** emerge as a critical innovation that bridges the gap between traditional and eco-friendly materials. **Biocomposites** are a class of materials formed by combining biological and synthetic components. They incorporate bio-based materials from nature, providing a viable alternative to the petrochemical-based products that dominate today's construction industry.

These materials address a core issue: the environmental impact of conventional composites, which rely heavily on non-renewable resources and are often

difficult to recycle. Biocomposites, by contrast, are designed with sustainability in mind. They can be customized to meet specific requirements—whether for strength, insulation, or flexibility—while minimizing ecological footprints.

Why Biocomposites Matter:

1. **Inspired by Nature:** Biocomposites leverage organic and natural materials, making them more aligned with natural ecosystems and cycles.
2. **Effective Biodegradation:** Unlike traditional materials, biocomposites offer a quick return to nature, biodegrading at the end of their useful life.
3. **Light but Strong:** These materials combine lightness and durability, often outperforming conventional composites in terms of strength-to-weight ratio.
4. **Thermal and Acoustic Insulation:** With their high insulation performance, biocomposites provide superior protection against both heat loss and noise.
5. **Waste Minimization:** They promote sustainability by reducing waste throughout their lifecycle—from production to eventual disposal.
6. **Repurposing:** Biocomposites offer waste conversion opportunities, reusing organic and inorganic components to create new materials.
7. **Collaboration with Living Things: Biofabrication** taps into the power of living organisms to enhance material properties and performance. Adamatzky et al. (2020) describe biofabrication as "the production of complex living and non-living biological products from raw materials such as living cells or biomolecules." This process utilizes the inherent capabilities of living organisms to self-assemble materials with molecular precision, a complexity that current mechanical tools cannot replicate (Attias et al., 2019). As advancements in biofabrication accelerate, they are set to drive a profound transformation in traditional industries.
8. **Flexibility and Diversity:** The versatility of biocomposites enables a wide range of forms and applications, making them suitable for various construction needs.

The importance of biotechnology in shaping the future cannot be overstated. With the growing need for sustainable solutions in sectors such as construction, healthcare, and manufacturing, biotechnological innovations offer the potential to create materials and processes that are both efficient and environmentally friendly. Biofabrication, in particular, could pave the way for a new era of material science, where products are not only biodegradable but also self-repairing or adaptive.

This shift is poised to redefine how industries approach resource management, production efficiency, and waste reduction, further reinforcing biotechnology's critical role in building a sustainable future. As we explore the transformative potential of biotechnology in addressing the challenges of modern industries, it becomes essential to focus on specific innovations that embody this paradigm shift. Mycelium-based materials stand out as a remarkable example of how biofabrication can yield not only environmentally friendly solutions but also materials with unique properties suited for a variety of applications.

Properties of Mycelium Biocomposites

Mycelium-based materials are created through biofabrication, where the fungal mycelium grows into and binds various biological substrates. This process not only ensures sustainable production but also aligns with zero-waste principles, as the primary substrates are often agricultural or industrial by-products. This upcycling of waste into valuable materials emphasizes the eco-friendly and resource-efficient nature of mycelium composites (Kirdök et al., 2022).

One of the key advantages of mycelium biocomposites is their alignment with natural growth and decomposition cycles. After fulfilling their intended use, these materials rapidly biodegrade, leaving behind no harmful residues and returning valuable nutrients to the environment. This makes mycelium biocomposites particularly attractive for promoting circular economy principles in the construction sector. In contrast to traditional synthetic materials like expanded polystyrene (EPS) and extruded polystyrene (XPS), mycelium-based materials offer a sustainable, zero-waste alternative.

The production of mycelium biocomposites is influenced by factors such as fungal species, substrate composition, and post-processing techniques. Haneef et al. (2017) demonstrated how different substrates, like microcrystalline cellulose (MCC), influence the mechanical properties of the resulting composites. For example, MCC-based substrates produced stiffer materials due to their harder-to-digest nature for fungi, showing how substrate selection plays a critical role in defining the material's final characteristics. Similarly, Appels et al. (2018) explored how substrate type, fungal species, and post-processing methods like hot pressing can affect morphology, density, tensile strength, and water absorption.

Mycelium-based materials are lightweight yet strong, making them ideal for sustainable construction and design applications. Their fully vegan nature, derived solely from fungi and plant-based substrates, also adds appeal for industries seeking ethical, cruelty-free solutions. The properties of mycelium composites can be further tailored by incorporating organic or inorganic

additives, such as fire retardants or water-resistant components, enhancing their usability across various sectors.

Though research on mycelium biocomposites has gained momentum in recent years, significant gaps remain due to the variability in substrates, fungal strains, and production conditions. Nonetheless, many studies agree on the material's strengths and weaknesses. For instance, Attias et al. (2020) noted that mycelium composites generally have lower density, flexural strength, and water resistance compared to synthetic alternatives like EPS and XPS, which drives ongoing research focused on improving these properties for commercial use.

Jones et al. (2017a; 2017b; 2018; 2019; 2020) studied the fire resistance of mycelium biocomposites, demonstrating how natural fire-retardant substrates can enhance the material's fire resistance. This highlights the critical role of substrate composition in expanding the range of applications. Similarly, Islam et al. (2017, 2018) explored the mechanical behaviour of mycelium composites under compression, revealing complex properties like the "Mullins effect," commonly seen in elastomeric materials, showcasing the material's potential for further optimisation.

In addition to their structural benefits, mycelium biocomposites are excellent insulators, providing thermal and acoustic insulation. Girometta et al. (2019) reviewed these properties, noting that mycelium composites can achieve comparable insulation performance to conventional materials, with added benefits like potential radiation shielding. The material's low density enhances its insulation capabilities, making it ideal for energy-efficient applications.

The sustainability of mycelium biocomposites is further amplified by their use of waste-derived substrates, minimising resource consumption and supporting recycling and upcycling practices. Karana et al. (2018) emphasised that factors such as substrate type, particle size, and processing methods significantly affect the material's strength and overall performance. Lelivelt (2015) added that combining non-woven hemp or wood fibres with fungi can produce composites with high compressive strength, making them suitable for load-bearing applications.

Ghazvinian et al. (2019) explored mycelium composites for wall construction in structural applications. They found that straw-based biocomposites might lack sufficient compressive strength for specific uses, while chip-based composites, with adequate reinforcement, could serve as viable alternatives to conventional materials. Adjusting the substrate composition or adding

reinforcing elements demonstrates the adaptability of mycelium composites to diverse requirements.

Integrating mycelium materials into architectural and industrial design also presents exciting opportunities for innovation. Camere & Karana (2018) and Adamatzky et al. (2020) discussed the potential of using living organisms in design, with applications ranging from packaging to structural building elements. Although production speed and cost challenges remain, the ecological advantages, vegan composition, and versatility of mycelium biocomposites offer promising solutions for a more sustainable, zero-waste future.

In summary, mycelium biocomposites offer desirable properties such as biodegradability, structural integrity, insulation, and the ability to utilise waste substrates. Their fully vegan, biofabricated nature positions them as eco-friendly alternatives to conventional materials. With ongoing research improving their mechanical and physical characteristics, mycelium biocomposites have the potential to transform the construction and material science industries, promoting sustainability, recycling, and circularity (Figure 3).

Material and Method

Three main aspects were examined for the comparative analysis between BIOP Mycelium Biocomposites and conventional building materials: physical properties, environmental impact, and SWOT analysis. This analysis aimed to highlight the potential of mycelium-based materials as next-generation solutions for the construction industry, while identifying the challenges that need to be addressed for broader market adoption.

A comprehensive literature survey gathered the physical properties of conventional materials such as brick, plywood, stone, XPS, EPS, rock wool, and gypsum board. This survey included published data on thermal conductivity, sound absorption coefficient, density, compressive strength, and flexural strength. These values provided a benchmark for comparison with the BIOP Mycelium Biocomposites.

For the BIOP Mycelium Biocomposites, several laboratory tests were conducted. Thermal conductivity was measured using a Thermal Conductivity Meter at the Mechanical Engineering Laboratories of Ege University. This test involved placing the mycelium composite samples in the meter and measuring their heat transfer efficiency under controlled conditions. Acoustic performance was evaluated using an impedance tube test to determine the sound absorption coefficient of the material. This test was conducted at Karakutu Acoustic Laboratories and will be followed by more comprehensive

tests, such as reverberation room analysis, in future studies.

The density of the mycelium biocomposites was calculated based on the mass-to-volume ratio (g/cm^3), using a precision scale to measure the weight of the samples. At the same time, their volume was determined from sample dimensions. Compressive strength and flexural strength were tested at the Materials Testing Laboratory (MATAL) of Ege University. For compressive strength, a uniaxial compression test was conducted to measure the maximum load that the mycelium biocomposites could withstand before failure. A three-point bending test was carried out for flexural strength to evaluate the material's resistance to bending forces.

In addition to physical properties, the environmental impact of both the conventional materials and mycelium biocomposites was assessed. This

analysis considered factors such as energy consumption during production, biodegradability, recyclability, toxicity, and end-of-life impact. For conventional materials, data from existing lifecycle assessments (LCA) and environmental product declarations (EPD) were utilized. The environmental impact of BIOP Mycelium Biocomposites was based on internal production data, which emphasise low energy consumption, biodegradability, and zero-waste biofabrication practices. A SWOT analysis was then performed to evaluate the strengths, weaknesses, opportunities, and threats associated with mycelium biocomposites compared to conventional materials. This analysis revealed the unique sustainability advantages of mycelium biocomposites, particularly in terms of biodegradability and environmental impact, while identifying areas for improvement, such as mechanical strength and market scalability.

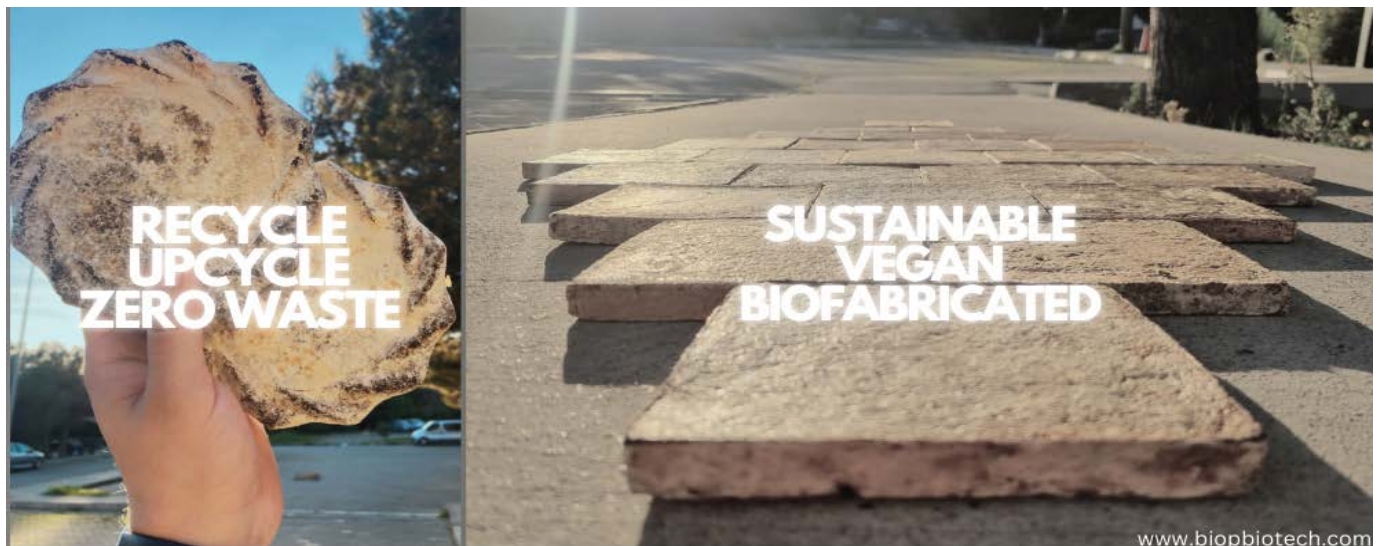


Figure 3. Properties of mycelium-based biocomposites (Source: biopbiotech.com)

Results and Discussion

When comparing the physical properties of mycelium biocomposites to conventional building materials such as EPS, XPS, MDF, and others, it becomes evident that each material offers unique strengths and weaknesses in areas like thermal conductivity, sound absorption, density, compressive strength, and flexural strength. Table 1 provides a comprehensive comparison of these properties across several materials commonly used in construction (Budiwati, 2009; You, 2011; Mokhtar et al., 2012; Nindiyasari, 2016; Solomon & Latha, 2017; Troppová et al., 2017; Shah et al., 2019; URL 2, 2024; URL 3, 2024; URL 4, 2024; URL 5, 2024; URL 6, 2024; URL 7, 2024; URL 8, 2009; URL 9, 2021; URL 10, 2024; URL 11, 2024; URL 12, 2024). This comparison highlights the competitive performance of mycelium biocomposites,

particularly in terms of their insulation properties and mechanical strength, making them a promising alternative to synthetic and mineral-based products.

Following the physical property comparison, assessing these materials' environmental impact is essential. Table 2 focuses on critical ecological factors such as energy consumption during production, biodegradability, recyclability, toxicity, and end-of-life impact. This comparison demonstrates that conventional materials often excel in performance, but their environmental impact is substantial. On the other hand, mycelium biocomposites offer clear advantages in terms of sustainability, with lower energy consumption, high biodegradability, and a minimal ecological footprint. Such characteristics position them as an environmentally responsible choice for modern construction practices.

Table 1. Comparison of physical properties of mycelium biocomposites to conventional building materials

Property	Mycelium Biocomposites	EPS	XPS	Rock Wool	MDF	Gypsum Board	Natural Stone (Marble)	Wood panel (plywood)	Brick
Thermal Conductivity (W/m.K)	0.088	0.038	0.035	0.044	0.12	0.19	3	0.1	0.5
Sound Absorption Coefficient (α)	0.4	0.22	0.2	0.9	0.3	0.01	0.01	0.05	0.05
Density (g/cm ³)	0.33	0.02	0.03	0.04	0.75	0.7	2.75	0.5	2
Compressive Strength (MPa)	80	0.07	0.3	0.05	10	10	65	50	11.2
Flexural Strength (Mpa)	1	0.1	0.15	0.03	22	5.65	12	55	0.1

Table 2. Comparison of the environmental impact of mycelium biocomposites to conventional building materials

Properties	Mycelium Biocomposites	EPS	XPS	Rock Wool	MDF	Gypsum Board	Natural Stone (Marble)	Wood Panel (Plywood)	Brick
Environmental Impact	Low	High	High	Moderate	Moderate to High	Moderate	High	Moderate	Moderate to High
Energy Consumption (Production)	Low	High	High	High	Moderate	Moderate	Very High	Low to Moderate	Very High
Biodegradability	Biodegradable	Non-biodegradable	Non-biodegradable	Non-biodegradable	Non-biodegradable	Non-biodegradable	Non-biodegradable	Biodegradable (if untreated)	Non-biodegradable
Recyclability	Compostable/ Reusable	Difficult	Difficult	Recyclable	Limited due to resins	Recyclable in some cases	Limited	Limited due to adhesives	Recyclable
Toxicity	Non-toxic	Releases harmful chemicals	Contains harmful HFCs	Non-toxic but hazardous dust	Formaldehyde-based resins	Non-toxic	Non-toxic	Some adhesives can be toxic	Non-toxic
End of Life Impact	Decomposes naturally	Long-lasting landfill waste	Long-lasting landfill waste	Energy needed for recycling	Difficult to recycle due to resin	Limited recycling infrastructure	Energy-intensive disposal	Adhesive use complicates recycling	Energy-intensive but long-lasting

The findings from performance and environmental impact comparisons indicate that mycelium biocomposites have significant potential to replace or complement traditional materials across various construction applications. While certain conventional materials may still excel in specific mechanical properties, mycelium biocomposites advance in sustainability and adequate physical performance, which makes them a promising option for greener construction practices. However, widespread market adoption will require further research and development to address existing limitations and enhance the performance of these biocomposites, as outlined in Table 3.

The comparison between mycelium materials and traditional building materials reveals significant insights into the potential of mycelium biocomposites in sustainable construction. Mycelium materials offer

notable advantages, such as being eco-friendly and possessing excellent thermal and sound insulation properties. Although they currently face challenges, like limited strength and moisture sensitivity, ongoing research and development in this novel field hold promise for overcoming these limitations. In contrast, while reliable and well-established, conventional materials often come with substantial environmental drawbacks and poor biodegradability. As the construction industry increasingly seeks greener alternatives, mycelium biocomposites have a genuine opportunity to carve out a niche. Addressing existing weaknesses and threats through targeted research will be crucial for maximising the strengths and opportunities of mycelium materials, ultimately paving the way for a more sustainable future in construction.

Table 3. SWOT analysis of Mycelium Biocomposites and conventional materials

SWOT	Mycelium Biocomposites	Conventional Materials
Strengths	- Sustainable and biodegradable	- Established market presence
	- Low energy production requirements	- Wide availability and supply chains
	- Excellent thermal insulation	- Proven performance and reliability
	- Effective acoustic performance	- Advanced manufacturing techniques
Weaknesses	- Mechanical limitations	- Environmental impact during production
	- Sensitivity to moisture	- Limited biodegradability
	- Durability concerns	- Higher energy consumption
	- Higher initial production costs	- Potential toxicity of some materials
Opportunities	- Growing demand for eco-friendly materials	- Innovation in synthetic materials
	- Government support for sustainable practices	- Expansion into emerging markets
	- Advances in material treatment	- Brand loyalty to traditional materials
	- Circular economy initiatives	- Cost reductions through scale
Threats	- Intense market competition	- Market saturation and declining margins
	- Resistance to change among industry professionals	- Regulatory challenges and compliance costs
	- Ongoing advancements in synthetic materials	- Fluctuations in raw material costs
	- Brand loyalty towards established materials	- Consumer perception of new materials

Conclusion

In conclusion, this analysis underscores the significant potential of mycelium biocomposites as a sustainable alternative to conventional building materials. The comparative tables highlight the performance characteristics of mycelium biocomposites, showing competitive results in thermal conductivity, acoustic insulation, compressive strength, and flexural strength. Furthermore, the environmental impact analysis reveals that mycelium biocomposites offer energy consumption, biodegradability, and recyclability advantages, contributing to a more sustainable construction industry.

While conventional materials may still outperform mycelium biocomposites in certain mechanical aspects, the overall balance of sustainability and adequate physical performance positions mycelium biocomposites as a viable solution for greener construction practices. The challenges identified in the SWOT analysis emphasise the need for ongoing research and development to address existing limitations and enhance the performance of mycelium biocomposites.

Looking ahead, advancements in fungal biotechnology, biodesign, and integrating these innovative materials into architecture can potentially revolutionize the construction industry. As mycelium technologies advance, we may witness the emergence of "concrete forests", where mycelium spreads through urban landscapes, transforming how we view and interact with our built environments. Additionally, as mycelium applications spread throughout urban environments, integrating these materials into the concrete fabric of our cities could transform how we approach sustainability in

design. This shift toward sustainable practices reflects a growing awareness of environmental challenges and paves the way for a new paradigm in architecture and construction, where ecological considerations play a central role in design and material selection.

The findings from this study suggest that with continued innovation and investment in mycelium technology, there is a strong possibility for these biocomposites to gain traction in the mainstream building industry. As the sector moves toward more environmentally friendly practices, mycelium biocomposites can be crucial in reshaping construction standards and promoting sustainable development.

Author contributions

All the authors have equal contributions.

Conflicts of interest

The authors declare no competing interests.

Ethical Statement:

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Onur KIRDÖK, S. Kübra TOKER, Orkun KIVRAK, T. Didem ALTUN, E. Esin HAMEŞ).

Acknowledgement

Special thanks to BIOP Biotech research team for their continuous effort and faith for a better future bound with mycelium.

References

- Adamatzky, A., Ayres, P., Belotti, G. and Wösten, H. (2020). Fungal architecture. *arXiv:1912.13262v1* [cs.ET], 1-19.
- Appels, V.W., Camere, S., Montalti, M., Karana, E. Jansen, K.M.B., Dijksterhus, J., Krijgheld, P. and Wösten, H.A.B. (2018). Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites, *Mater. Des.*, 161, 64–71.
- Attias, N., Danai, O., Abitbol, T., Tarazi, E., Ezov, N., Pereman, I., and Grobman, Y. J. (2020). Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis. *J. Cleaner Product.* 246.
- Attias, N., Danai, O., Tarazi, E., Pereman, I. and Grobman, Y.J. (2019) Implementing bio-design tools to develop mycelium-based products. *Design J.* 22 (1): 1647-1657.
- Beesley, P., and Armstrong, R. (2011). Soil and protoplasm: The hylozoic ground project. *Architectural Design*, 81(2), 78-89.
- Budiwati, I. A. M. (2009). Experimental compressive strength and modulus of elasticity of masonry. *J. Llmiah Teknik Sipil.* 13 (1).
- Camere, S., and Karana, E. (2018). Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, 186, 570-584.
- Dollens, D. (2009) Architecture as nature: A biodigital hypothesis. *Leonardo*, 42(5), 412–420
- Ghazvinian, A, Farrokhsiar, P, Vieira, F, Pecchia, J and Gursoy, B (2019). Myceliumbased biocomposites for architecture: assessing the effects of cultivation factors on compressive strength. *The eCAADe and SIGraDi Conference, 11-13 September 2019, University of Porto, Portugal,2*, 505-513.
- Girometta, C., Picco, A. M., Baiguera, R. M., Dondi, D., Babbini, S., Cartabia, M., Pellegrini and Savino, E. (2019). Physico-mechanical and thermodynamic properties of mycelium-based biocomposites: a review. *Sustainability*, 11(1), 281
- Gündoğdu, T. K., Deniz, I., Aric, A., Yılmazsoy, B. T., Cakir, O. A., Erdogan, A., and Kokturk, G. (2019). *Development of ecological biodesign products by bacterial biocalcification. J. EJENS-Eur. J. Eng. Nat. Sci.* 3 (1): 17.
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., and Athanassiou, A. (2017). Advanced materials from fungal mycelium: fabrication and tuning of physical properties. *Sci. Rep.* 7 (1): 1-11.
- Islam, M.R., Tudryn, G., Bucinell, R., Schadler, L. and Picu, R.C (2018). Stochastic continuum model for mycelium-based bio-foam. *Mater. Des.* 160, 549– 556.
- Islam, M.R., Tudryn, G., Bucinell, R., Schadler, L. and Picu, R.C., (2017). Morphology and mechanics of fungal mycelium. *Sci. Rep.* 7, 1–12.
- Jones, M. P., Lawrie, A. C., Huynh, T. T., Morrison, P. D., Mautner, A., Bismarck, A., and John, S. (2019). Agricultural by-product suitability for the production of chitinous composites and nanofibers utilising *Trametes versicolor* and *Polyporus brumalis* mycelial growth. *Process Biochem.*, 80, 95-102.
- Jones, M., Bhat, T., Wang, C. H., Moinuddin, K., and John, S. (2017a). *Thermal degradation and fire reaction properties of mycelium composites. In Proceedings of the 21st International Conference on Composite Materials, Xi'an, China*, 20- 25.
- Jones, M., Chun, H., Yuen, R. and John, S., (2018). Waste - derived low - cost mycelium composite construction materials with improved fire safety. *Fire Mater*, 42(7) 1–10.
- Jones, M., Huynh, T., Dekiwadia, C., Daver, F. and John, S., (2017b). Mycelium Composites: A Review of Engineering Characteristics and Growth Kinetics. *J. Bionanosci.*, 11, 241–257.
- Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., and John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Mater. Des.*, 187, 108397.
- Karana, E., Blauwhoff, D., Hultink, E. J., and Camere, S. (2018). When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. *Int. J. Des.*, 12(2), 119-136.
- Kırdök, O., Akyol Altun, T.D., Dokgöz, D. and Tokuç, A. (2019). Biodesign as an innovative tool to decrease construction induced carbon emissions in the environment. *IJGW*, 19(1-2), 127-144.
- Kırdök, O., Altun, D. A., Dahy, H., Strobel, L., Tuna, E. E. H., Köktürk, G., Çakır, Ö. A., Tokuç, A., Özkaban, F., Şendemir, A. (2022). Design studies and applications of mycelium biocomposites in architecture. *Biomimicry for materials, design and habitats* (pp. 489-527). Elsevier.
- Kırdök, O., Sertkaya, S.N., Yaman, Y., Kale, İ., Hameş Tuna, E., Tokuç, A. AkyolAltun, T.D. (2020) *Biodesign with mycelium in architecture, ATI 2020 "Smart Buildings, Smart Cities" 27-30 April 2020, İzmir, Turkey.*
- Lelivelt, R. J. J., Lindner, G., Teuffel, P., and Lamers, H. (2015). *The production process and compressive strength of mycelium-based materials. In First 156 International Conference on Bio-based Building Materials*, 1-6.
- Mokhtar, A., Hassan, K., Aziz, A. A., and May, C. Y. (2012). Oil palm biomass for various wood-based products. In *Palm Oil* (pp. 625-652). AOCs Press.
- Nindiyasari, F., Griesshaber, E., Zimmermann, T., Manian, A. P., Randow, C., Zehbe, R., ... and Schmahl, W. W. (2016). Characterization and mechanical properties investigation of the cellulose/gypsum composite. *J. Compos. Mater.*, 50(5), 657-672.
- Pacheco-Torgal, F. (2015). Introduction to biotechnologies and biomimetics for civil engineering. *Biotechnologies and Biomimetics for Civil Engineering.* 1-19.

- Shah, S. A. R., Arshad, H., Farhan, M., Raza, S. S., Khan, M. M., Imtiaz, S., ... and Waseem, M. (2019). Sustainable brick masonry bond design and analysis: An application of a decision-making technique. *App. Sci.*, 9(20), 4313.
- Solomon, A., and Latha, H. (2017). Inspection of properties of Expanded Polystyrene (EPS), Compressive behaviour, bond and analytical examination of Insulated Concrete Form (ICF) blocks using different densities of EPS. *IJCET*, 8(81), 209-221.
- Troppová, E., Tippner, J., and Hřčka, R. (2017). Thermophysical properties of medium density fiberboards measured by quasi-stationary method: experimental and numerical evaluation. *Heat and Mass Transfer*, 53, 115-125.
- URL 1 (2018) <http://www.biodesignteam.com/> Date of Access 8.10.2024
- URL 10 (2024) <https://www.buildsite.com/pdf/rockwool/ROCKWOOL-Comfortbatt-Insulation-Batts-Guide-Specifications-2116466.pdf> Date of Access 8.10.2024
- URL 11 (2024) <https://www.rockwool.com/uk/products-and-applications/product-overview/roll-products/rockwool-roll-en-gb/> Date of Access 8.10.2024
- URL 12 (2024) <http://www.biopbiotech.com/> Date of Access 8.10.2024
- URL 2 (2024) <https://www.makeitfrom.com/material-properties/Medium-Density-Fiberboard-MDF> Date of Access 8.10.2024
- URL 3 (2024) <https://www.acoustic-supplies.com/absorption-coefficient-chart/> Date of Access 8.10.2024
- URL 4 (2024) <https://www.actiu.com/en/lacquered-mdf/> Date of Access 8.10.2024
- URL 5 (2024) <https://www.british-gypsum.com/documents/product-data-sheet-pds/british-gypsum-pds-gyproc-wallboard-12-5mm.pdf> Date of Access 8.10.2024
- URL 6 (2024) <https://insulationgo.co.uk/blog/best-insulation-board/> Date of Access 8.10.2024
- URL 7 (2024) <https://www.stonecontact.com/what-is-the-average-flexural-strength-of-turkey-s-alpine-white-marble/k1182382> Date of Access 8.10.2024
- URL 8 (2009) https://www.engineeringtoolbox.com/acoustics-noise-decibels-t_27.html Date of Access 8.10.2024
- URL 9 (2021) [https://thermtest.com/how-the-thermal-conductivity-of-clay-bricks-contributes-to-their-success-as-a-building-material#:~:text=Bricks%20possess%20a%20low%20thermal,W%2F\(m%2FK\)](https://thermtest.com/how-the-thermal-conductivity-of-clay-bricks-contributes-to-their-success-as-a-building-material#:~:text=Bricks%20possess%20a%20low%20thermal,W%2F(m%2FK)) Date of Access 8.10.2024
- You, M. (2011). Strength and damage of marble in ductile failure. *J. Rock Mech. Geotech. Eng.*, 3(2), 161-166.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Uysal, A., Kurt, Ş., Hanedan, T.(2024). Hatay İlinde Protea Süs Bitkilerinde Kurumaya Sebep Olan Fungal Hastalıklar. *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı) 18-23.

Geliş(Received) :14.10.2024

Kabul(Accepted) :13.11.2024

Araştırma Makalesi

Doi: 10.30708/mantar.1566994

Hatay İlinde Protea Süs Bitkilerinde Kurumaya Sebep Olan Fungal Hastalıklar

Aysun UYSAL¹, Şener KURT², Tuğba HANEDAN^{3*}

* Sorumlu yazar: tugba.hanedan33@gmail.com

¹Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Uygulama ve Araştırma Merkezi, Antakya, HATAY / aysun.uyosal@mku.edu.tr

²Bitki Koruma Bölümü, Ziraat Fakültesi Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya, HATAY / kurt@mku.edu.tr

³Bitki Koruma Bölümü, Ziraat Fakültesi Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya, HATAY / tugba.hanedan33@gmail.com

Öz: *Protea* cinsi *Proteaceae* familyasına ait olup yaklaşık 60 cins ve 1400 tür içermektedir. Bu türlerin 800'den fazlası Avustralya, 400'ü ise Afrika kökenlidir. *Protea* bitkileri farklı şekil ve boyutlarda olup çalı veya ağaç olarak yetişebilir ve özellikle gösterişli çiçekleriyle tanınırlar. En iyi bilinen türlerden biri, büyük ve çarpıcı çiçekleriyle karakterize edilen Kral *Protea*'dır (*Protea cynaroides*, Carolus Linnaeu, 1753). *Protea* bitkileri süs bitkisi olarak yüksek bir değere sahiptir ve uzun vazo ömürleri nedeniyle peyzaj ve çiçek tasarımında tercih edilirler. Bazı türleri etnomedikal amaçlarla da kullanılmaktadır. Tüm *Protea* cinsine ait türler herdem yeşil olup, gösterişli, yaprak ve çiçek renkleri nedeniyle yetiştiriciliği yaygınlaşmaktadır. Türkiye' de *Protea* bitkisi yetiştiriciliği genellikle ihracata yönelik olup, sıcak ve kuru iklimin hâkim olduğu, Akdeniz iklimine sahip bölgelerde sınırlı ölçüde yapılmaktadır. Çalışmanın arazi sürveyi, Hatay'ın Kırıkhan ilçesinde, *Protea* cinsine ait 'Safari Sunset' ve 'Gold Strike' türlerinin yetiştirildiği bir alanda gerçekleştirilmiştir. Bu alanda yapılan incelemeler sonucunda %50 oranında bitki ölümleri gözlenmiştir. Bahçenin farklı yerlerinden alınan 25 hastalıklı bitki örneğinden laboratuvarında hastalık izolasyonları yapılmış ve PDA besiyerinde 20 farklı izolat elde edilmiştir. Morfolojik teşhis sonucunda *Macrophomina*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Diaporthe* cinsleri tanımlanmıştır. Moleküler olarak ise *Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium acuminatum* ve *Diaporthe ambigua* türleri tanımlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Süs bitkisi, *Protea*, Kuruma, Tanımlama

Fungal Diseases Causing Drying In Protea Ornamental Plants In Hatay Province

Abstract: The genus *Protea* belongs to the family *Proteaceae* and includes about 60 genera and 1400 species. More than 800 of these species originate from Australia and 400 from Africa. *Protea* plants come in different shapes and sizes, can grow as shrubs or trees and are particularly recognisable by their showy flowers. One of the best known species is King *Protea* (*Protea cynaroides*, Carolus Linnaeu, 1753), characterised by its large and striking flowers. *Protea* plants have a high value as ornamental plants and are favoured in landscaping and floral



design due to their long vase life. Some species are also used for ethnomedical purposes. All species of the genus *Protea* are evergreen and their cultivation is becoming widespread due to their showy leaf and flower colours. In Turkey *Protea* cultivation is generally export-oriented and limited in regions with Mediterranean climate, where hot and dry climate prevails. The field survey of the study was carried out in an area where 'Safari Sunset' and 'Gold Strike' species of *Protea* genus were grown in Kırıkhan district of Hatay. As a result of the examinations carried out in this area, 50% plant mortality was observed. Disease isolations were made in the laboratory from 25 diseased plant samples taken from different parts of the garden and 20 different isolates were obtained on PDA medium. As a result of morphological diagnosis, *Macrophomina Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Diaporthe* genera were identified. Molecularly, *Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium acuminatum* and *Diaporthe ambigua* species were identified.

Keywords: Ornamental plant, *Protea*, Drying, Identification

Giriş

Proteaceae ailesi, 60'tan fazla cinsi ve yaklaşık olarak 1400 türü barındırmaktadır. Bu türlerin 800'den fazlası Avustralya kökenliken, yaklaşık 400 tür Afrika kökenlidir. Orta ve Güney Amerika'da yaklaşık 90 tür, Yeni Gine'nin doğusundaki adalarda 80 tür ve Yeni Kaledonya'da 45 tür bulunmaktadır. Madagaskar, Yeni Gine, Yeni Zelanda ve Güneydoğu Asya, daha az sayıda türe ev sahipliği yapmaktadır (Çalışkan 2019; Uzunoğlu ve ark., 2020). *Protea* bitkileri (*Leucadendron salignum* x *Leucadendron laeololum*), yapraklarının ve çiçeklerinin göz alıcı renklere sahip olmasıyla yaygın olarak yetiştirilmektedir. *Leucadendron* cinsi ticari olarak genellikle yaprakları ve çiçekleri için yetiştirilirken, *Leucospermum* ve *Protea* cinslerine ait türler ise çiçekleri için tercih edilmektedir. Ayrıca, *Protea* türleri hem taze hem de kuru olarak değerlendirilebilmektedir. Bazı türleri, özellikle Avrupa'da, gösterişli çiçekleri nedeniyle çelenk, gelin buketi ve kapı süsü yapımında kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, dış mekân süs bitkisi olarak ev bahçelerinde ve peyzaj alanlarında da yetiştirilebilmektedir (Criley, 2007; Avcı ve ark., 2016). Süs bitkilerinde kalite özellikleri, türe göre farklılık göstermekle birlikte, genellikle çiçeklenme süresi, çiçek ve yaprak rengi, vazo ömrü ve kullanılan anaç gibi unsurlar bu kaliteyi belirlemektedir. Kesme çiçek üretiminde, vazo ömrü birçok çiçeğin piyasa değerini belirlemede kritik bir rol oynamaktadır. Dünyada üretilen kesme çiçeklerin yaklaşık %25'i, üreticiden tüketiciye ulaşana kadar çeşitli nedenlerle kayba uğramaktadır. Çiçek sapı, yaprak ve çiçek organlarındaki kalite kayıpları, ürünün pazar değerini düşürebilir ya da satışını engelleyebilir. Bu nedenle, üreticiden tüketiciye kadar olan süreçte hem kalitenin korunması hem de hasat sonrası kayıpların önlenmesi, üretici ve tüketici memnuniyeti açısından büyük önem taşımaktadır (Kazaz, 2015).

Protea diğer bitkilerde olduğu gibi birçok mantar tarafından saldırıya uğrar. Bunlar, özellikle de toprak

kaynaklı patojenler; *Phytophthora* (Mildiyö), *Rhizoctonia* (Dalindiren) ve *Fusarium* (küf) dur (Sesli ve ark., 2020). Bu patojenler, *Protea* bitkisinin yetiştiriciliğini ekonomik olarak sınırlandırmıştır (Crous ve ark., 2004; Summerell, 2017). Ne yazık ki, dünyada *Protea* yetiştiriciliği hakkında birçok hastalık rapor edilmiştir. *Protea* bitkilerinde ani ölüme neden olan bir diğer önemli fungal etmen toprak kaynaklı *Phytophthora cinnamomi* (tarçın mildiyösü) türüdür. (Tok ve Avcı, 2015).

Özetle, *Protea* çoğunlukla kesme çiçek olarak yetiştirilen ve dünya çapında ev, bahçeler ve peyzaj düzenlemeleri için kullanılan değerli bir süs bitkisidir. Bu nedenle, mevcut çalışma *Protea* bitkilerinde solma, geriye doğru ölüm, kanser gibi belirtilere neden olan fungal patojenleri belirlemek için yürütülmüştür (Şekil 1).

Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Acerköy/Kırıkhan mevkiindeki (36°23'04" Kuzey, 36°23'38" Doğu, 238 m rakım) tınlı, az kireçli (%2.0) ve tuzsuz toprak özelliklerine sahip, pH değeri 6.90 olan üretim alanında yetiştirilen 'Safari

Sunset' *Protea* (*Leucadendron*) çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Bu çeşitlerin özellikleri şu şekildedir: Safari Sunset: Yeni Zelanda'da *Leucadendron salignum* ve *Leucadendron laeololum* türlerinin melezlenmesiyle elde edilmiştir. Bu çeşit, *Protea* türleri arasında ticari olarak en yaygın yetiştirilenlerden biri olup hem kesme çiçek hem de dekoratif amaçlarla kullanılmaktadır. Kuzey yarımküredeki hasat dönemi ekim ile ocak ayları arasındagerçekleşmekte olup, koyu kırmızı çiçekleriyle bilinir (Matthews, 2002) (Şekil 2).

Fungal izolatlar

Hatay'ın Kırıkhan ilçesi, Acerköy/Kırıkhan mevkiindeki *protea* üretim alanından, 'Safari Sunset' çeşidine ait örnekler Haziran 2020 ile Kasım 2021 tarihleri arasında rastgele toplanmıştır (Uysal ve ark., 2022), (Şekil 2).



Şekil 1. *Protea* bitkisinin üretim alanından Safari Sunset çeşidine ait görünüm

Enfeksiyon nedeniyle klorotik veya nekrotik doku barındıran bitki parçaları, steril bir bistüri ile dikkatlice kesilmiştir. 1-2 mm boyutundaki bu doku parçaları, yüzey dezenfeksiyonu amacıyla %75'lik etanol içinde 1 dakika boyunca bekletilmiştir (Uysal & Kurt, 2019). Ardından, bu parçalar distile suda yıkanmış ve steril kurutma kağıtları üzerinde 15-30 dakika süreyle kurutulmaya bırakılmıştır. Kuruyan parçalar, Patates Dekstroz Agar (PDA, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) içeren 90 mm'lik Petri kaplarına aktarılmıştır. Bakteriyel kontaminasyonu engellemek için besi ortamına streptomisin sülfat (100 µg mL⁻¹) eklenmiştir. Petri kapları 25°C'de 5 gün süreyle inkübe edilmiştir ve gelişen kolonilerden PDA ortamında saflaştırma işlemleri gerçekleştirilmiştir (Uysal & Kurt, 2019; Kurt ve ark., 2020).

Morfolojik karakterizasyon

Hastalıklara yol açtığı düşünülen fungal izolatların morfolojik özelliklerine bakılarak ön tanıları yapılmıştır. Bu amaçla, inkübasyonun 10. gününde kolonilerin özellikleri, misel gelişiminin üst ve alt yüzeylerinin renkleri, büyüme hızı (mm), konidial boyutlar ve PDA ortamında pigment oluşumları gibi kriterler değerlendirilmiştir (Guarnaccia ve Crous, 2017; Uysal ve ark., 2022; Soylu ve ark., 2024).

Moleküler Karakterizasyon

Tek sporlu kültürlerden elde edilen 10 temsili izolatın 5-7 günlük fungus kültürlerinden genomik DNA ekstraksiyonu, QIAGEN DNeasy (50) Plant mini kit

(Qiagen Inc., Valencia, CA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. DNA çözeltilerinin konsantrasyonları Qubit 2.0 Florometre (ThermoFisher Scientific, Witham, MA, ABD) ile ölçülmüştür. ITS-rDNA bölgesi, evrensel ITS1 (CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA) ve ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC) primerleri ile (White ve ark., 1990; Soylu ve ark., 2024) termal döngü işlemleri ile amplifiye edilmiştir. PCR, 25 µL reaksiyon hacminde; 1,25 U Taq DNA polimeraz (Thermo Fisher Scientific), 5 µL 10x tampon, 0.5 µL 50 mM MgCl₂, 0.75 µL 10 mM dNTP, her primerden 10 pmol, ve 10-20 ng genomik DNA kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Amplifikasyon işlemi, 95°C'de 3 dakika ön denatürasyon, ardından 95°C'de 30 saniye, 55°C'de 1 dakika, 72°C'de 45 saniye olmak üzere 35 döngüden ve son olarak 72°C'de 10 dakika uzatma aşamasından oluşmuştur. PCR ürünlerinden elde edilen gen dizilemeleri nükleotid dizileri olarak belirlenmiş ve bu diziler, National Center for Biotechnology Information (NCBI) tarafından sağlanan GenBank Nükleotid Veri Tabanı'nda saklanan dizilerle, Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) programı (Boratyn ve ark., 2013) kullanılarak karşılaştırılarak tür teşhisi yapılmıştır. Bu fungal izolatlar, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde daha uzun süreli saklama amacıyla gliserollü PDA içeren 1.5 mL'lik tüplerde, (-80°C)'de üç ayrı seride muhafaza edilmiştir (Kurt ve ark., 2020).



Şekil 2. Hastalık izolasyonları yapmak için laboratuvara getirilen hastalıklı *Protea* bitki örnekleri

Bulgular

Fungal izolatlar

Hatay'ın Kırıkhan ilçesi, Acerköy/Kırıkhan mevkiindeki 'Safari Sunset' çeşidi *protea* üretim alanının farklı bölgelerinden alınan 25 hastalıklı bitki örneğinden laboratuvarında hastalık izolasyonları yapılmış ve PDA ortamında 20 farklı izolat elde edilmiştir.

Morfolojik karakterizasyon

Morfolojik teşhisler sonucunda, *Macrophomina*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* ve *Diaporthe* gibi cinslerden oluşan 21 adet izolatin varlığı tespit edilmiştir. İzolasyon işlemleri sonrasında elde edilen funguslar, PDA besisi yerinde 10 gün boyunca inkübe edilerek ön tanıları yapılmıştır (Moura ve Rodrigues, 2001; Kurbetli, 2013; Tok ve Avcı, 2015; Guarnaccia & Crous, 2017; Summerell, 2017; Marquez ve ark., 2021; Soylu ve ark., 2024). Gözlemler sonucunda, *Fusarium*'un genellikle seyrek yapılı ve krem-beyaz renkte miselyal gelişim gösterdiği, makro ve mikro konidilerin gözlemlendiği belirlenmiştir. PDA besisi yerinde *Phytophthora* izolatları yünlü ve belirgin bir rozet koloni deseni göstermiştir. Bu izolatlar, genellikle 3-10 klamidospordan oluşan, karakteristik üzüm benzeri kümeler halinde küresel ince duvarlı ve çoğunlukla terminal klamidosporeler oluşturmuştur. *Macrophomina* izolatları, ince duvarlı hiyalin hiflerden, septalı açık kahverengi veya koyu kahverengi hiflere kadar geniş bir yelpazede hif yapıları ile karakterize edilmiştir. Bu hiflerden çıkan dallar, genellikle çıkış noktasında daralma ile ana hife dik açıyla yerleşmiştir. *Rhizoctonia* izolatları, kahverengi tonlarında olup, dolipore septum adı verilen özel bir çapraz duvar türü ve dik açılarla üretilen dallara sahiptir; ayrıca miselyum tarafından eşeysiz sporlar üretilmemiştir. *Diaporthe* olarak tanımlanan koloniler ise, PDA ortamında başlangıçta beyaz olup, daha sonra açık kahverengiye dönüşen bir miselyum geliştirmiş ve zamanla koyu kahverengiye evrilmiştir. Koloni kenarlarında belirgin büyüme halkaları oluşmuş ve koloniler yaşlandıkça siyah

renge dönmüştür (Tekiner ve ark., 2020; Uysal ve ark., 2024).

Moleküler karakterizasyon

Fungal DNA izolasyonları sonucunda, elde edilen genomik DNA miktarları 20-30 ng/μL arasında değişim göstermiştir. ITS (Internal Transcribed Spacer) evrensel primer çiftleri kullanılarak gerçekleştirilen PCR amplifikasyonu ile genellikle 450-550 baz çifti uzunluğunda bantlar elde edilmiştir. Farklı fungal izolatlar arasında %98-100 oranında nükleotid benzerliği tespit edilmiştir ve bu izolatlar için NCBI GenBank'ta erişim numaraları alınmıştır (Tablo 1).

Moleküler düzeyde yapılan analizler sonucunda ise, *Macrophomina phaseolina* (Amanmantarı) 4 izolat, *Phytophthora cinnamomi* (Tarçın mildiyösü) 4 izolat, *Fusarium oxysporum* (Sebzeküfü) 2 izolat, *Fusarium solani* (Patates solduran) 2 izolat, *Rhizoctonia solani* (Hırçın dalındiren) 4 izolat, *Fusarium acuminatum* (Sivri basıra) 1 izolat ve *Diaporthe ambigua* (Pelit ölükolü) 4 izolat şeklinde türler tespit edilmiştir (Sesli ve ark., 2020).

Tartışma

Bu çalışma, Hatay ilinde yetiştirilen *Protea* süs bitkilerinde gözlemlenen kuruma belirtilerine neden olan fungal patojenlerin tespit edilmesine odaklanmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen izolatların morfolojik ve moleküler karakterizasyonu, *Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora cinnamomi* (Tarçın mildiyösü), *Fusarium oxysporum* (Sebzeküfü), *Fusarium solani* (Patates solduran), *Rhizoctonia solani* (Hırçın dalındiren), *Fusarium acuminatum* (Sivri basıra) ve *Diaporthe ambigua* (Pelit ölükolü) gibi patojenlerin *Protea* bitkilerinin üretiminde önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Araştırma bulguları, farklı coğrafi bölgelerde yapılan önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında bazı benzerlikler ve farklılıklar göstermektedir. Tok ve Avcı'nın 2015 yılında yaptıkları çalışmada elde ettikleri *Phytophthora cinnamomi* sonuçlarıyla benzerlikler bulunmuştur. Ayrıca, Moura ve Rodrigues'in 2001'deki çalışmasına benzerlik

gösterirken, farklı fungus türlerinin elde edilmesi çalışmamızda farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunun yanı sıra, çalışmamızda elde edilen *Fusarium* türleri, Çat'ın 2022'de elde ettiği *Fusarium* türlerinden farklılık göstermiştir.

Macrophomina phaseolina ve *Phytophthora cinnamomi* türlerinin daha önce de *Protea* bitkilerinde önemli hastalıklara neden olduğu rapor edilmiştir (Summerell, 2017), bu da çalışmamızın bulgularını desteklemektedir. Öncelikle, *Macrophomina phaseolina* ve *Phytophthora cinnamomi* gibi türlerin tespit edilmesi, literatürde daha önce bildirilen bulgularla uyumludur. Benzer şekilde, Crous ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışma, Avustralya'da *Macrophomina phaseolina*'nin *Protea* bitkilerinde kök çürüklüğüne neden olduğunu ortaya koymuştur. Mevcut çalışmada da bu türlerin benzer etkiler gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu durumda mevcut çalışma ile söz konusu patojenlerin yaygınlığı ve önemi bir kez daha vurgulanmaktadır.

Fusarium cinsine ait patojen türlerin tespit edilmesi de şaşırtıcı değildir, zira bu türler, pek çok bitki türünde yaygın olarak kök çürüklüğü ve solgunluk hastalıklarına neden olmaktadır. *Fusarium oxysporum* ve *Fusarium solani*, *Protea* bitkilerinde ciddi ekonomik kayıplara yol açabilecek potansiyele sahiptir (Moura ve Rodrigues, 2001; Summerell, 2017; Çat, 2022). Ancak, bu çalışmada tespit edilen *Fusarium oxysporum* ve *Fusarium solani* türlerinin varlığı, diğer çalışmalardan elde edilen bulgularla kısmen örtüşmektedir. Kurt ve ark. (2020) tarafından Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde narenciye ağaçları üzerinde yapılan bir çalışmada, *Fusarium solani*'nin kök çürüklüğüne neden olduğu bildirilmiştir. Ancak, *Protea* bitkilerinde *Fusarium* türlerinin yaygınlığı ve etkileri konusunda literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Summerell, 2017). Ayrıca, Çat (2022)'de

yaptığı çalışmada *Protea* bitkilerinde *Fusarium incarnatum* patojeninin solgunluk belirtilerine neden olduğunu ortaya koymuştur.

Rhizoctonia solani ve *Diaporthe ambigua* ise, bitkilerde kök ve gövde çürüklüğüne neden olarak bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir (Moura ve Rodrigues, 2001; Marquez ve ark., 2021). *Rhizoctonia solani* ve *Diaporthe ambigua* türlerinin tespiti, diğer süs bitkilerinde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, bazı farklılıklar göstermektedir. Tekiner ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada Türkiye'de limon ağaçlarında *Diaporthe* türlerinin meyve çürümeye neden olduğu rapor edilmiştir. Ancak, *Protea* bitkilerinde bu türlerin varlığı konusunda literatürde sınırlı bilgi bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda *Rhizoctonia solani* ve *Diaporthe ambigua*'nin *Protea* bitkilerinde hastalığa neden olduğu tespit edilmiştir. Sonraki süreçlerde bu patojen türlerin yayılımı ve etkileri hakkında daha fazla çalışma yapılması zirai ve ticari açıdan önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, *Protea* bitkilerinde yaygın olan fungal patojenlerin kapsamlı bir analizini sunarak hem yerel hem de uluslararası düzeyde *Protea* yetiştiriciliği için önemli bilgiler sağlamaktadır. *Protea* bitkilerinde fungal patojenlerin çeşitliliği ve etkileri konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Elde edilen bulgular, diğer çalışmalarla büyük ölçüde uyumlu olmakla birlikte, bazı yeni veriler de ortaya koymaktadır. Özellikle Türkiye'nin Akdeniz iklimine sahip bölgelerinde *Protea* bitkilerinin yetiştiriciliği yapılırken, bu patojenlerin yönetimine yönelik stratejilerin geliştirilmesi gerektiği açıktır. Gelecekteki çalışmalar, bu patojenlere karşı etkili mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine odaklanmalı ve bu doğrultuda daha geniş ölçekli epidemiyolojik araştırmalar yapılmalıdır.

Tablo1. 'Safari Sunset' çeşidi *protea* bitkilerinde hastalılara neden olan temsili fungal izolatlar

Türler	İzolatlar	Yıl	Konukçu dokusu	Eşleştiği Erişim No. ITS
<i>Macrophomina phaseolina</i>	PMp12	2020	Kök	MT249230
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	PPc5	2021	kök boğazı	AY302149
<i>Fusarium oxysporum</i>	PFo2	2021	Kök	OQ318506
<i>F. solani</i>	PFs9	2021	Kök	MT240485
<i>Rhizoctonia solani</i>	PRs4	2020	Kök	MT242548
<i>F. acuminatum</i>	PFa8	2020	Kök	ON386013
<i>Diaporthe ambigua</i>	FDa15	2020	kök boğazı	MW301137

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar eşit katkıya sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Beyanı/Ethical Statement:

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların

kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Aysun UYSAL, Şener KURT, Tuğba HANEDAN)

Teşekkür

Bu çalışma, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Avcı, F., Uzunoğlu, F., & Çalışkan, O. (2016). Türkiye için yeni bir süs bitkisi: Protea. VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 2, 1005-1009.
- Boratyn GM, Camacho C, Cooper PS, Coulouris G, Fong A, Ma N, Madden TL, Matten WT, McGinnis SD, Merezhuk Y, Raytselis Y, Sayers EW, Tao T, Ye J, Zaretskaya I (2013) BLAST: a more efficient report with usability improvements. *Nucleic Acids Res.* 41: 29–33.
- Criley, R. A. (2001). *Proteaceae*; Beyond the big three. *Acta Horticulturae.*, 545, 79-85.
- Criley, R. A. (2007). *Proteaceous Ornamentals: Banksia, Leucadendron, Leucospermum, and Protea* (Eds. J. Janick). *Leucospermum: Botany and Horticulture. Scripta Horticulturae.*, 5, 27-75.
- Crous, P.W., Summerell, B.A., Taylor, J.E., Bullock, S. (2000). Fungi occurring on *Proteaceae* in Australia: selected foliicolous species. *Australasian Plant Pathology.*, 29(4), 267-278.
- Crous, P.W., Denman, S., Taylor, J.E., Swart, L. and Palm, M.E. (2004). *Cultivation and Diseases of Proteaceae: Leucadendron, Leucospermum and Protea*. CBS Biodiversity, Netherlands.
- Çalışkan, O. (2019). Uç alma ve Üre Uygulamalarının Safari Sunset ve Gold Strike Protea Çeşitlerinin Fenolojik, Morfolojik ve Çiçek Verimi Özelliklerine Etkileri. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University.*, 56(3), 301-311.
- Çat, A. (2022). *Fusarium incarnatum* Causing Fusarium Wilt on Protea (*Protea cynaroides* L.) in Turkey. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi.*, 9 (1), 34-40.
- Guarnaccia, V., ve Crous, P.W. (2017). Emerging citrus diseases in Europe caused by species of *Diaporthe*. *IMA Fungus* 8,317–334.
- Kazaz, S. (2015). Kesme Çiçeklerde Hasat Sonrası Ömrü Etkileyen Faktörler. *TÜRKTOB.*, 14,42-45.
- Kurbetli, I. (2013). *Phytophthora cinnamomi* associated with root and crown rot of walnut in Turkey. *Journal of Phytopathology.*, 161(4), 287-289.
- Kurt, Ş., Uysal, A., Soylu, E. M., Kara, M., Soylu, S. (2020). Characterization and pathogenicity of *Fusarium solani* associated with dry root rot of citrus in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of General Plant Pathology.*, 86, 326–332.
- Marquez, N., Giachero, M.L., Declerck, S. Ducasse, D.A. (2021) *Macrophomina phaseolina*: General Characteristics of Pathogenicity and Methods of Control. *Frontiers in Plant Science.*, 12, 634397.
- Matthews, L.J. (2002). *The Protea book—A guide to cultivated Proteaceae*. Canterbury University Press, Canterbury, New Zealand.
- Moura, M.F., ve Rodrigues, P.F. (2001). Fungal Diseases on Proteas Identified in Madeira Island. *ISHS Acta Horticulturae* 545., 39(1), 265-268.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F., (edlr.) Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğdu, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kivanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu., Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi (The Checklist of Fungi of Turkey)*. İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayınları.1177.
- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Gümüş, Y., Soylu, E. M., Kurt, Ş., Üremiş İ., Sertkaya, E. (2024). Determination of fungal and bacterial disease agents on significant brassicaceous vegetable species grown in Hatay province. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi.*, 27(4), 881-891.
- Summerell, B. A. (2017). *Diseases of Proteaceae*. Handbook of Plant Disease Management; McGovern, REW, Ed.; Springer: Cham, Switzerland, 1-20.
- Tekiner, N., Tozlu, E., Guarnaccia, V. (2020). First report of *Diaporthe foeniculina* causing fruit rot of lemon in Turkey. *Journal of Plant Pathology.*, 102, 277.
- Tok, F. M. ve Avcı, F. (2015). First Report of Phytophthora Root Rot Caused by *Phytophthora cinnamomi* on Commercially Cultivated Proteas in Turkey. *Plant Disease.*, 99(8), 1181.
- Uysal, A., ve Kurt, Ş. (2019). First report of *Colletotrichum karsti* causing anthracnose on citrus in the Mediterranean region of Turkey. *Journal of Plant Pathology.*, 101, 753.
- Uysal, A., Kurt, Ş., Guarnaccia, V. (2022). Distribution and characterization of *Colletotrichum* species associated with Citrus anthracnose in eastern Mediterranean region of Turkey. *European Journal of Plant Pathology.*, 163, 125-141.
- Uysal, A., Kurt, Ş., Soylu, S., Kara, M. (2024). Turunçgil Bahçelerinde Meyve Dökümüne Neden Olan Fungal Patojenlerin Tanısı ve Bazı Bileşiklerinin Antifungal Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi.*, 27(6), 1401-1413.
- Uzunoğlu, F., Avcı, F., Çalışkan, O. (2020). Protea'da Morfolojik, Verim ve Çiçek Kalite Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Özel Sayı), 115-122.
- White, T. J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: A guide to methods and applications/Academic Press, Inc.*



This article is cited as : Sarsenova, A., Abiyev, S., Darbayeva, T., Eken, C.(2024). Distribution of *Volvariella bombycina* in Forest Communities of the Ural River Valley within the West Kazakhstan Region *Mantar Dergisi*, 15(Special issue) 24-28.

Geliş(Received) :03.11.2024

Kabul(Accepted) :19.11.2024

Research Article

Doi: 10.30708/mantar.1578310

Distribution of *Volvariella bombycina* in Forest Communities of the Ural River Valley within the West Kazakhstan Region

Assemgul SARSENOVA¹, Sardarbek ABIYEV²
Talshen DARBAYEVA³, Cafer EKEN^{4*}

* Corresponding Author: cafereken@isparta.edu.tr

¹Makhambet Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan
[/assemgulsarsenova@gmail.com](mailto:assemgulsarsenova@gmail.com)

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan/
abiev.sardarbek@yandex.kz

³Makhambet Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan /
darbayeva.talshen@mail.ru

⁴Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye / cafereken@isparta.edu.tr

Abstract: The medicinal and edible mushroom, *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer, belongs to the family *Pluteaceae*, order *Agaricales*, phylum *Basidiomycota*. *Volvariella bombycina* was collected during fieldwork in forest communities in the Ural River Valley of West Kazakhstan between 2020 and 2024. All information about the habitat and location (GPS data) of the mushroom in natural environments is given in detail. The taxon is morphologically described and anatomically characterized along with microphotographs and illustrations.

Keywords: *Volvariella bombycina*, West Kazakhstan, Ural River valley

Volvariella bombycina'nın Batı Kazakistan Bölgesi'ndeki Ural Nehri Vadisi Orman Topluluklarındaki Dağılımı

Öz: Yenilebilir ve tıbbi bir mantar olan *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer, *Pluteaceae* familyasına, *Agaricales* takımına, *Basidiomycota* şubesine aittir. Batı Kazakistan Bölgesi'ndeki Ural Nehri Vadisi'ndeki orman topluluklarında 2020-2024 yıllarında yapılan arazi çalışmaları sırasında *V. bombycina* toplanmıştır. Mantarın doğal ortamlardaki habitat ve konum (GPS verileri) ile ilgili tüm bilgiler ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Takson morfolojik olarak tanımlanmış, anatomik olarak karakterize edilmiş, mikrofotoğrafları ve çizimleri yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Volvariella bombycina*, Batı Kazakistan, Ural nehri vadisi

Introduction

West Kazakhstan is characterized by diverse landscapes, including steppes, semi-deserts, and forested areas, particularly along river valleys (Petrenko, 1998). The Ural River, flowing through this region, creates riparian forests that support a variety of fungal species,

such as *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer. *Volvariella bombycina*, also known as the silky sheath, silky agaric, silver-silk straw mushroom, silky rosegill, or tree mushroom, is a member of the *Pluteaceae* family, *Agaricales* order, and *Basidiomycota* phylum. It is distinguished by its silky white cap and stem, as well as



CC BY 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır / Licensed under the CC BY 4.0 International License.

Atıflamada APA stili kullanılmıştır, iThenticate ile taranmıştır./ APA style was used in citation, plagiarism was checked with iThenticate.

its volva, a characteristic sheath at the base of the stem. This mushroom, notable for its beauty and relatively rare occurrence, has a distinctive silky or fibrous cap and typically grows on decaying wood (Szczepkowski et al., 2013; Sarsenova et al., 2022). *Volvariella bombycina* is of interest not only for its culinary potential but also for its ecological role and potential medicinal properties. The mushroom is characterized by a silky, whitish to yellowish cap that can grow up to 15 cm in diameter. The cap surface is covered with fine, fibrous scales, giving it a silky appearance. The gills are free from the stem, crowded, and pinkish when young, turning brownish-pink as they mature. The stem is white, up to 20 cm long, and often covered with a sheath-like volva at the base, a key distinguishing feature. The spores are ellipsoid, smooth, and pinkish in mass (Adhikari, 2017). This species is saprophytic, primarily growing on decaying wood of deciduous trees. It is found in temperate and tropical regions worldwide, playing a significant role in wood decomposition and nutrient cycling in forest ecosystems (Szczepkowski et al., 2013; Sarsenova et al., 2022; Adhikari, 2017). *Volvariella bombycina* typically fruits during the warmer months, appearing singly or in small groups on fallen logs, stumps, or other woody debris (Papp et al., 2023).

The aim of this study is to determine the localization, hosts, and distribution of *V. bombycina* in forest communities of the Ural River Valley within the West Kazakhstan region.

Material and Method

Study area

The Ural River on the territory of Western Kazakhstan crosses two large botanical zones: the geographical Eurasian steppe and Sahara-Gobi Desert zones. On the territory of the study, the Eurasian steppe zone is divided into dry fescue-feathered grass steppes; their border extends to the Caspian lowland (Yanaikino-Bogatsk, West Kazakhstan region); to the south begin deserted sagebrush-fescue-feathered grass steppes, the border of which reaches the village of Atameken (West Kazakhstan region). The extreme southern part of Western Kazakhstan is occupied by sagebrush-biyurgun Caspian desert steppes. In the transverse profile, the floodplain of the Ural River distinguishes three genetic parts: riverbed, central, and terraced. In the near-riverbed part of the floodplain, gravel-sand banks are developed. Their width is within 300-700 m. In the central part of the floodplain, the transition is gradual. This part is characterized by an elevated plain relief. inter-ridge: crested low and crested relief. The width of the central floodplain varies from 3-5 to 12 m. The terraced part is undulating and flat; its width is 200-300 m. The terraced

floodplain passes into the floodplain terrace in places, forming 3-4 terraces. In the riverbed floodplain, native willow (*Salix alba*) communities are developed in combination with shrub willows (*S. triandra*, *S. viminalis*, and *S. acutifolia*). In the central floodplain there are poplar (*Populus alba*, *P. nigra*), elm (*Ulmus laevis*), and aspen (*Populus tremula*) forests, which form continuous forests from 5 km to 2 km wide. Such forests are characteristic of the middle reaches of the river to the Caspian lowland. Downstream of the Urals River, such forests fade and form small, separate groves from the same forest species. In addition to the widespread floodplain forest communities mentioned above. In the central floodplain on the crests there are local habitats of indigenous oak trees (*Quercus robur*) and alder forests (*Alnus glutinosa*). The place of burned poplars after 40–50 years is occupied by aspen (*Populus tremula*), maple (*Acer negundo*), and ash (*Fraxinus exilisior*) forests. In addition to the widespread floodplain forest communities mentioned above. In the central floodplain on the manes there are local habitats of indigenous oak trees (*Quercus robur*) and alder (*Alnus glutinosa*). The place of burned poplars after 40–50 years is occupied by aspen (*Populus tremula*), maple (*Acer negundo*), and ash (*Fraxinus exilisior*) forests. Of particular note are the ravine oak forests and birch forests, which are developed along ravines and gullies in the vicinity of the village of Kabyltobe, which flow into the floodplain forest of the Ural River.

Sample Collection

The fruit bodies of *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer were collected from Ural River Valley within the West Kazakhstan region of the years 2020 to 2024. Fruit bodies were photographed at their natural habitats and characteristics related to their morphology, ecology, and geography. The macroscopic descriptions were based on morphological characters (appearance, shape, size, color, etc.) as well as other particularities of the cap and stipe (flavor, odor, etc.). Fresh samples were used to obtain macromorphological data, and micromorphological features were examined under a light microscope and identified (Shaffer, 1957; Ajana et al., 2017). The herbarium was prepared and stored at the Herbarium Laboratory, Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; and Herbarium V.V. Ivanov, Department of Biology and Ecology, Faculty of Natural Geography, M. Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan.

Results

Morphology of the mushroom

Cap 8–14 cm in diameter and 6–9 cm high, at first ovoid, bell-shaped, gradually opening, and finally semiprostrate, with a protruding tubercle, whitish, straw-yellowish, fibrous-scaly, often almost smooth in the center (Figure 1). The gills are free, swollen, and expanded in the middle part, up to 1 cm wide, with an uneven jagged

edge, flesh-pink. Stem 7–16 x 1.5–4 cm, central, back club-shaped, coarse-fibred at the top and smooth at the base, dense. Volvo free, wide, with a lobed edge, leathery, white on the outside, skin-saffron color, brownish. The pulp is thick, white to yellowish. Spores 7–8 x 4.8–5.7 μ , ellipsoidal, smooth, with a spout and with a drop of oil. Cystidia 50–69 x 20–22.5 μ , pear-shaped, oblong-scapular.

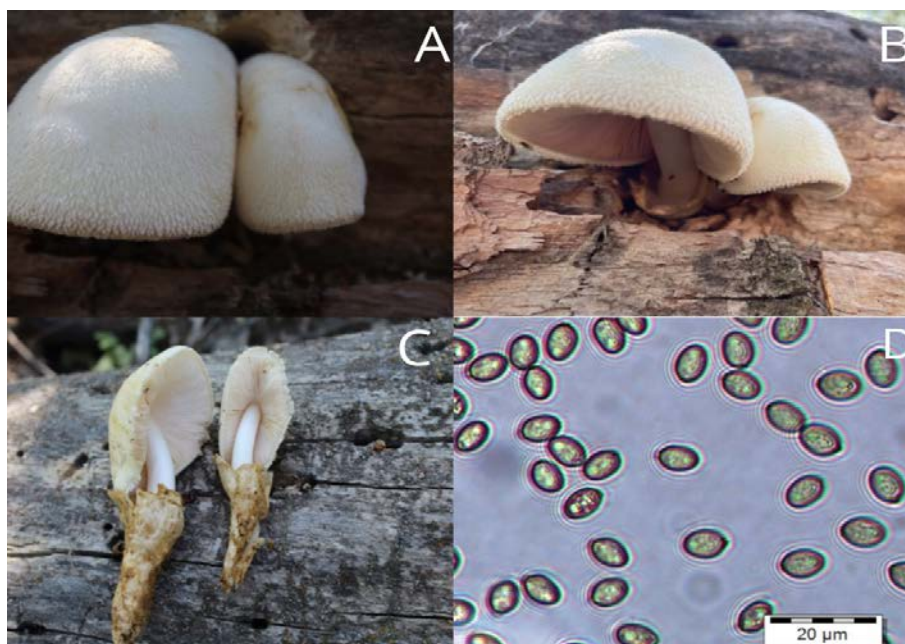


Figure 1. The cap (A) and (B), the lamellae, stipe, and volva (C), and basidiospores (D) of *Volvariella bombycina*.

Ecology: The fruit body of the macromycete *Volvariella bombycina* was found on the border of the steppe and desert zones within the West Kazakhstan region in forest communities in the lower reaches of the Ural River in the central floodplain along inter-ridge depressions in a small-leaved black poplar (*Populus nigra* L.) forest in combination with white poplar (*Populus alba* L.), willow (*Salix alba* L.), and elm (*Ulmus laevis* Pall.) groves on a fallen deadwood of European white elm in the vicinity of the village of Kogalytobek, near the relict lake Bobrovoye, in the birthwort (*Aristolochia clematitidis*)-reed grass (*Calamagrostis epigejos*) community on the left bank of the Ural River (Table 1). The study area is dominated by *Populus nigra* L., and *Populus alba* L., *Acer negundo* L., *Salix alba* L., and *Ulmus laevis* Pall. are the main forest-forming species of the second layer. *Prunus spinosa* L., *Rhamnus cathartica* L., *Rosa canina* L., and *Lonicera tatarica* L. form a shrub layer of forest trees. *Arctium lappa* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Cynoglossum officinale* L., *Dracocephalum ruyschiana* L., *Glycyrrhiza glabra* L., *Leonurus cardiaca* L., etc. grow in the grass cover. The central floodplain is occupied by black poplar (*Populus nigra* L.), white poplar (*Populus alba* L.), elm (*Ulmus laevis* Pall.) forest, and meadow

communities consisting of bonfire (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), couch grass (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.), and sedge (*Carex acutiformis* Ehrh.).

Discussion

Volvariella is readily recognized by its pink lamellae and spores. The stipe of fruit body does not have an annulus. It has a volva at the base of the stipe. The lamellae of *Volvariella* species are initially whitish before turning pink. The German naturalist Jacob Christian Schäffer initially described *V. bombycina* in 1774 as *Agaricus bombycinus*. Throughout its taxonomic history, it has been classified into various genera, including *Pluteus* (Fries, 1836), *Volvaria* (Kummer, 1871), and *Volvariopsis* (Murrill, 1911). In 1951, it was classified as *Volvariella* (Singer, 1951). *Volvariella bombycina* has been reported from Australia, Asia, the Caribbean, Europe, and North America (Justo et al., 2011; Karnan et al., 2016; Chaudhary et al., 2017). In the present study, *Volvariella bombycina* specimens collected from forest communities of the Ural River valley within the West Kazakhstan region are identified by using macromorphological and micromorphological data. The macro- and microscopic

properties of the Kazakhstan collection are mostly consistent with prior descriptions (Seok et al., 2002; Adhikari, 2017; Ajana et al., 2017; Lotfi et al., 2019)

Author contributions

All authors have equal contribution.

Conflicts of interest

The authors declare no competing interests.

Ethical Statement: It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Assemgul SARSENOVA, Sardarbek ABIYEV, Talshen DARBAYEVA, Cafer EKEN).

Table 1. Details of *Volvariella bombycina* collected from forest communities of the Ural River valley within the West Kazakhstan region.

Host	Place name (district/village)	Location and altitude	Collected date
<i>Populus nigra</i>	Baiterek/ Rubezhka	N51° 26.091' E52° 00.120' 34 m	08.08.2020
<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Populus alba</i> , <i>P. nigra</i>	Baiterek/ Petrov	N51° 30.468' E52° 15.270' 46 m	16.08.2020; 14.08.2021
<i>Populus alba</i> , <i>P. nigra</i> , <i>P. tremula</i>	Uralsk/Krugloozernoe	N51° 04.606' E51° 20.405' 28 m; N51° 04.964' E51° 21.428' 29 m	26.06.2021; 03.07.2021
<i>Populus nigra</i>	Baiterek/Spartak	N51° 25.849' E52° 04.839' 41 m N51° 25.869' E52° 04.897' 41 m	21.08.2021
<i>Populus nigra</i> , <i>P. tremula</i> , <i>Ulmus laevis</i>	Terekty/ Kogalytubek	N50° 26.043' E51° 08.494' 16 m	25.07.2021
<i>Populus nigra</i>	Terekty/ Kabyltobe	N51° 19.109' E51° 52.796' 39 m	31.08.2024
<i>Populus nigra</i>	Baiterek/ Ozyornoe	N51° 21.503' E51° 50.340' 28 m N51° 21.501' E51° 50.336' 28 m N51° 21.502' E51° 50.339' 28 m	11.10.2024

References

- Adhikari, M. K. (2017). *Volvariella bombycina*: A mycofloral species from Nepal. *J. Pl. Res.*, 15 (1), 1-3.
- Ajana, M., Ouabbou, A., El kholfy, S., Nmichi, A., Ouazzani Touhami, A., Benkirane, R., and Douira, A. (2017). Some new observations on the *Volvariella* Genus Sp. 1898. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.*, 2, 940-945.
- Chaudhary, P.K., Shrestha, M., Poudel, B.H., and Adhikari, M.K. (2017). *In vitro* cultivation of newly reported wild edible mushroom *Volvariella bombycina* from Nepal. *Nepal J. Biotechnol.*, 5, 27-31.
- Justo A., Vizzini A., Minnis A. M., Menolli Jr. N., Capelari M., Rodriguez O., Malysheva E., Contu M., Ghingnone S., and Hibbett D.S. (2011). Phylogeny of the Pluteaceae (Agaricales, Basidiomycota): taxonomy and character evolution. *Fungal Biology*, 115, 1-20.
- Karnan, M., Tamilkani, P., Senthilkumar, G., Vijayalakshmi, S., and Panneerselvam, A. (2016). *Volvariella bombycina* of Tamil Nadu. *Int. J. Inf. Res. Rev.*, 3, 2175-2178.
- Lotfi, N., Kholfy, S. E., Ajana, M., Nmichi, A., Abdelkrim, E. S., Ouabbou, A., Touhami, A. O., Benkirane, R. and Douira, A. 2019. Some data on the almost permanent presence of *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer (1951) in the forest of Mamora (Morocco). *Plant Archives*, 19 (2), 3050-3052.
- Papp, V., Radnóti, Á., Sárközi, I., Molnár, R., and Dima, B. (2023). The influence of citizen science in revealing the biodiversity of macrofungi in Hungary: a case study of *Volvariella bombycina*. *Acta Biologica Plantarum Agriensis*, 11 (2), 18.
- Petrenko, A. Z. (1998). Natural-resources potential, and the planned projects of reserve fund of the West Kazakhstan Region. West Kazakhstan State University Named of Pushkin, Uralsk, 176 p.
- Sarsenova, A., Demir, D., Çağlayan, K., Abiyev, S., Darbayeva, T., and Eken, C. (2022). Purification and properties of polyphenol oxidase of dried *Volvariella bombycina*. *Biology*, 12 (1), 53.
- Seok, S. J., Kim, Y. S., Weon, H. Y., Lee, K. H., Park, K. m., Min, K. H. and Yoo, K. H. (2002). Taxonomic study on *Volvariella* in Korea. *Mycobiology*, 30 (4), 183-192.
- Shaffer, R.L. (1957). *Volvariella* in North America. *Mycologia*, 49, 545-549.
- Singer, R. (1951). *The Agaricales in Modern Taxonomy*. Lilloa (2 ed.), 22, 401.
- Szczepkowski, A., Kujawa, A., and Halama, M. (2013). *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer in Poland: Notes on its ecology, distribution and conservation status. *Pol. J. Environ. Stud.*, 22 (1), 41-51.



This article is cited as: Aldemir Terman, Ş., Akçay, M.E., Dizkırıcı, A. (2024). Expanding the *Tricharina* Diversity in Türkiye: The Identification of *Tricharina cretea* from Nemrut Mountain, *Mantar Dergisi*, 15(Special issue) 29-36.

Geliş(Received) :14.10.2024

Kabul(Accepted) :21.11.2024


Research Article


Doi: 10.30708/mantar.1566971


Expanding the *Tricharina* Diversity in Türkiye: The Identification of *Tricharina cretea* from Nemrut Mountain

Şuheda ALDEMİR TERMAN^{1*}, Mustafa Emre AKÇAY², Ayten DİZKIRICI³

* Corresponding author: suhedaldemir@gmail.com

¹Department of Molecular Biology and Genetics, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Türkiye/ suhedaldemir@gmail.com 

²Department of Biology, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Türkiye/memreakay@gmail.com 

³Department of Molecular Biology and Genetics, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Türkiye/ aytendizkirici@gmail.com 

Abstract: The genus *Tricharina* (Pezizales) presents taxonomic challenges due to the morphological similarities among its species. Currently, 21 species are recognized globally, with three previously reported from Türkiye. This study identifies *Tricharina cretea* as a new record from Nemrut Mountain (Bitlis/Tatvan), Türkiye, based on morphological and molecular analyses. The species is characterized by shallow, disc-shaped apothecia. Molecular phylogenetics, incorporating internal transcribed spacer (ITS) and large subunit (LSU) regions, were analyzed using Bayesian inference (BI). Phylogenetic analysis revealed that *T. cretea* is closely related to *T. praecox*. Concatenated ITS+LSU data facilitated the clear delimitation of *T. cretea* from related taxa. Detailed morphological descriptions, illustrations, and comparisons with morphologically and phylogenetically similar species are provided.

Keywords: *Tricharina*, ITS, LSU, New record, Phylogeny

Türkiye'deki *Tricharina* Çeşitliliğinin Genişletilmesi: Nemrut Dağı'ndan *Tricharina cretea* Türünün Tanımlanması

Öz: *Tricharina* cinsi (Pezizales), türleri arasındaki morfolojik benzerlikler nedeniyle taksonomik açıdan zorlukların olduğu bir cinistir. Günümüzde dünya genelinde 21 tür tanımlanmış olup, Türkiye'den daha önce üç tür rapor edilmiştir. Bu çalışma, Türkiye'nin Nemrut Dağı (Bitlis/Tatvan) bölgesinden *Tricharina cretea*'yı morfolojik ve moleküler analizlere dayalı olarak yeni bir kayıt olarak tanımlamaktadır. Tür, sıg ve disk şeklindeki apotezyum yapısı ile karakterize edilmiştir. Moleküler filogenetik analizlerde transkribe edilen aralayıcı bölgeler (ITS) ve büyük alt ünite (LSU) bölgeleri kullanılmış ve analizler Bayes çıkarımı (BI) yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Filogenetik analizler, *T. cretea*'nın *T. praecox* ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. ITS+LSU birleşik verileri, *T. cretea*'nın ilişkili taksonlardan net bir şekilde ayrılmasını sağlamıştır. Morfolojik olarak benzer ve filogenetik olarak ilişkili türlerle karşılaştırmaların yanı sıra detaylı tanımlar ve görseller sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: *Tricharina*, ITS, LSU, Yeni kayıt, Filogeni



CC BY 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır / Licensed under the CC BY 4.0 International License. Atıflamada APA stili kullanılmıştır, iThenticate ile taranmıştır./ APA style was used in citation, plagiarism was checked with iThenticate.

Introduction

Pyrophilic fungi, commonly known as post-fire fungi, constitute a distinctive and ecologically specialized group of organisms adapted to transient and unstable habitats, particularly those shaped by fire events (Dix and Webster, 1995). These fungi are predominantly observed in burned environments, where they benefit from reduced competition and demonstrate remarkable adaptations to the altered physical and chemical conditions following fire. One key factor favoring their proliferation is their ability to thrive under elevated pH levels typically associated with post-fire soils (El-Abyad and Webster, 1968).

Tricharina is a genus of pyrophilic fungi within the order *Pezizales*, encompassing approximately 21 species globally (indexfungorum.org). These fungi are well-adapted to fire-influenced habitats, where they play a critical role in nutrient cycling and ecosystem recovery. Members of the genus are characterized by their shallow, disc-shaped apothecia; cylindrical, 8-spored asci; uniseriate, ellipsoid ascospores; and distinctive reproductive structures tailored to transient environments. *Tricharina* is predominantly distributed across temperate regions, with numerous species reported from Europe, North America, and Asia (Van Vooren et al., 2023). In Türkiye, three species have been previously recorded (Sesli et al., 2020; Uzun, 2023), but the diversity and ecological roles of *Tricharina* within the region remain poorly explored.

Recent advancements in molecular techniques, particularly DNA sequencing of the internal transcribed spacer (ITS) and large subunit (LSU) regions, have significantly improved our understanding of phylogenetic relationships within the genus. These approaches enable more precise differentiation among closely related species.

The present study aims to expand the understanding of *Tricharina* diversity in Türkiye by documenting *Tricharina cretea* as a new record from Nemrut Mountain (Bitlis/Tatvan). Through a combination of morphological descriptions and molecular phylogenetic analyses, this research seeks to clarify the phylogenetic relationships of *T. cretea* with other species within the genus, thereby contributing to a broader understanding of *Tricharina*'s diversity and ecological roles.

Material and Method

Taxon sampling and morphological studies

Macrofungus samples were collected in 2022 from the Tatvan district of Bitlis province, Türkiye, and were deposited in the Fungarium of Van Yüzüncü Yıl University (VANF). Morphological examinations and measurements were performed on field-collected specimens. For

ascospore measurements, thirty mature spores ejected from a single specimen were analyzed. All measurements and descriptions were made on specimens mounted in distilled water. Microscopical observations were carried out using a Leica DM500 research microscope, and measurements were recorded using the Leica Application Suite software (version 3.2.0). The morphological analyses followed the protocols established by Van Vooren et al. (2017, 2019, 2023).

DNA extraction, PCR amplification and Sequencing

DNA was extracted from dried fungarium collections using a slightly modified protocol based on Doyle and Doyle (1987). To amplify the ITS and LSU regions, primer pairs ITS1/ITS4 (White et al., 1990) and LROR/LR5 (Vilgalys and Hester, 1990) were employed, respectively. The PCR reaction was conducted in a 25 µl mixture containing genomic DNA (10 ng/µl), 10X PCR Buffer, MgCl₂ (25 mM), dNTP mixture (10 mM), the selected primer pair (10 µM), Taq polymerase (5 u/µl), and sterile water. PCR products were analyzed on a 1.0% agarose gel and visualized using GelRed dye. The thermal cycling conditions were as follows: initial denaturation at 95 °C for 2 minutes; 30 cycles of denaturation at 94 °C for 1 minute, annealing at 54 °C for 45 seconds (53 °C for LSU), and extension at 72 °C for 1 minute; followed by a final extension at 72 °C for 5 minutes. Positive PCR reactions were sequenced using forward and reverse primers with an ABI 3730XL automated sequencer (BM Labosis, Ankara, Türkiye). Alongside the sequences obtained in this study, a representative selection of sequences from *Tricharina* species was retrieved from NCBI database for comparative analysis. The accession numbers for studied and retrieved sequences are given as an Appendix.

Phylogenetic analysis

DNA sequences were assembled and edited using Mesquite 3.7 software (Maddison and Maddison, 2009) in conjunction with Mafft 7.311 (Kato and Standley, 2013). Chromatograms were meticulously examined and corrected for potential sequencing errors. The sequences generated in this study were deposited in NCBI database under the following accession numbers: ITS (PQ198377) and LSU (PQ198414). For preliminary phylogenetic comparison, a Basic Local Alignment Search Tool (BLAST, Altschul et al., 1990) analysis was conducted to incorporate related sequences, facilitating the clarification of the phylogenetic positions of the samples within the genus. Separate alignments for the ITS and LSU regions, as well as a concatenated dataset (ITS+LSU), were prepared for subsequent phylogenetic analyses. A total of 15 sequences, including those from the current study, were analyzed across the ITS, LSU, and concatenated

datasets. *Geopora cercocarp* (NR_121491), *G. cercocarp* (HQ283091), and *G. cercocarp* (SOC1590) were selected as outgroup samples for the respective datasets.

Phylogenetic inference was performed using Bayesian inference (BI) methods with MrBayes v.3.2.6 (Ronquist et al. 2003). The analysis utilized the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method, with all settings left at default, including the incremental heating scheme for chains, unconstrained branch lengths, and uninformative topology priors. The MCMC was run for 3 million generations until the average standard deviation of split frequencies fell below 0.01, with the first 25% of generations treated as burn-in. A majority rule consensus tree was generated from the remaining trees, and branch support was assessed using Bayesian Posterior Probabilities (BPP). The trees were visualized using stree 1.4.3 (Rambaut, 2010).

Results

Tricharina cretea (Cooke) K.S. Thind and Waraitch, Panjab University Research Journal (Science), New Series 21: 154 (1971)

Synonymy:

Ascorhizoctonia cretea Chin S. Yang and Korf, Mycotaxon 23: 470 (1985)

Lachnea cretea (Cooke) W. Phillips, Man. Brit. Discomyc. (London): 228 (1887)

Peziza cretea Cooke, Mycogr., Vol. 1. Discom. (London)(no. 5): 214, fig. 362 (1878)

Scutellinia cretea (Cooke) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 2: 869 (1891)

Tricharia cretea (Cooke) Boud., Hist. Class. Discom. Eur. (Paris): 58 (1907)

Tricharina praecox var. *cretea* (Cooke) Chin S. Yang and Korf, Mycotaxon 24: 505 (1985)

Position in classification: *Pyronemataceae* Corda, Pezizales, *Pezizomycetidae*, *Pezizomycetes*, *Pezizomycotina*, *Ascomycota*, Fungi

Macroscopic features: Apothecia (fruiting body) 2-7 mm across, cup shaped, forming shallow discs, dirty white to yellowish brown, only in older apothecia of beige tint, outer surface in same color, stalkless. Margin covered with short whitish to cream hairs, slotted in mature specimens (Fig 1a).

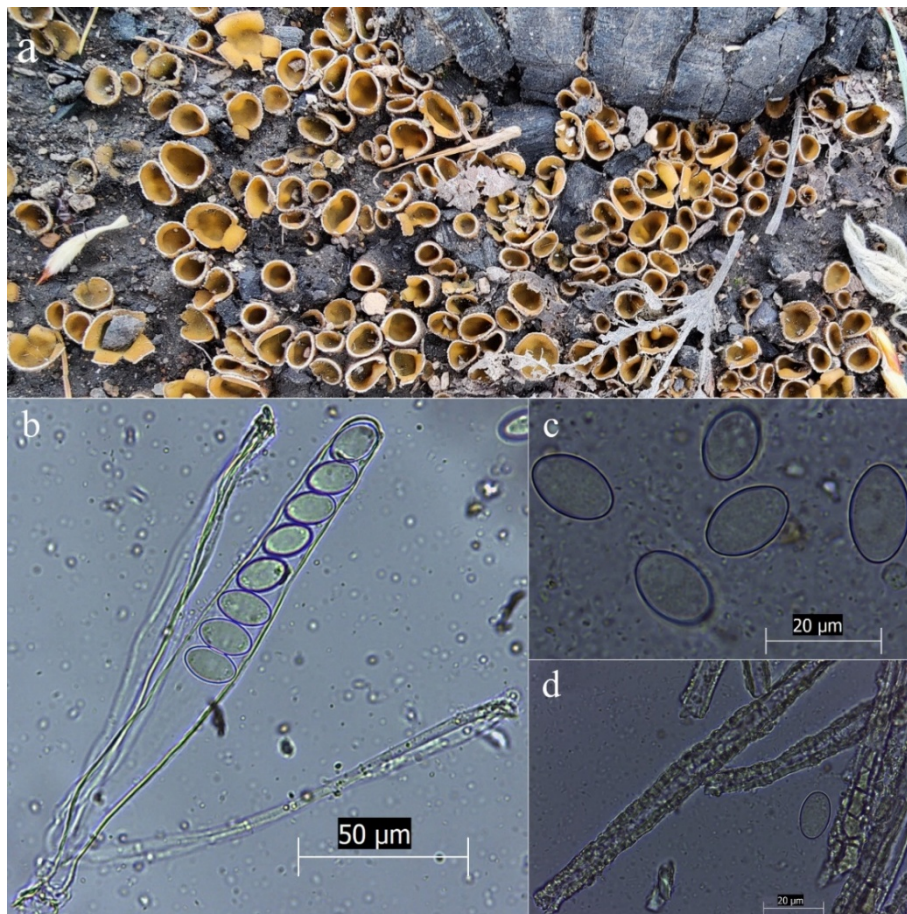


Figure 1. a. Fresh ascocarp of *Tricharina cretea* in natural habitat. b. asci in distilled water. c. ascospores in distilled water. d. hairs in distilled water (Photos by Dr. M. Emre Akçay).

Microscopic features: Ascospores 14–17 × 8–10 µm, ellipsoid-fusoid or ellipsoid with tapering ends, uniseriate, sometimes asymmetrical, hyaline, without oil drops or polar granules, smooth, rather thick-walled (Fig 1b). Asci 130-160 × 13–16 µm, operculate, cylindrical, eight-spored, inamyloid, probably with crozier -hard to see because asci are collapsed- (Fig 1b). Paraphyses filiform, hyaline, without vacuole nor guttules, not enlarged at the apices, 3–4 µm wide. Excipular hairs 150–310 × 7–9 µm, superficial, more or less flexuous, with a simple enlarged to bulbous base (up to 30 µm wide), pale brownish, septate, thick-walled (up to 4 µm). Marginal hairs 50–235 × 10–13 µm, similar but straight and not bulbous, often clustered, mostly pointed at the top, brownish, few septate (Fig 1d). Excipulum consists of globose to prismatic cells of "textura globulosa" to "t. angularis".

Habitat features: Cespitose or clustered together on bare or mossy burned ground (Van Vooren et al., 2017).

Molecular phylogeny

The ITS, LSU, and concatenated data matrices comprised 15 sequences representing the genus *Tricharina*, along with one outgroup from the genus *Geopora* (Table 1). The aligned ITS dataset reached a length of 605 bp after the exclusion of poorly aligned sites, containing 102 variable sites and 84 parsimony-informative sites (Fig. 2). The aligned LSU dataset was 805 bp long, with 50 variable sites and 42 parsimony-informative sites (Fig. 3). The concatenated dataset had a total aligned length of 1410 bp, incorporating 152 variable sites and 126 parsimony-informative sites (Fig. 4). Phylogenetic relationships were most effectively resolved using the concatenated tree, which revealed two primary clades. Notably, within this tree, *Tricharina cretea* was found to be closely related to its representative downloaded from database and *Tricharina praecox* (var. *praecox*) (Fig. 4).

Table 1. ITS and LSU sequences downloaded from the NCBI database (Taxa highlighted in bold indicate the specific specimens examined in this study)

Taxa	NCBI accession no ITS	Country/Voucher	NCBI accession no LSU	Country/Voucher
<i>Tricharina cretea</i>	PQ198377 MH861871	Türkiye/VANF52 Sweden/CBS 235.85	PQ198414 MH873559	Türkiye/VANF52 Sweden/CBS 235.85
<i>T. praecox</i> var. <i>praecox</i>	NR_103690	China/CBS 240.85	NG_05795 5	Sweden/O-253286 (O)
<i>T. praecox</i>	MW205788	India/ ES1	DQ646525	USA/KH.03.101 (FH)
<i>T. gilva</i>	MW447093	Poland/ FeC100	NG_06413 9	Sweden/CBS 236.85
<i>T. groenlandica</i>	MH861873	Greenland/CBS:2 37.85	U38576	Canada/CSY 104
<i>T. ochroleuca</i>	OP730559	Norway/ALV25099	OP730559	Norway/ALV25099
<i>T. hiemalis</i>	MH857979	Netherlands/CBS 263.60	OL832172	France/ALV31245
<i>T. aethiopica</i>	NR_166559	Ethiopia /MSTR P-19994	NG_06879 0	Ethiopia /MSTR P-19994
<i>T. glabra</i>	KY364024	Germany/MSTR P-19995	KY364067	Germany/MSTR P- 19995
<i>T. striispora</i>	JQ836556	Argentina/BCCM/ MUCL 41297	JQ836560	Argentina/BCCM/M UCL 41297
<i>T. indica</i>	MN385976	India/BPI 571761	MN386004	India/BPI 571761
<i>T. pallidisetosa</i>	OP747472	Spain/ALV25098	OP730557	Spain/ALV25098
<i>T. tophiseda</i>	OP747482	Portugal/ALV3626 0	OP730566	Portugal/ALV36260
<i>Geopora cercocarpi</i>	NR_121491	USA/ SOC1590	HQ283091	USA/ SOC1590

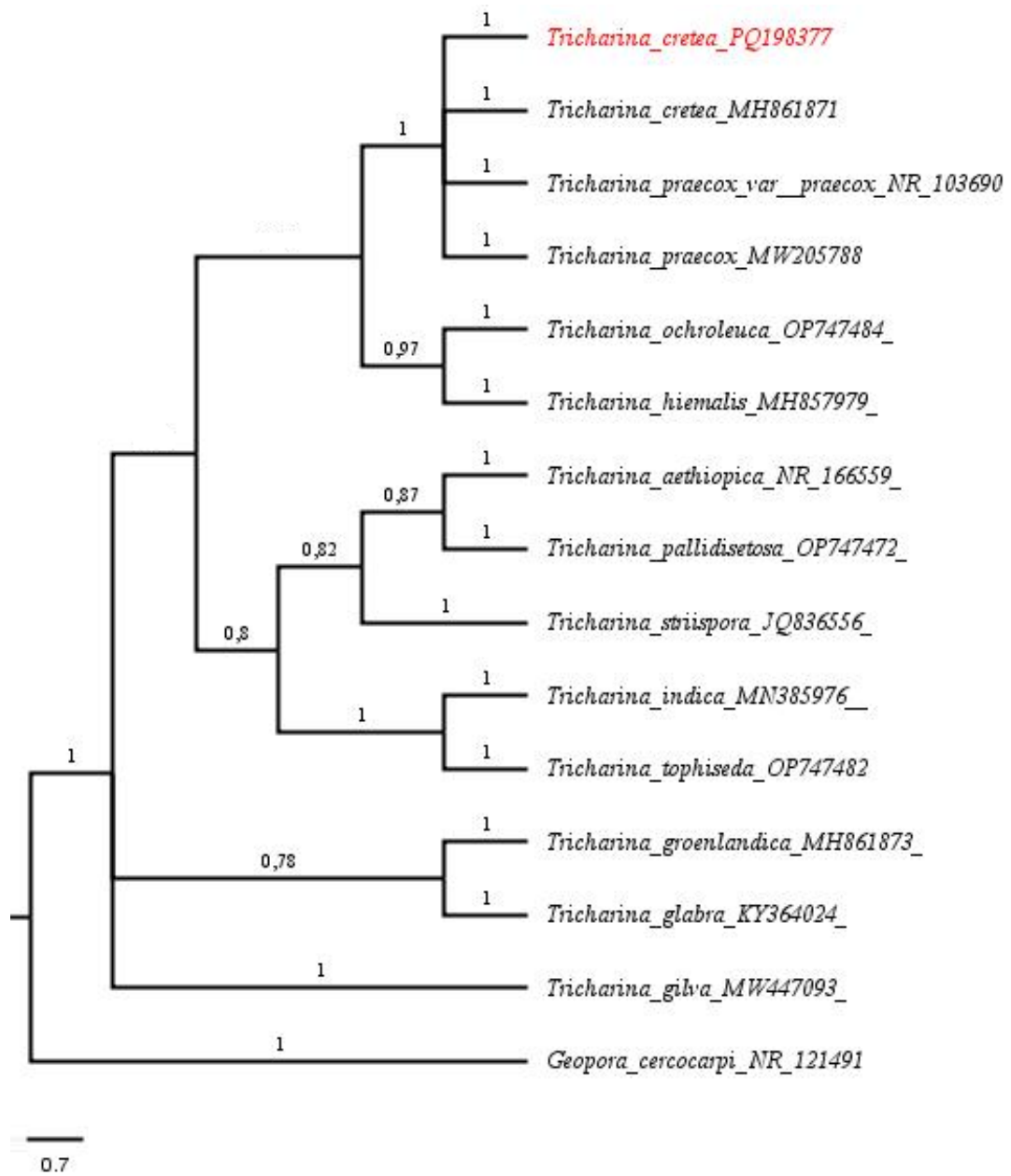


Figure 2. Majority Rule Consensus tree of ITS region conducted by Bayesian analysis. Posterior probability are indicated above the nodes. The specimen of the current study, *Tricharina cretea*, is given in red.

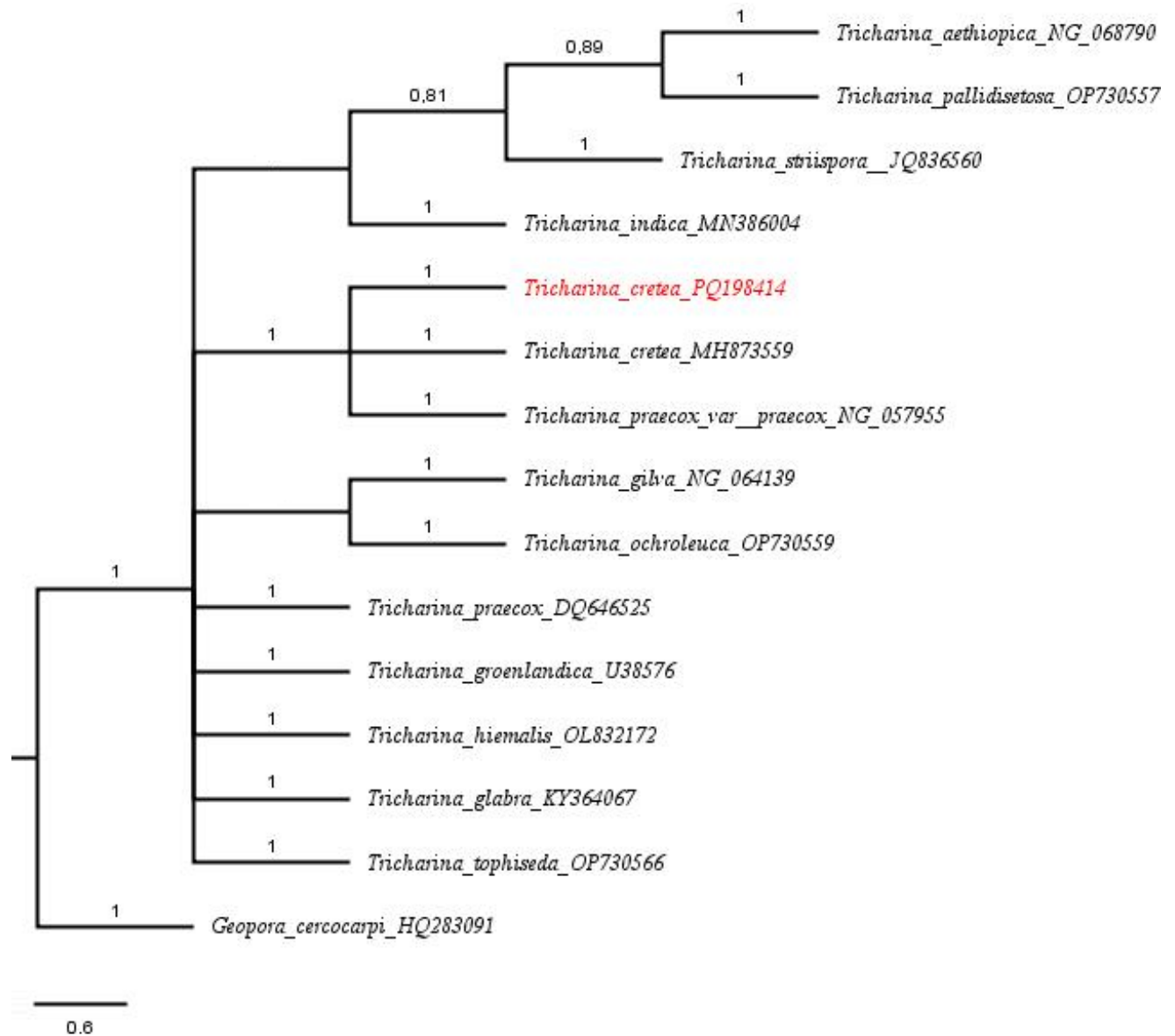


Figure 3. Majority Rule Consensus tree of LSU region conducted by Bayesian analysis. Posterior probability are indicated above the nodes. The specimen of the current study, *Tricharina cretea*, is given in red.

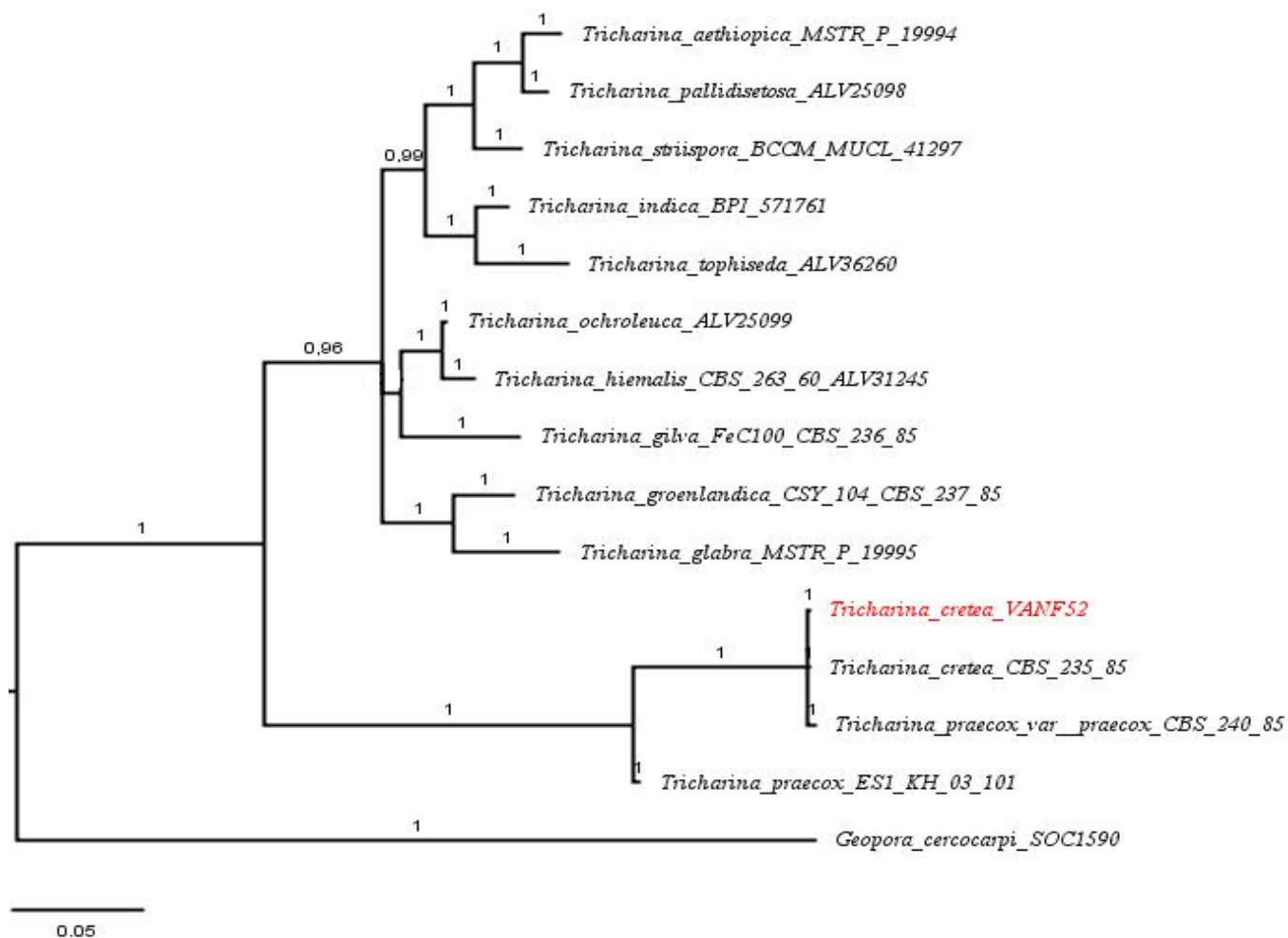


Figure 4. Majority Rule Consensus tree of concatenated (ITS+LSU) data conducted by Bayesian analysis. Posterior probability are indicated above the nodes. The specimen of the current study, *Tricharina cretea*, is given in red.

Discussions

Tricharina is a complex genus characterized by morphological similarities that often cause difficulties in species identification (Van Vooren et al., 2017). This study not only indicates the morphological characteristics that distinguish *T. cretea*, such as its shallow disc-shaped apothecia and distinctive microscopic features, but also reinforces the utility of molecular techniques to resolve taxonomic ambiguities within closely related species.

Phylogenetic analysis using Bayesian inference revealed that *Tricharina cretea* is closely related to *T. praecox* and *T. praecox* var. *praecox*. Morphologically, *Tricharina cretea* exhibits unique features such as its shallow disc-shaped apothecia, which change from dirty-white to beige in older specimens, and its characteristic surface adorned with short brownish hairs. The detailed description of the excipulum and asci reinforces the necessity for careful morphological examination when classifying fungi in this genus. The concatenated data set (ITS+LSU) confirmed the importance of comprehensive molecular approaches by increasing phylogenetic resolution. The tree constructed based on concatenated

data supports the validity of *T. cretea* as a distinct species and helps to clarify the evolutionary relationships within the genus.

Identification of *Tricharina cretea* expands the known diversity of the genus in Türkiye, and the total number of recognized *Tricharina* species has increased from three to four with this addition. This study also emphasizes the importance of combining morphological and molecular approaches to figure out the complexities of fungal diversity.

Author contributions

The authors have equal contribution.

Conflicts of interest

The authors declare no competing interests.

Ethical Statement: It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Şuheda ALDEMİR TERMAN, Mustafa Emre AKÇAY, Ayten DİZKIRICI)

References

- Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W. and Lipman, D.J. (1990). Basic local alignment search tool. *J Mol Biol.* 215(3):403–410.
- Claridge, A. W., Trappe, J. M. and Hansen, K. (2009). Do fungi have a role as soil stabilizers and remediators after forest fire? *Forest Ecology and Management*, 257:1063–1069.
- Dix, N. J. and Webster, J. (1995). Phoenicoid fungi. In: Dix, N. J. and Webster, J. (Eds.). *Fungal ecology*. Chapman and Hall, Cambridge. Pp. 302–321.
- Doyle, J.J. and Doyle, J.L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19:11-15.
- El-Abyad, M. S. H. and Webster, J. (1968). *Studies of pyrophilous discomycetes: I. Comparative physiological studies*. Transactions of the British Mycological Society, 51:53–367.
- Katoh, K. and Standley, M.D. (2013). MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Mol. Biol. Evol.* 30(4):772–80.
- McMullan-Fisher, S. J. M., May, T. W., Robinson, R., Bell, T. L., Lebel, T., Catche side, P. and York, A. K. (2011). Fungi and fire in Australian ecosystems: A review of current knowledge, management implications and future directions. *Australian Journal of Botany*, 59:70–90.
- Maddison, W. and Maddison, D. (2009). MESQUITE: a modular system for evolutionary analysis. *Evolution* 11(5).
- Rambaut, A., 2010. *FigTree v1.3.1*. Institute of Evolutionary Biology, University of Edinburgh, Edinburgh.
- Rehner, S.A. and Buckley, E. (2005). A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1- α sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs. *Mycologia*, 97:84–89.
- Ronquist, F. and Huelsenbeck, J.P. (2003). MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics*, 19:1572–1574.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F. Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H. H., Erdoğan, M., Ergül, C. C., Eroğlu, G., Giray, G., Haliki Ustan, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kivanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu. and Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi* (The Checklist of Fungi of Turkey). Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını. 1177 sayfa, İstanbul.
- Uzun, Y. (2023). The checklist of Turkish *Pezizales* species. *Anatolian Journal of Botany*, 7 (1):1–20.
- Van Vooren, N., Lindemann, U., Healy, R. (2017). Emendation of the genus *Tricharina* (Pezizales) based on phylogenetic, morphological and ecological data. *Ascomycete.org*, 9 (4):101–123.
- Van Vooren, N., Lindemann, U., Healy, R., (2019). Emendation of the genus *Tricharina* (Pezizales) based on phylogenetic, morphological and ecological data. Part 2. *Ascomycete.org*, 11 (5):145–169.
- Van Vooren, N., Lindemann, U., Healy, R., (2023). Emendation of the genus *Tricharina* (Pezizales) based on phylogenetic, morphological and ecological data. Part 3. New type studies and description of two new species. *Ascomycete.org*, 14 (4-5):185–204.
- Vilgalys, R. and Hester, M. (1990). Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of Bacteriology*, 172:4239–4246.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J.W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J. and White, T.J., editor. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. New York: Academic Press Inc; pp. 315–322.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Alkan, S. & Akdemir, Y. (2024). Konya İlinde Kültür Mantarcılığı ve Üretiminde Karşılaşılan Sorunlar, *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı) 37-48.

Geliş(Received) :05.11.2024

Kabul(Accepted) :23.11.2024


Araştırma Makalesi


Doi: 10.30708/mantar.1579739

Konya İlinde Kültür Mantarcılığı ve Üretiminde Karşılaşılan Sorunlar

Sinan ALKAN¹, Yusuf AKDEMİR^{2*}

*Sorumlu yazar: yusuf.akdemir@konya.bel.tr

¹ Selçuk Üniversitesi Çumra Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Konya-Türkiye/sinanalkan42@gmail.com 

² Konya Büyükşehir Belediyesi, İlçe Hizmetleri Dairesi Başkanlığı, Konya-Türkiye/ yusuf.akdemir@konya.bel.tr 

Öz: Konya'da mantar üretiminin geçmişi yaklaşık olarak 50 yıl öncesine dayanmaktadır. Bu geçen süre içerisinde irili ufaklı pek çok üretim tesisi ve modern mantar işletmeleri kurulmuştur. Dünya genelinde mantar üretiminde Türkiye % 0,14 'lük bir kapasiteye sahiptir. Konya ilindeki üretim miktarı 3288 ton ile ülkemizin % 5'lik üretim ihtiyacını karşılamaktadır. Konya İli merkez ilçeler dahil olmak üzere 31 ilçeden oluşmaktadır. İl genelinde kültür mantarcılığı 21 ilçede kayıtlı olarak devam etmektedir. İlçelerdeki kayıtlı üretici sayısı yaklaşık olarak 139'dur ve 253 üretim odası bulunmaktadır. Kompost fiyatındaki artış, enerji giderleri, artan işçilik maliyeti, mantar satış fiyatı değişkenliğinin etkisiyle özellikle 1-2 üretim odasına sahip üreticilerimizin % 30'u üretimi bırakmıştır. Ekonomik sıkıntıların yanında, kompost ve örtü toprağının standart olmaması, kalifiye işçi bulunmaması, kaliteli mantar üretememek, hasat sonrası depolama şartlarının uygun olmaması, yeni bilinçsiz üreticilerin desteklenmesi, hastalık ve zararlılar ile başa çıkamama, bilinçsiz ve ruhsatsız ilaç kullanımı sonucu ilaç kalıntıları ve son olarak üreticinin doğrudan tüketiciye ulaşamaması gibi güncel sorunlar nedeni ile de üreticiler mantar üretimini bırakmak zorunda kalmışlardır. Bu çalışmada amacımız Konya ili sınırları içerisinde üretim yapan üreticilerimizin daha sağlıklı, bilinçli ve kaliteli üretim yaparak gelir seviyelerini arttırmayı sağlamaktır.

Anahtar kelimeler: Kültür mantarcılığı, Konya'da mantarcılık, Mantar hastalıkları, Mantarcılık sorunları

Mushroom Production in Konya Province and the Challenges Encountered in Its Cultivation

Abstract: The history of mushroom production in Konya dates back approximately 50 years. During this period, many large and small manufacturing facilities and modern mushroom enterprises have been established. Turkey has a capacity of 0.14% in mushroom production worldwide. The production amount in Konya province meets 5% of our country's production needs with 3288 tons. Konya Province consists of 31 districts including the central districts. Mushroom cultivation continues to be registered in 21 districts throughout the province. The number of registered producers in the districts is approximately 139 producers and there are 253 production rooms. Due to the increase in compost prices, energy costs, increased labor costs, and the volatility of mushroom sales prices, 30% of our producers, especially those with 1-2 production rooms, have stopped production. In addition to economic difficulties, producers have had to



CC BY 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır / Licensed under the CC BY 4.0 International License. Atıflamada APA stili kullanılmıştır, iThenticate ile taranmıştır./ APA style was used in citation, plagiarism was checked with iThenticate.

abandon mushroom production due to current problems such as non-standard compost and cover soil, lack of qualified workers, inability to produce quality mushrooms, inadequate post-harvest storage conditions, support for new, unconscious producers, inability to cope with diseases and pests, drug residues as a result of unconscious and unlicensed drug use, and finally, the inability of producers to reach consumers directly. Our aim in this study is to increase the income levels of our producers within the borders of Konya province by producing healthier, more conscious and higher quality products.

Keywords: Mushroom cultivation, Mushroom cultivation in Konya, Fungal diseases, Mushroom cultivation problems

Giriş

Mantarlar yaşam forları bakımında üç ana başlıkta incelenebilir. Bunlar parazit, saprofit (çürükçül) ve simbiyotik (mikorhiza) olarak tanımlanabilir. Mantarların bu farklı yaşam formları mantarların kullanım alanlarını çeşitlendirmektedir. Özellikle saprofit mantarlar bakterilerle birlikte dünya üzerinde atık olarak tabir edilen tüm organik maddeleri tıpkı geri dönüşüm fabrikaları gibi yapı taşlarına ayırarak besin zincirine geri kazandırmaktadırlar. Mantarların bu ayrıştırıcı özelliklerini insanoğlunun keşfetmesiyle 17. Yy. da kültür mantarcılığı denemeleri ortaya çıkmıştır (Öztürk ve Kaşık, 2000). Daha sonraları, teknolojik ve bilimsel ilerlemelere bağlı olarak, mantar üretim tesislerinde olağanüstü gelişmeler gerçekleşmiştir ve bir tarımsal endüstri kolu haline gelmiştir (Işık ve ark., 2004).

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de en çok kültürü yapılan tür çayır mantarı, şampiyon mantarı ya da literatürde kültür mantarı (Sesli ve ark., 2020) olarak bilinen *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach mantarıdır. Hoş lezzetli, yaygın bulunabilir olması ve fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmeleri, bu türü her geçen gün daha çekici ve tercih edilen bir seçenek haline getirmiştir (Wang ve ark., 2018)

Kültür mantarcılığı üretiminde üreticilerin en önemli amaçlarından bir tanesi kaliteli, raf ömrü uzun, sağlıklı, verimli ve yüksek pazar değerine sahip ürünler üretmektir. Bu hedeflere ulaşabilmek için belirli koşulların yerine getirilmesi ve yetiştiricilik sürecinde karşılaşılan problemlerin üstesinden gelinmesi gerekmektedir (Aktepe ve Aysan, 2024). Şayet üretim ciddi ve düzenli yapılmazsa maddi ve manevi çok fazla sorunla karşılaşılacağı açıktır. Bu sorunlar; hijyenik önlemlerin alınmaması, üretim materyallerinin istenildiği gibi olmaması, gelişim koşullarının uygun olmaması, hastalıklardan ve zararlılardan kaynaklanan etkilerin oluşturduğu sorunlardır (Öztürk ve ark., 2017). Ayrıca geçmişten günümüze kadar Türkiye mevcut şartlarında gerçekleştirilen kültür mantarcılığının durumu ve sorunlarına ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Demir ve Uzun, 1998; Tan ve Ökten, 2008; Deniz ve ark., 2016; Eren ve ark., 2016; Yılmaz ve ark., 2016).

Türkiye’de kültür mantarcılığı konusunda ilk çalışmalar 1960’lı yıllarda Ankara’da Ziraat Fakültesi’nde başlamıştır (Öztürk ve Kaşık, 2000). Bu tarihten sonra ülke genelinde yetiştiricilik hızla gelişmiştir. Başta Antalya Korkuteli olmak üzere diğer illerde de üreticiler ticari anlamda tesisler kurmuşlardır. Konya’da mantar üretiminin geçmişi ise yaklaşık olarak 50 yıl öncesine dayanmaktadır. Bu geçen süre içerisinde il mekezi ve çevre ilçelerde meraklı üreticiler irili ufaklı pek çok üretim tesisi ve modern mantar işletmeleri kurmuşlardır.

Mantar yetiştiriciliği, ülkemizde önemi her geçen gün artan bir tarım dalı haline gelmiştir. Ancak, mantar üretimi ve pazarlaması sürecinde çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunlar, hem üreticilerin hem de tüketicilerin karşılaştığı zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada amacımız, sektördeki temel sorunları ele alarak, pratik ve çözüm odaklı öneriler sunmaktır.

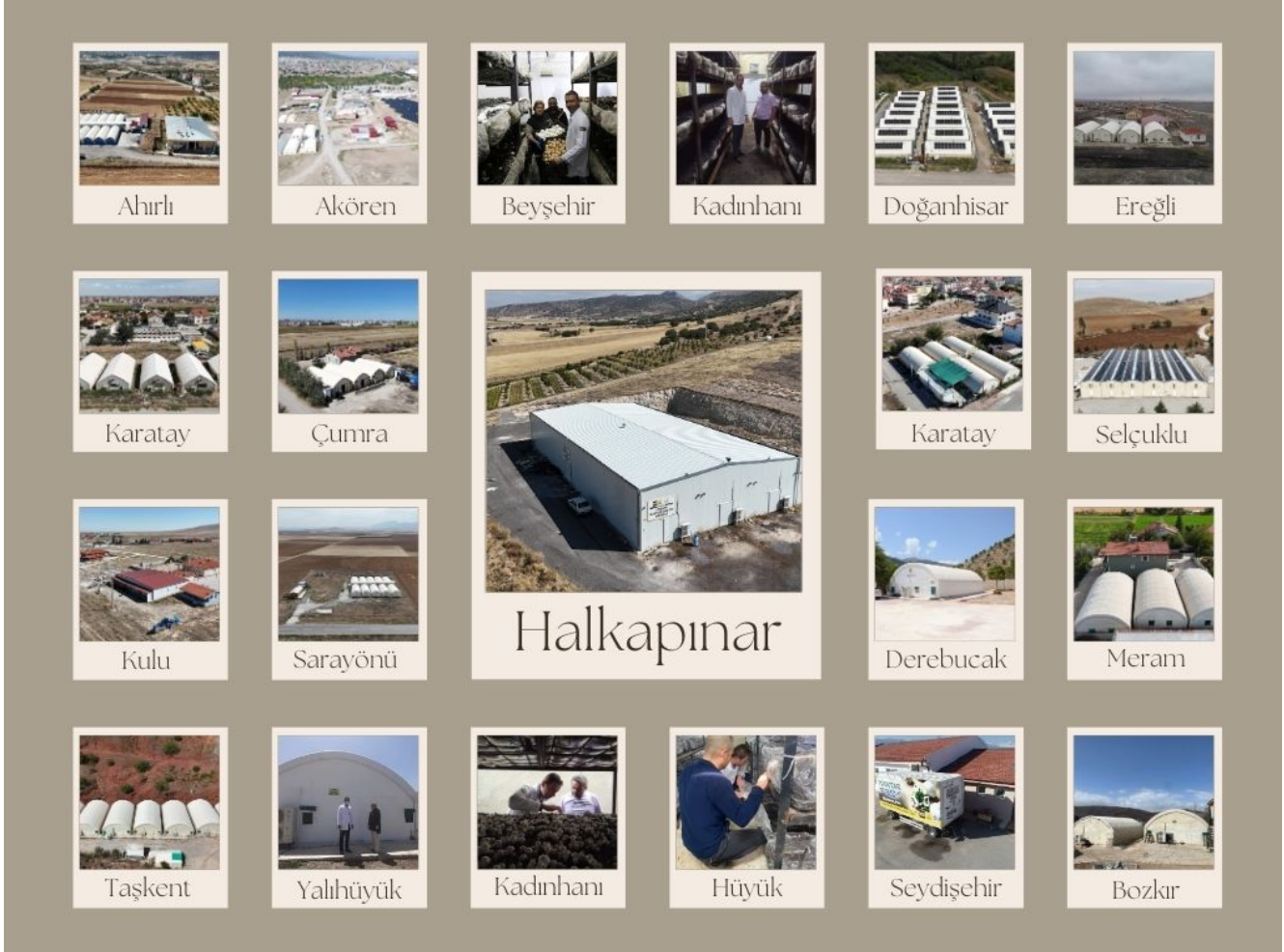
Materyal ve Metot

Çalışma alanını İç Anadolu bölgesinde yer alan Konya ili merkez ve çevre ilçeleri oluşturmaktadır. Bu kapsamda Konya ili ve ilçelerinde faaliyet gösteren mantar üretim alanlarının mevcut durumunun tespiti için Konya Büyükşehir Belediyesi İlçe Hizmetleri Dairesi Başkanlığı, İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri, Selçuk Üniversitesi Mantarcılık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü ile iletişime geçilerek mantar üretimi yapan işletmelerin üretim verilerine ulaşılmıştır. Konya İli merkez ilçeler dahil olmak üzere 31 ilçeden oluşmaktadır. İl genelinde kültür mantarcılığı 21 ilçede kayıtlı olarak devam etmektedir (Şekil 1). İlçelerdeki kayıtlı üretici sayısı yaklaşık olarak 139’dur ve 253 üretim odası bulunmaktadır. Ancak güncel sorunlar nedeni ile bu sayılar bazen artmakta bazen de azalmaktadır.

Çalışmamızın konusunu oluşturan Konya il sınırları içerisindeki ilçelerdeki kültür mantarı üretiminin durumunu Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization, FAO) ve TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) den elde edilen bilimsel veriler oluşturmaktadır. FAO istatistiklerine göre Türkiye mantar üretimine yönelik

veriler 1982 yılından itibaren kaydedilmeye başlanmıştır (Eren ve Pekşen, 2016). 1982 yılı mantar üretim miktarı 10 ton ve 2023 yılı ise 71.479 ton olarak belirtilmiştir (FAO, 2023). Bu veriler sayesinde ülke genelinde Konya ilinin durumu ve il genelindeki ilçelerde üretimin miktarları sayısal veri olarak toplanmıştır.

Konya Büyükşehir Belediyesi ev sahipliğinde 2022 Ocak ayında düzenlenen “Çiftçi Buluşmaları” toplantısında mantar üreticileri tarafından sözlü olarak dile getirilen sorunlar not edilerek günümüze kadar üreticilerle yapılan görüşmelerde sorunların gelişimi ve çözüm önerileri kayıt edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1: Konya İli merkez ilçelerle birlikte mantar üretimi yapılan ilçeler ve üretim yapılan tesisler



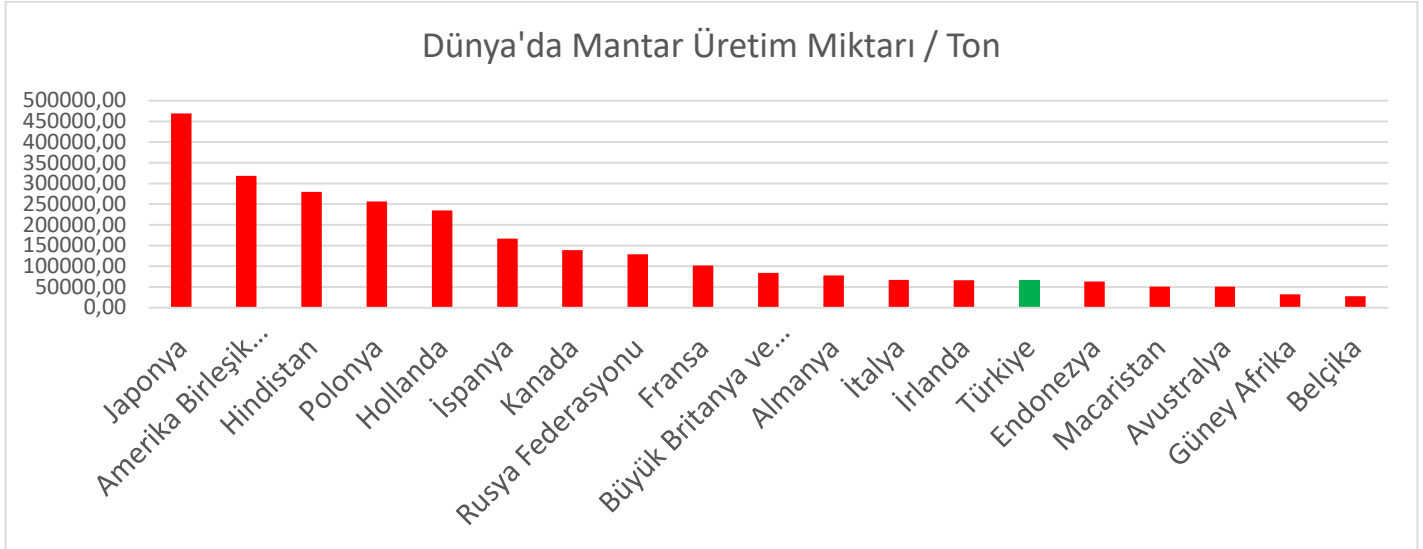
Şekil 1. Konya Büyükşehir Belediyesi ev sahipliğinde düzenlenen “Çiftçi Buluşmaları” toplantısında (2022).

Bulgular

Dünya'daki mantar üretim miktarı (FAO 2022) verilerine göre 48.111.455,51 ton olarak belirlenmiştir. Bu üretim miktarı ülkeler olarak incelendiğinde Çin üretilen mantarların %94,1'ini üreterek mantar üretiminde Dünya'da diğer ülkelere göre açık ara birinci sırada yer almaktadır (Şekil 3). Çin bu üretim verileri sebebiyle grafik olarak tek başına diğer ülke verileri ile karşılaştırılmıştır. Dünya'nın en büyük mantar üreticisi olan Çin, *Volvariella volvacea*, *Wolfiporia cocos*, *Lentinula edodes*, *A. bisporus*, *Auricularia auricula-judae*, *A. polytricha*, *Tremella fuciformis*, *Flammulina velutipes*, *Pleurotus ostreatus*, *P. eryngii* ve *Hericium erinaceus* mantarlarının üretiminde de birinci konumundadır (Zhang ve ark., 2014).



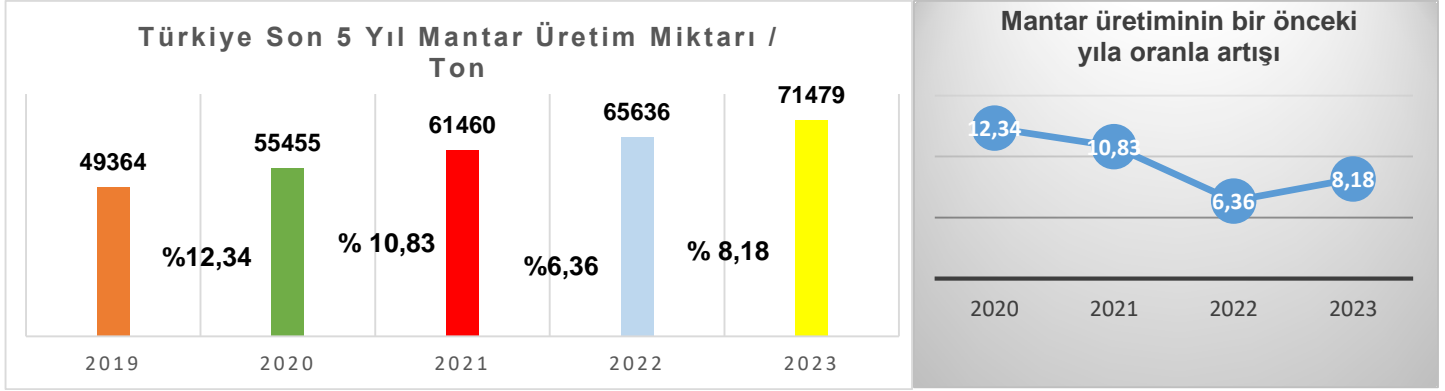
Şekil 3. Çin ve diğer ülkelerdeki mantar üretim miktarı



Şekil 4. Dünya'da ülkelere bağlı mantar üretim miktarı/ton (Çin hariç) (FAO 2022 verileri)

Diğer ülkeler mantar üretiminde toplam üretimin %5,9'u üretmektedir. Çin'den sonra sırasıyla Japonya, ABD, Hindistan ve Polonya mantar üretiminde ilk sıralarda yer almaktadırlar (FAO, 2022). Türkiye 65.636 ton mantar üretimi ile Dünya mantar üretim sıralamasında 15. olarak yer almaktadır (Şekil 4). Üretim miktarları göz önüne alındığında Türkiye'nin İtalya, İrlanda ve Endonezya ülkeleri ile neredeyse eşit miktarda üretim yaptığı görülmektedir. Türkiye gözle görülebilir makromantar türleri açısından son derece zengin çeşitliliğe sahiptir. Doğada bulunan yenilebilir ve/veya tıbbi mantar türlerinin kültüre alınması, sektörde farklı mantar türlerinin yetiştiriciliğinin yapılarak mantar çeşitliliğinin artırılması üzerinde durulması gereken önemli konuların başında gelmektedir (Pekşen, 2014).

Son beş yılda Türkiye'de mantar üretimi yıllık ortalama %6-12 arasında bir büyüme gerçekleşmiştir. Şekil 5'de ilk grafik incelendiğinde Türkiye'deki mantar üretiminin bir önceki yıla oranla doğrusal olarak arttığı gözlemlenmiştir (TÜİK, 2023). Türkiye'de mantar üretiminde ilk sırada 22835 yıl/ton üretimi ile %32 paya sahip Antalya ili yer almaktadır. Antalya ilini sırasıyla Ankara, Isparta, Afyonkarahisar ve Konya takip etmektedir (Şekil 6). Ancak son beş yıldaki üretim miktarlarına bakıldığında ilk beş ilden Antalya ve Konya'da özellikle 2020-2021 yılından sonra her geçen yıl üretimin azaldığı görülmüştür (Şekil 6). Diğer illerde ise istikrarlı olarak üretimin arttığı görülmektedir.



(Şekil 5). Türkiye’de son 5 yıl mantar üretim miktarı/ton (Tüik 2023 verileri)

Antalya ili üretim verileri incelendiğinde Türkiye İstatistik Kurumu’na göre kültür mantarı üretimi 2008 yılında 26500 ton iken, 2009 yılında azalarak 19.501 ton olmuştur (Anonim, 2011).

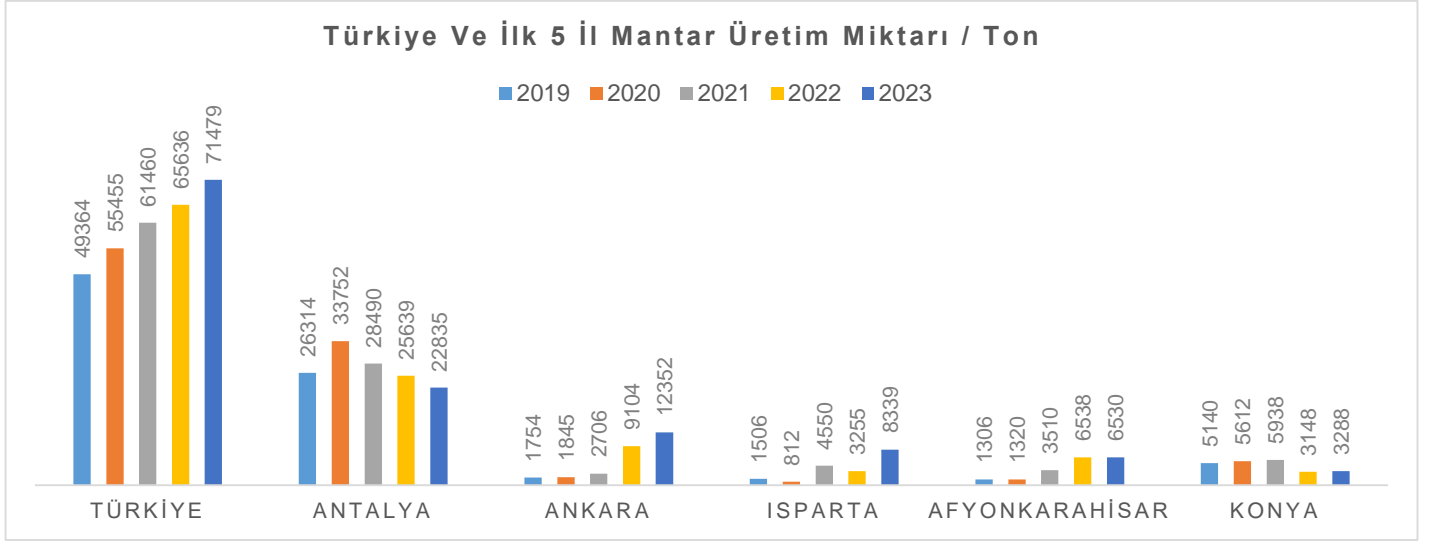
Konya’da mantar üretiminde ilk sırada 1190 yıl/ton üretimi ile Sarayönü ilçesi yer almaktadır. Bu ilçenin üretim miktarının yüksek olmasındaki en büyük etken Konya ilinde bulunan 2 adet kompost üretim tesisinin ilçe sınırları içerisinde yer alıyor olmasıdır. Sarayönü ilçesini sırasıyla Akören, Selçuklu, Ahırılı ve Doğanhisar ilçeliri takip etmektedir (Şekil 7). Sarayönü ve Selçuklu ilçesindeki son beş yıldaki azalışın sebebi merkez ilçede ve Sarayönü ilçesinde faaliyet gösteren büyük bir firmanın üretim için kiraladığı odalardaki üretimi bırakması nedeniyle ilçelerdeki mantar üretim miktarları ciddi oranda düşüş göstermiştir. Ancak aynı dönemlerde başka ilçelere sağlanan destekler ile birlikte yeni üreticilerin üretime başlamasına rağmen il genelinde bu ciddi düşüş 2022 ve 2023 yıllarında rakamsal olarak hissedilmiştir. Hatta 2022 yılı sonunda bir önceki yılda üretilen mantarlara oranla %47 oranında üretimde azalma görülmüştür (Şekil 8). İl genelinde bu düşüşün pek çok sebebi bulunmaktadır. Şekil 7 incelendiğinde 2021ve 2022 yıllarında artışın önceki yıla göre biraz düştüğü görülmüştür. Bunun sebebi ülkemizde ve Dünya’da pandeminin yol açtığı olumsuz etki olarak değerlendirilebilir.

2022 Ocak ayında düzenlenen Konya Büyükşehir Belediyesi ev sahipliğinde “Çiftçi Buluşmaları”

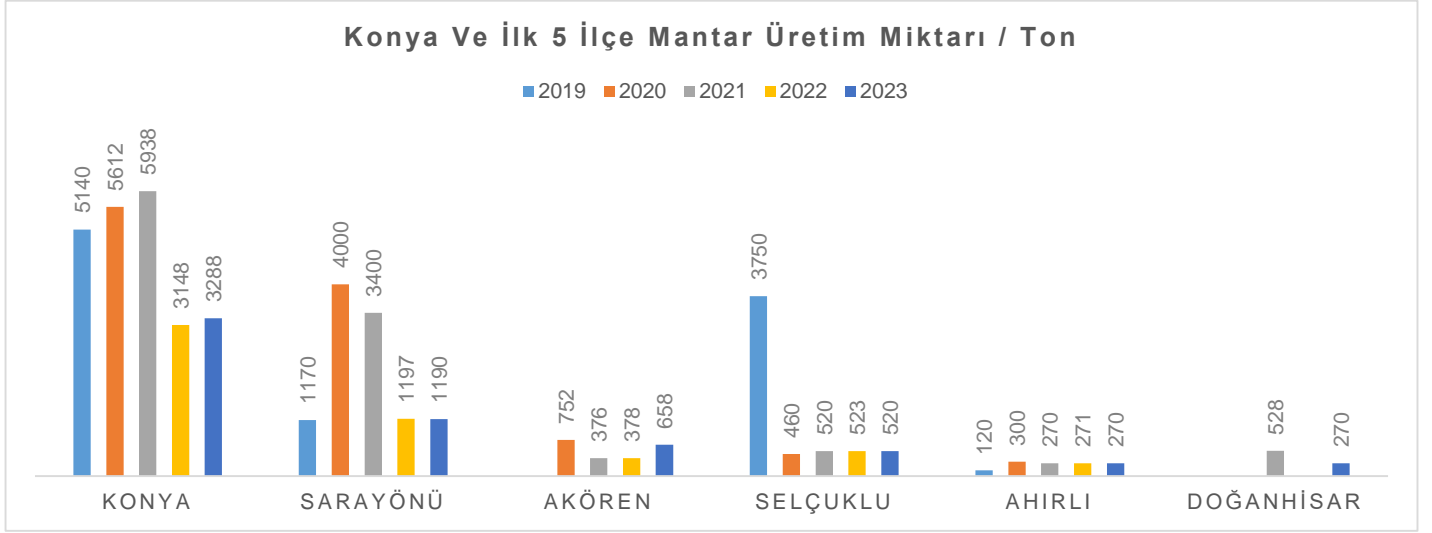
toplantısında mantar üreticileri tarafından sözlü olarak bu düşüşün sebepleri açıkça yılın ilk ayında dile getirilmiştir. Sonuç olarak da yıl sonunda üretim açısından oldukça verimsiz bir dönem geçirilmiştir.

Konya ili mantar üretiminde 2022 yılına kadar artış görülmüş ancak 2022 yılında %50’ye yakın bir azalma tespit edilmiştir (Şekil 8). Bunun sebebi olarak başlıca sorunları şu şekilde sıralayabiliriz.

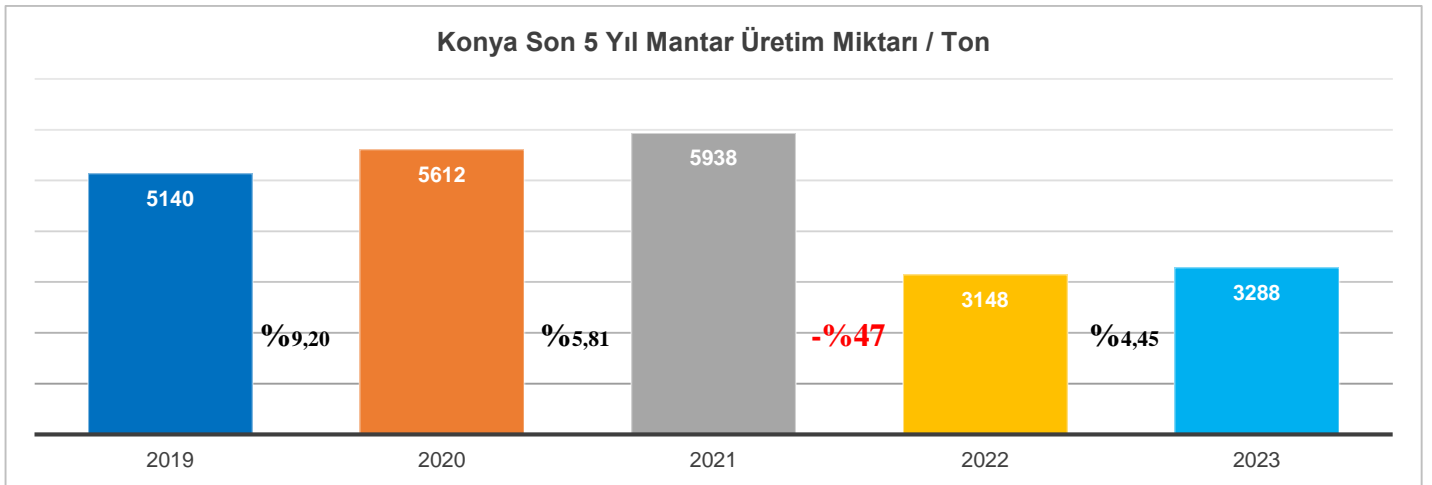
- Kompost fiyatındaki artış,
- Enerji giderleri,
- Artan işçilik maliyeti,
- Mantar satış fiyatının değişkenliği
- Kompost ve örtü toprağının standart olmaması,
- Kalifiye işçi bulunmaması,
- Kaliteli mantar üretememek,
- Hasat sonrası depolama şartlarının uygun olmaması,
- Yeni bilinçsiz üreticilerin desteklenmesi,
- Hastalık ve zararlılar ile başa çıkamama, bilinçsiz ve ruhsatsız ilaç kullanımı sonucu ilaç kalıntıları, ürünün doğrudan tüketiciye ulaşmaması gibi sebeplerden dolayı bazı üreticilerin üretimi bıraktığı tespit edilmiştir. Üretimdeki bu ciddi azalma Konya ilinde üreticileri ve tüketicileri olumsuz etkilemiştir.



Şekil 6. Türkiye ve ilk 5 il mantar üretim miktarı/ton (Tük 2023 verileri)



Şekil 7. Konya ve ilk 5 ilçe mantar üretim miktarı/ton (Tük 2023 verileri)



Şekil 8. Konya ili son 5 yıl mantar üretim miktarı/ton (Tük 2023 verileri)

Konya İli'nin 19 ilçesinde *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) İmbach mantarı (Şekil 9) üretim tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerin bir üretim odasının ortalama kompost kapasitesi 15 ton civarındadır. Yaklaşık olarak 114 üretici 221 üretim odası bulunmaktadır. Bu veriler belirli periyotlarla değişmektedir. Bunun sebebi yeni üreticilerin üretime başlaması, mevcut üreticilerin üretimi bırakması ile yıl içerisinde üreticilerin sayısında istikrarsız iniş çıkışlardır. Konya İlinde bulunan üretim odaları yılda 5 sefer üretim yaptığı düşünülürse yıllık minimum 4325 ton mantar üretimi gerçekleştirmektedir (Tablo 1). Ancak mevcut üretim tesislerinin büyük çoğunluğu çadır altı üretim yaptıkları ve de yalıtımları uygun olmadığı için yaz aylarında maliyetin aşırı artması sebebiyle üretim yapmamaktadırlar. Tablodan da anlaşılacağı üzere en çok üretim Tüik (2023) verileri ile uyumlu olacak şekilde Sarayönü ilçesinde gerçekleşmektedir. Sırasıyla bu ilçeyi Doğanhisar, Ahırlı, Selçuklu, Çumra ve Kadınhanı ilçeleri takip etmektedir.

Konya İli'nin 8 ilçesinde *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. mantarı (Şekil 10) üretim tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerin bir üretim odasının ortalama kompost kapasitesi 10 ton civarındadır. Yaklaşık olarak 25 üretici ile 32 üretim odası bulunmaktadır. Konya İli'nde bulunan üretim odaları yılda 5 sefer üretim yaptığı düşünülürse yıllık minimum 400 ton mantar üretimi gerçekleştirmektedir (Tablo 2). Tablo 1 ve 2'deki bu veriler Konya Büyükşehir Belediyesi İlçe Hizmetleri Dairesi Başkanlığı Eğitim Şube Müdürlüğü tarafından desteklenerek yürütülen çalışmalar ve mantar üreticileri ile yüz yüze yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. 2024 yılı içerisinde her bir ilçedeki üretici sayısı, ortalama kapasite, yılda kaç kez üretim yaptıkları üretim odalarına kaç ton mantar kompostu koydukları ve kaç ton mantar ürettiklerini üreticiler ile görüşülerek tespit edilmiştir.

Tablo 1: Konya ilçelerinde (*Agaricus bisporus*) mantar üretici sayısı ve kapasite miktarları / ton

İlçeler	Üretici Sayısı	Üretim Odası Sayısı	Odalarda Ortalama Kapasite / Ton	Yıllık Kullanılan Kompost Miktarı / Ton	Yıllık Üretilen Mantar Miktarı / Ton
1 Ahırlı	2	21	18	1890	472,5
2 Akören	4	12	15	900	225
3 Akşehir	3	5	15	375	93,75
4 Beyşehir	12	15	15	1125	281,25
5 Bozkır	1	2	15	150	37,5
6 Çumra	5	16	14	1120	280
7 Doğanhisar	25	24	18	2160	540
8 Ereğli	7	10	13	650	162,5
9 Halkapınar	15	6	25	750	187,5
10 Hüyük	2	3	10	150	37,5
11 Ilgın	2	5	15	375	93,75
12 Kadınhanı	3	12	15	900	225
13 Karatay	2	9	15	675	168,75
14 Kulu	1	2	15	150	37,5
15 Meram	5	10	15	750	187,5
16 Sarayönü	4	36	15	2700	675
17 Selçuklu	4	20	15	1500	375
18 Taşkent	15	9	15	675	168,75
19 Yalıhüyük	2	4	15	300	75
TOPLAM VE ORTALAMA	114	221	15	17300	4325

Kaynak: Konya Büyükşehir Belediyesi İlçe Hizmetleri Dairesi Başkanlığı Eğitim Şube Müdürlüğü

Tablo 2. Konya ilçelerinde (*Pleurotus ostreatus*) mantar üretici sayısı ve kapasite miktarları / ton

İlçeler	Üretici Sayısı	Üretim Odası Sayısı	Odaların Ortalama Kapasite / Ton	Yıllık Kullanılan Kompost Miktarı / Ton	Yıllık Üretilen Mantar Miktarı / Ton
1 Akören	1	2	10	100	25
2 Beyşehir	1	1	10	50	12,5
3 Cihanbeyli	2	2	10	100	25
4 Karatay	2	6	10	300	75
5 Kulu	2	4	10	200	50
6 Meram	1	10	10	500	125
7 Seydişehir	1	2	10	100	25
8 Taşkent	15	5	10	250	62,5
TOPLAM VE ORTALAMA	25	32	10	1600	400

Kaynak: Konya Büyükşehir Belediyesi İlçe Hizmetleri Dairesi Başkanlığı Eğitim Şube Müdürlüğü

Şekil 9. Konya İlinde üretilen *Agaricus* cinsi mantarlarŞekil 10. Konya İlinde üretilen *Pleurotus* cinsi mantarlar

İstiridye mantarı (Sesli ve ark., 2020) için üretim yapan ilçe sayısı 8 olup en fazla üretim yapılan ilçe Meram ilçesi'dir. Bunu sırasıyla Karatay, Taşkent ve Kulu ilçeleri takip etmektedir.

Konya il sınırları içerisinde her iki mantar türünün de üretildiği ilçeler de mevcuttur. Bunlar Akören, Beyşehir, Karatay, Kulu, Meram ve Taşkent ilçeleridir.

Sadece istiridye mantarının üretildiği ilçeler ise Cihanbeyli ve Seydişehir ilçeleridir.

Konya İli oldukça geniş bir yüz ölçümüne sahip olup merkez ilçeler de dahil olmak üzere % 67,75 lik bir oranda mantar üretiminin yaygın ve yoğun yapıldığı bir ildir. Ancak son yıllarda üretim ile alakalı pek çok sorun il genelinde baş göstermektedir. Bu sorunların sonucunda da üreticilerin çoğu üretimden vaz geçmektedir. Yapılan üretici görüşmeleri ve arazi çalışmaları sonucunda tespit edilen sorunlar sıralanacak olursa;

Kompost Kalitesi

Kompost, mantarın besin kaynağıdır. İyi bir kompost, mantarın hızlı ve sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlar. Kompostun kalitesi, kullanılan malzemelerin türüne, kompostlama sürecine ve hijyenik koşullara bağlıdır.

Yetiştirme Koşulları

Mantarın büyümesi için uygun sıcaklık, nem ve havalandırma şartlarının sağlanması gerekir. Bu koşulların kontrol edilmesi, mantarın kaliteli ve verimli bir şekilde yetişmesini sağlar.

Hijyen

Mantar yetiştirme ortamının temiz ve hijyenik olması, hastalık ve zararlıların yayılmasını önler. Bu da ürün kalitesini ve verimliliğini artırır (Şekil 11).

Kompost ve Örtü Toprağı Standartları

Mantar üretimi için kullanılan kompost ve örtü toprağının standartlara uygun olması, ürün kalitesi ve verimliliği açısından büyük önem taşır. Standartlaştırılmış bir kompost ve örtü toprağı kullanımı, üretimde homojenlik sağlar ve hastalık riskinin azalmasına katkıda bulunur.

Hasat Sonrası Depolama Şartları

Mantar hasadından sonra doğru depolama koşulları, ürünün tazeliğini ve kalitesini korumak için elzemdir. Mantarlar, uygun sıcaklıkta, nemde ve havalandırmada depolanmalıdır. Yanlış depolama koşulları, mantarların çabuk bozulmasına ve kalite kaybına yol açabilir.

Yeni Üreticilerin Desteklenmesi

Mantar sektörüne yeni giren üreticiler, işletme kurma, üretim teknikleri ve pazarlama konusunda desteklenmelidir. Bu destek, sektörün büyümesine ve rekabet gücünün artmasına katkı sağlayacaktır. Ancak yeni üreticiler, desteklenirken mevcut üretimi devam eden

deneyimli, tecrübeli üreticilerimiz korunmalı ve onlara zarar vermeden destekleme çalışmaları yapılmalıdır.

Hastalık ve Zararlılarla Mücadele

Mantarlar, çeşitli hastalık ve zararlılara karşı hassastır. Hastalık ve zararlıların yayılmasını önlemek için uygun önlemler alınması gerekmektedir (Şekil 12). Bu önlemler, hijyenik bir ortam sağlamak, hastalık ve zararlıların belirtilerini erken teşhis etmek ve biyolojik mücadele yöntemleri kullanmak gibi konuları içermektedir. Kültür mantarı üretiminde verimliliği artırmanın en etkili ve temiz yöntemi; hastalıklı mantarların ve hastalık türlerinin hızlı bir şekilde tespit edilmesine dayanmaktadır (Albayrak ve ark., 2024).

Erken Teşhis

Hastalık ve zararlıların belirtilerini erken teşhis etmek, yayılmasını önlemek için önemlidir. Erken teşhis, hızlı ve etkili müdahale imkanı sağlar.

Biyolojik Mücadele

Hastalık ve zararlılarla mücadelede biyolojik yöntemler, kimyasal ilaç kullanımına göre daha güvenli ve çevre dostudur (Şekil 11). Biyolojik mücadele, doğal düşmanları veya mikroorganizmaları kullanarak hastalık ve zararlıların popülasyonunu kontrol etmeyi amaçlar.

Bilinçsiz ve Ruhsatsız İlaç Kullanımı

Bilinçsiz ve ruhsatsız ilaç kullanımı, ürün kalitesini düşürerek tüketici sağlığını tehdit eder. Mantar üreticileri, ilaç kullanımında dikkatli davranmalı ve ruhsatlı ilaçları, etiket talimatlarına uygun olarak kullanmalıdırlar. Ayrıca, ilaç kullanımının olumsuz etkilerini azaltmak için biyolojik mücadele yöntemlerine yönelmelidirler. Kutluer (2024) yaptığı çalışmada üreticilerin bilinçsiz formaldehit kullanımı veya gereğinden fazla formaldehit kullanımının *Agaricus bisporus* üretimini büyük oranda olumsuz yönde etkilediğini tespit etmiştir. Ayrıca insan sağlığına da ciddi zararları olan formaldehitin *Agaricus bisporus* yetiştiriciliğinde kullanımının sınırlandırılması gerektiğini açıkça belirtmiştir.

Satış ve Pazarlama

Mantar yetiştiriciliğinde başarılı olmanın en önemli unsurlarından biri, ürünlerin etkili bir şekilde pazarlanmasıdır. Pazarlama stratejileri, ürünlerin tanıtımını, fiyatlandırmayı, satış kanallarını ve tüketiciye ulaştırmayı kapsar. Üreticiler, ürünlerini doğru şekilde pazarlayarak tüketicileri etkileyebilir ve satışlarını artırabilirler.



Şekil 11. Yetiştiricilikte hijyen ve biyolojik mücadele

Tartışma

Türkiye’de son birkaç on yıl öncesine kadar mantarların ayrı bir alem mi yoksa bitkilerin içerinsinde incelenmesi gereken canlılar mı tartışma konusu iken, bugün mantarların ayrı bir alem oldukları ve güncel hayatta her yerde görev alıp faydalı ve zararlı yönlerinin ayrıntılı olarak araştırıldığı bir canlı grubu oldukları kesindir. Sanayi alanlarından tutun da uzay teknolojisine kadar, inşaat sektöründen kozmetik, giyim, kişisel bakım ve aksesuara kadar günümüzde mantarlardan çok farklı alanlarda faydalanılmaktadır. İnsanlığın ilk zamanlarından bu zamana kadar ise mantarlardan besin olarak faydalanılmıştır. Bu anlamda pek çok mantar türünün kültür çalışmaları yapılmış ve uygun şartlar oluşturularak mantarlar kapalı alanlarda ve ya örtü altında üretmiştir. Ancak bu üretim çalışmaları sırasında pek çok olumsuzluklar da ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada toplantılar ve saha çalışmaları yapılmış olup maddeler halinde tespit edilmiş ciddi sorunlara sırasıyla çözüm önerileri sunulmaya çalışılmıştır.

Ülkemizde *Agaricus bisporus* mantar türü için kompost üreten firma sayısı çok fazla değildir. Kompost



Şekil 12. Kültür mantarcılığında hastalık ve zararlılar

firmaları mantar üretiminin istikrarı için standart üretim yapmalıdır. Bu standartın da bakanlık yetkilileri tarafından denetlenebilir olması gerekir.

Son yıllarda farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yapılan destekleme çalışmaları kapsamında bir çok modern mantar üretim tesisleri yapılmış olsa da bu sayı yetersiz kalmakta ve bölgemizde bir çok tesis modern hijyen koşulları altında üretim yapmaktadır. Bu tesislerde sadece hijyen değil ısı yalıtımı ve havalandırma şartlarının da uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Üreticilerimiz hijyen koşullarına dikkat etmelidir. Mantar üretim tesisleri hijyen kurallarının katı olduğu ve hijyen kurallarının çok daha sıkı takip edildiği işletmeler haline getirilmelidir.

Her kompost üreten firmanın kendine has bir reçetesi vardır ve bu nedenle kompostların içerikleri farklılık göstermektedir. Hatta aynı firmadan farklı zamanlarda alınan kompostlarda bile belirli bir içerik (Kuru madde, % azot, nem, pH, C/N, vb.) standardı yoktur. Bunun için sektörün sorunlarının çözümü amacıyla hem mevzuatlarda gereken düzeltmelerin yapılması ve konuya gereken önemin verilmesi hem de Üniversite ve

kamu araştırma kuruluşlarında mantar üretimi konusunda araştırmalara öncelik ve destek verilmesi gerekmektedir. (Eren ve Pekşen, 2016). Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından misel, kompost ve mantar üretimi için bir yönetmelik çıkartılması mantarcılık konusunda yapılmış en önemli adımlardan biri olacaktır. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2019 yılında başlattığı yönetmelik çalışmasını en kısa sürede bitirilmesi mantarcılık için elzem bir konu haline gelmiştir.

Ülkemizde mantarcılıkta kullanılan örtü toprağı (torf) içerik bakımından istenilen değerlerde değildir. Kış aylarında ve yaz aylarında çıkartılan torf birbirinin aynısı değildir. Ya da bölgesel olarak killi kumlu yapıda çıkartılan torf üretimde standartı oluşturamamaktadır. Karışım ve streil edilmiş torf toprağı temin edilmesi için özel firmalar teşvik edilmelidir.

Bölgemizdeki üreticilerimiz genelde küçük aile işletmesi olduğu için soğuk hava depolarına ihtiyaçları vardır. Bireysel veya bölgesel olarak soğuk hava deposu desteklerinin gerçekleştirilmesi özellikle yaz aylarında üretim yapan çiftçilerimiz için büyük önem arz etmektedir.

Mantarcılık konusunda herhangi bir eğitimi olmayan kişilerin desteklenmesi ve özellikle bu destekleme çalışmaları Avrupa standartlarında değil de küçük aile işletmeleri şeklinde olduğunda 1, 2 ve 3 oda şeklinde yapılan desteklemeler mevcut mantar üretimi yapan çiftçileri olumsuz etkilemektedir. Destek yapılan çiftçi ürünü pazarlama problemi yaşadığı için daha düşük değerlerde satışını gerçekleştirmektedir. Zaten maliyetlerin zor karşılandığı bir ortamda düşük gelir elde etmek üreticileri ciddi sıkıntılara sokmaktadır. Bu durum mevcut üreticileri maddi ve manevi anlamda zorlamakta ve birçoğu işletmesini kapatmak durumunda kalmaktadır. Desteklemeler yapılırken mevcut üreticiler de düşünülürse mantarcılık sektörü daha ileri seviyelere çıkartılacaktır.

Mantar üretimde karşılaşılan hastalık ve zararlılar ile ilgili üniversiteler, araştırma enstitüleri ve özel sektör daha çok çalışma yapmalı ve üreticilerimizin problemi olan hastalık ve zararlılara karşı etkin ilaçlar üretilmelidir. Konuya gereken önemin verilmesi, üniversite ve kamu araştırma kuruluşlarında mantar üretimi konusunda araştırmalara öncelik ve destek verilmesi gerekmektedir (Eren ve Pekşen, 2016). Günümüzde üretimde kullanılan ilaçlar koruyucu amaçlı yapılmakta en kısa sürede tedavi edici ilaçların bulunması mantarcılık sektörü için önemlidir.

Hastalık ve zararlıların erken teşhisi üretimde çok büyük önem arz etmektedir. Üreticilerimizin büyük bir bölümü kuluçka ve toprak örtülü dönemdeki hastalık ve

zararlıları hasata yakın fark ettiği için verim ve kalitede kayıplar ile karşılaşmaktadırlar. Üreticilerimiz uzman kişilerden teknik destek ve danışmanlık alması ve bu konuda bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Özellikle sinek ve akar zararlısı gibi canlılar için farklı tuzaklar kullanarak biyolojik mücadele yapılmalıdır. Üreticilere bazı bitki türlerinde yapıldığı gibi biyolojik mücadelede kullanılan yapışkan bant feromon tuzakları, ışık tuzağı gibi ürünler ücretsiz veya belirli oranda ücret ödeyerek destek sağlanmalıdır.

Üreticilerimizde bilinçsiz ve ruhsatsız aşırı ilaç kullanımı söz konusudur. Bu durum insan sağlığı açısından ciddi problemler oluşturmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için gıda kontrol denetimlerin artırılması ve kontrolün sadece paketli gıdalarda değil pazarda açık olarak satılan ürünlerde de yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda doz aşımı gibi durumlarda caydırıcı cezaların bir an önce uygulaması gerekmektedir.

Üretilen ürünün değerinde satılması en önemli konulardan biridir. Mantarcılık sektöründe de bazı tarımsal ürünlerde olduğu gibi bir borsasının olması ürünlerin üreticiden doğrudan son tüketiciye ulaşması için bir pazarlama ağının oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca halkımızın mantar tüketimini arttırmak için çeşitli yayın kuruluşlarında kamu spotları yapılmalı ve reklam çalışması için sosyal medya televizyon gibi araçlarda mantar daha çok gündemde olmalıdır. Mantar yetiştiriciliği konusunda yerel basın ve medya aracılığı ile gerek yetiştiriciler gerekse bu işi yapmaya istekli insanlar bilgilendirilmelidir (Kurt ve ark., 2018). Mantarların besleyici yönü, vitamin ve mineral değerleri, protein değerleri doğru bir şekilde anlatılmalı ve ülkemiz genelinde dünyada kişi başı tüketilen mantar miktarına ulaşmamız pazarlama sorununu büyük ölçüde çözmemize olanak sağlayacaktır.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar eşit katkıya sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur. (Sinan ALKAN, Yusuf AKDEMİR).

Bu makalenin özeti 12. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi özet kitapçığında yayımlanmıştır.

Kaynaklar

- Albayrak, Ü., Gölcük, A., & Aktaş, S. (2024). *Agaricus bisporus*'ta Görüntü Tabanlı Hastalık Sınıflandırması için Kapsamlı Veri Seti, *Mantar Dergisi*, 15(1), 29-42.
- Aktepe, B.P., Aysan, Y. (2024). Türkiye'de yetiştirilen kültür mantarlarından (*Agaricus bisporus*) yumuşak çürüklük hastalığı etmeninin izolasyonu ve tanısı. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(2): 374-385.
- Anonim, (2011). Bitkisel üretim istatistikleri, http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=45&ust_id=13.
- Demir, E., ve Uzun, A. (1998). Karadeniz bölgesi kültür mantarı (*Agaricus bisporus*) yetiştiriciliğinin mevcut durumu, sorunları ve üretim tesislerinin iyileştirilmesine yönelik öneriler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22(3): 273-280.
- Deniz, M.U., Tütüncü, Ş., Eren, E. (2016). The Problems Detected in Mushroom Cultivation in Ankara. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(3): 182-188.
- Eren, E., Öztekin, G.B., Tüzel, Y. (2016). Evaluation of Medium and Large-Scale Mushroom Companies in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(3): 230-238.
- Eren, E. Pekşen, A. (2016). Türkiye'de Kültür Mantarı Sektörünün Durumu ve Geleceğine Bakış, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3): 189-196.
- FAO, (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Website https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity (erişim tarihi:05.11.2024).
- Işık, S.E., Aksu, Ş., Damgacı, E., Erkal, S. Ve Ergun, C., (2004). *Mantar yetiştiriciliği* (genişletilmiş 2. Baskı), Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü. Yayınları No: 75, Yalova, 92s.
- Kurt, R., Can, A., Sivrikaya, H. (2018). Bartın İlinde Kültür Mantarı Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu, Sorunları ve Bazı Çözüm Önerileri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (2): 176-183.
- Kutluer, F. (2024). Formaldehit'in *Agaricus bisporus*'daki Etkilerinin İncelenmesi, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 16(1), 216-220.
- Öztürk C., Kaşık G. (2000). *Kültür Mantarı (Agaricus bisporus) Yetiştiriciliği*. Mağrifet Matbaa Ve Kağıtçılık, 108 sf., Konya.
- Öztürk, N., Basım, E., Basım, H. (2017). Yemeklik Kültür Mantarında (*Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach) Yaygın Görülen Mikrobiyal Hastalıklar, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1): 112-125.
- Pekşen A. (2014). Türkiye'de kültür mantarı yetiştiriciliği. Yemeklik Kültür Mantarı Çalıştayı (12-13 Mayıs 2014), 19-23, Antalya.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F., (eds.) Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu. ve Yoltaş, A. (2020). Türkiye mantarları listesi (The checklist of fungi of Turkey). Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını. İstanbul.
- Tan, A.N., Ökten, M.E. (2008). Kültür mantarında zararlı nematodlar ve savaşım yöntemleri. *Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University*. Volume: 22: 9-16.
- TÜİK, (2023). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (erişim tarihi:05.11.2024).
- Wang, F., Zheng, J., Tian, X., Wang, J., Niu, L., ve Feng, W. (2018). An automatic sorting system for fresh white button mushrooms based on image processing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 416-425. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2018.06.022>
- Yılmaz, A., Yıldız, S., Yıldırım, İ., Aydın, A. (2016). Trabzon'da Mantar Tüketimi ve Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Mantar Dergisi*, 7(2): 135-142.
- Zhang Y, Geng W, Shen Y, Wang Y, Dai Yc. (2014). Edible mushroom cultivation for food security and rural development in China: *bio-innovation, technological dissemination and marketing*. *Sustainability*, 6: 2961-2973.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Pekşen, A. & Eren, E. (2024). Dünyada ve Türkiye’de Mantar Sektörü ve Sürdürülebilirlik. *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı), 49-65.


Geliş(Received) :08.11.2024
Kabul(Accepted) :26.11.2024


Araştırma Makalesi
Doi: 10.30708/mantar.1581406

Dünyada ve Türkiye’de Mantar Sektörü ve Sürdürülebilirlik

Aysun PEKŞEN^{1*}, Erkan EREN²

*Sorumlu yazar: aysunp@omu.edu.tr

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun/
aysunp@omu.edu.tr 

²Ege Üniversitesi Bergama Meslek Yüksekokulu, İzmir; Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara/erkan.eren@ege.edu.tr 

Öz: Bu çalışmada dünyada ve Türkiye’deki mantar sektörünün güncel durumu ve sektördeki büyümenin devamlılığını sağlamak için sürdürülebilirlik konuları üzerinde durulmuştur. Mantar sektörünün mevcut durumunu ortaya koymak için Türkiye’deki küçük, orta ve büyük ölçekli mantar işletmeleriyle yapılan anketlerden ve TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ile FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)’ya ait ikincil verilerden yararlanılmıştır. 2022 yılında 48.33 milyon tona ulaşan küresel mantar ve trüf üretiminin %94’ünü Çin sağlamaktadır. Çin, 45.43 milyon ton mantar ve trüf üretimi ile mantar üretimi, tüketimi ve ihracatında dünya lideri konumundadır. Ülkeler arasında başta Çin olmak üzere sırasıyla Hindistan, Rusya ve Türkiye’de mantar üretimi hız kesmeden artmaktadır. Türkiye’de, son 20 yılda mantar üretiminde belirgin bir artış meydana gelmiş ve 2023 yılı verilerine göre mantar üretimi 85000 tona yükselmiştir. Türkiye’de 2023 yılı itibari ile kişi başına düşen yıllık mantar tüketim miktarı yaklaşık 996 g’dır. Bu miktar, Avrupa’da halihazırda kişi başına 3 kg olan ve Türkiye’de de şu anda ulaşılması hedeflenen tüketim miktarının çok altındadır. Kültür mantarı tüketim alışkanlıklarının artması, mantarların sağlık bakımından yararları ve işlevsel gıda olarak kabul edilmesi hem dünyada hem de Türkiye’de tüketici taleplerini önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum, özellikle Türkiye’de mantar sektörüne yapılacak yatırımların önümüzdeki 20 yıl içerisinde hızla artma eğiliminde olacağını göstermektedir. Mantar yetiştiriciliği, gıda güvenliği, ekonomik kalkınma ve çevre dostu tarım için kritik öneme sahiptir. Kültür mantarı sektöründeki hızlı büyüme, üretim sürecinde karşılaşılan problemlerin artışını da beraberinde getirmiştir. Mantar üretim sürecinde ortaya çıkan teknik problemlerin yanında, büyüyen sektörün resmi makamlar tarafından çözülmesi gereken sorunları da giderek artmaktadır. Makalede mantar yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği, sorunların giderilmesinde sürdürülebilirlik odaklı yenilikçi çözümler üzerinde durulmuş ve mantarların farklı alanlarda değerlendirilmesi konularına da değinilmiştir.

Anahtar kelimeler: Atık mantar substratı, Mantar üretimi, Misel bazlı materyaller, Sürdürülebilirlik, Tüketim

Mushroom Industry in the World and Türkiye and Sustainability

Abstract: The current status of the mushroom sector in the world and Türkiye and sustainability issues to ensure the sustainability of growth in the sector were discussed in the study. To reveal the current status of the mushroom sector, surveys conducted with small, medium and large-scale mushroom enterprises in Türkiye and secondary data obtained from FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) and TÜİK (Turkish Statistical Institute)



were used. China provides 94% of the global mushroom and truffle production, which reached 48.33 million tons in 2022. China is the world leader in mushroom production, consumption and export with the 45.43 million tons of mushroom and truffle production. Mushroom production is increasing rapidly in China, India, Russia and Türkiye, respectively. Mushroom production is increasing without slowing down, primarily in China, followed by India, Russia, and Türkiye, respectively. In Türkiye, there has been a significant increase in mushroom production in the last two decades and mushroom production has increased to 85000 tons according to the data of 2023. As of 2023, the annual mushroom consumption per capita in Türkiye is about 996 g. This amount is quite lower than the present consumption of 3 kg per capita in Europe which is also considered the current target amount to reach in Türkiye. The increase in mushroom consumption habits, the health benefits of mushrooms and their acceptance as functional foods have significantly increased consumer demands both in the world and in Türkiye. This situation shows that investments to be made in the mushroom sector, especially in Türkiye, will tend to increase rapidly in the next 20 years. Mushroom cultivation is of critical importance for food security, economic development and environmentally friendly agriculture. The rapid growth in the mushroom sector has also brought about an increase in the problems encountered in the production process. In addition to the technical problems that arise in the mushroom production process, the problems of the growing sector that need to be solved by the official authorities are also increasing. The article focuses on the sustainability of mushroom cultivation, innovative solutions focused on sustainability in eliminating the problems and also touches on the issues of evaluating mushrooms in different areas.

Keywords: Spent mushroom substrate, Mushroom production, Mycelium-based materials, Sustainability, Consumption

Giriş

Mantarlar, besin değerleri ve tıbbi özellikleri nedeniyle antik çağlardan beri insan kültürünün ayrılmaz bir parçası olmuştur. Mantar yetiştiriciliğinin tarihi çok eskilere dayanmaktadır. İlk mantar yetiştiriciliği MS 600'ü yıllarda *Auricularia auricula-judae* (Bull.) Qué. (kulak mantarı) türüne aittir. Günümüzde mantarlar 100'den fazla ülkede farklı ölçeklerde ve sistemlerle ticari olarak yetiştirilmektedir. Mantarlar, besleyici ve sağlıklı bir gıda olmasının yanı sıra fonksiyonel gıda ve kozmetik endüstrisinde de yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Thakur, 2020). Mantarların sağlık yararları konusunda artan farkındalık ve mantarların işlevsel bir gıda olarak kabul edilmesi, mantar tüketiminde büyük artışa yol açmıştır. Mantarlar sadece beslenme ve tıbbi açıdan değil, aynı zamanda gelir elde etme ve ihracat açısından da önemlidir. Dikey tarımın en güzel örneklerindedir. Mantarların küresel sorunların çözülmesinde çok önemli işlevleri vardır. Mantar yetiştiriciliği; kirlilik sorunlarına yol açan lignoselülozik maddeler açısından zengin tarımsal atıkları, etkili ve verimli bir şekilde kullanarak protein açısından zengin besine dönüştürür. Tarımsal atıkların geri dönüşümü için uygulanabilir bir seçenektir. Yapılan çalışmalar tarım, ormancılık ve endüstriyel yan ürünler kullanılarak mantar üretiminin karlı bir girişim olabileceğini göstermiştir (Pavlik ve Halaj, 2019; Lopez ve ark., 2021; Ghafoor ve Niazi, 2024). Aynı zamanda mantar üretiminden sonra açığa çıkan atık mantar substratının/kompostunun yararlı ürünlere dönüştürme olasılıkları üzerinde çalışılmış ve birçok alanda değerlendirilebileceği ortaya konmuştur (Pekşen ve

Yamaç, 2016). Birim alan ve zaman başına yüksek ekonomik getiri sağlayan mantar yetiştiriciliği; yoksulluğun azaltılması, istihdam imkanları sunması, açlığın ve yetersiz beslenmenin sona erdirilmesinde hayati bir rol oynayabilir (Pandey ve ark., 2018; Kumar, 2020; Thakur, 2020; Niazi ve Ghafoor, 2021). Mantar yetiştiriciliği dezavantajlı bireylerin ve kadın işgücünün istihdamını sağlamak açısından da idealdir.

Bu çalışmada dünyada ve Türkiye'deki mantar sektörünün mevcut durumu, gelişmeler ve mantar sektörünün sürdürülebilirliği tartışılmıştır.

Materyal ve Metot

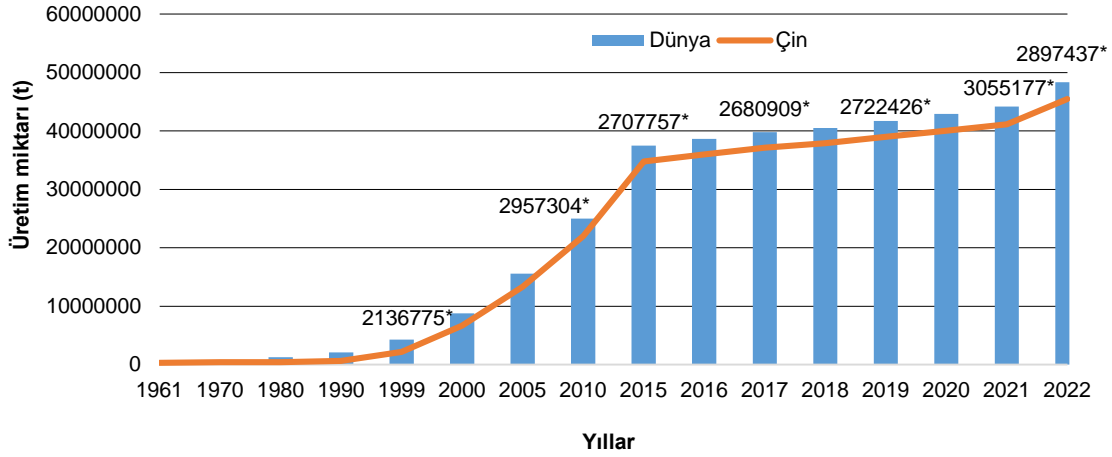
Türkiye mantar üretimi ve işletmeler ile ilgili veriler; mantar üretiminin yapıldığı küçük, orta ve büyük işletmelere yapılan ziyaretler sırasındaki incelemeler ve anketlerden elde edilmiştir. Çalışmada TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ve FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)'ya ait ikincil veriler kullanılmıştır. Ancak bu kaynaklarda tür bazında veri mevcut değildir. Bu nedenle tür bazlı veriler başlıca mantar üreten ülkelerin veri tabanları veya mevcut araştırma makalelerinden derlenmiştir. Ayrıca çalışmada Türkiye mantar sektörünün değerlendirildiği daha önce hazırlanan makalelerden (Ercal ve Aksu, 2000; Eren ve Pekşen, 2014; Pekşen, 2014; Eren ve Pekşen, 2016; Eren ve Pekşen, 2019) de faydalanılmıştır. Türlerin Türkçe bilimsel isimlendirilmesinde Sesli ve ark. (2020)'den, mantarların geçerli isimleri ve yazar isimlerinde ise URL-1'den faydalanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Dünyada mantar üretimi

Mantar ve trüf üretimi ile ilgili FAO'daki ilk veriler, 1961 yılına aittir ve toplam üretim miktarı 495127 ton olarak kayıtlara girilmiştir. 1974 yılında 1.01 milyon ton olan üretim, 1990 yılında 2.07 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 1990'lı yıllardan sonra hızla artan mantar ve trüf üretimi 2000 yılında 8.78 milyon tona, 2010 yılında

24.97 milyon tona ve 2022 yılında ise 48.33 milyon tona ulaşmıştır. Çin'in 2000 yılında mantar ve trüf üretimi 6.64 milyon ton, 2010 yılında 22.01 milyon ton ve 2022 yılında ise 45.43 milyon tondur (FAO, 2024) (Şekil 1). Rakamlar göstermektedir ki dünya mantar ve trüf üretimindeki büyüme (sürekli artış), Çin mantar ve trüf üretim miktarlarındaki artışla ilişkilidir.



Şekil 1. Dünya ve Çin mantar ve trüf üretim miktarları (FAO, 2024) (*Dünya ve Çin mantar ve trüf üretim miktarları arasındaki fark)

Dünya mantar ve trüf üretim miktarı ile Çin mantar ve trüf üretim miktarı arasındaki fark 2000 yılında 2136775 ton iken 2022 yılında 2897436 tondur. 2010-2022 tarihleri arasında dünya mantar ve trüf üretimi ile Çin mantar ve trüf üretimi arasındaki farkın benzer şekilde 2616795 ila 3055178 ton arasında değiştiği görülmektedir. Çin dışındaki ülkelerdeki toplam mantar ve trüf üretim değeri, 2012 yılında (fark 3491560 ton) zirveye ulaşmıştır. Ancak daha sonra bu üretimde düşüş yaşanarak üretimin durgunlaştığı, özellikle 2015-2022 yılları arasında stabil kaldığı görülmektedir (Şekil 1).

Kıtalarla göre son 10 yıldaki mantar ve trüf üretim miktarları incelendiğinde; Asya kıtası, mantar ve trüf

üretiminde birinci sırada yer almaktadır. Asya kıtasındaki mantar ve trüf üretiminin yıllara göre sürekli artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Mantar ve trüf üretiminde Asya kıtasından sonra Avrupa kıtası ikinci ve Amerika kıtası ise üçüncü sırada bulunmaktadır. 2022 verilerine göre Asya kıtasının dünya mantar ve trüf üretimindeki payı %96'dır. Asya kıtasındaki sürekli artış eğilimine karşılık, Amerika, Avrupa ve Avusturalya kıtasına ait üretim miktarlarının özellikle son 10 yıl içinde stabil (durgun) seyrettiği görülmektedir. Son 10 yılda Afrika kıtasındaki mantar ve trüf üretiminde de artış olduğu görülmektedir. Ancak bu artış oranı, diğer kıtalarla karşılaştırıldığında düşük miktarlardadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Son 10 yıla ait kıtaların mantar ve trüf üretim miktarları (ton) (FAO, 2024)

Yıllar	Asya	Avrupa	Amerika	Avusturalya	Afrika
2013	32428154.44	1252958.68	528312	52082.59	22465.13
2014	33457578.31	1271048.30	554157	61017.61	24506.68
2015	35510886.42	1363534.57	535536	43848.35	25905.91
2016	36729648.47	1307291.09	546636	51747.18	25356.81
2017	37875016.72	1318654.54	543613	47788.66	26058.62
2018	38661706.09	1234624.90	541615	52582.59	27598.08
2019	39830533.59	1278564.24	516074	49934.88	31681.75
2020	40884988.14	1459232.09	502889	50445.19	33868.03
2021	42085558.49	1526178.20	481616	43919.85	36585.95
2022	46419216.54	1367325.08	457690	51948.17	39816.30

Dünya mantar ve trüf üretiminde 2022 yılı verilerine göre en fazla üretime sahip 5 ülke sırasıyla Çin, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Hindistan ve Polonya'dır (FAO, 2024). Bu 5 ülkenin dünya mantar ve trüf üretimindeki katkı payları toplamı %96.75'tir. 2015 yılından günümüze FAO verileri incelendiğinde; mantar

ve trüf üretiminde ilk 10'a giren bu ülkelerden sadece Çin, Hindistan ve Rusya Federasyonu'nun yıllara göre mantar üretimlerinin sürekli artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Aynı şekilde, FAO verilerine göre, Türkiye'nin 2015 yılından 2022 yılına kadarki mantar ve trüf miktarları da sürekli artma eğilimindedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. En yüksek mantar ve trüf üretim miktarına sahip ilk 10 ülke ve Türkiye'nin yıllara göre mantar ve trüf üretim miktarları (ton) (FAO, 2024)

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022*	KO (%)
Çin	34771955	35978581	37130222	37901332	38984362	40008461	41118681	45438559	94.01
Japan	450000	460000	459000	467000	470000	472363	470929	469492	0.97
ABD	420853	427925	423360	416050	383960	370300	343820	318600	0.66
Hindistan	51000	76000	102021	134000	182000	211000	243000	280000	0.58
Polonya	268991	280348	291357	200160	234700	320000	378800	256800	0.53
Hollanda	310000	300000	300000	300000	270000	260000	260000	235000	0.49
İspanya	218795	148037	159018	166250	170160	166010	163800	167030	0.35
Kanada	114683	118711	120253	125565	132114	132589	137796	139090	0.29
Rusya	8660	9682	16088	30686	47951	86378	110977	128704	0.27
Fransa	101135	99914	86165	82980	87560	132150	123350	101800	0.21
Türkiye	39495	40272	40874	46144	49364	55455	61460	65636	0.14

*Ülkelerin sıralaması 2022 yılı verilerine göre yapılmıştır. KO: Katkı oranları

Çin, dünyanın en büyük mantar üreticisi, tüketicisi ve ihracatçısı olarak lider konumundadır. Çin'in küresel mantar ve trüf üretimindeki payı 1990 yılında %31.99 iken, bu oran 2000 yılında %75.66 ve 2022 yılında ise %94.01'e yükselmiştir (Çizelge 2). Çin, dünyanın yenilebilir mantar üretim sektöründe en hızlı büyüme oranına sahip ülkedir. 2023 yılında Çin'de yetiştirilen egzotik mantar tür sayısı ve üretimlerinin artmaya devam ettiği (UMDIS, 2024) ve bundan sonra da artmaya devam edeceği öngörülmektedir. Çin'de mantar sektörü; tahıl, sebze, meyve ve yağ bitkilerinden sonra 5. sırada yer almaktadır. Çin'de 60'dan fazla mantar türünün ticari yetiştiriciliği yapılmaktadır. Çin'de yenilebilir ve tıbbi türler de dahil olmak üzere geniş bir yelpazede mantar türleri, ileri tarım teknolojileri kullanılarak büyük ölçekli olarak üretilmektedir. Çin'de 2016 yılında 9414 mantar işletmesi bulunurken endüstrileşmiş mantar işletme oranı %7.15 olarak bildirilmiştir. Mantar işletme sayısı 2021 yılında 40610'a ve endüstrileşmiş mantar işletme oranı %10.32'ye yükselmiştir (Li ve Xu, 2022).

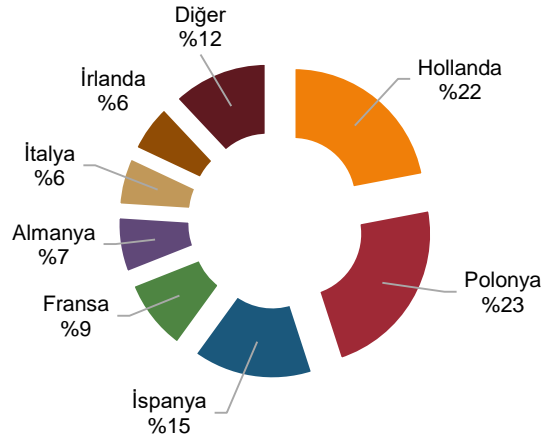
Çin'den sonra dünyanın ikinci büyük mantar üreticisi Japonya'dır ve Japonya'da 2010 yılından beri mantar üretimi yaklaşık 450-470 bin ton civarlarında gerçekleşmektedir (FAO, 2024). Dünyanın üçüncü büyük mantar üreticisi ise ABD'dir. ABD'de mantar ve trüf üretiminde 2018 yılından 2022 yılına kadarki süreçte mantar ve trüf üretim miktarında sürekli bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir (Çizelge 2).

2022-2023 sezonuna ait verilere göre Avrupa birliğindeki ülkelerin mantar üretimleri incelendiğinde; %23 ile Polonya birinci, %22 ile Hollanda ikinci ve %15 ile İspanya üçüncü sırada yer almaktadır (URL-2) (Şekil 2).

Polonya'nın Hollanda mantar yetiştirme teknolojisine ulaşımının kolay olması, Faz III üretimi uygulanması ve diğer Avrupa ülkelerine göre daha ucuz işgücüne sahip olması nedeniyle Avrupa'nın en büyük mantar üreticisi konumuna geldiği görülmektedir. Polonya, ürettiği mantarın %75'ini yurt dışına satmaktadır. Bu nedenle dünyanın ve dolayısıyla Avrupa'nın en büyük taze mantar ihracatçısı konumundadır. Avrupa'da, İngiltere ve Almanya başlıca ithalatçı ülkelerdir (De Cianni ve ark., 2023). Avrupa'nın en büyük mantar ihracatçıları olan Polonya ve Hollanda'da mantar tesisleri çoğunlukla modern ve teknik olarak gelişmiştir.

Türkiye'de mantar üretimi

FAO verilerine göre Türkiye, ilk defa mantar ve trüf üretiminde 2002 yılında 20 ülke arasına katılmıştır. 2022 yılı verilerine göre dünya mantar ve trüf üretiminde ise 16. sırada yer almaktadır. Türkiye'nin 2022 yılı verilerine göre mantar ve trüf üretim miktarı 65636 ton (FAO, 2024; TÜİK, 2024) (Çizelge 2) ve 2023 yılı verilerine göre mantar ve trüf üretim miktarı ise 71479 tondur (TÜİK, 2024).

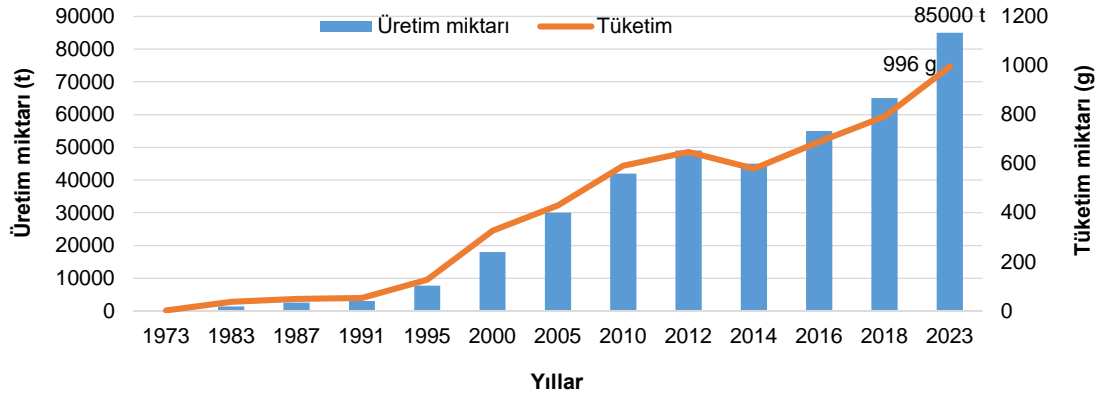


Şekil 2. Avrupa ülkelerinin 2022-2023 verilerine göre mantar üretimindeki payları (URL-2)

Türkiye mantar üretim miktarı incelendiğinde; TÜİK (2024) ve FAO (2024) verileri (Çizelge 2) ile satılan misel ve mantar işletmelerdeki kompost miktarları dikkate alınarak hesaplanan mantar üretim miktarları arasında ciddi farklar bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında yaptığımız hesaplamalara göre 2023 yılı sonu itibariyle trüf dışındaki toplam mantar üretim miktarımız 85000 tona ulaşmıştır (Şekil 3). Her iki kaynağa (Çizelge 2 ve Şekil 3)

göre de Türkiye mantar üretiminde özellikle son 20 yıl içerisinde ciddi bir artış meydana geldiği görülmektedir. Öngörüler bu artışın devam edeceği ve 2025 yılı sonu itibariyle toplam kültür mantarı üretiminin 100000 tona ulaşacağı yönündedir.

Türkiye’de en yüksek mantar üretim miktarına sahip ilk 10 ilin son 5 yıllık üretim miktarları Çizelge 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Yıllara göre Türkiye mantar üretim (ton) ve tüketim miktarları (g)

Çizelge 3. En yüksek mantar üretim miktarına sahip ilk 10 ilin son 5 yıllık üretim miktarları (ton) (TÜİK, 2024)

İller*	Yıllar				
	2019	2020	2021	2022	2023
Antalya	26314	33752	28490	25639	22835
Ankara	1754	1845	2706	9104	12352
İsparta	1506	812	4550	3255	8339
Afyonkarahisar	1306	1320	3510	6538	6530
Konya	5140	5612	5938	3148	3288
İstanbul	400	1136	1207	2398	2017
Hatay	60	-	712	1670	1903
Bursa	280	160	981	1046	1560
Adana	-	-	1264	1357	1519
Burdur	4956	2592	3105	1732	1358

*İllerin sıralaması 2023 yılı verilerine göre yapılmıştır.

Eren ve Pekşen (2019), mantar üretiminin yaygın olarak Akdeniz, Marmara ve Ege Bölgeleri'nde yapıldığı ve İç Anadolu Bölgesi'nde de yaygınlaşmaya başladığını bildirmişlerdir. 2023 yılı sonu itibarıyla mantar üretiminde Akdeniz Bölgesi'nden sonra İç Anadolu Bölgesi'nin ikinci sırada yer aldığı belirlenmiştir. Türkiye'de en yüksek mantar üretimine sahip ilimiz Antalya'dır. Antalya ilini, 2023 yılı verilerine göre Ankara ve Isparta illeri takip etmektedir (TÜİK, 2024). Antalya ilinde 2020 yılından sonra, Konya ve Burdur illerinde ise 2021 yılından sonra mantar üretim miktarında azalma olduğu görülmektedir. Buna karşılık Ankara, Afyonkarahisar ve özellikle Isparta illerinde mantar üretim miktarında çok ciddi bir artış meydana gelmiştir (Çizelge 3).

Türkiye mantar sektörü 1980'li yıllardan günümüze yapısal, teknolojik ve üretim tekniği açısından ciddi bir değişim ve gelişim göstermiştir. Türkiye'de mantar sektöründeki en önemli gelişme, işletme büyüklüklerinin artması ve işletmelerdeki iklimlendirme ve otomasyon sisteminin kullanımının yaygınlaşmasıdır. Üretim odalarının fiziksel alt yapılarının iyileştirilerek iklimlendirme sistemlerinin yıl boyu üretime uygun hale

getirildiği üretim tesislerinin kurulması hem yüksek verim hem de kaliteli üretim imkânı sağlamaktadır. Üretim alanına göre ülkemizde orta ve büyük işletmelerin sayıları her yıl artmaya devam etmektedir. Türkiye'de 2014 yılında büyük işletmelerin (2000 m²'den büyük) toplam üretimdeki payı %15-20 (Eren ve Pekşen, 2016) ve 2018 yılında %30-35 (Eren ve Pekşen, 2019) iken 2023 yılı sonu itibarıyla bu pay %40-45 seviyesine yükselmiştir (Çizelge 4). Tesislerin oda sayısı ve kapasitelerinin artması rekabet güçlerinin artmasını sağlamaktadır. Küçük aile işletmelerindeki iklimlendirme ve otomasyon sistemlerindeki eksiklik verimin düşmesi, hastalık ve zararlı sorununun artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle işletmelerin orta ve büyük işletmeler halinde kurulması iklimlendirme ve otomasyon sistemlerinin de yaygın kullanılması anlamına gelmektedir. Mekanizasyona imkân tanınması, nakliyesinin kolay olması, birim alana daha fazla kompost yerleşimine olanak sağlaması, örtü toprağı serim kolaylığı gibi nedenlerden dolayı son yıllarda işletmelerde yaygın olarak blok pres kullanımının tercih edildiği ve kullanım oranının yaklaşık %90 seviyelerine ulaştığı görülmektedir (Eren ve ark., 2021).

Çizelge 4. Türkiye'de işletmelerin toplam mantar üretimindeki payları

Üretim alanı (m ²)	Toplam üretimdeki payı (%)			
	2005	2014	2018	2023
0-500 m ²	75-80	55-60	40-45	30-35
500-2000 m ²	10-15	20-25	25-30	35-40
2000 m ² <	5-10	15-20	30-35	40-45

Dünyada ve Türkiye'de mantar üretiminin cinslere göre dağılımı

Mantar üretimi ile ilgili dünyada ve Türkiye'de resmi kaynaklara dayalı güncel veri bulmak zordur. Bu zorluğun dışında verilerin mantar ve trüf üretim miktarları olarak toplu verilmesi, farklı mantar türlerinin üretim miktarları konusunda doğru verilere ulaşılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle bu bölümde dünyada mantar üretiminin cinslere göre dağılımını ortaya koyarken başlıca mantar üreten ülkelerin veri tabanları veya mevcut araştırma makalelerinden yararlanılmıştır.

Son yıllarda özellikle Japonya, Güney Kore, Tayvan, Çin gibi Doğu Asya ülkelerinde *Lentinula*, *Pleurotus*, *Auricularia* ve *Flammulina* cinslerinin üretiminde çok büyük artış gerçekleştiği ve bu mantarların toplam dünya mantar üretimindeki paylarının arttığı görülmektedir. Bu mantar cinslerindeki artış, 2010 yılında küresel mantar üretiminde en büyük paya sahip olan (Singh ve ark., 2017) *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach (kültür mantarı, beyaz şapkalı mantar) türünün payının sürekli gerilemesine neden olmuştur. Farklı kaynaklardan alınan verilere göre; 2018-2019'da tahmini dünya mantar üretimi 43 milyon ton olup, üretimin türlere

göre dağılımı %26 *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (şitâke, shiitake), %21 *Auricularia* türleri (kulak mantarları), %16 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. (istiridye mantarı), %11 *A. bisporus* (kültür mantarı, beyaz şapkalı mantar), %7 *Flammulina velutipes* Curtis) Sing. (tüylü bacak, enoki), %5 *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel. (çakşır mantarı, kral istiridye), %1 *Volvariella volvacea* (Bull.) Sing. (yumurta mantarı, çeltik samanı mantarı) ve %13 diğerleri şeklindedir (Singh ve ark., 2020).

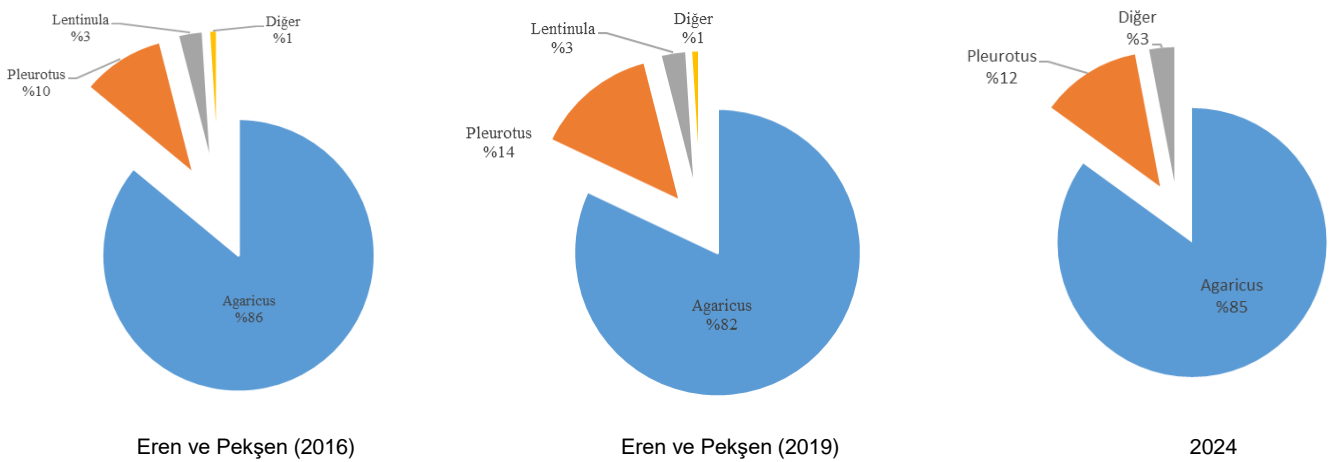
Çin'de 2018 yılı verilerine göre en fazla yetiştirilen tür 10.43 milyon ton (%27.5) üretim ile *L. edodes* türüdür. Çin'de 2018 yılında 8.6 milyon ton (%22.8) *Auricularia* türleri, 6.4 milyon ton (%22.2) *P. ostreatus*, 2.5 milyon ton (%6.8) *Flammulina* türleri ve 2.4 milyon ton (%6.6) *A. bisporus* üretimi gerçekleşmiştir. Diğer türlerin payı %14.2'dir (Singh ve ark., 2020). Çin'de enoki gibi türler, en son modern teknolojinin kullanıldığı çiftçilik sistemlerinde yetiştirilmektedir. Çin'de dünyanın en büyük enoki mantarı yetiştirme endüstrisi olarak kabul edilen Gaorong Biotechnology Company (Changchun, Jilin, Northeast China) gibi firmalar bulunmaktadır (Li ve Xu, 2022). Ayrıca, son yıllarda Çin'de *Morchella* ve *Cordyceps* türleri gibi bugüne kadar ekonomik olarak

önemli, ancak yetiştirilmesi zor olan birçok tür de yetiştirilmeye başlanmıştır (Liu ve ark., 2018; Li ve ark., 2019; Liu ve ark., 2023).

2019 yılı verilerine göre Japonya'da farklı mantar cinslerinin üretimdeki payları sırasıyla *Flammulina* (%28.4), *Hypsizygus* (%26.1), *Lentinula* (%19.4), *Grifola* (%11.3), *Pleurotus* (%8.3), *Pholita* (%5.1) ve diğer (%1.4) olarak sıralanmaktadır. 2019-2020 yılı verilerine göre ABD'de farklı mantar türlerinin üretimdeki payları ise sırasıyla *A. bisporus* (%97.55), *Pleurotus* türleri (%1.04), *L. edodes* (%0.86) ve diğer (%0.55) olarak gerçekleşmiştir. Hindistan'daki türlerin dağılımı ise %70 *A. bisporus*, %17 *Pleurotus* türleri, %9 *V. volvacea*, %3 *Calocybe indica* Purkay & A. Chandra (sütlü mantar, süt beyazı mantar) ve %1 diğer mantarlardır (Singh ve ark., 2020). Toplam Avrupa mantar üretiminin %94'ü *Agaricus* cinsine ve %6'sı ise egzotik türlere (*P. ostreatus*, *L. edodes*, *P. eryngii* ve *Lepista nuda* (Bull.) Cooke (mavi cincile) gibi türlere) aittir. Bu türler içinde *L. nuda*, *Agaricus* kompostunda ve mağaralarda yaklaşık 250 ton olarak üretilmektedir.

Türkiye'de yaklaşık 2010 yılına kadar *A. bisporus*, ticari olarak kültürü yapılan tek türdür. Aslında farklı mantar türlerinin yetiştiriciliğine yönelik akademik çalışmalar yapılmasına rağmen, 2010 yılından sonra *P.*

ostreatus (istiridy mantarı) türünün ticari yetiştiriciliğinin yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Türkiye'de ticari olarak yetiştirilen başlıca türler *Agaricus* ve *Pleurotus* cinslerine aittir. İstiridy üretiminin Türkiye mantar üretimindeki payı, 2016 yılında %10 (Eren ve Pekşen, 2016), 2018 yılı sonunda ise %14 olarak bildirilmiştir (Eren ve Pekşen, 2019). İstiridy mantarı üretiminin Türkiye mantar üretimindeki payı 2015-2020 yılları arasında ciddi oranda artış göstermiştir. Ancak 2020 yılı itibarı ile istiridy mantarı üretiminin hastalık ve zararlılara karşı yeterli çözüm ve mücadele yöntemlerinin uygulanamaması, verimin düşük olması, spor yoğunluğundan kaynaklanan sorunlar ve pazarlama problemleri gibi nedenlerden dolayı azaldığı görülmektedir. İstiridy mantarının üretimdeki payı 2023 yılında %8 oranına kadar gerilemiştir. 2024 yılı itibarıyla istiridy mantar üretimine yönelik büyük işletmelerin devreye girmesi ile istiridy mantarının toplam mantar üretimindeki payı tekrar yükselerek %12 seviyelerine ulaşmıştır (Şekil 4). *Agaricus* cinsi kapsamında ülkemizde beyaz şapkallı mantar yanında, son yıllarda kestane mantarı üretiminde de artış söz konusudur. Talebe bağlı bu artış ile kestane mantarının *Agaricus* cinsi içindeki payı %8'lere ulaşmıştır.



Şekil 4. Yıllara göre Türkiye'de mantar üretiminin cinslere göre dağılımı

Dünyada ve Türkiye'de mantar tüketimi

Mantarlar, çeşitli besinsel ve sağlıksal faydalarının yanında lezzet ve tatları ile çok uzun süredir birçok ulus tarafından tüketilmektedirler (Pekşen, 2013). Mantarlar; protein, ham lif, vitamin, karbonhidrat ve mineraller açısından oldukça zengin, buna karşılık yağ ve kalori içeriği düşük besinlerdir. Minerallerce zengin mantarlar, özellikle birçok gıdada eksik olan selenyumun önemli bir kaynağıdır (Prange ve ark., 2019). Mantarların protein miktarları kuru ağırlıkta %12-35'tir (Thakur, 2020). Mantar

proteinleri; genellikle diyet gereksinimlerini karşılayabilen, hayvansal ve bitkisel kaynaklara kıyasla belirli ekonomik avantajları olan eksiksiz bir temel amino asit profiline sahiptir (González ve ark., 2020). Sebzelerde ve baklagillerde normalde eksik olan lizin, triptofan ve metionin gibi temel amino asitleri içerir ve mantar proteininin sindirilebilirliği mükemmeldir (Thakur, 2020). Yüksek protein içerikleri ve gerekli tüm amino asitleri sağlamaları nedeniyle vejetaryen ve vegan diyetler için tavsiye edilmektedir (Thakur, 2014; Krishnamoorthi ve

ark., 2022). Sağlıklı yaşam tarzının, vegan ve vejetaryen beslenmenin yaygınlaşması ve organik ürünlere olan ilginin artmasıyla birlikte mantar tüketiminin dünya genelinde giderek arttığı söylenebilir. Son çalışmalar, D vitamininin bağışıklığı güçlendirdiğini ve aşırı aktif bağışıklık tepkilerini önlediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle D vitamini için tek vejetaryen diyet kaynağı olan mantarların gelecekteki diyet takviyelerinde hayati bir rol oynayacağı öngörülmektedir (Shirur ve ark., 2021). Ayrıca mantarlarda bulunan çok sayıda biyoaktif bileşiğin insan sağlığı üzerinde yararlı etkileri vardır (Łysakowska ve ark., 2023).

Mantar tüketimi; ülkelerdeki mantar tüketim alışkanlıkları ve mantar üretim miktarlarına göre büyük değişiklik göstermektedir. Çin'de yıllık mantar tüketim miktarı kişi başına yaklaşık 2013 yılında 23.29 kg iken 2021 yılında 63.82 kg'a yükselmiştir (Li ve Xu, 2022). ABD'de tüketim kişi başına yılda yaklaşık 1.3 kg ve İran'da ise 1.2 kg'dır (Singh ve ark., 2020). Rusya'da yetiştirilen mantarların yıllık kişi başına tüketimi yaklaşık 1 kg'dır (Devochkina ve ark., 2018). Avustralya'da kişi başına düşen yıllık mantar tüketimi 1974 yılında 0.6 kg iken günümüzde 3.0 kg'ın üzerine çıkmıştır (Singh ve ark., 2020). Avrupa'da kişi başına düşen yıllık mantar tüketimi İngiltere'de 3-4 kg, Polonya'da 2.2 kg, Hollanda'da 1.8 kg, Almanya'da 1.6 kg ve Macaristan'da 1.5-1.6 kg'dır. Avrupa'da ortalama mantar tüketimi kişi başına yıllık yaklaşık 3 kg'dır (URL-2). Royse ve ark. (2017), dünya kişi başına düşen mantar tüketiminin 1997 yılında 1 kg'dan 2013 yılında 4.7 kg'a yükseldiğini bildirmişlerdir.

Türkiye'de kültür mantarı üretimine 1970'li yıllarda başlanılmıştır, dolayısıyla kültür mantarı tüketim alışkanlığı çok eskilere dayanmamaktadır. Kültür mantarlarının doğa mantarlarına göre zehirsiz olmaları ve korkusuzca tüketilebilmeleri, her mevsim bulunabilmesi, besin değerinin anlaşılması ve en önemlisi mantar üretimindeki artışa bağlı olarak tüketim miktarlarında da artış meydana gelmiştir. 2000'li yıllarda 327.3 g olan tüketim miktarı, 2023 verilerine göre 996 g'a yükselmiştir (Şekil 2). Dünya mantar tüketim miktarları ile karşılaştırıldığında bu değer oldukça düşüktür.

Mantar yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlik

Mantar üretiminde hammadde kalitesi ve bulunabilirliğinin azalması, hammadde fiyatlarının artması, torf kullanımı, enerji maliyetleri, pestisit kullanımı ve açığa çıkan atıklar ciddi endişeler yaratmaktadır. Mantarlara olan küresel talep artmaya devam ettikçe mantar tesislerinin üretkenliğini, sürdürülebilirliğini ve verimliliğini artırabilecek yenilikçi yaklaşımları araştırmaya olan ihtiyaç giderek artmaktadır (Rukhiran ve ark., 2023). Bu bölümde mantar yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği ve sorunların giderilmesindeki yeni yaklaşımlar üzerinde durulmuştur.

Farklı mantar türlerinin üretiminde kullanılan yetiştirme ortamları çok büyük çeşitlilik göstermektedir. Talaş, tahıl sap ve samanı, mısır koçanı ve mısır sapı, pamuk atıkları, Hindistan cevizi lifi, muz yaprakları, şeker kamışı posası, şeker kamışı yaprakları, kahve atıkları, çay atıkları, fındık zurufu, pirinç kepeği ve buğday kepeği gibi birçok atık farklı mantar türlerinin yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Bu yönü ile mantar yetiştiriciliği tarımsal atıkların geriye dönüşümünü sağlayarak çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunan bir sektördür. Mantar yetiştiriciliğinde yetiştirme substratının bulunabilirliğinin sınırlı olması, yerel mantar üretimini engeller. Bu sorunla başa çıkmanın yolu potansiyel yeni substratların kullanımınıdır. Bu nedenle ülkelere ve bölgelere göre farklı tarımsal atıkların mantar yetiştiriciliğinde kullanımına yönelik birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam edilecektir.

Mantar yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlikle ilgili sorunlardan biri de özellikle yetiştiricilik sırasında örtü toprağı kullanımı gereken *A. bisporus* gibi türler için örtü toprağıdır. Örtü toprağı olarak en yaygın kullanılan materyal torftur (Gülser ve Pekşen, 2003; Eren ve Boztok, 2013). Mantar yetiştiriciliğinin artmasına bağlı olarak torf ihtiyacının artması, sulak alanların hızla tükenmesi, torf eldesi sırasında doğanın tahribatı, torf yataklarının kalitesindeki azalma, istenilen miktarda bulunamaması ve maliyetinin yüksek olması gibi sorunlar örtü toprağı olarak torfa alternatif materyal ve karışımların araştırılmasına yönelik çalışmalara hız verilmesini gerekli kılmaktadır (Duran ve ark., 2023). Genel olarak torfa alternatif ürünlerin kullanımının artması; torf arazilerinin sömürülmesi ve kaynak kullanımıyla ilgili olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasında ciddi bir potansiyele sahiptir (Goglio ve ark., 2024). Torfla ilgili sorunlar nedeniyle İngiltere'de 2024'ten itibaren torfun perakende satışının yasaklanacağı belirtilmektedir. Alman hükümeti, iklim koruma programında mantar yetiştiriciliği de dahil olmak üzere bahçecilik sektörünün 2030 yılına kadar torfsuz hale gelmesi gerektiğini şart koşmuştur. Bu, mantar yetiştiricileri de dahil olmak üzere torfun kullanıldığı diğer tarımsal üretimler için büyük bir zorluk teşkil etmektedir (URL-3). Başlıca torf tedarikçileri olan İngiltere, İrlanda ve Almanya'nın torf çıkarımını aşamalı olarak sonlandırmayı düşünmesi mantar sektörünün geleceğe hazır olması için sürdürülebilir alternatiflere ihtiyacı olduğunu göstermektedir. *A. bisporus* üretiminde perlit, pomza, talaş, çay atığı, kompostlanmış asma sürgünleri, kâğıt atıkları ve kâğıt kompostu, Hindistan cevizi lifi, vermikompost, biyogaz atığı, fermente mısır silajı, topraksız tarımda kullanıldıktan sonra açığa çıkan Hindistan cevizi lifi ve gül posası kompostu gibi materyallerin örtü toprağı olarak kullanım durumu araştırılmıştır. Yerel malzemelerden alternatif bir örtü

toprağının geliştirilmesi potansiyel olarak maliyet tasarrufu sağlayacak, nakliye gecikmelerini önleyecek ve mantar endüstrisinin sürdürülebilirliğini artıracaktır. Ancak Hindistan cevizi lifi, yeşil kompost, atık kâğıt veya kullanılmış torf ürünlerinin geri dönüştürülmesi (örneğin, örtü toprağı) mantar yetiştiricileri için henüz istenen başarıyı getirmemiştir. Torfa alternatif atıklar arasında en yaygın kullanılan atık mantar kompostudur. Örtü toprağı olarak atık mantar kompostunun kullanılması üretim maliyetini ve çevre kirliliğini azaltabilir. Taze atık mantar kompostunun tuz içeriğinin yüksek olması doğrudan kullanımını engellemektedir (Pekşen ve Yamaç, 2016). Bu konuya çözüm alternatiflerinin aranması gerekmektedir. Kompostlaştırılmış asma budama atıkları ve kâğıt ve karton atıklarının örtü materyali olarak kullanımında yeşil küf miktarının oluşum riski artabilmektedir (Pardo ve ark., 2003). Bu nedenle örtü materyallerinin verim ve kalite üzerine etkileri yanında hastalık oluşumu üzerine etkileri de bilinmelidir. Bu konuda yapılmış çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Polat ve Önel (2021) perlit ortamına katı, sıvı ve sıvı+katı formda karıştırılan vermikompostun mantar verimine ve örtü toprağı kaynaklı hastalık ve zararlı yönetimine çözüm olabileceğini bildirmişlerdir. Bu nedenle sonuçlarla ilgili Türk Patent Enstitüsüne (26/06/2019 tarih ve 2019/09514 sayı) başvuruda bulunulmuştur. Torfa alternatif örtü toprağı materyaline yönelik çalışmalarda mantar verimine, kalitesine ve hastalık oluşumuna etkilerine yönelik gelecekte detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Enerji ve kaynakların optimum ve verimli kullanımı sürdürülebilir tarım için temel koşuldur. Ülkemizde mantar üreticileri için enerji maliyetleri büyük bir sorun teşkil etmektedir. Girdi ve enerji maliyetlerinin yüksek olması, kompost üretim maliyeti ve satış fiyatlarının da yüksek olmasına neden olmaktadır. Ayrıca enerji kullanımı ile sera gazı emisyonları arasında sıkı bir ilişki vardır ve girdi kullanımına bağlı çevresel ayak izlerini azaltmak için tarım sektöründe enerji kullanımını yönetmek gerekmektedir (Nabavi-Pelesaraei ve ark., 2023). Fosil yakıtlardan elde edilen enerjiyi, güneş enerjisi gibi daha temiz, yenilenebilir alternatiflerle değiştirerek daha çevre dostu ve ekonomik olması sağlanabilir. Mantar yetiştiriciliğinde güneş panelleri gibi yenilenebilir enerjiden yararlanılarak hem enerji maliyetini hem de karbon emisyonunu azaltmak mümkündür (El Kolaly ve ark., 2020; Rukhiran ve ark., 2023). Ülkemizde de güneş enerji sistemini kullanmaya başlayan mantar tesisleri bulunmaktadır. Ancak yenilenebilir enerjinin kullanıldığı işletme sayılarının artırılması, bunun için de devlet destekli projelendirme sayısının artırılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının

kullanımının yaygınlaştırılması hem maliyetler hem de çevre açısından önemli avantajlar sağlayacaktır.

COVID-19 salgını, insanların daha sağlıklı yiyecekleri tercih etmeleri ve besin takviyelerini diyetlerine katmalarına neden olmuştur. Birçok araştırma, mantarların çeşitli rahatsızlıkları önlemek veya tedavi etmek için olağanüstü özelliklere sahip bileşenleri kapsadığını kanıtlamıştır. İklim değişikliği, arazi kıtlığı ve kötü tarım uygulamaları açlık sorununu daha da artırmaktadır. Mantar özellikle gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde sağlık ve beslenme sorunlarının giderilmesinde iyi bir çözüm olabilir. Ancak insanların çoğu mantarın besin ve farmasötik yönlerinden habersizdir. Bu nedenle bağışıklığı güçlendirmek için mantarların düzenli tüketimi konusunda toplumda farkındalığın artırılması, besin ve tıbbi yönleri konusunda bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Mantarın tanınırlığının artması mutfak sektöründe önemli bir talep artışına neden olmaktadır. Bunun için yenilebilir mantarlar konusunda toplumun farkındalığının eğitim yoluyla artırılması sağlanmalıdır. Ayrıca yenilebilir mantarlardan besleyici sağlık ürünleri, atıştırmalıklar, yiyecekler ve içecekler gibi ürün geliştirilmesi tüketimi artıracaktır. Katma değerli ürün geliştirmeye yönelik araştırma çalışmalarına ağırlık verilmesi gereklidir. Mantarın taze tüketimi yanında konserve, salamura vb. birçok farklı yan ürün olarak da değeri gün geçtikçe artmaktadır. Mantarlar sağlıklı gıda bileşenleri ve/veya diyet takviyeleri sağlamada da rol oynarlar. Birçok çalışma mantarların gıda katkı maddesi olarak kullanıldığını bildirmektedir (Bulam ve ark., 2019). Ancak bu konularla ilgili kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Mantarların besin ve biyoaktif madde içerikleri türe, ırka, kompost içeriğine, hasat sonrası işlemlere göre ciddi şekilde değişkenlik gösterir. Bu durum özellikle mantar ürünlerinin klinik, tıbbi, nutrasötik gibi hassas uygulamalar için kullanıldığında ciddi bir endişe oluşturabilir. Verim ve besin kalitesi açısından maksimum çıktı için ideal koşulları belirleyen optimize edilmiş ve standartlaştırılmış bir üretim protokolü sağlanmalıdır. İlk paketten son pakete kadar her partide aynı kalitenin korunması için kalite yönetimi gereklidir. Pazar standartlarının karşılanması için kalite kontrolü çok önemlidir. Temiz ürün yani kimyasal kalıntısı olmayan ürün yetiştirilmelidir. Bu anlamda özellikle Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktası (HACCP) ve Euro-Perakendeci Ürünleri Çalışma Grubu-İyi Tarım Uygulamaları (EUREPGAP) sertifikalı ürün yetiştiriciliği teşvik edilmelidir.

Mantar veriminin artırılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için önemli konulardan biri de yüksek verim, kalite, hastalıklara dayanıklı (böylece pestisitlerin sınırlı kullanımı), abiyotik strese dayanıklı (böylece enerji tüketiminin azaltılması) ve fonksiyonel gıdaların veya

besin değerleri bakımından üstün çeşitlerin eldesine yönelik ıslah çalışmalarının yapılmasıdır. Türkiye’de mantar tohumluk çeşitlerinin tesciline olanak sağlayan mevzuat, 2019 yılında Tohum ve Sertifikasyon kuruluşu tarafından oluşturulmuştur (Eren ve Pekşen, 2019). Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsünde geliştirilen *P. ostreatus* türüne ait "Yaprak 77" ve *P. eryngii* türüne ait "Soylu 77" 2022 yılında tescil edilmiştir (Soylu ve ark., 2023). Yine *P. eryngii* türüne ait "Karbeyaz 100" çeşidinin de 2024 yılında tescilli gerçekleştirilmiştir (URL-4). Aynı enstitüde, Güney Kore ile iş birliği çerçevesinde ortak geliştirilen *P. ferulae* türüne ait "Brother Stone" çeşidinin tescil çalışmaları da devam etmektedir (Soylu ve ark., 2023). Ayrıca Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü liderliğinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi ve Çukurova Üniversitesi iş birliği ile "Enoki (*Flammulina velutipes*) Mantarının Şişe Kültürü Yetiştirme Tekniklerine Uygun Yerli Çeşit Islahı" isimli TÜBİTAK 1001 projesi yürütülmektedir. Projede yabancı ve ticari çeşitlerin kullanıldığı melezleme programlarıyla daha kısa sürede şişe kültürüne uygun ticari beyaz enoki mantar çeşit/çeşitlerinin geliştirmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Her ne kadar Türkiye’de çeşit geliştirmeye yönelik bu çalışmalar yapılıyor olsa da yeterli düzeyde değildir. Ülkemize özgü yerli çeşitlerin geliştirilmesi ve tohumluk misel üretiminin artırılması büyük önem taşımaktadır.

Mantar yetiştiriciliğinde üretim aşamalarında karşılaşılan hastalık ve zararlılar hem verim hem de kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de en yaygın hastalıklardan biri yeşil küftür. Yeşil küf, *Trichoderma* türleri ve zayıf patojeniteye sahip diğer yeşil küfler olan *Penicillium* ve *Aspergillus* tarafından oluşabilir. Yeşil küf; *A. bisporus* yanında *Pleurotus* türleri, *L. edodes* ve *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. (reysi, reishi ve lingzhi) gibi ticari olarak yetiştirilen mantarlarda da büyük ekonomik zararlara yol açabilmektedir (Šašić Zorić ve ark., 2023). Macaristan’da 2015 yılında yeşil küf, *A. bisporus* mantarı yetiştiriciliğinde ciddi ürün kayıplarına neden olmuştur (Hatvani ve ark., 2017). Eren ve Pekşen (2016), 2014 yılında 49 bin ton olan mantar üretim miktarının yeşil küf nedeniyle 2016 yılında 45 bin tona düştüğünü bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada sciarid sinekleri [*Lycoriella ingenua* (Dufour) (Sciaridae)] ile yeşil küf (*Trichoderma aggressivum* Samuels & W. Gams) arasında ilişki bulunmuş ve sineklerin kontrol edilmesinin yeşil küf yayılmasını engellemede etkili olduğu belirtilmiştir (Coles ve ark., 2021). Türkiye’de yeşil küf dışında *A. bisporus* yetiştiriciliğinde en sık karşılaşılan fungal hastalık etmenleri örümcek ağı hastalığı [*Cladobotryum dendroides* (Bull.) W. Gams & Hooz (syn. *Dactylium dendroides* (Bull.) Fr.)], yaş kabarcık hastalığı (*Mycogone perniciosus* Magnus ex Delacr.), kuru kabarcık

hastalığı (*Verticillium fungicola* (Preuss) Hassebr.) ve yalancı domalan hastalığı [(*Diehlomyces microsporus* (Diehl & EB Lamb.) Gilkey (syn. *Pseudobalsamia microspora* Diehl & EB Lamb.)]’dir. İşletmelerde en sık görülen bakteriyel hastalık ise *Pseudomonas tolaasii* Paine etmeninin neden olduğu kahverengi bakteriyel leke hastalığıdır. Ciddi sorun oluşturan zararlılar ise sciarid, cecid ve phorid gibi mantar sinekleri, akarlar ve nematodlardır. Hastalık ve zararlılarla mücadelede ruhsatsız ilaç kullanımı ile kimyasal ilaçların bilinçsiz kullanımından kaynaklı sorunlar hem verim ve kalite hem de insan ve çevre sağlığı için tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle hastalık ve zararlıları en aza indirmek için öncelikle işletmelerde hijyen tedbirlerin alınması, pastörizasyon ve oda dezenfeksiyonunun uygun yapılması gerekmektedir. Son yıllarda işletmeler, hastalık ve zararlı mücadelesinde biyolojik preparat kullanımını tercih etmektedirler. Biyolojik mücadele preparatlarının bir kısmı kültür mantarına ruhsatlandırılmıştır. Ancak hastalık ve zararlılara karşı mücadelede biyolojik preparatlar geliştirilmesine yönelik çalışmalara öncelik ve destek verilmesi gerekmektedir. Mantar yetiştirme sürecinin başlangıcından itibaren işletmelerde düzenli olarak tarama yapılması, hastalık ve zararlıların erken teşhisi çok önemli bir husustur. Albayrak ve ark. (2024), *A. bisporus* üretiminde ciddi zarara neden olan hastalıkların erken teşhisi ve yönetimi amacıyla görüntü tabanlı veri seti oluşturulmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Hastalık ve zararlılarla mücadelede mantar üretim odalarında hastalığın erken fark edilmesi, hastalığa sebep olan etmenin zamanında ve doğru teşhis edilmesi, uygun mücadele yöntemlerinin uygulanması verim ve kalite kayıplarının azalması için gereklidir.

Egzotik türlerin yetiştiriciliğinde üretim sırasında karşılaşılan sorunlardan biri de sporlardır. Sporlar, üreticiler için sağlık sorunlarına, mantarlar üzerinde birikerek mantarların ticari değerinin azalmasına ve tesislerde kirliliğe yol açarak büyük sorun oluşturabilmektedirler. Nishida ve Yatera (2022), spor soluyan mantar üreticilerinin %3.5-29.0’unda astım ve aşırı duyarlılık pnömonisi gibi ciddi solunum bozuklukları meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bu sorunların giderilmesi amacıyla *P. ostreatus* (Baars ve Heslen, 2008; URL-5) ve *L. edodes* (Joung ve ark., 2021; Kim ve ark., 2023) gibi türlerde sporsuz çeşitler geliştirilmiştir ve geliştirilmeye de devam edilmelidir.

Dünya çapında mantar endüstrisinde, geleneksel torba veya blok yetiştirme yöntemleri hala yaygındır. Mantar yetiştiriciliği sırasında plastik torbalar ve blok kaplamalar tek kullanımlıdır. Egzotik türlerde torba yetiştiriciliğinden sonra açığa çıkan ısıya dayanıklı torbalar ve *Agaricus* yetiştiriciliğinden sonra açığa çıkan polietilen torbalar önemli bir atık sorunu oluşturmaktadır.

Ayrıca, atık mantar kompostunun kullanımı sırasında plastik film atıkları ciddi sorun teşkil etmektedir. Okuda (2022) mantar türlerini yetiştirmek için yılda yaklaşık 1 milyon ton polipropilen ve yüksek yoğunluklu polietilenden (HDPE) yapılan torba kullanıldığını ve bunların ciddi çevre kirliliğine yol açtığını bildirmiştir. Avustralya'da Queensland Üniversitesi Australian Institute for Bioengineering and Nanotechnology bölümünde bir araştırmacı olan Dr. Nasim Amiralian liderliğindeki araştırma grubu, Queensland'daki Scenic Rim Mushrooms ile iş birliği içinde başlattığı proje kapsamında mantar yetiştiriciliği için biyobozunur plastik poşet geliştirmektedir. Amaç mantar endüstrisinde giderek artan bir sorun haline gelen plastik atık miktarını azaltmaktır (URL-6). Ülkemizde de buna yönelik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Mantarların hasat sonrası kaliteleri ve kısa raf ömürleri, ekonomik değerini sınırlayan bir dezavantajdır. Mantarların oda sıcaklığında (20-25°C) raf ömrü genellikle 1-3 gündür, bu da özellikle hasat sonrası dağıtımda ciddi bir sorundur ve endüstriyel ekonomik kayıplara yol açar (Zhang ve ark., 2018). Dünya nüfusunun ve gıdaya olan talebin artması ve sınırlı doğal kaynaklar gıda israfının önlenmesini zorunlu kılmaktadır. Mantarlarda mikrobiyal saldırılara veya mekanik hasara direnecek kütikül eksikliği, diğer sebzelerle karşılaştırıldığında çok daha kısa raf ömrüne neden olmaktadır (Khan ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2018). Mantarların raf ömrünü uzatmak için giderek artan çeşitlilikte işleme veya koruma teknikleri geliştirilmektedir. Düşük sıcaklıkta depolama, kurutma, ışınlama, antimikrobiyal ve anti-kahverengileştirici maddelerle yıkama, kaplama, ozon ve paketleme gibi yöntemlerle mantar kalitesi korunarak muhafaza süresinin artırılmasına çalışılmaktadır (Abdelshafy ve ark., 2023; Guo ve ark., 2023; Guo ve ark., 2024). Kurutma ve dondurma dahil olmak üzere ısı işlemler en popüler işleme yöntemleridir. Aljinat, kitosan, jelatin ve bitki proteinleri gibi yenilebilir kaplamalar, özellikle yenilebilirlikleri ve sürdürülebilirlikleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Cao ve ark., 2024). Çavuşoğlu ve ark. (2021) sakız, agar, sodyum aljinat, yumurta akı proteini ve lesitin kaplama ile *A. bisporus* mantarının kalitesi ve depolama ömrünün korunmasına yönelik çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, bu yenilebilir kaplamaların uzun süreli depolamada *A. bisporus* mantarının kalitesini korumak için ticari uygulamalarda yeni kaplamalar olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar modifiye atmosfer ambalaj (MAP), aktif ambalaj (ACP), biyolojik olarak parçalanabilir film ambalaj (BFP) ve nanokompozit ambalaj (NCP) kullanarak mantarların yumuşamasının, kahverengileşmesinin, besin ve lezzet kaybının etkili bir

şekilde kontrol edilebileceğini göstermiştir (Feng ve ark., 2023). Mantarların korunmasında sürdürülebilir ambalajların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Birçok ülke gıda ambalajlarının sürdürülebilir üretimini teşvik etmek ve böylece çevresel etkilerini azaltmaya yardımcı olmak üzere yasal düzenlemeler yapmaktadır (Castellanos-Reyes ve ark., 2021). Yenilebilir mantarların hasat sonrası kalitesini korumak ve muhafazasını sağlamak amacıyla güvenli, çevre dostu ve etkili teknikler geliştirmesi mantar sektörünün sürdürülebilir gelişimine katkıda bulunacaktır.

Mantar endüstrisindeki en büyük sorunlardan biri de atık mantar substratının/kompostunun bertaraf edilmesidir. Bir kg mantar üretimi için yaklaşık 5 kg atık mantar substratı üretilmektedir (Lau ve ark., 2003). Dünya mantar üretimi 48.33 milyon ton olduğuna göre dünyada açığa çıkan atık mantar substratı miktarı yaklaşık 241.65 milyon tondur. Türkiye'de 2023 yılı verilerine göre bu değer 425 bin ton civarındadır. Mantar üretimindeki artış bu atık miktarlarının daha da artması anlamına gelmektedir. Atık mantar substratlarının yakma, gömme ve depolama gibi mevcut yöntemlerle imhası önemli çevresel riskler oluşturmakta ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Çevresel riskler arasında su kaynaklarının kirlenmesi, ötrofikasyon ve hava kirliliği yer almaktadır (Gong ve ark., 2019; Lam ve ark., 2019; Mahari ve ark., 2020). Bu nedenlerden dolayı atık mantar substratının acil olarak değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Atık mantar substratı, sıfır atık yaklaşımını destekleyen katma değerli ürünlerin elde edilmesi için kaynak olabilir ve birçok alanda değerlendirilebilir (Pekşen ve Yamaç, 2016; Nanje Gowda ve Chennappa, 2021). Atık mantar substratı; mantar yetiştiriciliğinde ortam, gübre, toprak düzenleyici, vermikompost üretimi, hayvan yemi, biyokömür ve enzim üretimi gibi alanlarda kullanıldığı gibi yenilenebilir enerji üretiminde (biyogaz, biyoetanol, biyo-ham petrol ve biyo-yağ üretimi veya biyohidrojen) hammadde, ve biyoremediasyon ajanı olarak da değerlendirilebilir (Pekşen ve Yamaç, 2016; Yamaç ve Pekşen, 2016; Pérez-Chávez ve ark., 2019; Grimm ve ark., 2021; Umor ve ark., 2021; Leong ve ark., 2022; Jasinska, 2023; Kousar ve ark., 2024). Değerlendirme yöntemleri, atık mantar substratından kaynaklanan çevre kirliliğini azaltabilir ve mantar yetiştiriciliğinde döngüsel bir ekonomi oluşturmaya yönelik atık yönetim stratejilerinin geliştirmesini sağlayabilir. Ancak bu değerli yan ürünün hala sürdürülebilir bir şekilde yeniden kullanımı yeterli düzeyde değildir. Mantar endüstrisinin sürdürülebilirliği için atık mantar kompostunun değerlendirilmesi amacıyla daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma için petrol bazlı ürünlere olan bağımlılığın azaltılması, yenilenebilir kaynak kullanımı, atık oluşumunun

azaltılması, atıkların tekrar malzeme döngüsüne dahil edilmesi ve atıkların çevreye zarar vermemesi (atıkların biyoçözünürlüğünün artırılması) büyük önem taşımaktadır. Mantar miselyumu, lignoselülozik malzemeleri parçalama ve yalıtım sağlayan, yanmaz veya hidrofobik özelliklere ve geliştirilmiş mekanik mukavemete sahip kompozit ağlar oluşturma kapasitesine sahiptir. Miselyum bazlı malzemeler; biyolojik olarak parçalanabilir, yenilenebilir kaynaklı, düşük maliyetli ve üretilmeleri için çok az enerji ve girdi gerektirmeleri nedeniyle plastik bazlı malzemelere iyi bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadırlar (Jones ve ark., 2020). Petrol bazlı ürünlere çevre dostu bir alternatif olarak üretilen miselyum bazlı malzemeler; ambalaj malzemeleri, tuğla, akustik panel, yalıtım paneli, duvar paneli, yanmaz malzemedan deriye ve kıyafetlere kadar çeşitli alanlarda kullanılabilir (Holt ve ark., 2012; Pelletier ve ark., 2013; Jones ve ark., 2018; Xing ve ark., 2018; Wimmers ve ark., 2019; Attias ve ark., 2020; Lingam ve ark., 2023).

Son yıllarda, mantarların biyomalzeme üretiminde kullanılmasına yönelik çalışmalara akademik ve ticari alanlarda ilginin giderek arttığı ve ürünlerin küresel endüstride yer aldığı görülmektedir. Özellikle son 10 yılda miselyum malzemesi ile ilgili şirket ve patent sayısında ciddi bir artış olmuştur (Jones ve ark., 2017). Ecovative (URL-7), Mycoworks (URL-8), Bolt Threads (URL-9) ve Grado Zero Espace (URL-10) gibi firmalar bu konuda önde gelen firmalardır. MycoWorks ve Ecovative Design gibi şirketler mobilya, ambalaj, deri ikameleri ve inşaat malzemeleri gibi miselyum bazlı ürünler geliştirmiştir. Ecovative şirketi ürettiği mantar deriyi "Forager", MycoWorks şirketi "ReishiTM", Bolt Threads şirketi "MyloTM" ve Grado Zero Espace şirketi ise "Muskin" adıyla ticarileştirmiştir. Mantar veya miselyum derisi, görünüm ve dayanıklılık açısından hayvan derisine çok benzer bir yapıdadır. Mantar tabakası Muskin doğada yetişen ve subtropikal ormanlardaki ağaçlara saldıran bir parazit mantar olan *Phellinus ellipsoideus* (B.K. Cui & Y.C. Dai) B.K. Cui, Y.C. Dai & Decock türünden elde edilmektedir (URL-11). Miselyum bazlı kompozitlerle ilgili önde gelen diğer bir şirket ise MyCoPlast'dır. Bu şirket yakın zamanda Mogu (URL-12) olarak yeniden yapılandırılmıştır. Şirket iç mekân ve ürün tasarım uygulamaları için sürdürülebilir alternatifler geliştirmektedir. Bu şirketler, yenilikçi uygulamalarını ve üretim yöntemlerini web siteleri ve sosyal medyada paylaşmaktadır. Bu girişimlerin başarısı, ekonomik ve çevre dostu sürdürülebilir teknolojilere yönelik pazardaki artan talebi göstermektedir (Jones ve ark., 2020; Bitting ve ark., 2022).

Miselyum bazlı biyokompozitler konusundaki çalışmalar özellikle 2015'ten sonra hız kazanmıştır.

Ülkemizde de bu konuda sınırlı sayıda da olsa çalışmalar yapıldığı görülmektedir (Kutbay ve ark., 2021; Avinç ve Selçuk, 2024; Gezer ve ark., 2024; Koparan ve ark., 2024; Kuştaş ve Gezer, 2024). Yeni bir alan olmakla birlikte gelecekte bu konu ile ilgili hem akademik araştırmaların hem de endüstriyel alanda yapılacak çalışmaların artacağı ön görülmektedir. Üretimde kullanılacak substratların türü ve özellikleri, mantar türleri ve bu türler ile substrat arasındaki büyüme, seri üretim için parametrelerin belirlenmesi gibi birçok konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Tesislerdeki altyapı eksikliği ve zorlu ölçeklendirme süreçleri de endüstriyel üretim için sınırlayıcı faktörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle de ölçeklenebilirlik (örneğin uzun üretim döngüleri, kontaminasyon riski, karmaşık çok adımlı üretim süreçleri), tekrarlanabilirlik (örneğin eksik standardizasyon düzeyleri) ve otomasyondaki eksiklikler için uygulanabilir çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Bitting ve ark., 2022).

Türkiye mantar sektörünün mevcut sorunları ile ilgili çözüm yolları

Ülkemizde mantar üretimi büyüme eğilimindedir. Ancak sermaye ve eğitim olmaksızın işletme kurulumu mantar sektöründeki devamlılığın önündeki en büyük engellerden biridir. Mantar sektöründeki bu büyümenin devamlılığının sağlanması için öncelikle mantar yetiştiriciliğinde temel bilgi ve deneyimin artırılması gerekmektedir. Bu sektör, iş gücü yoğunluğu nedeniyle küçük ve orta ölçekli işletmelere ve kırsal kesimdeki nüfusa gelir sağlayabilir. Bununla birlikte sektördeki büyüme ve devamlılık için endüstriyel ölçekte tesislerin kurulması gerekmektedir. Türkiye mantar sektörünün hem iç hem de dış pazarda güçlendirilmesi için araştırma ve geliştirme çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır. Sektörel anlamda yapılacak yatırımların yanında yeni kurulacak üretim tesislerinde görev alacak teknik personel ihtiyacının da artacağı aşikârdır. Bu da eğitimli ve deneyimli personel yetiştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Ülkemizde mantar sektörünün resmi makamlar tarafından çözülmesi gereken problemleri de giderek artmaktadır. 2014 yılında ilki gerçekleştirilmiş olan I. Yemeklik Kültür Mantarı Çalıştay'ında alınan kararlar ile sektöre destek sağlayacak birçok madde çözüme ulaştırılmıştır. Sektörün sorunlarının dile getirilmesi ve çözüm yollarının ortaya konulabilmesi için üniversite, kamu ve özel sektörün bir araya geldiği toplantıların düzenlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Mantar sektöründeki devamlılık ve büyümenin devamı için aşağıdaki hususların öncelikle çözümlenmesi gerekmektedir.

1) Mantar çeşitliliği ortaya konulmalı, keşfedilmeli ve korunmalıdır.

2) Sektörde yetiştiriciliği yapılan tür sayısı artırılmalıdır.

3) Verim ve kaliteli üretim için yeni çeşitler geliştirilmelidir.

4) Kaliteli tohumluk misel kullanımına hassasiyet gösterilmelidir.

5) Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sağlanmalıdır.

6) Kompost yapımı ve örtü toprağı formülasyonları geliştirilmeli ve üretimde kullanılmaları sağlanmalıdır.

7) Özellikle kompost yapımında hazırlanacak reçetede kullanılacak materyallerin ve kompostların Faz I ve Faz II aşaması sonunda analizleri yapılarak kompostta bir standardın oluşturulması sağlanmalıdır. KDV oranları yeniden düzenlenmelidir.

8) Mantar üretim aşamasında kültürel işlemlerde mekanizasyon ve üretim teknolojileri geliştirilmelidir.

9) Mantar üretiminde biyotik ve abiyotik faktörlerin yönetilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Hastalık ve zararlılar için entegre mücadele yöntemleri ortaya konulmalıdır. Özellikle kimyasallara karşı hastalık ve zararlıların etkinliğinin giderek azalması ve toplum sağlığı dikkate alındığında biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerinin kullanımının yaygınlaşması sağlanmalıdır.

10) Muhafaza ve katma değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

11) Sürdürülebilir bir tüketim için tüketimi teşvik eden faktörler ve tüketici tercihlerinin nasıl değiştirilebileceği gibi konular araştırılarak ortaya konulmalıdır.

12) Açığa çıkan atık mantar kompostunun geri kazanımı ve farklı alanlarda kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

13) Mantar üretiminin sürdürülebilirliğe katkıları konusunda farkındalık oluşturulmalı ve mantar üretiminin gelecekteki sürekliliği sağlanmalıdır.

Sonuç

Türkiye'de üretilen kültür mantarının tüketimi karşılama oranı halen %75 seviyelerindedir. Giderek artan tüketim miktarı ve tam olarak karşılanamayan pazar oranı dikkate alındığında ülkemizde önümüzdeki süreç içerisinde kültür mantarı sektörüne yapılacak yatırımların devam edeceği aşıkardır. Bu kapsamda sadece mantar üretim sektörünün değil, bu sektöre hizmet eden tüm tedarik sektörlerinin de gelişimi devam edecektir. Mantar sektörünün hem iç hem de dış pazarda rekabet gücünün artırılabilmesi için mantar türlerinin çeşitlendirilmesi, misel kalitesinin iyileştirilmesi ve ileri üretim teknolojilerinin uygulanması gerekmektedir. Atık mantar substratının geri dönüşümü ve entegre zararlı yönetimi gibi sürdürülebilir uygulamalar, sektörün uzun vadeli sürdürülebilirliği için önem arz etmektedir. Mantar yetiştiriciliği, lignoselülozik tarımsal atıkları protein açısından zengin gıdaya dönüştüren sürdürülebilir bir tarım modelidir. Disiplinler arası iş birliği ile mantarların beslenme ve sağlık işlevselliği yanında ekonomik büyüme ve acil çevresel sorunların çözümüne yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Mantarların sürdürülebilirliğe katkısı konusunda farkındalık oluşturulmalıdır.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar eşit katkıya sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Beyanı

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Aysun PEKŞEN, Erkan EREN).

Kaynaklar

- Abdelshafy, A. M., Luo, Z., Belwal, T., Ban, Z., ve Li, L. (2023). A comprehensive review on preservation of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*): techniques, research advances and influence on quality traits. *Food Reviews International*, 39(5), 2742-2775.
- Albayrak, Ü., Gölcük, A., ve Aktaş, S. (2024). *Agaricus bisporus*' ta görüntü tabanlı hastalık sınıflandırması için kapsamlı veri seti. *Mantar Dergisi*, 15(1), 29-42.
- Attias, N., Danai, O., Abitbol, T., Tarazi, E., Ezov, N., Pereman, I., ve Grobman, Y. J. (2020). Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119037.
- Avinç, G. M., ve Selçuk, S. A. (2024). Bio-design as a basis for the creation of new architectural materials: Experience of the Faculty of Architecture of Gazi University. *Civil Engineering and Architecture*, 12(2), 643-667.
- Baars, J., ve Heslen, H. (2008). Experience with sporeless strains of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in commercial production. *Mushroom Science*, 17, 774-87.
- Bitting, S., Derme, T., Lee, J., Van Mele, T., Dillenburger, B., ve Block, P. (2022). Challenges and opportunities in scaling up architectural applications of mycelium-based materials with digital fabrication. *Biomimetics*, 7(2), 44.
- Bulam, S., Pekşen, A., ve Üstün, N. Ş. (2019). Yenebilir ve tıbbi mantarların gıda ürünlerinde kullanım potansiyeli. *Mantar Dergisi*, 10(3), 137-151.
- Cao, Y., Wu, L., Xia, Q., Yi, K., ve Li, Y. (2024). Novel post-harvest preservation techniques for edible fungi: A review. *Foods*, 13(10), 1554.
- Castellanos-Reyes, K., Villalobos-Carvajal, R., ve Beldarrain-Iznaga, T. (2021). Fresh mushroom preservation techniques. *Foods*, 10(9), 2126.
- Coles, P. S., Mazin, M., ve Nogin, G. (2021). The association between mushroom sciarid flies, cultural techniques, and green mold disease incidence on commercial mushroom farms. *Journal of Economic Entomology*, 114(2), 555-559.
- Çavuşoğlu, S., Uzun, Y., Yılmaz, N., Ercişli, S., Eren, E., Ekiert, H., Elansary, H. O., ve Szopa, A. (2021). Maintaining the quality and storage life of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) with gum, agar, sodium alginate, egg white protein, and lecithin coating. *Journal of Fungi*, 7(8), 614.
- De Cianni, R., Varese, G. C., ve Mancuso, T. (2023). A further step toward sustainable development: The case of the edible mushroom supply chain. *Foods*, 12(18), 3433.
- Devochkina, N. L., Dugunieva, L. G., Razin, A. F., Ivanova, M. I., ve Nurmetov, R. D. (2018). Investment attractiveness of the industrial mushroom production. *Economics of Agriculture of Russia*, 11, 52-59.
- Duran, H., Pekşen, A., ve Eren, E. (2023). Vermicompost, rose oil processing waste compost, and spent coconut fiber as casing material in button mushroom cultivation. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(5), 4317-4329.
- El Kolaly, W., Ma, W., Li, M., ve Darwesh, M. (2020). The investigation of energy production and mushroom yield in greenhouse production based on mono photovoltaic cells effect. *Renewable Energy*, 159, 506-518.
- Eren, E., ve Boztok, K. (2013). Farklı artık materyallerin *Agaricus bisporus* mantar üretiminde örtü toprağı olarak kullanılabilirlikleri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 3(1), 9-16.
- Eren, E., Çetin, M., ve Pekşen, A. (2021). Torba ve blok pres yetiştirme sistemlerinin *Agaricus bisporus* mantarının verim ve morfolojik özellikleri üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2), 210-216.
- Eren, E., ve Pekşen, A. (2014). Türkiye'de kültür mantarı üretimi, sorunları ve çözüm yolları. 1. *Ulusal Mikoloji Günleri (1-4 Eylül 2014) Özet Kitabı*, (s 29), Erzurum.
- Eren, E., ve Pekşen, A. (2016). Türkiye'de kültür mantarı sektörünün durumu ve geleceğine bakış. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(3), 189-196.
- Eren, E., ve Pekşen, A. (2019). Türkiye'de kültür mantarı üretimi ve teknolojik gelişmeler. *Mantar Dergisi*, 10(3), 225-233.
- Erkal, S., ve Aksu, Ş. (2000). Türkiye'de kültür mantarı sektöründeki gelişmeler ve işletmelerin yapısal özellikleri. *Türkiye 6. Yemeklik Mantar Kongresi (20-22 Eylül 2000)*, 55-68, Bergama, İzmir.
- FAO (Food and Agricultural Organization) (2024). <http://www.fao.org>, (Erişim tarihi: 05.10.2024).
- Feng, Y., Xu, H., Sun, Y., Xia, R., Hou, Z., Li, Y., Wang, Y., Pan, S., Fan, Y., Zhu, J., ve Xin, G. (2023). Review of packaging for improving storage quality of fresh edible mushrooms. *Packaging Technology and Science*, 36(8), 629-646.
- Gezer, E. D., Uçar, E., ve Gümüşkaya, E. (2024). Physical and mechanical properties of mycelium-based fiberboards. *BioResources*, 19(2), 3421.
- Ghafoor, A., ve Niazi, A. R. (2024). *Pleurotus* spp: an ultimate solution to the emerging calamities of the world. *New Zealand Journal of Botany*, 1-38.
- Goglio, P., Ponsioen, T., Carrasco, J., Milenkovi, I., Kiwala, L., Van Mierlo, K., Helmes, R., Tei, F., Oosterkamp, E., ve Pérez, M. (2024). An environmental assessment of *Agaricus bisporus* ((JE Lange) Imbach) mushroom production systems across Europe. *European Journal of Agronomy*, 155, 127108.
- Gong, X., Li, S., Carson, M. A., Chang, S. X., Wu, Q., Wang, L., An, Z., ve Sun, X. (2019). Spent mushroom substrate and cattle manure amendments enhance the transformation of garden waste into vermicomposts using the earthworm *Eisenia fetida*. *Journal of Environmental Management*, 248, 109263.
- González, A., Cruz, M., Losoya, C., Nobre, C., Loredo, A., Rodríguez, R., Contreras, J., ve Belmares, R. (2020). Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. *Food & Function*, 11(9), 7400-7414.

- Grimm, D., Kuenz, A., ve Rahmann, G. (2021). Integration of mushroom production into circular food chains. *Organic Agriculture*, 11(2), 309-317.
- Guo, Y., Chen, X., Gong, P., Wang, R., Qi, Z., Deng, Z., Han, A., Long, H., Wang, J., Yao, W., Yang, W., Wang, J., ve Li, N. (2023). Advances in postharvest storage and preservation strategies for *Pleurotus eryngii*. *Foods*, 12(5), 1046.
- Guo, W., Tang, X., Cui, S., Zhang, Q., Zhao, J., Mao, B., ve Zhang, H. (2024). Recent advance in quality preservation of non-thermal preservation technology of fresh mushroom: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(22), 7878-7894.
- Gülser, C., ve Pekşen, A. (2003). Using tea waste as a new casing material in mushroom (*Agaricus bisporus* (L.) Sing.) cultivation. *Bioresource Technology*, 88(2), 153-156.
- Hatvani, L., Kredics, L., Allaga, H., Manczinger, L., Vágvölgyi, C., Kuti, K., ve Geösel, A. (2017). First report of *Trichoderma aggressivum* f. *aggressivum* green mold on *Agaricus bisporus* in Europe. *Plant Disease*, 101(6), 1052.
- Holt, G. A., Mcintyre, G., Flagg, D., Bayer, E., Wanjura, J. D., ve Pelletier, M. G. (2012). Fungal mycelium and cotton plant materials in the manufacture of biodegradable molded packaging material: Evaluation study of select blends of cotton byproducts. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 6(4), 431-439.
- Jasinska, A. (2023). Sustainability of mushroom cultivation systems. *Horticulturae*, 9(11), 1191.
- Jones, M., Bhat, T., Huynh, T., Kandare, E., Yuen, R., Wang, C. H., ve John, S. (2018). Waste-derived low-cost mycelium composite construction materials with improved fire safety. *Fire and Materials*, 42(7), 816-825.
- Jones, M., Huynh, T., Dekiwadia, C., Daver, F., ve John, S. (2017). Mycelium composites: a review of engineering characteristics and growth kinetics. *Journal of Bionanoscience*, 11(4), 241-257.
- Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., ve John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials & Design*, 187, 108397.
- Joung, E. Y., Jung, H. Y., ve Jang, M. J. (2021). Cultural characteristics of a new spore-less cultivar 'Chungheung 1ho' for *Lentinula edodes* sawdust cultivation. *Journal of Mushroom*, 19(3), 251-255.
- Khan, Z. U., Aisikaer, G., Khan, R. U., Bu, J., Jiang, Z., Ni, Z., ve Ying, T. (2014). Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 36-41.
- Kim, J. H., Kang, Y. J., Kim, Y. J., Lee, C. Y., Choi, J. Y., Lee, C. J., Ha, T. M., ve Lim, G. J. (2023). Characteristics of newly bred spore-less cultivar *Lentinula edodes* 'Daedam' for sawdust cultivation. *Journal of Mushroom*, 21(3), 154-159.
- Koparan, Y., Alkan, S., ve Harmankaya, H. (2024). Mantardan deri görünümlü sürdürülebilir yenilikçi yüzey oluşturma; "Fomes fomentarius". *Mantar Dergisi*, 15(2), 132-146.
- Kousar, A., Khan, H. A., Farid, S., Zhao, Q., ve Zeb, I. (2024). Recent advances on environmentally sustainable valorization of spent mushroom substrate: A review. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 18(2), 639-651.
- Krishnamoorthi, R., Srinivash, M., Mahalingam, P. U., ve Malaikozhundan, B. (2022). Dietary nutrients in edible mushroom, *Agaricus bisporus* and their radical scavenging, antibacterial, and antifungal effects. *Process Biochemistry*, 121, 10-17.
- Kumar, K. (2020). Nutraceutical potential and processing aspects of oyster mushrooms (*Pleurotus* species). *Current Nutrition & Food Science*, 16(1), 3-14.
- Kuştaş, S., ve Gezer, E. D. (2024). Physical and mechanical properties of mycelium-based insulation materials produced from desilicated wheat straws-Part A. *BioResources*, 19(1).
- Kutbay, N. H., Yavuzcan, H. G., ve Aktaş, S. (2021). Mantarın bağlayıcı olarak kullanıldığı bir kompozit malzemenin üretilmesi ve tutuşma süresi ile su alma özelliklerinin tespiti. *Politeknik Dergisi*, 1-1.
- Lam, S. S., Lee, X. Y., Nam, W. L., Phang, X. Y., Liew, R. K., Yek, P. N., Ho, Y. L., Ma, N. L., ve Rosli, M. H. (2019). Microwave vacuum pyrolysis conversion of waste mushroom substrate into biochar for use as growth medium in mushroom cultivation. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 94(5), 1406-1415.
- Lau, K. L., Tsang, Y. Y., ve Chiu, S. W. (2003). Use of spent mushroom compost to bioremediate PAH-contaminated samples. *Chemosphere*, 52(9), 1539-1546.
- Leong, Y. K., Ma, T. W., Chang, J. S., ve Yang, F. C. (2022). Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. *Bioresource Technology*, 344, 126157.
- Li, X., Liu, Q., Li, W., Li, Q., Qian, Z., Liu, X., ve Dong, C. (2019). A breakthrough in the artificial cultivation of Chinese cordyceps on a large-scale and its impact on science, the economy, and industry. *Critical Reviews in Biotechnology*, 39(2), 181-191.
- Li, C., ve Xu, S. (2022). Edible mushroom industry in China: Current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(11), 3949-3955.
- Liu, W., He, P., Shi, X., Zhang, Y., Perez-Moreno, J., ve Yu, F. (2023). Large-scale field cultivation of *Morchella* and relevance of basic knowledge for its steady production. *Journal of Fungi*, 9(8), 855.
- Liu, Q., Ma, H., Zhang, Y., ve Dong, C. (2018). Artificial cultivation of true morels: current state, issues and perspectives. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38(2), 259-271.
- Lingam, D., Narayan, S., Mamun, K., ve Charan, D. (2023). Engineered mycelium-based composite materials: Comprehensive study of various properties and applications. *Construction and Building Materials*, 391, 131841.

- Lopez, J. C. C., Thepanondh, S., Sachdev, H., Avelar, A. M. P., ve del Carmen Leon, M. C. (2021). Sustainability and economic feasibility through the production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) p. Kumm.) derived from the waste of coffee-industry: a case study in the western area of San Salvador, El Salvador.
- Łysakowska, P., Sobota, A., ve Wirkijowska, A. (2023). Medicinal mushrooms: their bioactive components, nutritional value and application in functional food production-A review. *Molecules*, 28(14), 5393.
- Mahari, W. A. W., Peng, W., Nam, W. L., Yang, H., Lee, X. Y., Lee, Y. K., Şiew, R. K., Ma, N. L., Mohammad, A., Sonne, C., Le, Q. V., Show, P. L., Chen, W., ve Lam, S. S. (2020). A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. *Journal of Hazardous Materials*, 400, 123156.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Ghasemi-Mobtaker, H., Salehi, M., Rafiee, S., Chau, K. W., ve Ebrahimi, R. (2023). Machine learning models of exergoenvironmental damages and emissions social cost for mushroom production. *Agronomy*, 13(3), 737.
- Nanje Gowda, N. E., ve Chennappa, G. (2021). Mushroom cultivation: a sustainable solution for the management of agriculture crop residues. *Recent Advances in Mushroom Cultivation Technology and Its Application*. Rohini, New Delhi: Bright Sky Publications, 15-26.
- Niazi, A. R., ve Ghafoor, A. (2021). Different ways to exploit mushrooms: A review. *All life*, 14(1), 450-460.
- Nishida, C., ve Yatera, K. (2022). The impact of ambient environmental and occupational pollution on respiratory diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2788.
- Okuda, Y. (2022). Sustainability perspectives for future continuity of mushroom production: The bright and dark sides. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1026508.
- Pandey, V. V., Kumari, A., Kumar, M., Saxena, J., Kainthola, C., ve Pandey, A. (2018). Mushroom cultivation: Substantial key to food security. *Journal of Applied and Natural Science*, 10(4), 1325-1331.
- Pardo, A., Juan, J. D., ve Pardo, J. E. (2003). Performance of composted vine shoots as a peat alternative in casing materials for mushroom cultivation. *Journal of Applied Horticulture*, 5(1), 11-15.
- Pavlík, M., ve Halaj, D. (2019). Production and investment evaluation of oyster mushroom cultivation on the waste dendromass: a case study on aspen wood in Slovakia. *Scandinavian journal of Forest Research*, 34(4), 313-318.
- Pekşen, A. (2013). Mantarların insan hayatı ve sağlığındaki yeri. *Bahçe Haber*, 2(1), 10-15.
- Pekşen, A. (2014). Türkiye'de kültür mantarı yetiştiriciliği. *Yemeklik Kültür Mantarı Çalıştayı (12-13 Mayıs 2014)*, 19-23.
- Pekşen, A., ve Yamaç, M. (2016). Atık mantar kompostu/substratının kullanım alanları-1: Özellikleri ve önemi. *Mantar Dergisi*, 7(1), 49-60.
- Pelletier, M. G., Holt, G. A., Wanjura, J. D., Bayer, E., ve McIntyre, G. (2013). An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates. *Industrial Crops and Products*, 51, 480-485.
- Pérez-Chávez, A. M., Mayer, L., ve Albertó, E. (2019). Mushroom cultivation and biogas production: A sustainable reuse of organic resources. *Energy for Sustainable Development*, 50, 50-60.
- Polat, E., ve Önel, Ö. (2021). An alternative new casing material in the production of *Agaricus bisporus*. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(3), 261-266.
- Prange, A., Sari, M., von Ameln, S., Hajdu, C., Hambitzer, R., Ellinger, S., ve Hormes, J. (2019). Characterization of selenium speciation in selenium-enriched button mushrooms (*Agaricus bisporus*) and selenized yeasts (dietary supplement) using X-ray absorption near-edge structure (XANES) spectroscopy. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 51, 164-168.
- Royse, D. J., Baars, J., ve Tan, Q. (2017). Current overview of mushroom production in the world. *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*, 5-13.
- Rukhiran, M., Sutanthavibul, C., Boonsong, S., ve Netinant, P. (2023). IoT-based mushroom cultivation system with solar renewable energy integration: Assessing the sustainable impact of the yield and quality. *Sustainability*, 15(18), 13968.
- Šašić Zorić, L., Janjušević, L., Djisalov, M., Knežić, T., Vunduk, J., Milenković, I., ve Gadjanski, I. (2023). Molecular approaches for detection of *Trichoderma* green mold disease in edible mushroom production. *Biology*, 12(2), 299.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F. (ed.). Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğdu, M., Ergül, C. C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kirbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun ve Yu., Yoltaş, A. (2020). Türkiye mantarları listesi (The checklist of fungi of Turkey). XVII + 1177 Sayfa. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını, İstanbul. <http://satis.ang.org.tr/>
- Shirur, M., Barh, A., ve Annapu, S. K. (2021). Sustainable Production of Edible and Medicinal Mushrooms: Implications on Mushroom Consumption. *Climate Change and Resilient Food Systems: Issues, Challenges and Way Forward*, 315-346.
- Singh, M., Kamal, S., ve Sharma, V. P. (2017). Status and trends in world mushroom production-I. *Mushroom Research*, 26(1): 1-20.
- Singh, M., Kamal, S., ve Sharma, V. P. (2020). Status and trends in world mushroom production-III World production of different mushroom species in 21st century. *Mushroom Research*, 29(2), 75-111.
- Soylu, M. K., Baybaş, B., Ryu, Y., ve Kim, J. (2023). Türkiye'de yapılan mantar ıslah çalışmaları ve geliştirilen mantar çeşitleri. *Alatarım*, 22(2), 136-145.

- Thakur, M. P. (2014). Present status and future prospects of tropical mushroom cultivation in India: a review. *Indian Phytopath*, 67(2), 113-125.
- Thakur, M. P. (2020). Advances in mushroom production: Key to food, nutritional and employment security: A review. *Indian Phytopathology*, 73, 377-395.
- TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 25.09.2024).
- UMDI (2024). UMDIS Mushroom Agency. <https://umdis.org/2023-year-for-global-mushroom-production-umdis-summed-up-results-for-21-countries-incl-largest/> (Erişim tarihi: 01.10.2024).
- Umor, N. A., Ismail, S., Abdullah, S., Huzaifah, M. H. R., Huzir, N. M., Mahmood, N. A. N., ve Zahrim, A. Y. (2021). Zero waste management of spent mushroom compost. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(5), 1726-1736.
- URL-1 (2024). Index Fungorum. <https://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp> (Erişim tarihi: 26.10.2024).
- URL-2 (2024). The Dutch mushroom industry is the second largest in Europe. <https://www.gombaforum.hu/en/2024/economy/the-dutch-mushroom-industry-is-the-second-largest-in-europe>. (Erişim tarihi: 16.10.2024).
- URL-3 (2024). Peat-free casing soil for sustainable mushroom cultivation. <https://www.gombaforum.hu/en/2024/technology/peat-free-casing-soil-for-sustainable-mushroom-cultivation/> (Erişim tarihi: 06.10.2024).
- URL-4 (2024). Mantar Tescil Raporu. Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Yay%C4%B1nlar/Tescil%20Raporlar%C4%B1/2024/SEBZE%20T%C3%9CRLER%C4%B0/Mantar%20Tescil%20Raporu.pdf> (Erişim tarihi: 18.10.2024)
- URL-5 (2024). Sylvan cultivating excellence. <https://www.sylvaninc.com/strains> (Erişim tarihi: 21.10.2024)
- URL-6 (2024). Biodegradable bags to revolutionise mushroom farming. Australian Institute for Bioengineering and Nanotechnology <https://aibn.uq.edu.au/article/2023/06/biodegradable-bags-revolutionise-mushroom-farming>. <https://tinyurl.com/28bxa283> (Erişim tarihi: 02.09.2024)
- URL-7 (2024). Ecovative. <https://ecovative.com>, (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-8 (2024). Mycoworks. <https://www.mycoworks.com> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-9 (2024). Bolt Threads. <https://boltthreads.com> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-10 (2024). Grado Zero Espace. <https://www.gzespace.com> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-11 (2024). Muskin. <https://www.gzespace.com/research-muskin.html> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-12 (2024). Mogu. <https://www.mogu.bio> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- Wimmers, G., Klick, J., Tackaberry, L., Zwiesigk, C., Egger, K., ve Massicotte, H. (2019). Fundamental studies for designing insulation panels from wood shavings and filamentous fungi. *BioResources*, 14(3), 5506-5520.
- Xing, Y., Brewer, M., El-Gharabawy, H., Griffith, G., ve Jones, P. (2018). Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 121, p. 022032). IOP Publishing.
- Yamaç, M., ve Pekşen, A. (2016). Atık mantar kompostu/substratının kullanım alanları-2: Lignoselülozik enzim ekstraksiyonu. *Mantar Dergisi*, 7(1), 66-77.
- Zhang, K., Pu, Y. Y., ve Sun, D. W. (2018). Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 72-82.



This article is cited as: Aldemir Terman, Ş., Akçay, M.E., Dizkırıcı, A. (2024). First Record of *Helvella capucina* in Türkiye: Morphological and Molecular Characterization, *Mantar Dergisi*, 15(Special issue) 66-72.

Geliş(Received) :14.10.2024

Kabul(Accepted) :27.11.2024


Research Article

Doi: 10.30708/mantar.1567001


First Record of *Helvella capucina* in Türkiye: Morphological and Molecular Characterization

Şuheda ALDEMİR TERMAN^{1*}, Mustafa Emre AKÇAY², Ayten DİZKIRICI³

* Corresponding author: suhedaldemir@gmail.com

¹Department of Molecular Biology and Genetics, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Türkiye/
suhedaldemir@gmail.com 

²Department of Biology, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Türkiye/memreakcay@gmail.com 

³Department of Molecular Biology and Genetics, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Türkiye/
aytendizkirici@gmail.com 

Abstract: In the current study, *Helvella capucina* collected from Hakkari province in Türkiye is described as a new record using morphological and molecular characters. Ascocarp, hymenium, stipe, ascospores, ascus and paraphyses were used as diagnostic morphological characters. Images of microscopic characters, microphotographs of the ascospores, and colour pictures of the ascus in their natural habitats are provided. The species, which is placed in section *Elasticae*, was characterised by its short-stipitate apothecium and pure white when fresh, drying yellowish stipe. Molecular analysis was also carried out to characterize the new record reliably by using DNA sequences of the heat shock protein 90 (*HSP90*), RNA polymerase 2 (*RPB2*) and translation elongation factor 1-alpha (*TEF1-α*). Additionally, the analyses of the three regions were combined to create a concatenated tree. The multigene phylogenetic position and evolutionary relationships of *H. capucina* with other species of *Helvella* in *Elasticae* were inferred using Bayesian Inferences (BI) of the concatenated dataset. Both morphological and molecular data separated *Helvella capucina* from its close relatives. Detailed descriptions, colour images of fresh and dried ascomata, along with photographs of microscopic characters and the concatenated phylogenetic tree were provided.

Anahtar kelimeler: *Helvella*, *HSP90*, New record, *RPB2*, *TEF1-α*

Türkiye'den *Helvella capucina* Türünün İlk Kaydı ve Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu

Öz: Bu çalışmada, Türkiye'nin Hakkari ilinden toplanan *Helvella capucina* türü, morfolojik ve moleküler özellikler kullanılarak yeni bir kayıt olarak tanımlanmaktadır. Belirleyici morfolojik karakterler arasında askokarp, himenyum, sap, askosporlar, askus ve parafiz yer almaktadır. Mikroskopik karakterlerin görselleri, askosporların mikrofotografik görüntüleri ve askusların doğal ortamlarındaki renkli resimleri sağlanmıştır. *Elasticae* seksiyonunda yer alan bu tür, kısa saplı apotezyum yapısı ve taze halde saf beyaz, kurudukça sarımsı renge dönüşen sap yapısıyla karakterizedir. Yeni kayıt türün güvenilir bir şekilde tanımlanması için ısı şok proteini 90 (*HSP90*), RNA polimeraz 2 (*RPB2*) ve transkripsiyon uzatma faktörü 1-alfa (*TEF1-α*) DNA dizileri kullanılarak moleküler analizler de gerçekleştirilmiştir. Üç bölgenin analizleri birleştirilerek bir kombine ağaç oluşturulmuştur. *H. capucina* türünün *Elasticae* seksiyonunda yer alan diğer *Helvella* türleri ile çok



CC BY 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır / Licensed under the CC BY 4.0 International License.

Atıflamada APA stili kullanılmıştır, iThenticate ile taranmıştır./ APA style was used in citation, plagiarism was checked with iThenticate.

genli filogenetik pozisyonu ve evrimsel ilişkileri, birleştirilmiş veri setinin Bayes Çıkarım Yöntemi (BI) ile çıkarım yoluyla belirlenmiştir. Hem morfolojik hem de moleküler veriler, *Helvella capucina* türünü yakın akrabalarından ayırmıştır. Detaylı tanım, taze ve kurumuş askokarp yapısının renkli görüntüleri, mikroskopik karakterlerin fotoğrafları ve birleştirilmiş filogenetik ağaç sunulmuştur.

Keywords: *Helvella*, *HSP90*, *RPB2*, *TEF1- α* , yeni kayıt

Introduction

Helvella L. is a genus of apothecial *Ascomycetes* that occurs in both the terrestrial biomes of the Northern and Southern Hemispheres (Kirk et al., 2008). Species within the *Helvella* genus are characterized by their distinctive fruiting bodies, which may be attached directly or supported by a short stalk. The apothecia exhibit diverse morphologies, ranging from cup-shaped to saddle-shaped and curved to bell-shaped forms, often with caps that are wrinkled and lobed, supported by a single ribbed or grooved stipe (Skrede et al., 2017). Globally, the genus comprises approximately 600 species, of which 24 have been identified in Türkiye (Sesli et al., 2020; Uzun, 2023).

This research aims to contribute to the knowledge of Turkish mycobiota by further exploring and documenting the *Helvella* species present in the Türkiye.

Material and Method

Morphological studies

Macrofungal samples were collected from the Hakkari province in Türkiye and subsequently deposited

in the Fungarium of Van Yüzüncü Yıl University (VANF). Microscopic characteristics of the samples were observed using distilled water, Melzer's reagent, and Congo red solutions (Fig. 1). Microscopic examinations were conducted with a Leica DM500 research microscope, and measurements were recorded using the Leica Application Suite software (version 3.2.0). Terminology used for describing morphological features adheres to the standards outlined by Van Vooren (2010).

Molecular studies

Genomic DNA was extracted from dried herbarium specimens using the cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) method as described by Doyle and Doyle (1987). The concentration and purity of the extracted DNA were assessed using a NanoDrop 2000c UV-Vis Spectrophotometer (Thermo Scientific) and verified through 1% agarose gel electrophoresis. Polymerase chain reaction (PCR) was conducted on a Thermal Cycler (Thermo Scientific) using specific primer sets to amplify the *TEF1- α* , *RPB2*, and *HSP90* gene regions (Table 1).

Tablo 1. Primer sequences used in this study for three gene regions: *TEF1- α* , *RPB2*, and *HSP90*.

Region	Primers name	Nükleotit dizisi	References
<i>TEF1-α</i>	EF1-983F	5'ACHGTRCCRATACCACCRATCTT3'	(Rehner and Buckley, 2005)
	EF1-1567R	5'GCYCCYGGHCAYCGTGAY3'	
	6Fa	5'TGGGGATTRGTCTGCCCYGC3'	Liu et al., 2006
<i>RPB2</i>	7cR	5'CCCATRGCTTGYYTTRCCCAT3'	Johannesson et al., 2000
	7cF	5'ATGGGYAARCAAGCYATGGG3'	
	11aR	5'GCGTGATCTTGTCRTCSACC3'	
<i>HSP90</i>	hspf	5'CRGGCATCCGGGTGACGTAAT3'	Johannesson et al., 2000
	hspr	5'AGGGKGTGTGCGACTCCGAGG3'	

PCR reactions were performed in a 25 μ l total reaction volume containing genomic DNA (10 ng/ μ l), 10X PCR Buffer, MgCl₂ (25 mM), dNTP mix (10 mM), selected primer pair (10 μ M), Taq polymerase (5u/ μ l) and sterile distilled water. The PCR conditions for three regions were optimised at 94°C for 4 min followed by 35 cycles of denaturation at 94°C for 30 sec, annealing at 58°C for 45 sec, and elongation at 72°C for 1 min, and final extension at 72°C for 10 min to ensure complete primer-template extensions. The resulting PCR products were run on a 1.0% agarose gel and visualized by staining with Gelred dye. Successful amplifications were sequenced in both

directions using the forward and reverse PCR primers using ABI 3730XL automated DNA sequencer (BM Labosis, Ankara, Türkiye).

Phylogenetic analysis

DNA sequences were assembled and edited using MAFFT version 7.311 (Katoh and Standley, 2013) within the Mesquite software package (version 3.7; Maddison and Maddison, 2009). For initial sequence comparison, the GenBank database was queried using the Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) algorithm (Altschul et al., 1990). The sequences obtained from the current study were compared against homologous sequences in

GenBank to identify potential matches. A total of 30 sequences from the *TEF1- α* and *HSP90* regions and 26 sequences from the *RPB2* region, all corresponding to *Helvella* species within the *Elasticæ* section, were

included in the analysis. *Dissingia confusa* (OR192540, MK113843, and MK652180) was selected as the outgroup for the *TEF1- α* , *RPB2*, and *HSP90* regions, respectively (Table 2).

Tablo 2. The accession numbers of samples downloaded from GenBank

Species	GenBank Accession Number*			References
	<i>TEF1-α</i>	<i>RPB2</i>	<i>HSP90</i>	
<i>H. alborava</i> L. Fan, N. Mao and H. Zhou	OR35903 3	OR3591 55	OR366098	Mao et al.,2023
<i>H. albopatella</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR359014	OR359137	OR366079	Mao et al.,2023
<i>H. bachu</i> Q. Zhao, Zhu L. Yang & K.D. Hyde	OR358997	OR359121	OR366059	Mao et al.,2023
<i>H. brunneogaleriformis</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR358999	OR359123		Mao et al.,2023
<i>H. caespitosa</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR359022	-	OR366087	Mao et al.,2023
<i>H. capucina</i> Quél.	MK113878	MK113852	KY784216	
<i>H. capucinoides</i> Peck	OR358979	OR359106	OR366041	Mao et al.,2023
<i>H. carnosa</i> Skrede, T.A. Carlsen & T. Schumach	OR358969	-	OR366034	Mao et al.,2023
<i>H. compressa</i> (Snyder) N.S. Weber	DQ497604	KY772500	KY784250	Unpublished Skrede et al.,2017
<i>H. corbierei</i> (Malençon) Van Vooren & Frund	OR359007	OR359130	OR366069	Mao et al.,2023
<i>H. danica</i> Skrede, T.A. Carlsen & T. Schumach.	OR358993	OR359117	OR366055	Mao et al.,2023
<i>H. deflexa</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR359004	OR359127	OR366066	Mao et al.,2023
<i>H. elastica</i> Bull.	KY772858	KY772476	KY784230	Skrede et al., 2017
<i>H. flavostipitata</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR358977	OR359104	OR366039	Mao et al.,2023
<i>H. guttata</i> Q. Zhao & J.R. Lu	OQ863544	-	OQ863528	Mao et al.,2023
<i>H. galeriformis</i> B. Liu & J.Z. Cao	OR359001	OR359125	OR366063	Mao et al.,2023
<i>H. macropus</i> (Pers.) P. Karst.	MK113885	MK113859	MK179399	Hansen et al.,2019
<i>H. nigrorava</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR359032	OR359154	OR366097	Mao et al.,2023
<i>H. nordlandica</i> Skrede & T. Schumach.	OR359013	OR359136	OR366078	Mao et al.,2023
<i>H. panormitana</i> Inzenga	KY772856	KY772474	KY784228	Skrede et al., 2017
<i>H. pezizoides</i> Afzel.	KY772857	KY772475	KY784229	Skrede et al., 2017
<i>H. pseudoelastica</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR359083	OR359194	OR366149	Mao et al.,2023
<i>H. pseudofallax</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR359016	OR359139	OR366081	Mao et al.,2023
<i>H. pseudopezizoides</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR359020	OR359143	OR366085	Mao et al.,2023
<i>H. rivularis</i> Dissing & Sivertsen	MN689306	MN69229 5	MN692371	Loken et al.,2020
<i>H. scyphoides</i> Skrede, T.A. Carlsen & T. Schumach.	OR359008	OR359131	OR366070	Mao et al.,2023
<i>H. stevensii</i> Peck.	KU739855	KY772739	KY784491	Zhao et al., 2016 Skrede et al.,2017
<i>H. subglabra</i> N.S. Weber	KU739857	-	KY784394	
<i>H. subglabroides</i> L. Fan, N. Mao & Y.Y. Xu	OR359018	OR359141	OR366083	Mao et al.,2023
<i>H. subspadicea</i>	KU739848	-	OR220558	Zhao et al., 2016 Mao et al.,2023
<i>Dissingia confusa</i> (Harmaja) K. Hansen & X.H. Wang	OR192540	MK113843	MK652180	Terman et al., 2024; Wang et al., 2019

Phylogenetic inference was performed using the Bayesian Inference (BI) method. BI analyses were conducted with MrBayes version 3.2.6 (Ronquist and Huelsenbeck, 2003), employing four Markov Chain Monte Carlo (MCMC) chains run for 5 million generations under the GTR+G (General Time Reversible + Gamma)

evolutionary model. The initial 25% of generations were discarded as burn-in, ensuring that the average standard deviation of split frequencies reached <0.01. Branch support was evaluated using Bayesian Posterior Probabilities (BPP). A consensus tree was generated using a majority-rule approach to combine the remaining

trees, displaying all compatible partitions to estimate BPP. The final phylogenetic trees were visualized using FigTree version 1.4.3 (Rambaut, 2010).

Results

***Helvella capucina* Quél., Bull. Soc. bot. Fr. 24: 319 (1878) [1877]**

Synonymy: *Leptopodia capucina* (Quél.) Boud., Hist. Class. Discom. Eur. (Paris): 37 (1907)

Ascocarp consists of a fertile cap and a sterile stipe (Fig 1a). **Cap** sub-hemispherical or with two lobes erect like a hood, measuring 7–11 mm in diameter, by 5–8 mm in height. Flesh fragile, elastic, and whitish. **Hymenium** pale brownish to black, darker when dried, external surface whitish, sometimes somewhat irregular, glabrous. **Stipe** 20–60 × 5–10 mm, solid, cylindrical, slightly furrowed, somewhat enlarged at base, entirely white, glabrous. **Asci** 280–340 × 17–23 µm, cylindrical, eight-spored, pleurorhynchal base (Fig 1b, c, d). **Ascospores** 21–25 × 13–16 µm, hyaline, broadly ellipsoidal, containing a large lipid droplet in the centre, surrounded by smaller ones (Fig 1e, f, g). **Paraphyses** cylindrical, septate, enlarged apex up to 7 µm, with brownish pigments.

Habitat features: Typically grows solitary or in groups under broad-leaved trees, particularly those of the *Salix* genus (willow), and is commonly found in alpine zones at elevations above 2000 meters (Skrede et al., 2017).

Molecular phylogeny

The phylogenetic analysis was conducted using a total of 32 sequences, including the outgroup and the studied specimen, for the *TEF1-α* and *HSP90* loci, and 28 sequences for the *RPB2* locus. The sequence lengths were 537 base pairs (bp) for *TEF1-α*, 245 bp for *HSP90*, and 350 bp for the *RPB2* region. All three gene regions exhibited distinct barcoding gaps, facilitating species-level differentiation. Even the phylogenetic resolution of the *TEF1-α* and *RPB2* trees was superior to that of the *HSP90* tree, each region produced a phylogenetic tree with well-supported clades (not given). To enhance the informativeness of the results, a concatenated phylogenetic tree was generated by merging the three gene regions (Fig. 2). *Helvella capucina* is classified within the *Elasticae* section. The sample investigated in this study was grouped with its representative retrieved from the database with high Posterior Probabilities (1.0).

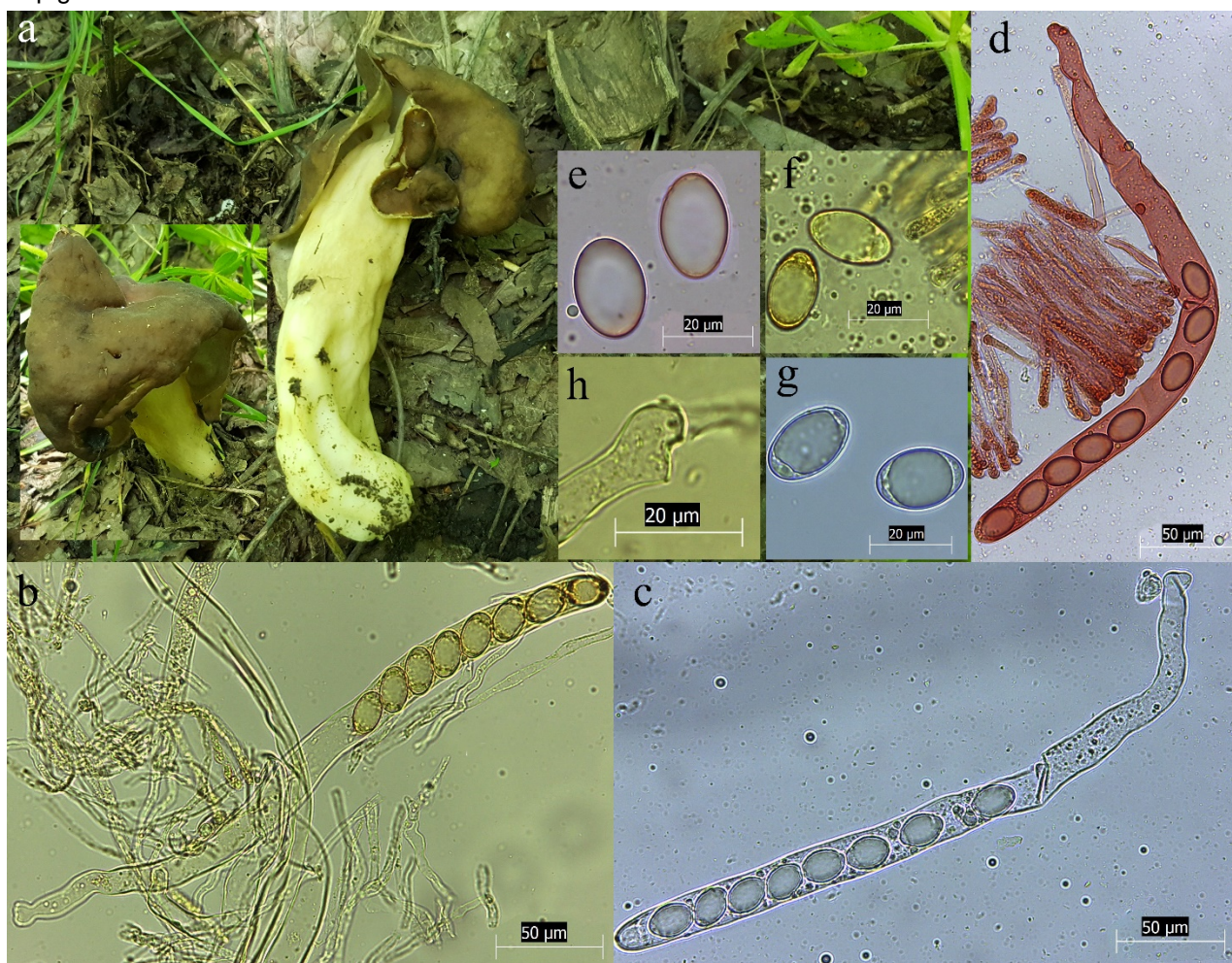


Figure 1. a. Fruiting body, b. asci (in Melzer's reagent), c. asci (in distilled water), d. asci (mounted with Congo red), e. ascospores (mounted with Congo red), f. ascospores (in Melzer's reagent), g. ascospores (in distilled water) and h. base of pleurorhynchous ascus (in Melzer's reagent) of *Helvella capucina*.

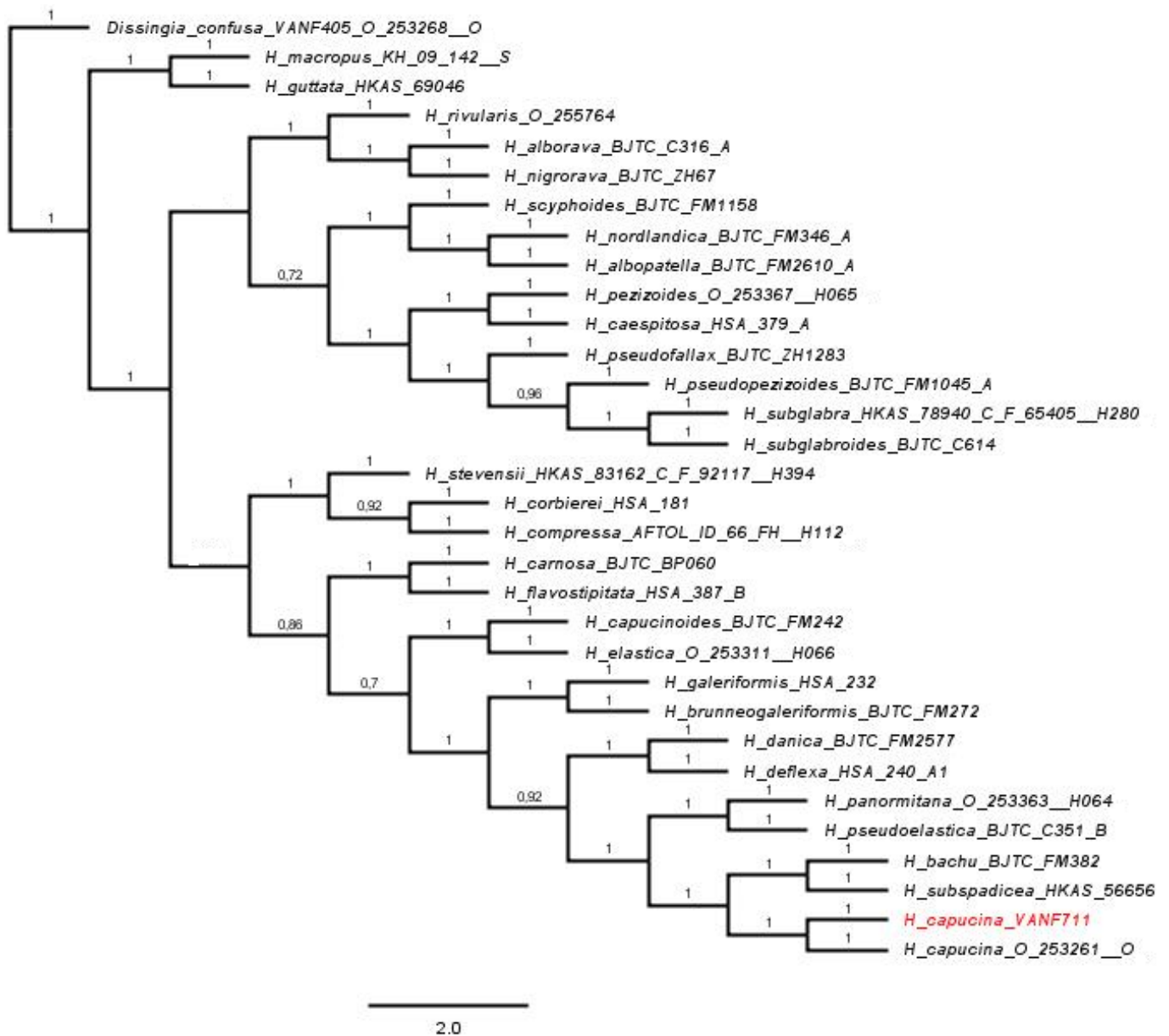


Figure 2. Phylogenetic tree of concatenated tree (*TEF1- α* +*RPB2*+*HSP90*) conducted by Bayesian analysis (Taxon marked in red indicates studied example).

Discussions

This study provides the first documented record of *Helvella capucina* in Türkiye, thereby contributing to the expansion of the region's mycobiota. The results provide significant insights into the phylogenetic relationships of *Helvella capucina* within the *Elasticae* section. The successful clustering of the investigated species with their corresponding database entries indicates that both morphological characteristics and molecular data are robust enough to facilitate accurate identification. The morphological characteristics observed in this study, including the unique apothecium shape, fragile white flesh, and distinct color changes in the stipe, are in consistent with descriptions, thereby confirming the identification of the species.

The phylogenetic analysis conducted on the concatenated sequences of the *TEF1- α* , *RPB2*, and

HSP90 regions revealed a well-supported tree structure, suggesting a strong resolution of evolutionary relationships among the examined taxa. The results significantly strengthens our understanding of *H. capucina*'s position within the *Helvella* genus, particularly in the *Elasticae* section. The phylogenetic analysis clearly demonstrates the separation of *Helvella capucina* from its close relatives. The superior resolution observed in the *TEF1- α* and *RPB2* regions compared to *HSP90* may be attributed to the variability of these loci, which provide more informative phylogenetic signals.

In conclusion, the identification of *Helvella capucina* significantly enhances the mycological knowledge of Türkiye and underscores the necessity for continued exploration and documentation of fungal diversity within the region.

Author contributions

The authors have equal contributions.

Conflicts of interest

The authors declare no competing interests.

Ethical Statement: It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have

been properly cited (Şuheda ALDEMİR TERMAN, Mustafa Emre AKÇAY, Ayten DİZKIRICI)

Acknowledgements

This study was financially supported by Van Yüzüncü Yıl University (Scientific Research Project Foundation, FHD-2022-10113), Van, Türkiye and TÜBİTAK 1002-A Rapid Support Program (123Z671).

References

- Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W. and Lipman, D.J. (1990). Basic local alignment search tool. *Journal Molecular Biology*, 215(3): 403–410.
- Doyle, J.J. and Doyle, J.L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19: 11–15.
- Hansen, K., Schumacher, T., Skrede, I., Huhtinen, S. and Wang, X. H. (2019). *Pindara* revisited - evolution and generic limits in *Helvellaceae*. *Persoonia*, 42: 186–204.
- Katoh, K. and Standley, M.D. (2013). MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Mol. Biol. Evol.*, 30(4): 772–80.
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W. and Stalpers, J.A. (2008). *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*, 10th Edition. CABI Europe-UK.
- Liu, Y.L., Hodson, M.C, Hall, B.D. (2006). Loss of the flagellum happened only once in the fungal lineage: phylogenetic structure of kingdom Fungi inferred from RNA polymerase II subunit genes. *BMC Evolutionary Biology*, 6: 74.
- Loken, S.B., Skrede, I. and Schumacher, T. (2020). The *Helvella corium* species aggregate in Nordic countries - phylogeny and species delimitation *Fungal Systematic Evolution*, 5: 169–186.
- Johannesson, H.S., Johannesson, K.H.P. and Stenlid, J. (2000). Development of primer sets to amplify fragments of conserved genes for use in population studies of the fungus *Daldinia loculata*. *Molecular Ecology*, 9: 375–378.
- Maddison, W. and Maddison, D. (2009). MESQUITE: a modular system for evolutionary analysis. *Evolution*, 11 (5).
- Mao, N., Xu, Y.Y., Zhang, Y.X., Zhou, H., Huang, X.B., Hou, C.L., Fan, L. (2023). Phylogeny and species diversity of the genus *Helvella* with emphasis on eighteen new species from China. *Fungal Systematics and Evolution*, 12: 111–152.
- Rambaut, A. (2010). *FigTree v1.3.1*. Institute of Evolutionary Biology, University of Edinburgh, Edinburgh.
- Rehner, S.A. and Buckley, E. (2005). A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1- α sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs. *Mycologia*, 97: 84–89.
- Ronquist, F. and Huelsenbeck, J.P. (2003). MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics*, 19: 1572–1574.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F. Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H. H., Erdoğdu, M., Ergül, C. C., Eroğlu, G., Giray, G., Haliki Ustan, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kivanç, M., Ocağ, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkeul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu. and Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi* (The Checklist of Fungi of Turkey). Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını. 1177 sayfa, İstanbul.
- Skrede, I., Carlsen, T. and Schumacher T. (2017). A synopsis of the saddle fungi (*Helvella*: *Ascomycota*) in Europe – species delimitation, taxonomy and typification. *Persoonia*, 39: 201–253.
- Terman S. Ş., Dizkirici, A. and Akcay, M. E. (2024). Morphological and molecular identification of *Dissingia confusa* based on the first record of the species in Türkiye. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 25(1): 65–72.
- Uzun, Y. (2023). “ The checklist of Turkish *Pezizales* species”, *Anatolian Journal of Botany*, 7(1): 1-20.
- Van Vooren, N. (2010). Notes sur le genre *Helvella* L. (*Ascomycota*, *Pezizales*) Le sous-genre *Elasticae*. *Bulletin mycologique et botanique Dauphiné-Sa voie*, 199: 27–60.
- Wang, X. C., Liu, T. Z., Chen, S. L., Li, Y. and Zhuang, W. Y. (2019). A four-locus phylogeny of rib-stiped cupulate species of *Helvella* (*Helvellaceae*, *Pezizales*) with discovery of three new species. *MycKeys*, 60: 45–67.
- Zhao, Q., Sulayman, M. and Zhu, X. (2016). Species clarification of the culinary Bachu mushroom in western China. *Mycologia*, 108: 828–836.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Bıyık, H.H. & Özgür, A. (2024). Bazı Mantar Miselyumlarından Yalıtım Malzemesi Üretimi Üzerine Bir Araştırma, *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı)73-82.

Geliş(Received) :14.10.2024

Kabul(Accepted) :28.11.2024

Araştırma Makalesi


Doi: 10.30708/mantar.1566720

Bazı Mantar Miselyumlarından Yalıtım Malzemesi Üretimi Üzerine Bir Araştırma

Hacı Halil BIYIK^{1*}, Aykan ÖZGÜR²

*Sorumlu yazar: hhalilb@gmail.com

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Aydın, Türkiye/
hhalilb@gmail.com 

²Çine Devlet Hastanesi, Çine, Aydın, Türkiye/ aykanozgur@yahoo.com 

Öz: Çalışmada, miselyum bazlı, çevre dostu yalıtım malzemelerinin üretilebilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Materyal olarak Aydın ilinden toplanan *Ganoderma resinaceum* (Cilalı reyşi), *Schizophyllum commune* (Kıruk) ve Agroma Mantar Şirketinden temin edilen *Pleurotus ostreatus* (İstiridye mantarı) hazır miselleri kullanılmıştır. Deney örneklerinin üretimine uygun kalıplar 3D yazıcı ile hazırlanmış ve mantar üretim çadırı ve iklimlendirme otomasyon sisteminde denemeler gerçekleştirilmiştir. Buğday sapı, mısır ve pamuk sapı gibi tarımsal artıklar miselyum gelişimi için substrat olarak incelenmiştir. Tarımsal artıklar miselyum ile aşılansmış ve 27 °C'de % 60-80 nemde 14 gün inkübasyondan sonra kalıplama yapılmış ve inkübasyona 7 gün daha devam edilmiştir. Kalıptan çıkarılan örnekler 70 °C'de Pasteur fırınında 8 saat kurutulmuştur. Materyal üretildikten sonra, basma, çekme, eğme, ısı iletkenlik testleri ve FTIR analizi yapılmıştır. Denemeler sonunda substrat olarak buğday sapının, 27 °C sıcaklık ve % 60-80 nemde optimum olarak uygunluğu belirlendi. En iyi inokulum miktarını belirlemek için miselyum, malt ekstrakt agar içeren petri kabında geliştirildikten sonra, buğday sapı içeren kompost ortamına ½ ve ¼ gibi çeşitli oranlarda miselyumla aşılandı. Üç tip mantar ve üç farklı substrat kullanılarak miselyal büyüme gözlemlendi. En iyi mantarın *Ganoderma resinaceum*, en iyi substratın ise buğday sapı olduğu belirlendi.

Anahtar kelimeler: Kompozit materyal, Mantar, Misel malzeme, Misel yalıtım

A Research on the Production of Insulation Materials from some Fungi Mycelia

Abstract: It was aimed to investigate the manufacturability of mycelium-based, environmentally friendly insulation materials. *Ganoderma resinaceum* (Cilalı reyşi), *Schizophyllum commune* (Kıruk) collected from Aydın Province and *Pleurotus ostreatus* (İstiridye mantarı) ready-made mycels obtained from Agroma Mantar company were used as materials. Molds suitable to produce test samples were prepared with a 3D printer and trials were carried out in the mushroom production tent and air conditioning automation system. Agricultural residues such as wheat straw, corn stalk and cotton straw were studied as a substrate for mycelium growth. Agricultural residues were inoculated with mycelium and after 14 days of incubation at 27 °C in 60-80% humidity, molding was done and incubation was continued for another 7 days. The samples removed from the mold were dried in a Pasteur oven at 70 °C for 8 hours. The material was produced, compression, tensile, bending, thermal conductivity tests and FTIR analysis were



performed. At the end of the trials, wheat straw as substrate, temperature 27 °C humidity 60-80% were determined as optimum. In order to determine the best inoculum amount, mycelium was inoculated into compost medium containing wheat straw in various ratios such as ½ and ¼ of the petri dish after the mycelium was developed in a petri dish containing malt extract agar. Mycelial growth was observed using three types of fungi and three different substrates. It was determined that the best fungus was *Ganoderma resinaceum* and the best substrate was wheat straw.

Keywords: Composite material, Mushroom, Mycelium material, Mycelial insulation

Giriş

Fiberglas ve polistiren gibi geleneksel yalıtım malzemeleri ulaşılabilirliğinin kolay ve fiyatlarının uygun olması açısından inşaat sektöründe önemli bir yeri vardır. Fakat bu malzemeler yenilenemeyen kaynaklara bağımlılık ve atık birikimine katkıda bulunma gibi önemli çevresel dezavantajlara sahiptir. Buna karşılık, miselyum bazlı malzemeler, döngüsel ekonominin ilkeleriyle uyumlu, umut verici bir alternatif olarak son araştırmalarda önemli ilgi görmeye başlamıştır. Bu malzemeler yalnızca biyolojik olarak parçalanabilir değildir, aynı zamanda tarımsal atıkların kullanarak çevre dostu ürünlere dönüşürler. Miselyum bazlı kompozitler üzerindeki güncel araştırmalar, yalıtım dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda sahada uygulanabilirliğini sağlamak için büyüme koşullarını ve malzeme özelliklerini optimize etmeye odaklanmıştır. Araştırmalar, miselyumun saman, talaş ve diğer organik kalıntılar gibi substratlarda yetiştirildiğinde güçlü, hafif ve termal olarak verimli kompozitler oluşturma potansiyelini göstermiştir. Bununla birlikte, farklı fungus türleri ile çeşitli tarımsal substratlar arasındaki belirli etkileşimleri ve bunlardan ortaya çıkan kompozitlerin mekanik ve termal özellikleri üzerindeki etkileri günümüzde aktif araştırma alanlarıdır. Kelime anlamı olarak çoklu yapı anlamına gelen polimerler günlük hayatımızın pek çok alanında karşımıza çıkmaktadır. Mutfak gereçleri, ambalaj sektörü ve elektronik ürünler ilk akla gelen örneklerdendir. Polimerler endüstriyel olarak petrol esaslı karbon ve hidrojenin bağlanmasıyla üretilebildiği gibi canlılar tarafından da üretilebilirler (Akdoğan, 2019). Mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar tarafından üretilen polimer biyopolimer olarak adlandırılmaktadır (US COTA, 1993). Örümcek ağı ve mantarların miselyum yapıları biyopolimerlere örneklerdir. Biyopolimerler yardımıyla doğal lifler ve yenilenebilir malzemeler kullanılarak üretilmiş ürünler çevreci kompozitler, misel tabanlı üretilen malzemelerde birer yeşil kompozittir (Dicker, 2014).

Hif yapısal olarak kitin, glukanlar, mannoproteinler ile hidrofobinler gibi protein içeriklidir. Miselyum genel olarak doğal polimerler olarak nitelendirilen kitin, selüloz, proteinlerden oluşan lifli bir yapıdır (Bartnicki-Garcia, 1968; Haneef vd., 2017). Toprak altındaki mantara ait hif yapılarının bir araya gelmesiyle oluşan miselyum ağı, uygun çevresel koşullar

altında toprak üstünde meyve yapısını oluşturur. Miselyum toprak altında çok yoğun bir halde bulunabilir. Bu yoğunluk 1 gram toprakta 600km hif ağına kadar erişebilir (Ekblad vd., 2013). Miselyumun gelişimi ve büyümesi kullandığı besin, su ve çevresel koşullara göre değişiklik gösterebilmektedir (Webster vd., 2007).

Mantar tabanlı malzemelerin üretiminde tarımsal artıklar ve mantarın misel yapısı kullanılmaktadır. Misel yapısı tarımsal artıklardan oluşan substratı bir ağ gibi sararak yapıstırıcı etkisi yapar ve substratı kaplar (Abhijith vd., 2018). Miselyum ağının dayanıklılığı malzemeyi etkileyecektir. Hif yapılarındaki ince zayıf dalların fiziksel etkilerle kırılması ana dallanma üzerinde daha fazla büyümeleri güçlenmeleri yönünde etki yapmaktadır. Bu güçlenme miselyum ağının daha dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır (Gross, 2009). Misel tabanlı malzemelerin en önemli özellikleri, yenilenebilir olmasıdır ve aynı zamanda çeşitli plastiklerin yerini alabilecek bir potansiyele sahip olmasıdır. Misel tabanlı bir materyal, kenevir lifi veya bir mantarın miseli gibi dolgu maddesi ve doğal katkılardan oluşan bir bileşiktir. Misel, birlikte büyüyen ve katı bir maddeye karışan hif adı verilen yoğun bir ince yumak ağıdır. Misel, doğal substratı, genişletilmiş polistirene benzer, hafif bir malzemeye bağlayan üç boyutlu bir matris görevi görür. Misel, substratı bir ağ gibi sararak çimento etkisi yaparak kaplar. Sonucunda oluşan yapıdan ambalaj ürünleri, tuğla ve benzeri ürünler elde edilebilir (Girometta vd., 2019; Lelivelt, 2015).

Misel tabanlı materyaller yenilenebilir özelliklerinden dolayı ilgi odağı olmaktadır. Örneğin beyaz çürükçül funguslar, karmaşık bir enzimatik işlem ile bitkilerin yapısal polisakkaritleri gibi yüksek derecede kararlı molekülleri sindirme yeteneğine sahiptir. Bu işlem doğal ekosistemlerde önemli bir rol oynar ve günümüzde çeşitli tarım ve gıda uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, funguslar bitkilerin lignin ve selüloz liflerini bağlama ve sindirme yeteneği yanında, fungusun yaşadığı doğal ortamlarda, az da olsa bir biyokompozit oluşturan doğal bir ağ yapısı sağlayabilir, bitki substrat parçalarını sentetik yapışkan kullanmadan bir arada tutar. Sonuçta ortaya çıkan malzeme, piyasadaki sentetik ürünlerin alternatifi olarak kullanılabilir (Xing vd., 2018). Misel tabanlı materyaller, orta yoğunluklu sunta ve bazı tel levhalara oranla daha hafiftirler (Appels vd., 2019). Petrol ve doğal gazdan türetilmiş sentetik polimer

ve işlenmiş ahşaplara oranla daha az yanıcıdır (Bhat vd., 2018). Geleneksel yapı malzemelerine göre daha güvenlidir (Jones vd., 2018). Binaların içlerini mevsimsel koşullara bağlı olarak kışın sıcak yazın serin tutmaya çalışıyoruz. Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği, Ankara Makine Mühendisleri Odası, [URL_1], (2023) internet sayfası verilerine göre, Avrupa standartlarında, ısı iletkenlik katsayısı 0,065 W/(m.K)'nin altında olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak adlandırılmakta iken üstünde olan malzemeler ise yapı malzemesi olarak adlandırılmaktadır. Isı yalıtımında EPS (expanded polistiren), XPS (ekstrüde polistiren), taş yünü, cam yünü, yalıtım sıvası gibi malzemeler kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları birbirlerinden farklıdır. EPS köpüğün ısı iletim katsayısı 0,035-0,040 W/(m.K), XPS köpüğün ısı iletim katsayısı 0,030-0,035-0,040 W/(m.K), cam yünü ve taş yününün ısı iletim katsayıları 0,035-0,040-0,045-0,050 W/(m.K), ısı yalıtım sıvasının ısı iletim katsayısı ise 0,055-0,070-0,080-0,100 W/(m.K) olduğu bilinmektedir (URL_1, 2023).

Araştırma konusu ile yapılan literatür bilgilerinde; Attias vd. (2019) çalışmalarında üzüm bağı ve elma ağacı budama artıklarını substrat olarak kullanarak, substrat değişiminin malzeme üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Batu vd. (2020) yaptıkları araştırma neticesinde miselyum bazlı kompozit malzemelerin petrol tabanlı ve plastik ürünlerin kullanımını azaltma hatta yerlerini alma potansiyeli taşıdıklarını sonucu varmışlardır. Colmo ve Ayres (2020) 3 boyutlu baskı tekniği kullanarak oluşturduğu yapılar ile mimaride kullanılabilecek biyohibrit sistemlerin oluşturulabileceği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Tacer-Caba vd. (2020) *Trichoderma asperellum* ve *Agaricus bisporus* misellerini kullanarak ürettikleri malzemelerin nem değişkenine bağlı sertliklerini kıyaslamışlardır. Ghazvinian (2021) miselyum malzemelerin farklı geometri ve yapısal formlar kullanarak mimarlıkta kullanılabileceğini belirtmiştir. Kurkmaz (2021) lignoselüloz atıklar ile miselyumu birleştirerek yaptığı çalışmada elde edilen basınç direnci değerlerinin polistiren köpük ile benzer olduğunu ve rijit köpük malzeme karakterinde olduğunu ortaya koymuştur. Raffie vd. (2021) çalışmalarında bir biyokompozit olan miselyum malzemelerin petrol bazlı malzemelere çevreci bir alternatif olabileceğini belirtmişlerdir. Scott vd. (2021) bir araştırmalarında, çeşitli örme kumaşlar iskelet olarak kullanılarak, kumaşlara miselyum eklenmesi sonucu yeni çevreci ürün oluşturmaya çalışılmıştır. Wylick vd. (2022) *Ganoderma resinaceum* ile miselyum malzemelerin topraktaki parçalanabilirliğini test etmişler ve miselyum malzemelerin toprakta biyolojik olarak parçalandığını ortaya koymuşlardır. Elsacker vd. (2022) robotik baskı kullanarak miselyum malzemelerin oluşturulabilirliği

üzerine yaptıkları çalışmada miselyumun biyomalzemelerde çatlak azaltıcı etki yapabileceğini söylemişlerdir. Elsacker vd. (2022) nanokil ve miselyum malzemeleri bir araya getirerek yaptıkları çalışmada nanokilin miselyum gelişimini %29 kadar yavaşlattığını ve nanokil varlığında miselyumun selülozu daha zor parçaladığını tespit etmişlerdir. Aynı zamanda bu yavaşlamanın kompostu kontaminasyona daha açık hale getirdiğini belirtmişlerdir. Fairus vd. (2022) miselyum kompozitlerin üretiminde en fazla beyaz çürükçül mantarların kullanıldığını belirtmişlerdir. Miselyum kompozitlerin endüstriler için yeni bir fırsat olduğunu ve ilerleyen yıllarda sürdürülebilir yeni malzemeler üretilebileceğini söylemişlerdir. Nashiruddin vd. (2022) *P. ostreatus* ve pirinç kabuğu kullanarak yaptıkları biyo malzemenin petrol bazlı polimerik malzemelere alternatif olabileceğini söylemişlerdir. Adamatzky ve Gandia (2022) *Ganoderma resinaceum* kullanarak hazırladıkları malzemeye elektriksel aktiviteleri algılayacak proplar yardımıyla düzenek kurarak malzemenin üzerine konan ağırlığa verdiği tepkiyi ölçmüşlerdir. Ozkan vd. (2022) *P. ostreatus* ve *G. resinaceum* ile değişik çevresel parametreler kullanarak araştırma yapmışlardır. Parametrik yaklaşım ile üretim sağlanabileceğini, kesme, kalıplama veya genetik manipülasyondan bağımsız çevresel parametrelerde oynama yapılarak mantarın meyve yapısında değişiklik yapılabildiğini bu sebeple parametrik yaklaşımın malzeme imalatında da kullanılabileceğini söylemişlerdir. Ghazvinian ve Gürsoy (2022) miselyum malzemelerin, hafif ve biyolojik olarak parçalanabilme özelliklerinden dolayı çeşitli endüstrilerin sebep olduğu çevresel sorunları azaltmak için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Son yıllarda, çevresel sürdürülebilirlik konusundaki artan endişe, inşaat ve yalıtım için alternatif malzemelerin araştırılmasını yönlendirmiştir. Geleneksel yalıtım malzemeleri etkili olsa da, genellikle yenilenemeyen kaynaklara dayanır ve çevresel bozulmaya katkıda bulunur. Buna karşılık, miselyum bazlı malzemeler umut verici, çevre dostu bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Bu malzemeler, çeşitli tarımsal artıklar üzerinde yetiştirilebilen ve sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir bir kompozit oluşturan miselyum olarak bilinen mantarların vejetatif kısmından türetilmiştir. Bu çalışma, üç mantar türü kullanılarak miselyum bazlı yalıtım malzemelerinin potansiyelini araştırmaktadır: *Ganoderma sp.*, *Schizophyllum commune* ve *Pleurotus ostreatus*. Buğday samanı, mısır sapı ve pamuk samanı gibi tarımsal artıklar, miselyal büyümeyi desteklemek için substrat olarak kullanılmıştır. 3D yazdırılmış kalıplar, kontrollü inkübasyon ortamları ve kapsamlı malzeme testlerini içeren bir dizi deney yoluyla, bu araştırma hem etkili hem de çevresel olarak sürdürülebilir miselyum bazlı

yalıtım malzemeleri üretmek için optimum koşulları belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmanın sonuçları sadece yeşil yapı malzemeleri alanına katkı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda tarımsal atıkların malzeme biliminde değerli bir kaynak olma potansiyelini de vurgulamaktadır.

Materyal ve Metot

Materyal olarak Aydın ilinden toplanan *Ganoderma* sp, *Schizophyllum commune* ve Agroma Mantar Şirketinden temin edilen *Pleurotus ostreatus*'un hazır miselleri kullanılmıştır. Test örneklerinin üretiminde kullanılan *Ganoderma*, Aydın İli, Yenipazar İlçesi, Hamzabali Mahallesi'nden 37°48'13"N, 28°7'28"E coğrafi koordinatlarından Eylül 2021'de toplanılmıştır. *Schizophyllum commune* Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Aytepe kampüsü Fen Fakültesi otoparkı, 37,8546723, 27,8539691 coğrafi koordinatlarından Nisan 2022'de toplanmıştır *Pleurotus ostreatus*, Denizli Agroma Mantar şirketinden buğdaya sarılı halde temin edilmiştir.

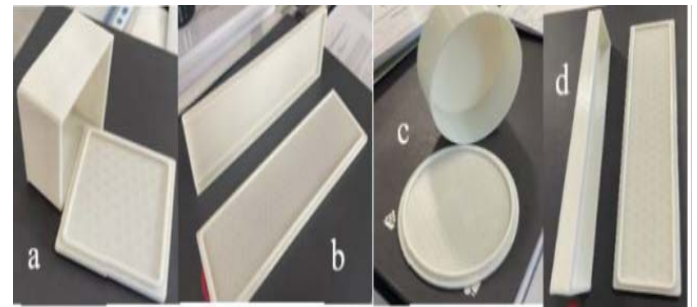
Misel üretimi: Test örneklerinin üretiminde substrat olarak odun talaşı, kenevir lifi ve buğday samanı kullanılmıştır. Kenevir lifini küçük parçalara ayırmakta ve kalıplamak zor olduğu için kenevir lifinin kullanılarak, malzeme üretiminden vazgeçilmiştir. Buğday sapı küçük parçalara daha kolay parçalanabildiği ve numunelerin üretiminde kalıpta daha homojen olarak dağılabildiği için malzemenin substratı olarak belirlenmiştir.

Her bir fungus türünün misel gelişimleri tespit edilmiştir, bu amaçla funguslardan, spawn elde etmek için araştırmanın başında substrat olarak steril buğday ve arpa taneleri kullanılmış sonrasında buğday ile çalışmalara devam edilmiştir. Steril bir litrelik cam kavanozların her birine 200 g buğday tanesi, 1 g alçı tozu ve 200 ml distile su konularak bir gece oda sıcaklığında bekletilmiştir. Alçı tozu buğday tanelerinin birbirine yapışmasını önlemek amacıyla ilave edilmiştir. Hazırlanan bu besi ortamının, 24 saat sonra, kavanoz kapakları ortasından delinecek ve bu kısımlara pamuk konularak 121°C'de bir saat JP Selecta marka otoklavda steril edilmiştir. Kavanozda steril edilen besi ortamı içine, önceden iki hafta süre ile MEA besi ortamı üzerinde geliştirilen *P. ostreatus*'un misel parçalarından 2-3 öze ilave edilerek aşılama yapılmıştır. 16 gün boyunca 25 °C sıcaklık % 60-80 nemli ortamda inkübasyona bırakılmış, kavanozlar dört gün ara ile misel büyümesinin homojen bir şekilde olması ve buğday tanelerini tamamen sarması için elle çalkanmıştır (Stamests 2000; Holkar ve Chandra, 2016). Misel gelişiminde kullanılan bu besi ortamı araştırmada kullanılacak mantarların her biri için değişik parametrelerde uygulanmıştır. Materyal olarak

kullanılacak mantarların misel verimlere bakılarak en uygun mantar türü seçilmiştir.

İnokulasyon ve İnokulasyon besi ortamı: Aşı olarak kullanacağımız miselleri ürettikten sonra, misel gelişimi için öncelikle polikarbonat bitki doku kültürü şişeleri denenmiş pratik bir kullanım olmadığı için cam şişelerde denemelere devam edilmiştir. Şişelerin içine buğday samanı 3-4 cm uzunluğa kesilmiş (kalıplamada zorlanması ve homojen numune elde edilebilmesi için laboratuvar tipi Waring marka blendır 0,5 cm ile 1 cm arasındaki boyutlara parçalanmıştır) ve her bir şişeye 40 ml su eklenmiş olarak şişe başına 20 g olarak dağıtılmıştır. (Başlangıçta 50 g buğday sapı, 6,3 g toz alçı, 50 ml distile H₂O kullanılmış nemliliğin yetersiz olduğu anlaşıldığı için 50 g buğday sapı, 6,3 g toz alçı, 100 ml distile H₂O ile devam edilmiştir. Kompost 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir) Şişeler 121 °C'de 60 dk otoklavlandıktan sonra oda ısısına kadar soğutulmuştur. Şişenin içine 6-8 tane misel sarılı buğday tanesi aşılanmıştır. (90mm boyutundaki petrielerde üretilmiş mantar misellerinin ¼ ü alınarak komposta aşılama yapılmıştır. Kültürler, 28 °C sıcaklık, % 60-80 nemli ortamda 2 hafta boyunca inkübe edilmiş, şişe kapakları hava girişine izin vermek için hafif açık bırakılmıştır. İki hafta sonrasında daha önceden hazırlanmış ve % 70 alkol ile silinmiş olan kalıplara aktarılmıştır. Sekiz hafta sonunda oluşan saman blokları kalıplardan çıkarılarak ve 70 °C fırında birkaç saat kurutulmuştur (Xing vd., 2018).

Yapılacak testlere uygun kalıpların basımı: Testleri yapılacak olan örneklerin hazırlanmasında kullanılacak kalıpların 2023 versiyona sahip Autodesk Inventor programında çizimleri yapılmış ve markası Ender Pro versiyonu 2 olan 3 boyutlu yazıcıda basımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Test numunesi kalıpları (a) Basma testi kalıbı, (b) Eğilme testi numune kalıbı, (c) Isıl iletkenlik katsayısı testi numune kalıbı, (d) Çekme testi numune kalıbı

Malzeme testleri örneklere FT-IR analizi, üç nokta eğme testi, basma testi, çekme testi ve ısıl iletkenlik katsayısı testleri yapılmıştır.

Kalıplama ve kalıptan çıkarma: Buğday artıklarına bir miktar sardırıldıktan sonra şişe içerisinden

el ile kalıplara aktarılır. Kalıba aktarılan misel içerikli kompost, kalıpta boş yer kalmayacak şekilde üzerinden hafifçe bastırılarak kalıba dağıtılır (Şekil 2). Birkaç haftalık inkübasyon sonunda kalıplama tamamlanır (Şekil 3).



Şekil 2. Malzeme kalıplama



Şekil 3. Kalıplaması tamamlanmış malzeme

Kurutma ve teste hazır numuneler: Kalıptan çıkarılan numuneler pauster fırınında 70°C sıcaklıkta 8 saat kurutulmuştur (Şekil 4). Kurutma sonrasında numuneler testlere hazır hale gelmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Kurutma işlemi



Şekil 5. Kurutulmuş teste hazır numuneler

FT-IR (fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) analizi: Numunelerin FTIR analizleri için Bruker marka Vertex 70 model cihaz kullanılmıştır. Kullanılan dalga boyu 400-4000 cm⁻¹ aralığındadır.

Üç nokta eğme testi: Eğilme testleri ASTM D 1037-12 standartlarında yapılmıştır. Bu standart, numunelerimizi diğer yapı malzemeleriyle kıyaslamamızı sağlamıştır. ASTM D 1037-12 Ahşap esaslı elyaf ve parçacık panel malzemelerin temel özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Üç nokta eğme testi için numune boyutları milimetre cinsinden 200x50x6 olarak belirlenmiştir.

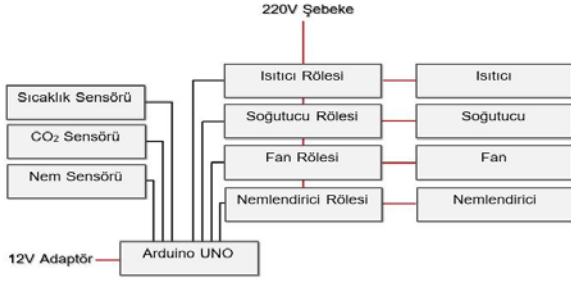
Basma testi: Avrupa Standartlarına uygun BS EN 826 standartlarında yapılmıştır. Bu test numunelerin sıkıştırma davranışını belirlemesinin yanında ısı yalıtım ürünlerine uygulanabilecek kısa süreli yük ile basınç gerilmeleri hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır. Basma testleri için numune boyutları 50x50 mm genişliğinde 25 mm yüksekliğinde hazırlanmıştır. Shimadzu AGS-X 100 kN üniversal çekme-basma test cihazı kullanılarak numuneler test edilmiştir. Çekme testleri ASTM D 1037-12 standartlarında yapılmıştır. Bu standart, numunelerimizi diğer yapı malzemeleriyle kıyaslamamızı sağlamıştır. ASTM D 1037-12 Ahşap esaslı elyaf ve parçacık panel malzemelerin temel özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir.

Çekme testi: 170 mm ye 30 mm ölçülerinde numuneler hazırlanmıştır.

Isıl iletkenlik testi: Örnek boyutları 100 mm çapında 40 mm yüksekliğinde hazırlanmıştır. Isıl iletkenlik testi için Deneysan HT-350 termal iletkenlik test cihazı kullanılmıştır.

Mantar üretim çadırı ve arduino sistem: Test numunelerin üretilmesi için 300x300x200 cm boyutlarında Secret Jardin marka Hydro Shoot (HS300) model bitki yetiştirme çadırı kullanılmıştır. Çadırın içerisine kompostların yerleştirilmesi için Leva House

marka plastik raflar koyulmuştur. Çadırın otomatik olarak nem, sıcaklık ve CO₂ takibini yapan sistemin genel şeması aşağıdaki gibidir (Şekil 6).



Şekil 6. Çadır içi iklimlendirme otomasyon sistemi şeması

Havalandırma sistemi: Havalandırma amacıyla iki ayrı Soler Palau marka sessiz fanlar kullanılmıştır. Fanlardan biri çadır içerisine temiz hava gönderirken diğeri kirli havayı çadır içinden uzaklaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Arduino sisteme bağlı düzenek CO₂ takibini otomatik olarak yapmakta ve CO₂ seviyesi ppm cinsinden belirlenen oranın üzerine çıktığında fanları aktif hale getirmektedir. CO₂ oranı istenilen seviyeye geldiğinde fanlar durmaktadır. Çadır içi ısı dengesinin sağlanması için The Pure Factory marka elektrikli ısıtıcı sisteme dahil edilmiş ve çalışması arduino sistem ile kontrol edilmiştir. Çadır içi nemin sağlanması için, ultrasonik hava nemlendirici buhar makinesi (Sinbo) modifiye edilerek sisteme dahil edilmiş ve çalışması arduino sistem ile kontrol edilmiştir. Çadır altı zemin izolasyonu amacıyla şilte ile 8 mm laminant parke döşenmiş, çadır bu parke üzerine yerleştirilmiştir.

Bulgular

Spawn üretimi amacıyla *G. lucidum* DNZ19 (Reyşi), *G. resinaceum* (Cilalı reyşi), *B. cinerae* (Kuşuni küf), *Trichoderma* sp. (Yeşil küf), *S. commune* (Kıymuk), *P. ostreatus* (İstiridyeye mantarı) gibi çeşitli funguslar denenmiş fakat test numunesi üretim denemeleri için *Ganoderma resinaceum*, *S. commune*, *P. ostreatus* tercih edilmiştir. *S. commune* ve *P. ostreatus* ile verimli bir şekilde test numunesi elde edilememiştir. Bu sebeple numunelerin *Ganoderma resinaceum* ile üretimi sağlanmıştır (Sesli ve ark., 2020). Aydın ili Yenipazar İlçesi Hamzabali Mahallesi'nden toplanılan mantar örneğinin morfolojik tanılmasında Alılı ve arkadaşlarının 2007 yılındaki çalışmalarındaki tayin anahtarından yararlanılmıştır. Tayin sonucunda mantarımızın *Ganoderma resinaceum* olduğu tespit edilmiştir.

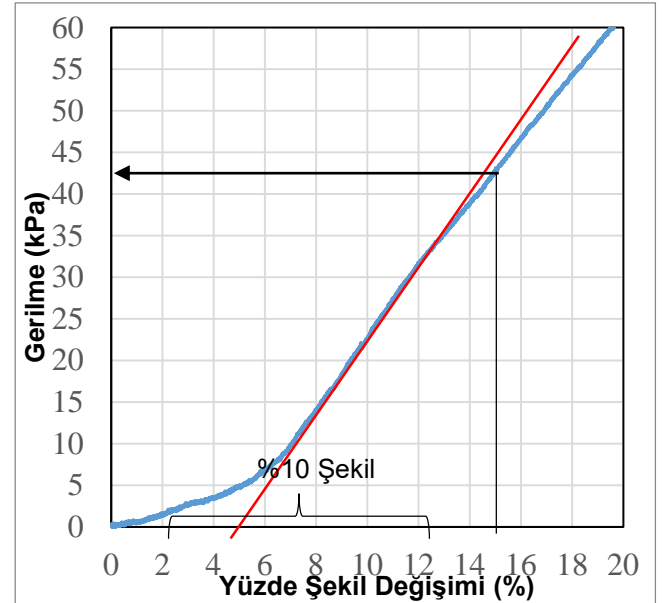
Spawn üretimi: Buğday taneleri kullanılarak hazırlanan spawn üretimine ait 1. gün, 3.gün, 6.gün, 10 gün fotoğrafları aşağıdaki gibidir Buğday sapı üzerinde miselyum üretimi 0,5 cm ile 1 cm arasında boyutlarda

küçültülen buğday saplarına 90 mm büyüklüğündeki petrilere 1/4'ü kesilerek yapılan miselyum ekimi ile tarım artıklarına miselyum sardırılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. (a), (b), (c), Spawn üretimi 10 gün.

Basma testi: BS EN 826 standardına göre yapılmış olan basma testlerinde, %10 şekil değişimine göre gerilme değerleri basma dayanım değerleri olarak kabul edilmiştir. Test öncesi 250 Pa ön yükleme yapılmıştır. Basma hızı 0,1 x d (d=25 mm yüksekliğe göre) 2,5 mm/min hızda yapılmıştır. %1, %2, %5 ve %10 şekil değişimindeki gerilme değerleri not edilmiştir. Basma dayanımı sonucu %10'luk şekil değişiminde 42,5 kPa olarak tespit edilmiştir. Elastisite modülü (kPa) 432,471 olarak tespit edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Basma testi grafiği

Çekme testi: Çekme testinde kullanılacak olan numuneler test sayısını arttırmak amacıyla ortandan iki eşit parçaya kesilip 4 numune elde edilerek teste tabi tutulmuşlardır. Çekme testleri ISO 1926 standardına göre yapılmıştır. Çekme hızı olarak 5 mm/dk ayarlanmıştır. Numunelerden, gerilme değerleri az çıkan 2 tanesi yaklaşık 57 kPa çekme dayanımına, yaklaşık 3100 kPa elastisite modülü değerine ve yaklaşık %13 kopma uzamasına sahiptir. Yüksek çıkanlarda ise 170 kPa

çekme dayanımına, yaklaşık 19500 kPa elastisite modülü değerine ve yaklaşık %1,7 kopma uzamasına sahiptir (Tablo 1).

Tablo 1. Çekme testi sonuçları

Numune No	Çekme Dayanımı (kPa)	Elastisite Modülü Değeri (kPa)	Kopma Uzama Miktarı (%)
1	57	3100	13
2	57	3100	13
3	170	19500	1,7
4	170	19500	1,7

Üç nokta eğme testi: Üç nokta eğme testi Astm D 790 standardına göre 120 mm açıklıkta, 3 mm/dk hızda yapılmıştır ve 2 adet numune eğilme testine tabi tutulmuştur. Eğilme test sonuçlarında malzemeler yaklaşık %6 şekil değişiminde kırılmıştır. En yüksek eğilme gerilmesi ortalama 300 kPa değerindedir (Tablo 2).

Tablo 2. Üç nokta eğme testi sonuçları

Numune No	Şekil Değişiminde Kırılma (%)	Eğilme Gerilmesi (kPa)
1	6	300
2	6	300

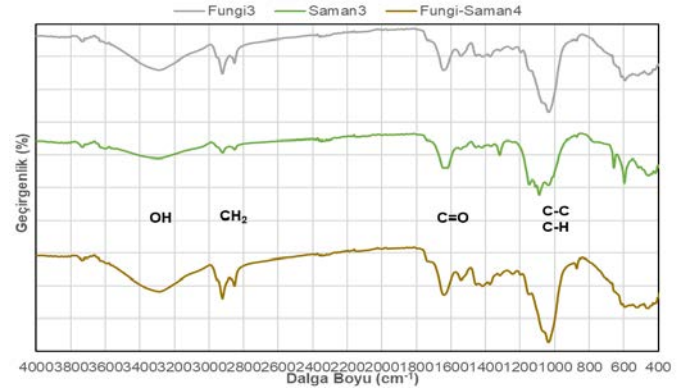
Isıl iletkenlik katsayısı testi: Buğday samanı ve *G. resinaceum* kullanılarak elde edilen kompozit malzemenin ısı iletkenlik katsayısı 0,4 W/(m.K) olarak tespit edilmiştir.

FT-IR analizi: FT-IR spektroskopisi miselyum tabanlı biyokompozitimizin fonksiyonel gruplarını karakterize etmek amacıyla kullanılmıştır. 3300 cm⁻¹ bandında (O-H) valenz (gerilme) titreşimi, 2850-2900 cm⁻¹ bandında (C-H) valenz titreşimi, 1650 cm⁻¹ bandında (C=O) valenz titreşimi elde edilmiştir. 1050 cm⁻¹ bandı (C-C) valenz titreşimi olabileceği gibi (C-H) deformasyon titreşimi veya (C-O) over titreşimi de olabilir. 400-1500/1550 cm⁻¹ bant aralığı parmak izi bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bu bant aralığında valenz, deformasyon, torsiyon gibi bütün titreşimler rezonansa gelir (Şekil 9). Bu nedenle kesin yorum yapmak için bu bant aralığı karakteristik değildir (Angelova vd., 2021).

Tartışma

Islam vd. (2017) ürettikleri miselyum malzemenin mekanik ve morfolojik özelliklerini anlamak için yaptıkları testlerde, malzemenin yoğunluğuna bağlı olarak değişen 600-2000 kPa basınç dayanımı sonucuna ulaşmışlardır. Yang vd. (2017) araştırmalarında substrat olarak buğday kepeği, mısır tanesi gibi bitkisel materyaller, mantar olarak *Irpex lacteus* kullanmışlardır. Yaptıkları testler sonucunda basma direnci olarak 350-570 kPa, ısı

iletkenlik katsayısı sonucu olarak 0,05-0,07 W/(m.K) değerlerini elde etmişlerdir. Attias vd (2020) çalışmalarında elma ağacı dallarından elde edilmiş saman ve asma dallarını substrat olarak, mantar olarak *Trametes versicolor*, *Trametes multicolor* ve *Ganoderma* sp türlerini kullanmışlardır. Basma test sonucu olarak %10'luk şekilsel değişimde 25-175 kPa değerlerini elde etmişlerdir.



Şekil 9. FTIR analizi grafiği

Angelova vd (2021) gül ve lavanta bitkilerine ait atıklar ve *G. resinaceum* miselleri kullanarak ürettikleri kompozit malzemeye yaptıkları ftir analizi bizim ftir analiz sonucu ile benzerlik göstermektedir. Malzemelerine yaptıkları basınç dayanımı testinde %10'luk şekilsel değişimde, substratı gül bitkisi atıkları olan malzeme için 718kPa, lavanta bitkisi atıkları olan malzeme için 1029 kPa değerlerini elde etmişlerdir. Bu çalışmada kompozit malzeme üretimi için doğadan izole ettiğimiz *G. resinaceum* mantarını ve substrat olarak buğday sapı samanını kullandık. Basınç dayanımı testi sonucunda %10 şekil değişiminde 42,5 kPa değeri bulunmuştur. Kompozit malzemenin ısı iletkenlik katsayısı $\lambda=0,4$ W/(m.K) değerindedir. Elastisite modülü 432,471 kPa değerindedir (Tablo 3).

Tablo 3. Test sonuçlarının karşılaştırması

Çalışma	Basma Dayanımı (kPa)	Isıl İletkenlik Katsayısı λ
Islam vd. (2017)	600-2000	
Yang vd. (2017)	350-570	0,05-0,07
Attias vd (2020)	25-175	
Angelova vd (2021)	718-1029	
Bu Çalışma	42,5	0,4

Bu çalışmada, *G. resinaceum* ve buğday sapı samanını kullanılarak miselyum malzeme üretilmiştir.

Üretilen miselyum malzeme, üç boyutlu yazıcıda basılan kalıplar yardımıyla şekillendirilerek testlere uygun numuneler hazırlanmıştır. Yapılan araştırmalar sonunda ürettiğimiz numuneler basınç dayanım testleri yönünden yapılan çalışmalara göre daha zayıftır. Isıl iletkenlik katsayısı değeri $\lambda=0,4$ W/(m.K) olduğu için Avrupa Standartlarına göre malzememiz ısı yalıtım malzemesi olmamakla birlikte yapı malzeme niteliği taşıyabilir (URL_1, 2023). Substrat türü ve mantarlarda değişikliklere gidilerek yeni çalışmalar yapılabilir. Mevcut malzemeye elektriksel iletkenlik testi, akustik testler, sertlik, tokluk, yanma, ısıl genleşme testi ve neme dayanım benzeri testler yapılabilir.

Ürettiğimiz miselyum malzeme ısıl iletkenlik katsayısı olarak Avrupa standartlarının altında olduğu tespit edilmiştir. Dayanım olarak henüz yetersizdir ve yapı malzemesi olarak kullanabilmek için geliştirilmesi gerekmektedir. Farklı substratlar (pamuk sapı, pirinç kavuzu vb.) ve karışım substratlar kullanılarak malzeme üretimi yapılabilir. Farklı kalıplar tasarlanıp inşaat sanayi dışında kullanılabilir, petrol tabanlı plastiklere

alternatif, çevreci, biyobozunur, ürünler oluşturulabilir. Mühendislik, tasarım ve mimarlık gibi alanlar eşliğinde yeni çalışmalar yapılması, farklı ve geniş kullanım alanına sahip malzemelerin ortaya çıkmasına zemin hazırlayabilir.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar eşit katkıya sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Hacı Hall BIYIK ve Aykan ÖZGÜR).

Teşekkür

Bu çalışma ADÜ-BAP tarafından finansal olarak desteklenmiştir (Proje Numarası: FEF21022). Bu araştırma bir yüksek lisans tezidir.

Kaynaklar

- Abhijith, R., Anagha Ashok, ve C. R. Rejeesh (2018). Sustainable packaging applications from mycelium to substitute polystyrene: a review." *Materials Today: Proceedings* 5.1, 2139-2145.
- Adamatzky, A., ve Gandia, A. (2022). Living mycelium composites discern weights via patterns of electrical activity. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 7(1), 26-32.
- Alli, H., Işıloğlu, M., ve Solak, M. H. (2007). Macrofungi of Aydin Province, Turkey. *Mycotaxon*, 99:163-165.
- Alemu, D., Tafesse, M., ve Gudetta Deressa, Y. (2022). Production of mycoblock from the mycelium of the fungus *Pleurotus ostreatus* for use as sustainable construction materials. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022(1):1-12.
- Angelova, G., Brazkova, M., Stefanova, P., Blazheva, D., Vladev, V., Petkova, N., Slavov, A., Denev, P., Karashanova, D., Zaharieva, R., Enev, A., ve Krastanov, A. (2021). Waste rose flower and lavender straw biomass—An innovative lignocellulose feedstock for mycelium bio-materials development using newly isolated *Ganoderma resinaceum* GA1M. *Journal of Fungi*, 7(10), 866.
- Appels, F. V., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M., Dijksterhuis, J., ve Wösten, H. A. (2019). Fabrication factors influencing mechanical, moisture-and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials & Design*, 161, 64-71. 36
- Attias, N., Danai, O., Tarazi, E., Pereman, I., ve Grobman, Y. J. (2019). Implementing bio-design tools to develop mycelium-based products. *The Design Journal*, 22(sup1), 1647-1657.
- Attias, N., Danai, O., Abitbol, T., Tarazi, E., Ezov, N., Pereman, I., ve Grobman, Y. J. (2020). Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119037.
- Bartnicki-Garcia, S. (1968). Cell wall chemistry, morphogenesis, and taxonomy of fungi. *Annual Reviews in Microbiology*, 22(1), 87-108.
- Butu, A., Rodino, S., Miu, B., ve Butu, M. (2020). Mycelium-based materials for the ecodesign of bioeconomy. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 15(4), 1129-1140.
- Bhat, T., Jones, M., Kandare, E., Yuen, R., Wang, C. H., ve John, S. (2018). Biomass and Waste-derived Sustainable Mycelium Composite Construction Materials with Enhanced Fire Safety. In 18th European Conference on Composite Materials, ECCM 2018. Book of Full Text, (ss1-8). Athens, Greece
- Colmo, C., ve Ayres, P. (2020, September). 3d printed bio-hybrid structures: Investigating the architectural potentials of mycoremediation. In *38th eCAADe Conference (online) 2020: Anthropologic-Architecture and Fabrication in the cognitive age*, 573-582.
- Dicker, M. P., Duckworth, P. F., Baker, A. B., Francois, G., Hazzard, M. K., ve Weaver, P. M. (2014). Green composites: A review of material attributes and complementary applications. *Composites part A: applied science and manufacturing*, 56, 280-289.
- Ekblad, A., Wallander, H., Godbold, D. L., Cruz, C., Johnson, D., Baldrian, P., Björk, R., G., Epron, D., Kieliszewska-Rokicka, B., Kjølner, R., Kraigher, H., Matzner, E., Neumann, J., ve Plassard, C. (2013). The production and turnover of extramatrical mycelium of ectomycorrhizal fungi in forest soils: role in carbon cycling. *Plant and Soil*, 366(1), 1-27.
- Elsacker, E., Peeters, E., & De Laet, L. (2022). Large-scale robotic extrusion-based additive manufacturing with living mycelium materials. *Sustainable Futures*, 100085.
- Fairus, M. J. B. M., Bahrin, E. K., Arbaain, E. N. N., Ramli, N., ve Enis, N., (2022). Mycelium-based composite: A way forward for renewable material. *J. Sustain. Sci. Manag*, 17, 271-280.
- Ghazvinian, A. (2021). A sustainable alternative to architectural materials: Mycelium-based bio-composites. *Proceedings of the Divergence in Architectural Research*, Atlanta, GA, USA, 15, 159-167.
- Ghazvinian, A., ve Gürsoy, B. (2022). Mycelium-Based Composite Graded Materials: Assessing the Effects of Time and Substrate Mixture on Mechanical Properties. *Biomimetics*, 7(2), 48.
- Girometta, C., Picco, A. M., Baiguera, R. M., Dondi, D., Babbini, S., Cartabia, M., Pellegrini, M., ve Savino, E. (2019). Physico-mechanical and thermodynamic properties of mycelium-based biocomposites: a review. *Sustainability*, 11(1), 281.
- Gross, T., ve Sayama, H. (2009). Adaptive networks, *Springer*, Berlin, Heidelberg, 1-8.
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., ve Athanassiou, A. (2017). Advanced materials from fungal mycelium: fabrication and tuning of physical properties. *Scientific reports*, 7(1), 1-11.
- Holkar, S., K., ve Chandra, R. (2016) Triveni Enterprises, *Journal of environmental biology* 37: 7-12.
- Islam, M. R., Tudryn, G., Bucinell, R., Schadler, L., ve Picu, R. C. (2017). Morphology and mechanics of fungal mycelium. *Scientific reports*, 7(1), 1-12.
- Jones, M., Bhat, T., Huynh, T., Kandare, E., Yuen, R., Wang, C. H., ve John, S. (2018). Waste derived low cost mycelium composite construction materials with improved fire safety. *Fire and Materials*, 42(7), 816-825.
- Lelivelt, R. J. J. (2015). The mechanical possibilities of mycelium materials. *Eindhoven university of technology (TU/e)*, 682.
- Nashiruddin, N. I., Chua, K. S., Mansor, A. F., A Rahman, R., Lai, J. C., Wan Azelee, N. I., ve El Enshasy, H. (2022). Effect of growth factors on the production of mycelium-based biofoam. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24(1), 351-361.

- Ozkan, D., Morrow, R., Zhang, M., ve Dade-Robertson, M. (2022). Are Mushrooms Parametric?. *Biomimetics*, 7(2), 60.
- Rafiee, K., Schmitt, H., Pleissner, D., Kaur, G., ve Brar, S. K. (2021). Biodegradable green composites: It's never too late to mend. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 30, 100482.
- Scott, J., Ozkan, D., Hoenerloh, A., Birch, E., Kaiser, R., Agraviador, A., Bridgens, B., ve Elsacker, E. (2021). Bioknit Building: Strategies for living textile architectures. In *CEES 2021 International Conference Construction, Energy Environment and Sustainability*, Portugal, 1-4.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F., (eds.) Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu. ve Yoltaş, A. (2020). Türkiye mantarları listesi (The checklist of fungi of Turkey). Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını. İstanbul
- Tacer-Caba, Z., Varis, J. J., Lankinen, P., ve Mikkonen, K. S. (2020). Comparison of novel fungal mycelia strains and sustainable growth substrates to produce humidity-resistant biocomposites. *Materials & Design*, 192, 108728.
- Van Wylick, A., Elsacker, E., Yap, L. L., Peeters, E., ve De Laet, L. (2022). Mycelium Composites and their Biodegradability: An Exploration on the Disintegration of Mycelium-Based Materials in Soil. In *Construction Technologies and Architecture*, Vol. 1, 652-659.
- United States. Congress. Office of Technology Assessment. (1993). Biopolymers: Making Materials Nature's Way. Congress.
- URL_1 TMMOB. (2023) Ankara Makina Mühendisleri Odası, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/0f0c65cbf947d1c_ek.pdf [Erişim Tarihi:13/03/2023]
- Webster, J., & Weber, R. (2007). *Introduction to fungi*. Cambridge university press.
- Xing, Y., Brewer, M., El-Gharabawy, H., Griffith, G., & Jones, P. (2018, February). Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 121, p. 022032). IOP Publishing.



This article is cited as: Maçın S., Samadzade, R., Yılmaz, S., Fındık, D. (2024). Examination of Galactomannan Antigen Test Results in the Diagnosis of Patients with Suspect of Invasive Aspergillosis, *Mantar Dergisi*, 15(Special issue) 83-90.

Geliş(Received) :14.10.2024

Kabul(Accepted) :03.12.2024


Research Article


Doi: 10.30708/mantar.1566653


Examination of Galactomannan Antigen Test Results in the Diagnosis of Patients with Suspect of Invasive Aspergillosis


Salih MAÇIN¹, Rugiyya SAMADZADE^{2*}, Senanur YILMAZ³, Duygu FINDIK⁴

*Corresponding author: rukiyesamadzade@gmail.com

¹ Selçuk University Faculty of Medicine, Department of Medical Microbiology, Konya, Türkiye/
salihmacin@hotmail.com 

² Selçuk University Faculty of Medicine, Department of Medical Microbiology, Konya, Türkiye/
rukiyesamadzade@gmail.com 

³ Selçuk University Faculty of Medicine, Department of Medical Microbiology, Konya, Türkiye/
senanur.aydogan@outlook.com 

⁴ Selçuk University Faculty of Medicine, Department of Medical Microbiology, Konya, Türkiye/
dfindik@selcuk.edu.tr 

Abstract: Invasive aspergillosis is an infectious disease caused by fungi from the *Aspergillus* species, and it typically has a high mortality rate among immunosuppressed individuals. Galactomannan antigen (GM) is a polysaccharide found in the cell wall of *Aspergillus* species and is used for early diagnosis, as traditional diagnostic methods often lead to significant delays in treatment. This study aimed to evaluate the results of galactomannan antigen testing in patients suspected of having invasive aspergillosis. Serum and bronchoalveolar lavage samples from patients with a preliminary diagnosis of invasive aspergillosis were sent to the laboratory for GM antigen testing. The GM antigens were detected using the Magnetic Bead-Coated Chemiluminescence method on the FACIS-I device. Galactomannan antigen positivity was found in 867 (15.3%) of the patients, with 492 (56.7%) of the positive samples coming from blood and 375 (43.3%) from bronchoalveolar lavage. Of the patients with positive galactomannan results, 282 (32.6%) were diagnosed with leukemia, 167 (19.2%) with pneumonia, and 142 (16.3%) with lymphoma. Among the samples that tested positive for the antigen, 343 (39.5%) were sent from Hematology, 292 (33.6%) from Chest Diseases, and 156 (18.1%) from Internal Medicine units. In conclusion, measuring galactomannan levels in serum or bronchoalveolar lavage samples can aid in the early diagnosis and treatment of invasive aspergillosis. Therefore, evaluating galactomannan test results may help reduce mortality and morbidity associated with invasive aspergillosis infections.

Keywords: Bronchoalveolar lavage, Galactomannan Antigen Test, Invasive Aspergillosis, Magnetic Bead Coated Chemiluminescence, Serum.

İnvaziv Aspergilloz Şüphesi Olan Hastaların Tanısında Galaktomanan Antijen Test Sonuçlarının Araştırılması

Öz: Genellikle immünsüpresif bireylerde yüksek mortalite ile seyreden invaziv aspergilloz, *Aspergillus* türü mantarların sebep olduğu enfeksiyon hastalığıdır. Hastalığın klasik tanı yöntemlerinin geç sonuç vermesi tedavide önemli gecikmelere neden olduğu için erken tanı



kullanılan galaktomannan antijeni, *Aspergillus* türünün hücre duvarında bulunan bir polisakkarittir. Bu çalışmanın amacı invaziv aspergilloz şüphesi olan hastalarda galaktomannan antijen testinin sonuçlarının değerlendirilmesidir. Çalışmaya invaziv aspergilloz ön tanılı hastalardan galaktomannan antijeni isteğiyle laboratuvara gönderilen serum ve bronkoalveolar lavaj örnekleri dahil edilmiştir. Galaktomannan antijenlerinin tespiti, FACIS-I cihazında Manyetik Boncuk Kaplı Kemilüminesans yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Hastaların 867'sinde (%15.3) galaktomannan antijeni pozitifliği saptanmıştır. Pozitif örneklerin 492'si (%56.7) kan, 375 'si (%43.3) bronkoalveolar lavaj olmuştur. Galaktomannan pozitifliği olan hastaların; 282'si (%32.6) lösemi, 167'si (%19.2) pnömoni ve 142'si (%16.3) lenfoma tanısı almıştır. Antijen pozitifliği saptanan örneklerin 343'ü (%39.5) Hematoloji, 292'si (%33.6) Göğüs hastalıkları ve 156'sı (%18,1)'si İç Hastalıkları ünitelerinden gönderilmiştir. Sonuç olarak serum veya bronkoalveolar lavaj örneklerinde galaktomannan düzeylerinin bakılmasının invaziv aspergillozun erken tanı ve tedavisinde yararlı olacağı kanısına varılmıştır. Bu nedenle galaktomannan test sonuçlarının klinik verilerle beraber değerlendirilmesi invaziv aspergilloz enfeksiyonlarında mortalite ve morbiditenin azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bronkoalveolar lavaj, Galaktomannan Antijen Testi, İnvaziv Aspergillozis, Manyetik Boncuk Kaplı Kemilüminesans, Serum.

Introduction

One of the most important causes of mortality and morbidity in immunosuppressed individuals is invasive fungal infections (IFI). Cytotoxic chemotherapy agents and corticosteroids, especially those used in of treating immunosuppressed individuals, increase the prevalence of IFI infections (Kontoyiannis et al., 2010). In recent years, the frequency of invasive aspergillosis (IA) infections among immunocompromised patients and IFI's has been increasing. IA is mainly seen in immunocompromised patients with neutropenic fever who have undergone bone marrow transplantation and haematological malignancies, but has recently been reported in immunocompromised individuals (Ye et al., 2021).

IA infections are usually diagnosed by evaluating clinical findings and laboratory results together. The definitive diagnosis of the disease is made by direct microscopy and histopathological imaging of the agent in the clinical sample and identification at the species level achieved by growing in culture. However, in immunosuppressed patients, especially those with haematological malignancies, biopsy or deep tissue sampling is usually not possible impossible due to thrombocytopenia, hypoxia, and general deterioration (Schweer et al., 2014). Although findings supporting the diagnosis (such as halo, ground glass, for nodule) are obtained with radiological methods, these are not specific to IA (Denning et al., 2016). The search for new diagnostic methods has come to the forefront because it is difficult to obtain tissue samples in IA cases due to the general condition of the patients, the sensitivity and specificity of other clinical samples (sputum, blood,

etc.) are insufficient in diagnosis, and it takes a long time to complete (Ray et al., 2022).

In recent years, faster and noninvasive tests have been developed to detect fungal DNA and serum antigen levels in of diagnosing IA. Serological tests, provide early and accurate diagnosis of critically ill patients (Lai et al., 2020). The first test used for antigen detection is the detection of galactomannan (GM) antigen, the exoantigen of *Aspergillus* species, in blood and body fluids. GM antigen levels can be detected in serum in the early stages of invasive aspergillosis before clinical symptoms occur. Detection of galactomannan antigen is important for early diagnosis and treatment in high-risk patients for invasive aspergillosis (Chowdhury et al., 2023). GM testing is included among the microbiological diagnostic criteria for of diagnosing invasive aspergillosis defined by the European Organization for Research and Treatment of Cancer-Mycosis Working Group (EORTC- MSG) (Bassetti et al., 2021). In addition, the GM test is a noninvasive diagnostic method approved by the Food and Drug Administration (FDA) for serum and BAL samples in 2003 and 2011 (Sav et al., 2014).

This study aimed to evaluate the GM antigen test results in serum and Bronchoalveolar lavage (BAL) samples of patients with a preliminary diagnosis of IA. Additionally, patients with GM positivity were analyzed according to gender, clinical sample, clinical diagnosis, and clinical units.

Material and Metod

Serum and BAL samples of patients with a preliminary diagnosis of IA, sent to the Medical Microbiology Laboratory of Selcuk University Faculty of Medicine between January 2020 and July 2024, with a

GM antigen request, were included in this study. Detection of GM antigens is performed by the Magnetic Bead Coated Chemiluminescence method using horseradish peroxidase horseradish peroxidase (HRP)-labelled anti-Aspergillus galactomannan antibodies on the FACIS-I instrument with the Fully Automated Chemiluminescence Immunoassay System (Genobio Pharmaceutical China).

Following the user manual of the FACIS-I device, the device was first logged in via the laboratory user system, then the controls were given and check-in was performed. Then, the sealing film for the user sample (sample treatment solution) and tip of the reagent strips were opened in accordance with the number of patients to be studied loaded into the device and scanned. Afterwards, the lot number of the kit used was checked and the barcode numbers of the patients were identified by placing them in the scanning area of the device. After the identification process was completed, 300 microliters of both serum and BAL samples were taken and added to

the reagent strips and pipetted. After the samples were loaded into the device, the reagent strips were covered with air filters and the study was started. Regardless of the sample size, the study continued for 60 minutes. When interpreting the results, a cut-off of ≥ 0.5 in serum samples and ≥ 1 in BAL samples were considered positive. The results obtained were investigated retrospectively through hospital automation according to positivity, gender, clinical diagnosis and clinical unit criteria.

Results

A total of 5645 patients with a preliminary diagnosis of IA were included. GM antigen positivity was detected in 867 (15.3%) of these patients. Positive patients, 462 (53.3%) were male and 405 (46.7%) were female.

Antigen positivity was detected in 492 (56.7%) of blood samples and 375 (43.3%) of BAL samples (Figure 1).

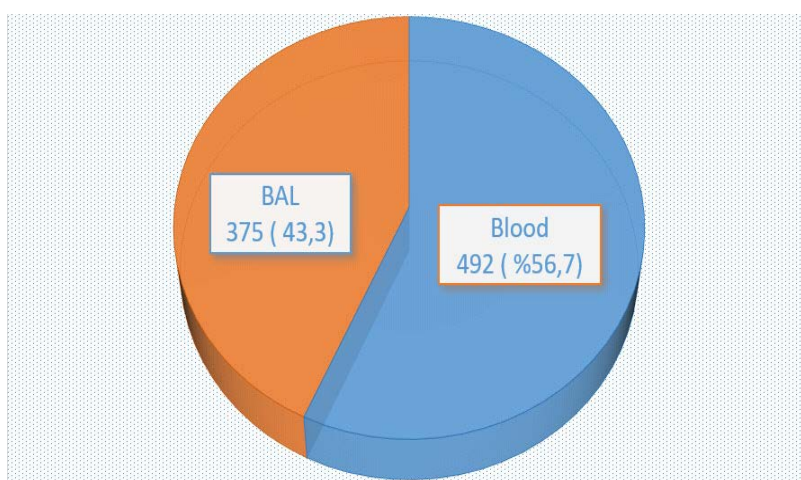


Figure 1. Distribution of positivity among samples

When the age distribution of the patients was examined, the highest positivity was found in patients over 60 years of age (47.5), and the lowest positivity was found in patients under 18 years of age (5.0). The distribution of GM positivity according to age groups is given in Table 1. Of the patients with GM positivity, 282 (32.6%) had leukaemia, 167 (19.2%) had pneumonia, 142 (16.3%) had lymphoma, 97 (11.2%) had various malignancies, 77 (19.2%) had acute bronchitis or

bronchiectasis, 54 (6.2%) had various lung diseases, and 48 (5.6%) had other immunodeficiencies (Table 2.). Of the patient samples with antigen positivity, 343 (39.5%) were sent from the Hematology Unit, 292 (33.6%) from the Chest Diseases Unit, 156 (18.1%) from the Internal Medicine Unit, 51 (5.9%) from the Anesthesia and Reanimation Unit, and 25 (2.9%) from the Infectious Diseases Unit (Table 3.).

Table 1. Distribution of of patients with GM positivity by age groups

Age Groups	Positivity n (%)
≤18	412 (47.5)
19-35	311 (35.9)
36-60	101 (11.6)
>60	43 (5.0)

Table 2. Distribution of patients with GM positivity according to clinical diagnosis

Clinical Diagnoses	Positivity n (%)
Leukemia	282 (32.6)
Pneumonia	167 (19.2)
Lymphoma	142 (16.3)
Various Malignancies*	97 (11.2)
Bronchitis or Bronchiectasis	77 (8.9)
Various Lung Diseases**	54 (6.2)
Other Immunodeficiencies***	48 (5.6)

*Colon, larynx, lung, soft tissue, brain, renal, prostate and gall bladder malignancies

**Tuberculosis, Candidiasis, Pulmonary Embolism, Chronic obstructive pulmonary disease, COVID-19

***Acute Renal Failure, Ulcerative Colitis, Crohn's Disease, Chronic Viral Hepatitis B, Iron Deficiency Anemia, Idiopathic Thrombocytopenic Purpura

Table 3. Distribution of patients with GM positivity according to clinical units

Clinical Units	Positivity n (%)
Hematology Unit	343 (39.5)
Chest Diseases Unit	292 (33.6)
Internal Medicine Units*	156 (18.1)
Pediatrics Units**	84 (9.6)
Anesthesia and Reanimation Unit	51 (5.9)
Infectious Diseases Unit	25 (2.9)

*Medical Oncology, Rheumatology, Gastroenterology

**Oncology, Intensive Care, Rheumatology, Gastroenterology

Discussions

IA usually develops in immunosuppressed patients and causes increased mortality and morbidity. IA is diagnosed by evaluating clinical findings, radiological and laboratory data together. However, since clinical symptoms and radiological findings specific to IA are often not detected or are not specific, they can be confused with other diseases. Therefore, early clinical and radiological diagnosis is not possible (Kono et al., 2013). Classical methods such culture and direct microscopy methods used in the microbiological diagnosis of IA are the gold standards and still maintain their importance in diagnosis. In addition, invasive diagnostic methods cannot be performed adequately when hemostasis defects such as neutropenia and thrombocytopenia occur in patients with hematological malignancies in laboratory diagnosis (Guegan et al., 2018). Both the long waiting time for culture results and other difficulties in diagnosis cause significant delays in treatment, increasing mortality and morbidity rates. Therefore, early diagnosis is important to start

appropriate treatment as soon as possible (De Heer et al., 2019).

Recently, GM antigen test, which is easier, faster and gives earlier results than conventional methods, has been used in routine diagnosis. The presence of GM antigen was examined using many samples such as cerebrospinal fluid, serum, pleural fluid, BAL, and lung tissue. (Sav et al., 2014). Tanase et al. (2012), reported the sensitivity and specificity, positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) of the serum GM test (cut-off 0.5 ng/mL) as 85%, 91%, 46% and 99%, respectively (Tanase et al., 2012). Lehrnbecher et al. (2012) showed in their meta-analysis that GM negative predictive values are high, ranging from 85% to 100% for screening and 70% to 100% in the diagnostic setting. It was emphasized that non-Aspergillus fungi should be considered as the cause of false positivity (Lehrnbecher et al., 2012).

Haydour et al. (2019), conducted a systematic review and meta-analysis of studies evaluating the diagnostic accuracy of serum and BAL GM, in suspected patients, in critically ill patients at risk for

candidiasis or candidemia. In conclusion, in immunocompromised patients with suspected IA, serum GM had a sensitivity of 0.71 (95% confidence interval [CI], 0.64-0.78) and a specificity of 0.89 (95% CI, 0.84-0.92). The optical density index cut-off value provided optimal sensitivity and specificity. In immunocompromised patients with suspected IA, BAL GM had a sensitivity of 0.84 (95% CI, 0.73-0.91) and a specificity of 0.88 (95% CI, 0.81-0.91). In immunocompromised patients with suspected IA, serum or whole blood PCR had a sensitivity of 0.81 (95% CI, 0.73-0.86) and a specificity of 0.79 (95% CI, 0.68-0.86). In patients at high risk of IA, BAL PCR had a sensitivity of 0.90 (95% CI, 0.77-0.96) and a specificity of 0.96 (95% CI, 0.93-0.98) for the diagnosis of IA. These results show that the diagnosis of IA infections is still difficult and the combined use of serum and BAL markers may help in accurate diagnosis (Haydour et al., 2019).

Sav et al. (2014), studied the GM test (Platelia Aspergillus EIA; Bio-Rad) and β -D glucan (BG) test (Fungitell, Associates of Cape Cod, USA) in serum samples taken from patients with IA diagnosis (n=42) and the control group (n=37). The sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) of the BG test (cut-off 80 pg/mL) for the diagnosis of IA were found to be 78%, 78%, 80%, and 76%, respectively. GM test was performed on the same serum samples and the sensitivity, specificity, PPD, and NPD values of the test were determined as 47%, 89%, 83%, and 60%, respectively (cut-off 0.5 ng/mL). As a result, it was determined that the BG test had the highest sensitivity and the GM test had the highest specificity, and it was reported that these tests should be evaluated together with clinical and radiological findings to increase the significance of non-culture methods in the diagnosis of IA (Sav et al., 2014).

Aslan et al. (2016), detected GM Ag positivity at least twice in a row in 10 of 39 patients with clinical and/or radiological findings in terms of IA followed up with the diagnosis of multiple myeloma, according to the European Organisation for Research and Treatment of Cancer-Mycosis Working Group (EORTC-MSG) guideline. However, with Real-time PCR, Aspergillus DNA was found negative in all serum samples of 39 multiple myeloma patients with IA and 29 control patients. Therefore, although the GM Ag test is a useful non-invasive test in the early diagnosis of IA, it should not be forgotten that false-positive results can be obtained in many cases and should be evaluated together with other clinical and laboratory test results (Aslan et al., 2016).

False positivity of the GM test poses a significant problem in diagnosis. False positive results of GM tests can be caused by many factors. The main reason for this is that GM is found in many bacteria and fungi. (Oz and Kiraz, 2011). False-positive results in GM tests have been associated with epidemiological and biological factors such as cross-reactivity with GM from other fungi (*Blastomyces*, *Histoplasma*, *Cryptococcus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Paracoccidioides*, *Nigrospora*, *Paecilomyces*, *Geotrichum*, *Trichothecium* and *Lichtheimia ramosa*) and with some beta-lactam antibiotics (piperacillin-tazobactam, amoxicillin-clavulanate). This is because galactomannan from bacteria and foods with cross-reactive epitopes can be transported across the intestinal mucosa during periods when mucosal integrity is disrupted (Mennink-Kersten et al., 2005).

In two similar studies, it was found that antifungal treatment effective against mold in patients receiving posaconazole or voriconazole prophylaxis prevented GM circulation in the blood and decreased the sensitivity of serum GM detection in concomitantly applied tests (Cornely, 2014; Duarte et al., 2014). Vena et al. (2017), the performance of routine serum GM in the diagnosis of IA was investigated by in high-risk hematology patients receiving micafungin prophylaxis. According to the results, it was reported that the use of GM in the follow-up of asymptomatic patients receiving micafungin prophylaxis was unnecessary because the results were negative or false positive in consecutive samples. Therefore, GM testing was recommended for the diagnosis of sudden IA in symptomatic patients during prophylaxis (Vena et al., 2017). In a retrospective pediatric study by Limber et al. (2011), the sensitivity of the GM serum test was reported as 0.91 and the specificity as 0.81. The false positive rate was found to be 18.3%. Suggested that this may be due to the different levels of GM production ability in some Aspergillus species. In addition, it has been suggested that early initiation of antifungal therapy may also lead to false-negative results (Limber et al., 2011).

As a result, it was concluded that checking GM levels in consecutive serum or BAL samples would be useful in the early diagnosis and treatment of IA infections. In addition, it is very important to evaluate test results in cooperation between the laboratory and the clinician. Because GM test results are very helpful in the diagnosis of IA when they are consistent with clinical data. Therefore, evaluating GM test results in accordance with clinical data and using them at appropriate frequency in serological diagnosis will contribute to reducing mortality and morbidity of IA infections.

Author contributions

All authors have equal contributions.

Conflicts of interest

The authors declare no competing interests.

Ethical Statement: It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have

been properly cited (Salih MAÇİN, Rugıyya SAMADZADE, Senanur YILMAZ, Duygu FINDİK).

Acknowledgement

We would like to thank the entire research team for their contributions in preparing the study in line with the principles of high ethics, scientificness, honesty and openness.

References

- Aslan, M., Öz, Y., Akşit, F., Akay M.O., and Aslan, F.K. (2016). Does Multiple Myeloma cause false positive results of the *Aspergillus galactomannan* assay? *O.J.M*, 38 (2), 47-50.
- Bassetti, M., Azoulay, E., Kullberg, B.J., Ruhnke M., Shoham, S., Vazquez, J., Giacobbe, D.R., and Calandra, T.(2021). EORTC/MSGERC definitions of invasive fungal diseases: summary of activities of the intensive care unit working group. *Clin. Infect. Dis*, 72(2), S121-S127.
- Chowdhury T.C., M., Singh, G., Pandey, M., Mishra, H., Meena, V.P., Sethi, P., Singh, A., Prakash, B., Upadhyay, A.D., Mohan, A., Sinha, S., Xess, I., Wig, N., Kabra, S.K., and Ray, A. (2023). The utility of galactomannan and polymerase chain reaction assays in Bronchoalveolar lavage for diagnosis of chronic pulmonary Aspergillosis. *Mycopathologia*, 188(6), 1041-1053.
- Cornely, O.A. (2014). Galactomannan testing during mold-active prophylaxis. *Clin. Infect. Dis*, 59 (12), 1703-1704.
- De Heer, K., Gerritsen, M.G., Visser, C.E., and Leeflang, M.M. (2019). Galactomannan detection in broncho-alveolar lavage fluid for invasive aspergillosis in immunocompromised patients. *Cochrane. Database. Syst. Rev*, 5(5):CD012399.
- Denning, D.W., Cadranel, J., Beigelman-Aubry, C., Ader, F., Chakrabarti, A., Blot, S., Ullmann, A.J., Dimopoulos, G., Lange, C., and European Society for Clinical Microbiology and Infectious Diseases and European Respiratory Society. (2016). Chronic pulmonary aspergillosis: rationale and clinical guidelines for diagnosis and management. *Eur. Respir. J*, 47(1), 45-68.
- Duarte, R.F., Sánchez-Ortega, I., Cuesta, I., Arnan M., Patino B., Fernández de Sevilla A., Gudiol C., Ayats J., and Cuenca-Estrella, M. (2014). Serum galactomannanbased early detection of invasive aspergillosis in hematology patients receiving effective antimold prophylaxis. *Clin. Infect. Dis*, 59 (12), 1696-1702.
- Guegan, H., Robert-Gangneux, F., Camus, C., Belaz, S., Marchand, T., Baldeyrou, M., and Gangneux, J.P. (2018). Improving the diagnosis of invasive aspergillosis by the detection of *Aspergillus* in broncho-alveolar lavage fluid: comparison of non-culture-based assays. *J. Infect*, 76(2), 196-220.
- Haydour, Q., Hage, C.A., Carmona, E.M., Epelbaum. O., Evans S.E., Gabe, L.M., Knox, K.S., Kolls, J.K, Wengenack, N.L., Prokop, L.J., Limper, A.H., and Murad, M.H.(2019). Diagnosis of fungal infections. A systematic review and meta-analysis supporting american thoracic society practice guideline. *Ann. Am. Thorac. Soc*, 16(9),1179-1188.
- Kono, Y., Tsushima, K., Yamaguchi, K., Kurita, N., Soeda, S., Fujiwara, A., Sugiyama, S., Togashi, Y., Kasagi, S., To, M., To, Y., and Setoguchi, Y. (2013). The utility of galactomannan antigen in the bronchial washing and serum for diagnosing pulmonary aspergillosis. *Respir. Med*, 107, 1094-1100.
- Kontoyiannis, D.P., Marr, K.A., Park, B.J., Alexander, B.D., Anaissie, E.J., Walsh, T.J., Ito, J., Andes, D.R., Baddley, J.W., Brown, J.M., Brumble, L.M., Freifeld, A.G., Hadley, S., Herwaldt, L.A., Kauffman, C.A., Knapp, K., Lyon, G.M., Morrison, V.A., Papanicolaou, G., Patterson, T.F., Perl, T.M., Schuster, M.G., Walker, R., Wannemuehler, K.A., Wingard, J.R., Chiller, T.M., and Pappas, P.G.(2010). Prospective surveillance for invasive fungal infections in hematopoietic stem cell transplant recipients, 2001-2006: overview of the Transplant-Associated Infection Surveillance Network (TRANSNET) Database. *Clin. Infect. Dis*, 50(8), 1091-1100.
- Lai, G., Zeng, C., Mo, J., Song, W.D., and Xu, P. (2020). Diagnostic value of galactomannan in Bronchoalveolar lavage fluid for chronic respiratory disease with pulmonary Aspergillosis. *J. Clin. Microbiol*, 58, e01308-e01319.
- Lehrnbecher, T., Phillips, R., Alexander, S., Alvaro, F., Carlesse, F., Fisher, B., Hakim, H., Santolaya, M., Castagnola, E., Davis, B.L., Dupuis, L.L., Gibson, F., Groll A.H., Gaur, A., Gupta, A., Kebudi, R., Petrilli, S., Steinbach, W.J., Villarroel, M., Zaoutis, T., Sung, L., and International Pediatric Fever and Neutropenia Guideline Panel. (2012). Guideline for the management of fever and neutropenia in children with cancer and/ or undergoing hematopoietic stem-cell transplantation. *J. Clin. Oncol*, 30: 4427–4438.
- Limper, A.H., Knox, K.S., Sarosi, G.A., Ampel, N.M., Bennett, J.E., Catanzaro, A., Davies, S.F., Dismukes, W.E., Hage, C.A., Marr, K.A., Mody, C.H., Perfect, J.R., Stevens, D.A., and American Thoracic Society Fungal Working Group. (2011). An official American Thoracic Society statement: Treatment of fungal infections in adult pulmonary and critical care patients. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med*, 183 (1), 96-128.
- Mennink-Kersten, M.A., Ruegebrink, D., Klont, R.R., Warris, A., Gavini, F., Op den Camp, H.J.M., and Verweij, P.E. (2005). Bifidobacterial lipoglycan as a new cause for false-positive Platelia *Aspergillus* enzyme-linked immunosorbent assay reactivity. *J. Clin. Microbiol*, 43 (8), 3925–3931.
- Oz, Y., and Kiraz, N. (2011). Diagnostic methods for fungal infections in pediatric patients: microbiological, serological and molecular methods. *Expert. Rev. Anti. Infect. Ther*, 9(3), 289-298.
- Ray, A., Chowdhury, M., Sachdev, J., Sethi, P., Meena, V.P., Singh, G., Xess, I., Vyas, S., Khan, M.A., Sinha, S., Denning, D.W., Wig, N., and Kabra, S.K. (2022). Efficacy of LD Bio *Aspergillus* ICT Lateral Flow Assay for serodiagnosis of Chronic Pulmonary Aspergillosis. *J. Fungi*, 8(4), 400.
- Sav, H., Koç, N., Atalay, M.A., Yıldız, O., and Demir, G. (2014). Investigation of various methods in the diagnosis of systemic aspergillosis. *Flora*, 19(2), 66-73.
- Schweer, K.E., Bangard, C., Hekmat, K., and Cornely, O.A. (2014). Chronic pulmonary aspergillosis. *Mycoses*, 57(5), 257-270.

- Tanase, A.D., Colita, A., Marculescu, A., Berteanu, C., Streinu, Cercel, A., Stoica, M., Stoica, A., Cernea, D., Copotoiu, S., Brînzaniuc, K., and Azamfirei, L. (2012). Using the galactomannan antigen assay in the diagnosis of invasive aspergillosis after hematopoietic stem cell transplantation. *Rom. J. Morphol. Embryol*, 53:379-382.
- Vena, A., Bouza, E., Álvarez-Uría, A., Gayoso, J., Martín-Rabadán, P., Cajuste, F., Guinea, J., Gómez Castellá, J., Alonso, R., and Munoz, P. (2017). The misleading effect of serum galactomannan testing in high-risk haematology patients receiving prophylaxis with micafungin. *Clin. Microbiol. Infect*, 23(12),1000.e1-1000.e4.
- Ye, F., Zeng, P., Li, Z., Tang, C., Liu, W., Su, D., Zhan, Y., and Li, S. (2021). Detection of Aspergillus DNA in BALF by real-time PCR and galactomannan antigen for the early diagnosis of chronic pulmonary Aspergillosis. *Ann. Clin. Lab. Sci*, 51(5), 698-704.



This article is cited as: Özderin, S. & Allı, H. (2024). Examination of The Aegean Region in Terms of Truffle Potential, *Mantar Dergisi*, 15(Special issue) 91-97.

Received :14.10.2024

Accepted :04.12.2024


Research Article


Doi: 10.30708/mantar.1567087

Examination of The Aegean Region in Terms of Truffle Potential

Sevgin ÖZDERİN^{1*}, Hakan ALLI²

*Corresponding author: sevginozderin@mu.edu.tr

¹ Muğla Sıtkı Koçman University, Truffle Application and Research Center Muğla / sevginozderin@mu.edu.tr 

² Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of Science / hakanalli@gmail.com 

Abstract: Truffles, belong to the *Tuber* genus of the *Tuberaceae* family and are the fruit of a mycorrhizal fungi and have been worldwide regarded as ecologically and commercially valuable. Truffle mushroom, known for its culinary value, has a very high nutritional value. Truffles, are a distinct category of hypogeous fungi known for their unique aroma and exceptional nutritional value. Truffles are expensive because they are rare and difficult to grow, making them one of the most expensive foods in the world. The fact that it is difficult to find in nature and its gastronomically valuable has led to the development of culturing methods for truffle mushrooms. Truffles can grow in temperate climates, including regions of Türkiye Italy, France, Spain, Australia and the US. Interest in truffle hunting and trade in Türkiye has been increasing in recent years.

In this study, truffle species were determined in different localities of Aydın, Denizli, Muğla, and Uşak and the truffle potential of these provinces were revealed. Naturally growing in Aegean region, obtained from the field studies constitute the main materials. Photographs of the collected specimens were taken and their ecological and morphological characteristic were recorded. The aim of the study is to determine the naturally growing truffle habitats in the Aegean Region and to highlight the regions with truffle potential.

Keywords: Truffle, Mushroom, Aegean Region, Türkiye

Ege Bölgesi'nin Trüf Potansiyeli Açısından İncelenmesi

Öz: Trüf mantarları, *Tuber* cinsine ait olan ve *Tuberaceae* familyasında yer alan mikorhizal mantarlardır ve ekolojik ve ticari açıdan büyük öneme sahiptir. Mutfak değeri ile tanınan trüf mantarları, nadir olmaları ve yüksek besin içeriği nedeniyle dünyadaki en pahalı yiyeceklerden biridir. Doğada zor bulunmaları ve gastronomik cazibeleri, kültür yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Trüf mantarları, Türkiye, İtalya, Fransa, İspanya, Avustralya ve ABD gibi ılıman iklimlerde yetişmektedir. Son yıllarda Türkiye'de trüf avcılığı ve ticaretine olan ilgi artmaktadır.

Bu çalışmada, Aydın, Denizli, Muğla ve Uşak'taki farklı lokalitelerde trüf türleri belirlenmiş ve bu illerin trüf potansiyeli ortaya konulmuştur. Ege Bölgesi'nde doğal olarak yetişen trüf örnekleri, saha çalışmalarından elde edilmiştir. Toplanan örneklerin fotoğrafları çekilmiş ve ekolojik ile morfolojik özellikleri kaydedilmiştir. Çalışmanın amacı, Ege Bölgesi'nde doğal olarak yetişen trüf habitatlarını belirlemek ve trüf potansiyeli taşıyan bölgeleri vurgulamaktır.

Anahtar kelimeler: Trüf, Mantar, Ege Bölgesi, Türkiye



CC BY 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır / Licensed under the CC BY 4.0 International License.

Atıflamada APA stili kullanılmıştır, iThenticate ile taranmıştır./ APA style was used in citation, plagiarism was checked with iThenticate.

Introduction

Türkiye's location at the intersection of the continents of Asia, Europe, and Africa, along with its diverse geomorphological regions, geographical and topographical variations, and elevation differences ranging from 0 to 5000 meters, contributes to its extraordinary biological diversity. The presence of various ecological and climatic characteristics, as well as the European-Siberian, Mediterranean, and Irano-Turanean phytogeographic regions and their transition zones, are among the factors explaining Türkiye's rich biodiversity (Kence, 1987; Özhatay and Kültür, 2006). Parallel to the richness of its flowering plant flora, Türkiye also boasts a diverse mushroom flora (Öztürk et al., 2019). Due to its climate and variety of vegetation, as well as different altitudes, Türkiye is one of the countries with high mushroom diversity. The number of recorded mushroom species in the country is listed as 5865 (Sesli et al., 2020). It is also noted that there are approximately 300 edible wild mushroom species (Şimşek and Önek, 2021).

Edible mushrooms have attracted human interest for centuries and have made significant economic contributions to their respective countries. Edible mushroom species are classified within macrofungi (Boa, 2007). Additionally, due to their high nutritional value, mushrooms can serve as alternatives to both meat and vegetable groups, making them a unique food product (Nicholas and Ogamé, 2006). Furthermore, many mushroom species are utilized for their properties to enhance the quality and shelf life of food products and for medicinal purposes (Valverde et al., 2015; Bakratsas et al., 2021).

Approximately half of the edible mushroom species found worldwide belong to the ectomycorrhizal group (Yun and Hall, 2004). This type of symbiosis, which is particularly common in the roots of tall trees and shrubs, is generally more prevalent in temperate and northern regions compared to tropical areas. The establishment of ectomycorrhizal relationships occurs in three distinct phases: recognition of a suitable host by the fungus, invasion of the host root tissues, and finally, the production of an outer sheath that envelops the root like a glove (Kibar and Pekşen 2007). Edible ectomycorrhizal mushrooms represent one of the most economically significant groups of fungi, possessing a substantial market share globally, with their total market value reaching billions of US dollars (Yun and Hall, 2004).

Truffles are the fruiting bodies of underground fungi that grow beneath the soil. They resemble potatoes and, unlike other mushrooms, require animals for the dispersion of their spores, completing their development entirely underground. The edible part, known as the sporocarp, forms 5 to 20 cm below the soil near the roots

of trees. Truffle species can develop through a symbiotic life cycle with ectomycorrhizal plant species such as beech, oak, birch, hornbeam, hazel, and pine trees (Benucci and Bonito, 2016; Zambonelli, et al., 2016). Truffle mushrooms are highly sought after due to their strong aromas, high culinary and economic values, and significance in both human and animal diets. In the culinary world, truffle mushrooms hold a prestigious status, often referred to as the "underground gold" or "apple of the kitchen." Their unique aromatic compounds derived from dimethyl sulfide distinguish truffles from other mushrooms, contributing to their special appeal (Üstün et al., 2018, Lee et al., 2020).

Edible truffle mushrooms not only serve as food but also provide positive contributions to the national economy and serve as a source of livelihood for rural communities (Pekşen and Akdeniz, 2012). Truffle species belonging to the *Tuber* genus are economically valuable fungi that belong to the Ascomycetes division and the Pezizales order, exhibiting ectomycorrhizal symbiosis (Hall et al., 2007; Mello and Balestrini 2018). *Tuber* genus truffles form mycorrhizae as a result of their symbiotic relationships with tree species that are fundamental to forest ecosystems, such as pine, cedar, fir, and oak, as well as with shrub species like *Cistus creticus* L. (Chevalier and Frochot, 2002; Stobbe et al., 2012). In particular, truffle mushrooms predominantly develop ectomycorrhizae with oak species (*Quercus* spp.). Biodiversity and mycorrhizae are essential components of oak forests.

The genus *Quercus*, within the Fagaceae family, contains the most diverse range of species and is widely distributed in the temperate and subtropical regions of the Northern Hemisphere. Türkiye is particularly rich in oak species, with a wide range of pure and mixed oak forests naturally growing at elevations up to 2300 meters above sea level across various regions and climate types (Yaltırık, 1984). Türkiye hosts 17 species and 24 taxa of oaks (*Quercus* spp.) across diverse habitats, from the humid conditions of the Black Sea Region to the steppes of Central Anatolia. The oak genus includes a total of 24 taxa, including species, subspecies, and varieties, among which *Q. vulcanica*, *Q. macranthera* subsp. *sympirensis*, and *Q. trojana* subsp. *yaltirikii* are endemic to Türkiye while *Q. aucheri* is found in Southwest Anatolia and the nearby Aegean Islands (Akkemik, 2016).

In the Aegean Region where this study was conducted, the following oak species naturally occur *Quercus coccifera* L., *Q. ilex* L., *Q. pubescens* Willd., *Q. cerris* L., *Q. ithaburensis* Decne and *Q. infectoria* Oliver (*Q. ithaburensis* subsp. *ithaburensis*, *Q. infectoria* subsp. *veneris*) (Yaltırık, 1984). This indicates the high potential for truffle mushrooms in Aegean region.

Although it is estimated that there are between 180 and 230 species of truffle mushrooms in the world, only about 13 of these are commercially traded. The most recognized and economically valuable truffle species include *Tuber magnatum* Picco (Italian white truffle), *Tuber melanosporum* Vittad. (black truffle), and *Tuber aestivum* (Wulfen) Spreng (summer truffle). Due to their known significance and economic value in various parts of the world, research has intensified to determine their systematic, nutritional, and medicinal properties as well as their commercial potential, leading to increased genetic, molecular, and cultivation studies (Hall et al., 2007; Zambonelli et al., 2016; Lazzari, et al., 1995; Kamle, et al., 2017; Kagan-Zur, and Roth-Bejerano, 2008; Özderin et al., 2018). In Türkiye studies have revealed a rich diversity of truffle species, with common species including *T. aestivum*, *T. borchii*, and *T. brumale*. Recent research has introduced many new species to the scientific community (Kaya, 2009; Gezer et al., 2014; Türkoğlu and Castellano, 2014). According to the existing literature, 67 truffle species belonging to 23 genera within 15 families grow in Türkiye (Şen et al., 2016). Currently, scientific research continues on truffle hunting and truffle cultivation (Özderin and Allı, 2020).

T. aestivum is the most widely distributed and consumed truffle species globally. It is known as the black summer truffle due to its harvest period between May and October. Its aroma and taste are less intense compared to *T. melanosporum* and *T. melanosporum* is known worldwide as the Périgord truffle. It is harvested between December and March, earning it the name black winter truffle. It has a very strong aroma and flavour and grows in temperate climates with an average rainfall of 900-1800 m³ and summer rains. It is hypothesized that it could exist in very specific microclimatic areas in the Eastern Black Sea region or Mediterranean climate zone of Türkiye although its presence has not yet been confirmed. *Tuber magnatum* is the truffle species with the highest aroma and taste, making it one of the most expensive food products in the world. It is a rare species due to its limited and specific growing areas, and its distribution ranges from Italy to Türkiye Although suitable environments for its growth are known to exist in Türkiye its presence has not yet been confirmed.

Material and Metod

In this study, truffle species were determined in different localities of Aydın, Denizli, Muğla, Uşak and the truffle potential of these provinces were revealed. Growing naturally in the Aegean region, obtained from the field studies constitute the main material. Photographs of the collected specimens were taken and their ecological and morphological characteristic were recorded.

Examples of truffle mushrooms were brought to the laboratory, where they were diagnosed under suitable environmental conditions and then processed into fungarium material for storage.

Studies related to the identification of mycorrhizal plant samples in fieldwork have determined that truffle mushroom species grow in association with various host plants. Specifically, *Quercus cerris* L. (Figure 2a), *Coryllus avellana* L. (Figure 2d), *Pinus nigra* Arnold (Figure 2b,2c), *Quercus coccifera* L., and *P. brutia* Ten. (Figure 2e) were identified. These identifications were compared with samples from the Herbarium of Muğla Sıtkı Koçman University Faculty of Science, following the guidelines of Davis (1970,1984-1985). For the identification of the truffle samples, the relevant literature was used (Trappe & Castellano 1991, Pegler et al. 1993, Montecchi & Sarasini 2000, Breitenbach & Kränzlin 1983).

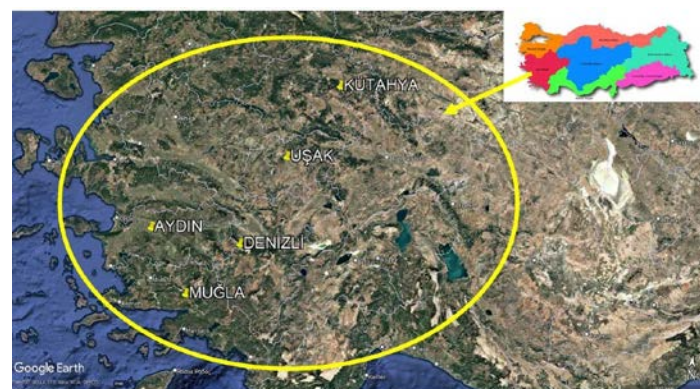


Figure 1. Map of the research area

Results

In the field studies conducted in the Aegean region, the species *T. aestivum* (Wulfen) Spreng, *Tuber macrosporum* Vittad, *Tuber borchii* Vittad. and *Tuber rufum* Picco have been identified.

Family: *Tuberaceae*

Genus: *Tuber*

Species: *Tuber aestivum* (Wulfen) Spreng.

Location1: Uşak, Eşme, Kayapınar mevkii, 764m, A 6893. (Figure2a)

Host species: *Quercus cerris* L.

Date of collection: 14 May 2023

Location2: Kütahya-Tavşanlı mevkii, 1050m, A 7451. (Figure2b)

Host species: *Pinus nigra* Arnold

Date of collection: 16.05.2023.

Location3: Denizli, Honaz, 843m, A 7120. (Figure2c)

Host species: *P. nigra* Arnold.

Date of collection: 16.05.2023.

Location4: Aydın, Çine, Madran mevki, 970m, A 6942 (Figure 2d)

Host species: *Coryllus avellana* L.

Date of collection: 27.04.2023

Location5: Muğla, Kötekli Mevkii, A 6923 (Figure 2e)

Host species: *P. brutia* Ten.

Date of collection: 22. 04.2023



Figure 2. *Tuber aestivum* (Wulfen) Spreng. Location1(a), Location2(b), Location3(c), Location4(d), Location5(e)

Species: *Tuber borchii* Vittad. (Figure3)

Location: Aydın, Çine, Madran mevki, 780m, A 6926

Host species: *Pinus brutia* Ten-*Quercus coccifera* L.

Date of collection: 22.04.2023



Figure 3. *Tuber borchii* Vittad

Species: *Tuber macrosporum* Vittad. (Figure4)

Location: Muğla-Fethiye Üzümlü mevki, 645m, A 6924.

Host species: *P. brutia* Ten.

Date of collection: 22.04. 2023



Figure 4. *Tuber macrosporum* Vittad

Species: *Tuber rufum* Picco (Figure 5)

Location: Uşak, Eşme, Kayapınar mevki, Muğla Menteşe, Yaraş Mevkii, 645m, A 6925.

Host species: *Pinus brutia* Ten-*Quercus coccifera* L

Date of collection: 22.05.2024



Figure 5. *Tuber rufum* Picco

Discussions

This study area encompasses the Aegean region, specifically situated in the C2 quadrant according to Davis's grid system. As a result of the research conducted between 2022 and 2023, truffle samples were collected, leading to the identification of four taxa belonging to the *Tuber* genus. The identified species include *Tuber aestivum* (Wulfen) Spreng., *Tuber rufum* Picco, *Tuber macrosporum* Vittad., and *Tuber borchii* Vittad. *Tuber* species are highly valuable due to their excellent texture, pleasant aroma, culinary quality, and various medicinal properties. Despite Türkiye's rich diversity of *Tuber* spp.,

there is insufficient utilization of these resources. The ongoing climate change and the unregulated collection of truffle mushrooms pose significant threats to this emerging sector in the country, resulting in decreasing yields and even endangerment of these species.

With the establishment of truffle plantation areas in many countries around the world, accelerating efforts to grow truffles in Türkiye can both prevent the extinction of these mushrooms and make a significant contribution to the rural economy by encouraging the use of arid and semi-arid lands that are not suitable for traditional agriculture. As a result, high yields can be achieved with proper planning and conscious practices.

Türkiye has significant potential in the global trade of edible wild mushrooms. Considering the country's resources, increasing mushroom production and exports could contribute greatly to the economy by adding value and generating foreign exchange.

In order to benefit from this potential, initiatives to increase mushroom production and exports should be encouraged and supported. Encouraging entrepreneurs in the sector, implementing training and support programs, and adopting sustainable production methods will increase Türkiye's competitiveness in mushroom trade.

Additionally, developing effective marketing strategies and supporting local producers through various incentives can accelerate growth in this sector. Thus, Türkiye can establish a stronger presence in international markets and become a major player in mushroom exports.

With this study, truffle locations that grow naturally in the Aegean region were identified. These locations will be a guide for entrepreneurs who want to establish a truffle garden

Author contributions

All authors have equal contributions

Conflicts of interest

The authors declare no competing interests.

Ethical Statement: It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Sevgin ÖZDERİN, Hakan ALLI)

Acknowledgement

This study was presented as an abstract text at the "4th International Eurasian Mycology Congress (EMC'24)".

References

- Akkemik, Ü. (2016). Türkiye'nin Doğal Meşe (*Quercus* L.) Türlerinin Yayılışı ve Botanik Özellikleri. Uluslararası Katılımlı Meşe Çalıştayı Bildiriler Ve Sonuç Bildirgesi, (pp.83-94),Ormancılık Genel Müdürlüğü Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü, 18-20 Ekim 2016, Iğneada/Kırklareli.
- Bakratsas, G., Polydera, A., Katapodis, P. and Stamatis, H. (2021). Recent trends in submerged cultivation of mushrooms and their application as a source of nutraceuticals and food additives, *Future Foods*, 4, 100086.
- Benucci, G. M. N. and Bonito, G. M. (2016). The truffle microbiome: species and geography effects on bacteria associated with fruiting bodies of hypogeous Pezizales. *Microbial ecology*, 72,4-8
- Boa, E. (2007). Wild Edible Fungi a global overview of their use and importance to people, in Biology. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Roma 2007.
- Dennis, R. W. G., Breitenbach, J., & Kranzlin, F. (1985). *Fungi of Switzerland. Vol. 1 Ascomycetes*. Kew Bulletin, 40(3), 663.
- Chevalier, G., and Frochot, H., (2002). *La Truffe de Bourgogne (Tuber uncinatum* Chatin), Editions Petrarque, Levallois-Perret Cedex. ISBN-13: 978-2911730139, 257p.
- Davis PH (1970-1984-1985). *Flora of Turkey and the Aegean Islands*. Edinburg University Press 3: 8-9.
- Gezer, K., Kaygusuz, O., Çelik, A., & Işiloğlu, M. (2014). Ecological characteristics of truffles growing in Denizli Province, Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12(2), 1105-1109.
- Hall, I., Brown, G. & Zambonelli, A. (2007). *Taming the truffle. The istory, lore, and science of the ultimate mushroom*. Timber press.304
- Kagan-Zur, V. and Roth-Bejerano, N., (2008). *Desert truffles, Fungi*, 1: 32-37, ISBN 978-3-319-31434-1, Springer International Publishing AG Switzerland.
- Kamle, M., Bar, E., Lewinsohn, D., Shavit, E., Roth-Bejerano, N., Kagan-Zur, V., Barak Z., Guy O., Zaady E., Lewinsohn E. and Sitrit, Y. (2017). Characterization of morphology, volatile profiles, and molecular markers in edible desert truffles from the negev desert, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(14), 2977-2983.
- Kaya, A. (2009). Macromycetes of Kahramanmaraş Province (Turkey), *Mycotaxon*, 108 (1), 31-34
- Kence, A. (1987). *Türkiye'nin Biyolojik Zenginlikleri*. Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, (87.06), 17-24, Ankara.
- Kibar, B. and Pekşen, A. (2007). Ektomikorizanin Tarım Ve Ormancilik Bakimindan Önemi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(2), 232-238.
- Lazzari, B., Gianazza, E. and Viotti, A. (1995). Molecular characterization of some truffle species. *Biotechnology of ectomycorrhizae: Molecular Approaches*, 161-169.
- Lee, H., Nam, K., Zahra, Z. and Farooqi, M. Q. U. (2020). Potentials of truffles in nutritional and medicinal applications: A review. *Fungal biology and biotechnology*, 7, 1-17.
- Pegler, D. N. (2000). A. Montecchi, M. Sarasini, *Funghi ipogei d'Europa, Associazione Micologica Bresadola*, Trento, Italy (2000), p. 714.
- Mello, A. and Balestrini, R. (2018). Recent insights on biological and ecological aspects of ectomycorrhizal fungi and their interactions. *Frontiers in Microbiology*, 9, 216.
- Nicholas, L. G., and Ogame, K. (2006). *Psilocybin mushroom handbook: easy indoor & outdoor cultivation*. Ed Rosenthal.
- Özderin, S., Yılmaz, F. and Allı, H. (2018). Determining mycorrhiza rate in some oak species inoculated with *Tuber aestivum* Vittad. (summer truffle). *Turkish Journal of Forestry*, 19(3), 226-232.
- Özderin, S. and Allı, H. (2020). Determination of mycorrhizal developments in pecan nut seedlings inoculated with *Tuber aestivum* Vittad. (summer truffle). *Turkish Journal of Forestry*, 21(2), 131-135.
- Özhatay, N. and Kültür, Ş. (2006). Check-list of additional taxa to the Supplement Flora of Turkey III. *Turkish Journal of Botany*, 30(4), 281-316.
- Öztürk, M., Soylu, M. K., Temel, M., Pezikoğlu, F. and Bilen, G. M. (2019). Türkiye'nin Dünya Mantar Dış Ticaretindeki Yeri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1(5), 102-107.
- Pegler, D. N., Spooner, B. M., and Young, T. W. (1993). *British truffles: a revision of British hypogeous fungi* (pp. 216-pp).ISBN 0947643397, Royal Botanic Gardens, Kew, London.
- Pekşen, A. and Akdeniz, H. (2012). Organik ürün olarak doğa mantarları. Düzce Üniversitesi, *Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 8(1), 34-40.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F., Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Haliki Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindil, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu. and Yoltaş, A (2020). *Türkiye Mantarları Listesi*. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını. İstanbul. P. 1177
- Stobbe, U., Büntgen, U., Sproll, L., Tegel, W., Egli, S. and Fink, S. (2012). Spatial distribution and ecological variation of re-discovered German truffle habitats. *Fungal Ecology*, 5(5), 591-599.
- Şen, İ., Allı, H. and Civelek, H. S. (2016). Checklist of Turkish truffles. *Turkish Journal of Life Sciences*, 1(2), 103-109.
- Şimşek, A. and Önek, Ü. M. (2021). Yenilebilir mantar tüketimi ve yemekleri üzerine bir inceleme: Kastamonu örneği. *OCAK: Türk Mutfak Kültürü Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 21-30.

- Türkoğlu, A. and Castellano, M. A. (2014). New records of some Ascomycete truffle fungi from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 38(2), 406-416.
- Trappe, J. M. and Castellano, M. A. (1991). *Keys to the genera of truffles (Ascomycetes)*. *Mcllvanea*, 10, 47-65. Ten Speed press, Berkeley, Toronto.
- Üstün, N., Bulam, S. and Peksen, A. (2018) Biochemical properties, biological activities and usage of truffles. In Proceedings of the Conference: International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey (pp. 26-29).
- Yaltırık, F. (1984). *Türkiye meşeleri: teşhis kılavuzu*. Yenilik Basımevi, İstanbul. P. 77
- Yun, W. and Hall, I. R. (2004). Edible ectomycorrhizal mushrooms: challenges and achievements. *Canadian Journal of Botany*, 82(8), 1063-1073.
- Valverde, M. E., Hernández-Pérez, T. and Paredes-López, O. (2015). Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. *International journal of microbiology*, 2015(1), 376387.
- Zambonelli, A., Iotti, M. and Murat, C. (2016). *True Truffle (spp.) in the world: soil ecology, systematics and biochemistry*. (47), 436pp. ISBN 978-3-319-31434-1, Springer International Publishing AG Switzerland.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Gök, A.G. (2024). Isparta İlinde Kültür Mantarı Üreticilerinin Finansal Deneyimleri, *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı) 98-110.

Geliş(Received) :04.11.2024

Kabul(Accepted) :12.12.2024

Araştırma Makalesi

Doi: 10.30708/mantar.1579197

Isparta İlinde Kültür Mantarı Üreticilerinin Finansal Deneyimleri

Ayşe Gül GÖK^{1*}

*Sorumlu yazar: ayse.gok@alanya.edu.tr.

¹Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, ayse.gok@alanya.edu.tr^{ID}

Öz: Bu çalışma, Isparta ilinde kültür mantarı sektöründe faaliyet gösteren bireylerin finansal deneyimlerini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Araştırma, nitel araştırma yöntemi çerçevesinde yarı yapılandırılmış görüşme formu hazırlanarak Isparta ilinde kültür mantarı sektöründe faaliyet gösteren 10 katılımcı ile yüz yüze görüşme tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma deseni fenomenoloji ve durum araştırması olarak belirlenmiştir. Katılımcıların belirlenmesi için amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Katılımcılardan elde edilen veriler içerik analizine tabi tutularak verilerin görselleştirilmesi için "MAXQDA 20" programı kullanılmıştır. Araştırma neticesinde katılımcıların kültür mantarı sektörüne gelir, ek gelir, öneri, yüksek kazanç gibi çeşitli sebepler ile yöneldiği belirlenmiştir. Katılımcıların başlangıç maliyetlerini hibe destekleri, krediler, borçlanma çeşitli yöntemler ile karşıladıkları tespit edilmiştir. Buna ek olarak kültür mantarı yetiştiriciliğinden elde edilen finansal kazancın katılımcıları farklı düzeylerde tatmin ettiği belirlenmiştir. Kültür mantarı yetiştiriciliği sürecindeki en büyük işletme giderlerinin kompost hammaddesi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca karşılaşılan riskler; yüksek enflasyon, satın alınan kompostun bozuk ya da hastalıklı olması, düşük rekabet ve verim düşüklüğü olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Isparta, Kültür Mantarı, Mevcut Durum, MAXQA.

Financial Experiences of Button Mushroom Producers in Isparta Province

Abstract: This study was conducted to reveal the financial experiences of individuals operating in the cultivated mushroom sector in Isparta province. The research was conducted using a qualitative research method, where a semi-structured interview form was prepared, and face-to-face interviews were held with 10 participants engaged in the button mushroom sector in Isparta. The research design was determined as phenomenology and case study. A purposive sampling method was used to select the participants. The data obtained from the participants were subjected to content analysis, and the "MAXQDA 20" software was utilized to visualize the findings. The research findings revealed that participants were drawn to the button mushroom sector for various reasons such as income, additional income, recommendations, and high earnings. It was identified that participants financed their initial costs through various methods, including grants, loans, and borrowing. Additionally, it was found that the financial income derived from button mushroom farming satisfied participants to varying degrees. The most significant operational cost in the button mushroom cultivation process was determined to be the compost raw material. Furthermore, the identified risks included high inflation, defective or diseased purchased compost, low competition, and reduced yield.

Keywords: Isparta, Cultivated Mushroom, Current Status, MAXQDA.



Giriş

Artan dünya nüfusu ile birlikte kentleşme ve sanayide de artış meydana gelmektedir. Bu durum tarım arazilerinin azalmasına neden olmaktadır. Artan dünya nüfusunun yiyecek ihtiyacının karşılanması için yıl boyu üretimi yapılan tarım ürünlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Şen ve Yalçın, 2010). Bu doğrultuda tarım arazisi gerektirmeden üretimi yapılabilen ve protein değeri yüksek besinlere olan ilgi artmaktadır. Türkçe bilimsel ismi "Kültürmantarı" olan ve halk arasında yaygın olarak "Kültür mantarı, Beyaz şapkaklı kültür mantarı, literatürde de "Şampiyon mantarı" olarak bilinen *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach (Sesli vd., 2020), dünya genelinde 70'ten fazla ülkede üretilmekte olup tüketim açısından en çok tercih edilen mantar türlerinden biridir (Siwulski vd., 2020). Kültür mantarı, uygun koşulların sağlanmasıyla kapalı alanlarda yılda altı defaya kadar üretilebilen (Padem vd., 2003) ve tarım arazisi gerektirmeyen bir üründür. Ayrıca besin değeri olarak içerisinde kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum, demir, çinko, bakır ve manganez gibi birçok minerali içermektedir. Buna ek olarak düşük kalorili olması, diyet ürünü olarak kullanımına olanak sağlamaktadır (Pekşen, 2013; Eren ve Pekşen, 2016). Kültür mantarının besin değeri bakımından sunduğu avantajlar, tüketici talebini arttırmakta ve sektöre olan ilgiyi yoğunlaştırmaktadır. Bunun yanı sıra iklim şartlarına bağımlılığının az olması, yıl boyunca üretim yapabilme imkânı ve uygun teknolojik yatırımlar sayesinde verimliliği artırma potansiyeli, bu sektörü cazip hale getirmektedir. Başka bir ifadeyle doğa koşullarındaki üretimde, koşullara bağlı olarak verim miktarındaki risk, kültür mantarı üretiminde meydana gelmemesi, dünyada bu yetiştiricilik şeklinin birçok üretici tarafından tercih edilen bir üretim kolu olmasını sağlamıştır (Eren vd., 2011). Kültür mantarı, dünya genelinde bir ilk kez 16. yüzyılda Fransa'da yetiştirilmeye başlanmıştır (Şen ve Yalçın, 2010). Kültür mantarı, dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen mantar türlerinden biri olup, küresel mantar üretiminin %11'ini oluşturmaktadır. Özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'da geniş çapta üretimi yapılmaktadır (Wu vd., 2023). Türkiye'de 2023 yılı verilerine göre mantar ve trüf üretim miktarı 71479 tondur (TÜİK, 2024). Üretilen mantarının yüzde 86'sını beyaz şapkaklı (*Agaricus bisporus*) mantar oluşturmaktadır. İkinci sırayı ise yüzde 10'luk bir payla istiridye ya da kayın mantarı üretimi almaktadır (URL-1, 15.10.2024).

Türkiye'de mantar yetiştiriciliği her ne kadar çok yeni bir üretim faaliyeti olsa da mevcut durumu ve gelecekte ulaşılması beklenen hedefler dikkate alındığında son derece önemli bir ticari değere sahip olduğu açıkça görülmektedir (Eren ve Pekşen, 2019). Bu doğrultuda artan sektör faaliyetine ek olarak konu ile ilgili akademik çalışmalarda önem taşımaktadır. Türkiye'de

kültür mantarı yetiştiriciliğinde mevcut durum ve sorunlarına yönelik bazı çalışmalar (Eren ve Pekşen, 2014; Kibar, 2015; Deniz vd., 2016; Eren ve Pekşen, 2016; Yılmaz vd., 2016; Kurt vd., 2018; Öztürk vd., 2019; Eren ve Pekşen, 2019) gerçekleştirilmiştir. Fakat Isparta ili özelinde kültür mantarı sektörüne ilişkin mevcut durumun ya da finansal deneyimlerin incelendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bu doğrultuda bu çalışma, Isparta ilinde kültür mantarı üretiminin mevcut durumunu ve üreticilerin finansal deneyimlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Ayrıca araştırmancın, sektörün ihtiyaçlarının ve karşılaşılan sorunların anlaşılması, sektörde yapılabilecek iyileştirmelere ışık tutması açısından literatüre önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir.

Materyal ve Metot

Bu araştırmancın çalışma evreni, ticari değeri giderek artan (Eren ve Pekşen, 2019) ve Isparta ilinde bulunan mantar işletmelerinden oluşmaktadır. Nitel araştırmalarda örneklem sayısından ziyade, ideal örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde bilgilerin doyum noktasına ulaşmış ve tekrarların görülüp görülmediği dikkate alınır (Wilson, 2014; Baltacı, 2018). Bu bağlamda, Isparta ili ve ilçelerinde faaliyet gösteren mantar üretim işletmelerinin mevcut durumlarını ve finansal deneyimlerini incelemek amacıyla, Isparta Tarım İl Müdürlüğü ile gerekli görüşmeler yapılmış ve mantar üretimi gerçekleştiren işletmelerin isimlerine ve üretim bölgelerine ulaşılmıştır.

Araştırma kapsamında, bu üreticilerle nitel araştırma yöntemine dayalı olarak hazırlanan yarı yapılandırılmış soru formu aracılığıyla yüz yüze derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Araştırmancın deseni fenomenoloji ve durum araştırması olarak belirlenmiştir. Durum araştırması, bir olgunun derinlemesine ve kapsamlı bir şekilde incelenmesine odaklanmaktadır. Bu çerçevede, mantar işletmecilerinin mevcut durumları ve finansal deneyimleri incelenmiştir. Katılımcıların belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntemi tercih edilmiştir. Çalışma, doyum noktasına ulaşılması nedeniyle Isparta ilinde bulunan 10 katılımcı ile sınırlandırılarak tamamlanmıştır.

Üretim yerleri belirlenen 10 adet mantar üreticisinin, üretim merkezlerine gidilerek önceden hazırlanan toplam 7 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış sorular yüz yüze olarak üreticilere uygulanmış ve bölgedeki mantar yetiştiricilerinin finansal durumları ve stratejileri derinlemesine incelenmiştir. Veriler toplandıktan sonra Isparta'da faaliyet gösteren mantar işletmelerine ilişkin bilgiler, içerik analizi yoluyla değerlendirilmiş ve bulgular nitel temalar çerçevesinde analiz edilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise

Isparta'daki mantar üretiminin geliştirilmesi, sorunların giderilmesi ve bu işe yeni başlayacaklar için önerilerde bulunulmuştur.

Bulgular

Isparta İli mantar üretim verileri

Isparta iline ait mantar üretim verileri ve türlerine ilişkin bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1

incelendiğinde, Isparta Tarım ve Orman İl Müdürlüğü verilerine göre; Isparta genelinde 104220 m² alanda, günlük ortalama 25-30 ton olmak üzere, yıllık yaklaşık 8.336 ton mantar üretimi gerçekleştirilmektedir.

Katılımcılara ilişkin genel bilgiler

Araştırma kapsamında katılımcılara ilişkin elde edilen bilgiler Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 1. Isparta ilindeki mantar verileri

Üretim Yerleri	Kültür Mantarı		İstiridye Mantarı		Genel Toplam	
	Üretim Alanı (m ²)	Üretim Miktarı (ton)	Üretim Alanı(m ²)	Üretim Miktarı (ton)	Üretim Alanı (m ²)	Üretim Miktarı (ton)
Atabey	2250	180	0	0	2250	180
Eğirdir	67000	5350	200	20	67200	5370
Gelendost	6000	504	0	0	6000	504
Keçiborlu	1050	85	0	0	1050	85
Merkez	23200	1856	100	10	23300	1866
Senirkent	1200	96	0	0	1200	96
Uluborlu	250	15	0	0	250	15
Yalvaç	1020	80	0	0	1020	80
Sütçüler	350	30	0	0	350	30
Gönen	1600	110	0	0	1600	110
Toplam	103920	8306	300	30	104220	8336

Tablo 2. Katılımcılara ilişkin genel bilgiler

Katılımcılar	Cinsiyet	Yaş	Eğitim Düzeyi	Meslek	Yaşanılan Yer	Mantar Yetiştiriciliği Deneyimi	Mantar Yetiştirme Eğitimi
A ₁	Erkek	63	İlkokul	Esnaf	Köy	18	Aldım
A ₂	Erkek	31	Önlisans	Çiftçi	İlçe Merkezi	16	Almadım
A ₃	Erkek	30	Önlisans	Çiftçi	Köy	10	Almadım
A ₄	Kadın	52	İlkokul	Çiftçi	Köy	18	Aldım
A ₅	Erkek	28	Lise	Çiftçi	Köy	1	Almadım
A ₆	Kadın	45	Lise	Çiftçi	Köy	18	Aldım
A ₇	Kadın	40	Ortaokul	Ücretli Çalışan	İlçe Merkezi	5	Almadım
A ₈	Erkek	34	Önlisans	Ücretli Çalışan	İlçe Merkezi	7	Almadım
A ₉	Erkek	60	Lisans	Milletvekili	İl Merkezi	10	Aldım
A ₁₀	Erkek	62	Lisans	Mali Müşavir	İlçe Merkezi	18	Aldım

Tablo 2 incelendiğinde, katılımcılardan 3'ünün (%30) kadın, 7'sinin (%70) erkek olduğu görülmektedir. Katılımcılar yaşları itibarıyla incelendiğinde, farklı yaş gruplarında olduğu gözlemlenmekte ve katılımcıların yaş ortalamalarının 44.5 olduğu görülmektedir. Katılımcıların eğitim düzeyleri incelendiğinde, 2'sinin (%20) ilkokul, 1'inin (%10) ortaokul, 2'sinin (%20) lise, 3'ünün (%30) önlisans ve 2'sinin (%20) lisans düzeyinde eğitim aldığı belirlenmiştir. Katılımcıların meslek dağılımları

incelendiğinde, 1'inin (%10) esnaf, 5'inin (%50) çiftçi, 2'sinin (%20) ücretli çalışan, 1'inin (%10) siyasetçi ve 1'inin (%10) ise mali müşavir olduğu görülmektedir.

Katılımcılar yaşadıkları bölgeler açısından incelendiğinde, 5'inin (%50) köyde, 4'ünün (%40) ilçe merkezinde ve 1'inin (%10) il merkezinde yaşadığı belirlenmiştir. Katılımcıların mantar yetiştiriciliği deneyimleri incelendiğinde, en az 1 yıl ve en çok 18 yıl deneyime sahip olan katılımcıların olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, 18 yıl deneyime sahip 4 katılımcı, 16 yıl

deneyime sahip 1 katılımcı, 10 yıl deneyime sahip 2 katılımcı, ayrıca 7 yıl, 5 yıl ve 1 yıl deneyime sahip katılımcıların her birinin sayısının 1 olduğu belirlenmiştir. Mantar yetiştirme eğitimi durumu incelendiğinde, katılımcıların %50'sinin eğitim aldığı, %50'sinin ise eğitim almadığı belirlenmiştir.

Mantar üretim gelirinin aile geliri içerisindeki oranı

Katılımcıların aile geliri içinde mantar üretiminden elde ettikleri gelirin oranı incelendiğinde, katılımcılardan A₁'in %74, A₂'nin %27, A₃'ün %100, A₄'ün %62, A₅'in %50, A₆'nın %70, A₇'nin %30, A₈'in %27, A₉'un %87 ve A₁₀'un %13 oranında gelir sağladığı tespit edilmiştir. Bu veriler, mantar üretiminin aile bütçesine olan katkısını ortaya koymaktadır. Özellikle A₃'ün %100 ile en yüksek katkıyı sağlaması, mantar üretiminin aile geliri içinde önemli bir yer teşkil ettiğini göstermektedir.

Üretimi yapılan mantar türleri

Araştırma kapsamında 10 katılımcının ürettiği mantar türleri Şekil 1'de sunulmuştur.

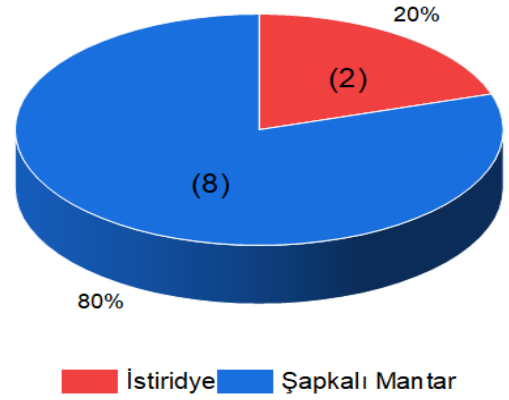
Şekil 1 incelendiğinde, katılımcıların ağırlıklı olarak %80'lik bir oranla beyaz şapkalı mantar (*Agaricus bisporus*) üretimi gerçekleştirdiği, %20'lik kısmının ise istiridyeye mantarı (*Pleurotus ostreatus*) ürettiği görülmektedir.

Sektörü tercih nedenleri

Saha araştırmasında katılımcıların "Kültür mantarı sektörünü tercih nedeniniz nedir?" sorusuna verdiği yanıtların bazıları aşağıda sunulmaktadır.

A₁: Diğer çiftçilik işlerinden elma, meyve ve sebzededen az para kazandığım için, ek gelir olsun istedim. Erkek kardeşim böyle bir iş var getirisi yüksek maliyetini hızlı

karşılar, dedi. Ürünün yetiştirme süresinin de kısa olduğunu söyledi. Gerçekten de öyle sıcak soğuk mevsim ilgilendirmiyor bizi. Güzel para kazanıyoruz.

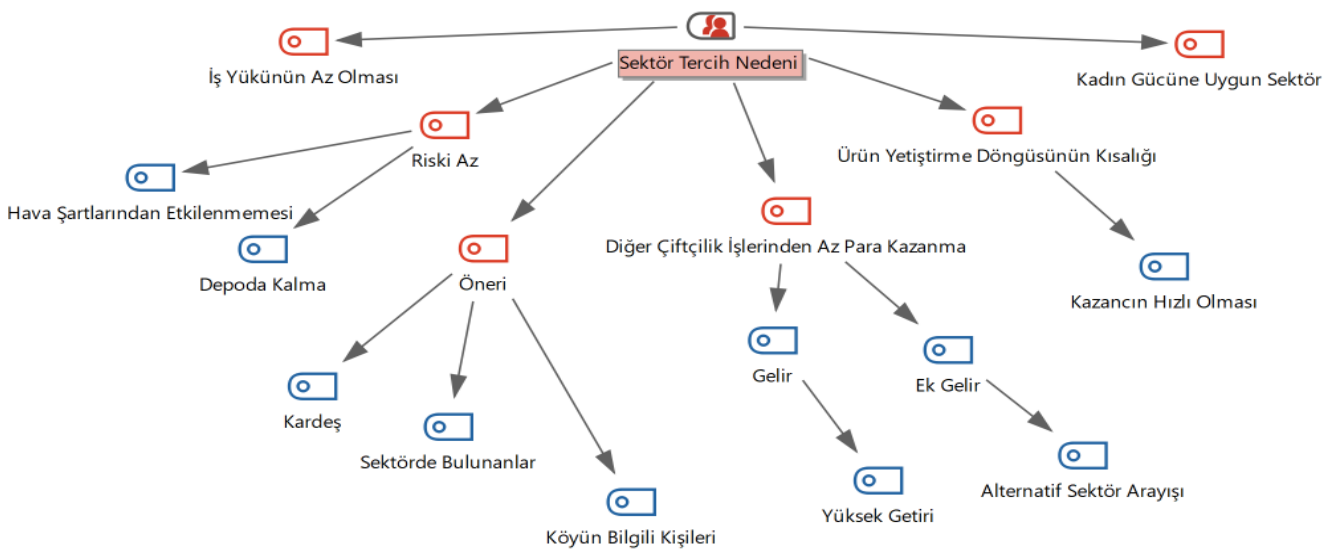


Şekil 1. Mantar türleri

A₆: Kadınlar için kolay sektör, evimizin binasında ya da yakınında olunca hem ev işi de yapabiliyoruz aralarda Ek gelir için başlamıştık ama gelir kapısı oldu bize. İklimde etkilenmiyor hem. Kolay ve para da güzel kazanıyoruz.

A₁₀: Alternatif sektör arayışındaydık, su bitecek kuraklık gelecek bahçeler etkilenecek bunları da düşündüm. Yüksek getirisi olunca riski az olunca ve maliyetini kısa sürede karşılayınca girdim bu işe, memnunum...

Saha araştırmasında görüşülen 10 mantar üreticisinin "Kültür mantarı sektörünü tercih nedeniniz nedir?" sorusuna verdikleri cevapların tümü incelenerek Şekil 2'deki kod şeması oluşturulmuştur.



Şekil 2. Sektör tercih nedeni

Şekil 2 incelendiğinde, katılımcıların kültür mantarı sektörünü tercih etme gerekçelerinin altı ana tema etrafında toplandığı tespit edilmiştir. Bunlar; iş yükünün düşük olması, risk düzeyinin düşük olması, öneri üzerine yönelme, diğer tarımsal faaliyetlerden ya da yaptıkları işlerden elde edilen kazancın sınırlı olması, ürün yetiştirme döngüsünün kısa olması ve kadın iş gücüne uygun bir sektör olarak görülmesi olarak belirlenmiştir. Katılımcılar, sektörün düşük riskli olmasını hava koşullarından etkilenmeme ve ürünlerin soğuk depolarda muhafaza edilebilmesi gibi özelliklere dayandırmışlardır. Sektöre yönelme sürecinde, katılımcıların mantar yetiştiriciliği konusunda deneyim sahibi kişilerden akrabalarından ve köyün bilgili bireylerinden aldıkları öneriler etkili olmuştur. Ayrıca, bazı katılımcılar mantar yetiştiriciliğini ek gelir kaynağı olarak değerlendirirken, bazıları ise birincil gelir kaynağı olarak görmektedir. Ürün yetiştirme döngüsünün kısa olması da sektöre yönelimde belirleyici bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

Başlangıç maliyetleri

Saha araştırmasında katılımcıların "Kültür mantarı yetiştiriciliğine başlarken maliyetleri nasıl karşıladınız? Devlet destekleri, kredi veya hibe gibi finansal yardımlar aldınız mı?" sorusuna verdiği yanıtların bazıları aşağıda sunulmaktadır.

A₁: Biz başladığımız dönem %50 devlet desteği vardı onunla başladık, bankadan kredi kullandık böylelikle başlamış olduk.

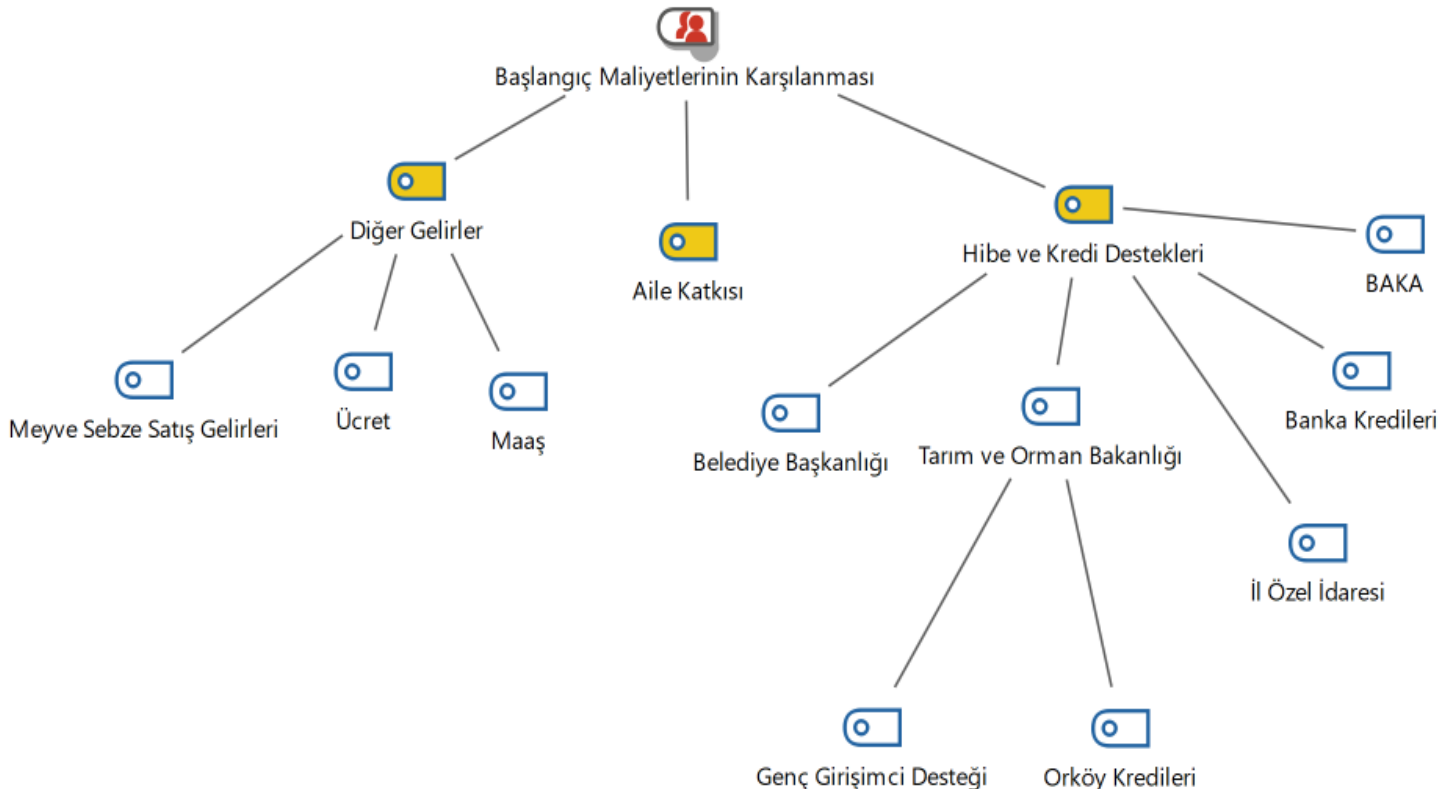
A₂: Birikmiş işlerimiz vardı biraz onları kullandık, diğer tarım işlerinden elde ettiğimiz gelirler vardı hepsini birleştirip bu işe giriştik.

A₆: Eşim özel sektörde çalışıyordu, oradan kazandığı paranın birazını maliyet olarak kullandık. Hibe ve kredi destekleri vardı devletin... Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Orkøy kredileri vardı, orkøy kredisi ile ranzaları yaptırдық.

A₄: Eşimin emekli maaşı vardı biraz ona güvendik. Bizim başladığımız yıllarda il özel idaresi BAKA destek veriyor diye duyduk. Biz bu desteklerden orkøy kredisini kullanmıştık. Bütün maliyeti böyle tamamlamış olduk.

A₅: benim yaşım küçük iş kurmayı düşünüyordum. Ailemin katkısıyla, kredi çekerek birazını karşıladım. O dönem bizim köyde bu işi yapanlar çoktu. Onlar devletin destek verdiğini söylediler araştır, dediler. Tarım ve Orman bakanlığı'nın Genç Girişimci Desteği varmış, biraz da ondan faydalandım böylelikle maliyetleri karşıladım.

Saha araştırmasında görüşülen 10 mantar üreticisinin "Kültür mantarı yetiştiriciliğine başlarken maliyetleri nasıl karşıladınız? Devlet destekleri, kredi veya hibe gibi finansal yardımlar aldınız mı?" sorusuna verdikleri cevapların tümü incelenerek Şekil 3'teki kod şeması oluşturulmuştur.



Şekil 3. Başlangıç maliyetlerinin karşılanması

Şekil 3 incelendiğinde, başlangıç maliyetlerinin hibe ve kredi destekleri, ailelerin finansal katkıları ve diğer gelir kaynakları aracılığıyla karşılandığı görülmektedir. Diğer gelirlerle maliyetlerini karşılayan katılımcılar, bunu meyve ve sebze satış gelirlerinden, diğer işlerde elde ettikleri ücretlerden ve maaşlarından sağlamaktadır. Hibe ve kredi destekleriyle maliyetlerini karşılayan katılımcıların ise belediyeler, Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesindeki genç girişimci destekleri ve köy kredilerinden yararlandıkları anlaşılmaktadır. Ayrıca Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı ve il özel idaresi gibi kurumların da çeşitli hibeler ve destekler sağladığı gözlemlenmektedir. Bunlara ek olarak, bazı katılımcıların banka kredileri yoluyla da maliyetlerini finanse ettikleri belirlenmiştir. Dolayısıyla, Isparta ilinde mantar sektörüne yönelik kamu ve özel kurumlar tarafından sağlanan desteklerin önemli bir rol oynadığı gözlemlenmektedir.

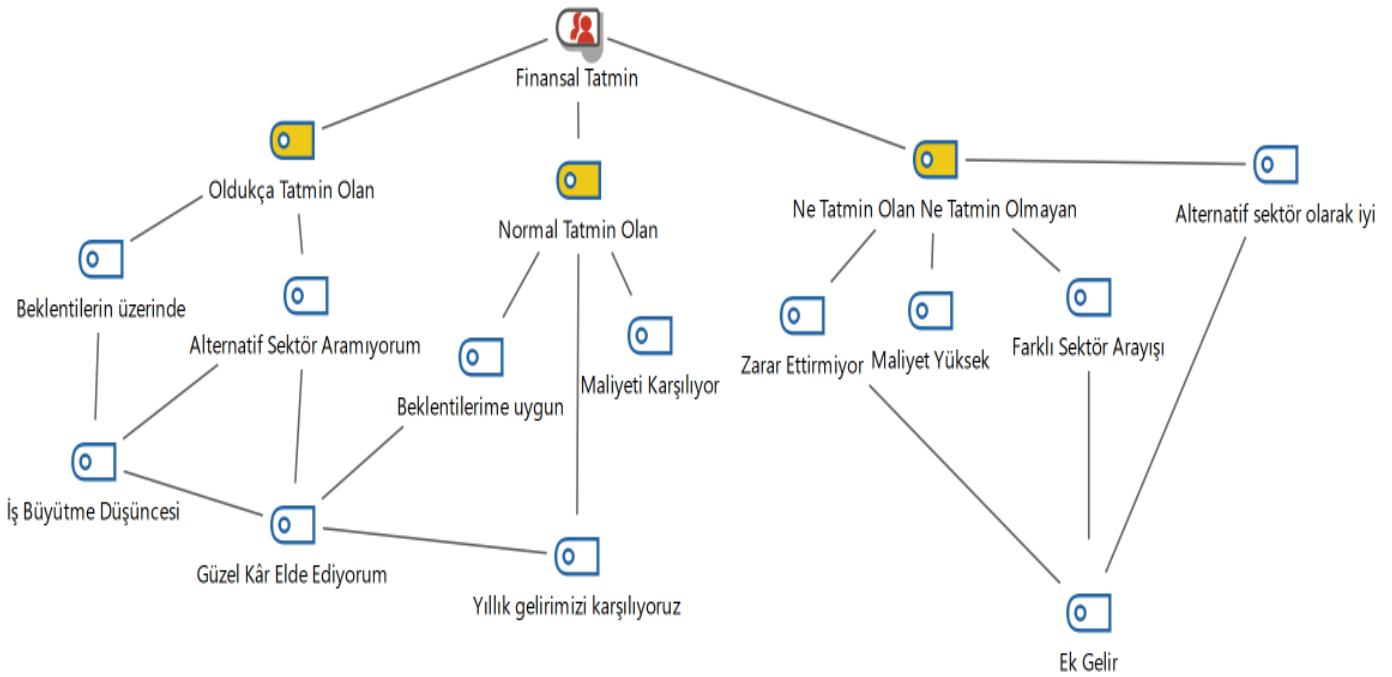
Finansal tatmin durumları

Saha araştırmasında katılımcıların “Kültür mantarı yetiştiriciliğinden elde ettiğiniz yıllık gelir ve net kar miktarı sizi finansal olarak tatmin ediyor mu?” sorusuna verdiği yanıtların bazıları aşağıda sunulmaktadır.

A₅: *Kültür mantarından kazandığım para genelde masraflarımı karşılıyor, geçinip gidiyorum. Ama işte maliyetler sürekli değişiyor, piyasa da dalgalı olunca kârım da pek sabit olmuyor. Şimdilik memnunum yetiyor ama düzgün bir plan yaparsam ilerde daha fazla kazanabilirim diye düşünüyorum.*

A₃: *Gelirim güzel giderleri düşüğümde kalan kâr bana gayette yetiyor. İlk başta az yatırımla başladım, şimdi daha iyi para kazanıyorum. Beklentilerimin üzerinde, o yüzden maddi olarak memnunum, hiç sorun yok. İş büyütme düşünüyorum...*

A₁₀: *Kültür mantarı yetiştiriciliğinden kazandığım yıllık gelir ve net kâr, beni pek tatmin etmiyor. İşin maliyetleri yüksek ve kâr marjı beklediğim kadar değil. Ama zarar ettirmiyor. Şu an için bu işi sürdürebilmek adına başka gelir kaynaklarına yönelmem gerektiğini düşünüyorum. Finansal açıdan beklentilerimi karşılamıyor ama yine de ek bir gelir kaynağı olarak değerlendiriyorum. Saha araştırmasında görüşülen 10 mantar üreticisinin “Kültür mantarı yetiştiriciliğinden elde ettiğiniz yıllık gelir ve net kar miktarı sizi finansal olarak tatmin ediyor mu?” sorusuna verdikleri cevapların tümü incelenerek Şekil 4’teki kod şeması oluşturulmuştur.*



Şekil 4. Finansal tatmin düzeyleri

Şekil 4 incelendiğinde, katılımcıların gelir ve kar açısından finansal tahminlerinin 3 ana tema etrafında toplandığı görülmektedir. Bunlar; oldukça tatmin olanlar, normal tatmin olanlar ve ne tatmin olan ne tatmin olmayan

şeklinde. Oldukça tatmin olanların beklentilerinin üzerinde kazanç elde ettikleri dolayısıyla alternatif bir sektör aramadıkları ve elde ettikleri kazancı kültür mantarı sektöründe iş büyütmede kullanmak istedikleri

görülmektedir. Normal tatmin olanların beklentilerine karşılık veren bir gelir elde ettiği, maliyetlerini karşılayabilecekleri ve yıllık gelirlerini bu sektörden karşıladıkları belirlenmiştir. Ne tatmin olan ne de tatminsiz olanlar ise zarar etmediklerini ancak yüksek maliyetlerin kendilerini zorladığını ifade ederek farklı sektör arayışına girmektedir. Bu durum, katılımcıların sektöre yönelik finansal değerlendirmelerinin çeşitli beklentiler ve tatmin düzeylerine göre şekillendiğini göstermektedir.

İşletme giderleri

Saha araştırmasında katılımcıların "Kültür mantarı yetiştiriciliği sürecinde en büyük işletme giderleriniz nelerdir? Bu giderleri yönetme konusunda ne tür stratejiler geliştirdiniz?" sorusuna verdiği yanıtların bazıları aşağıda sunulmaktadır.

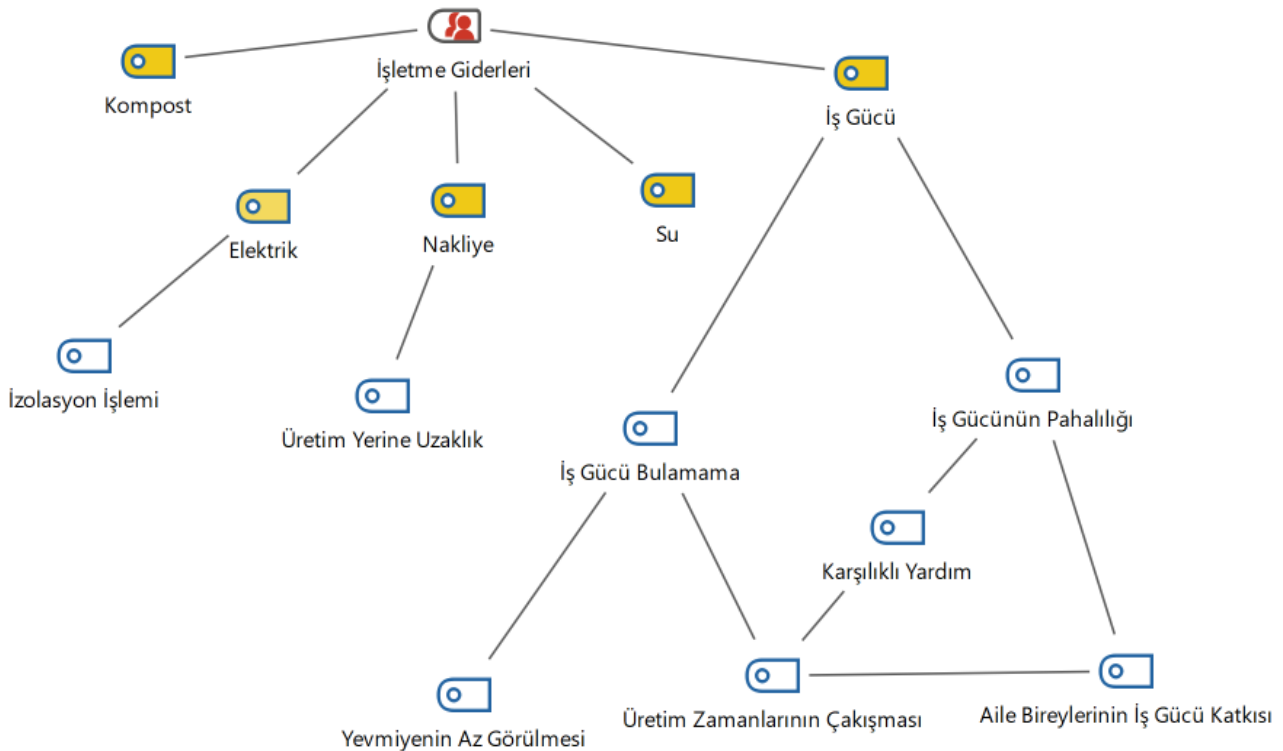
A₁: En çok mantar toprağı, nakliye, su, elektrik gideri beni zorluyor. Ama en çok mantar toprağı sonrasında elektrik... Mantarların büyümesi için doğru sıcaklık tutmam gerekiyor, bu da elektrik faturasını artırıyor. Enerjiyi daha verimli kullanmak için yeni LED lambalar aldım, böylece hem tasarruf yapıyorum hem de mantarlarımı iyi aydınlatıyorum.

A₆: Kompost çok pahalı, nakliyesine para veriyoruz. Elektrik gideri de fazla oluyor... Bazen iş gücü bulmakta zor oluyor... Eleman çalıştırmak bir hayli masraflı oluyor. Bu giderleri yönetmek için, ailemle birlikte çalışarak biraz maliyetleri düşürdüm. Aile desteğiyle işleri yürütmek daha kolay oluyor.

A₉: Kültür mantarı yetiştiriciliğinde en büyük giderlerim arasında kompost, elektrik geliyor. İşlerle çok ilgilenemeyince yatılı işçiler ile çalışıyorum onların konaklaması vs baya maliyetli oluyor ama işlerin yürümesi için şart... İşçiliği düşürmek için olabildiğince teknolojik yeniliklere gidiyorum. Ayrıca, üreticilerin sorunlarını mecliste dile getirip daha iyi destekler sağlanması için çalışıyorum. Sonuçta, bu iş hem ekonomik kalkınma hem de istihdam yaratma açısından önemli. Doğru stratejilerle hem kendi üretimimi artırmayı hem de diğer üreticilerin desteklenmesine yardımcı olmayı hedefliyorum.

A₁₀: Tabii ki en büyük işletme giderimiz kompost hammaddesi elektrik, işçilik, nakliye ve su parasında baya bir gideri arttırıyor. Isparta'da ham madde fabrikası olmadığı için dışarıdan alıyoruz. Öyle olunca da hem ham madde hem de nakliye gideri artıyor. Aslına baktığımızda bizler tarımsal faaliyet yapıyoruz. Mantar üretim tesislerimiz ticarethane olarak kabul ediliyor, ticarethane tarifesi uygulanıyor. Buna çözüm bulunsa tarımsal tarifeye geçsek iyi olacak...

Saha araştırmasında görüşülen 10 mantar üreticisinin "Kültür mantarı yetiştiriciliği sürecinde en büyük işletme giderleriniz nelerdir? Bu giderleri yönetme konusunda ne tür stratejiler geliştirdiniz?" sorusuna verdikleri cevapların tümü incelenerek Şekil 5'teki kod şeması oluşturulmuştur.



Şekil 5. İşletme giderleri

Şekil 5 incelendiğinde, katılımcıların en büyük işletme giderinin kompost hammaddesi olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, elektrik, nakliye, su ve iş gücü giderlerinin de işletme giderlerinde önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Elektrik maliyetlerini azaltmak amacıyla izolasyon işlemlerinin uygulandığı gözlemlenmektedir. Katılımcılardan A₁₀, elektrik giderlerinin işletme maliyetlerini önemli ölçüde artırdığını ve bunun sebebinin mantar üretim tesislerinin ticarethane olarak kabul edilmesine bağlamaktadır. Katılımcının ifadeleri dikkate alındığında, mantar üretim tesislerinin yasal olarak tarımsal faaliyet kapsamında değerlendirilmesi yönünde bir düzenlemenin gerekliliği öne çıkmaktadır.

Riskler ve belirsizlikler

Saha araştırmasında katılımcıların "Finansal olarak karşılaştığınız en büyük riskler ve belirsizlikler nelerdir?" sorusuna verdiği yanıtların bazıları aşağıda sunulmaktadır.

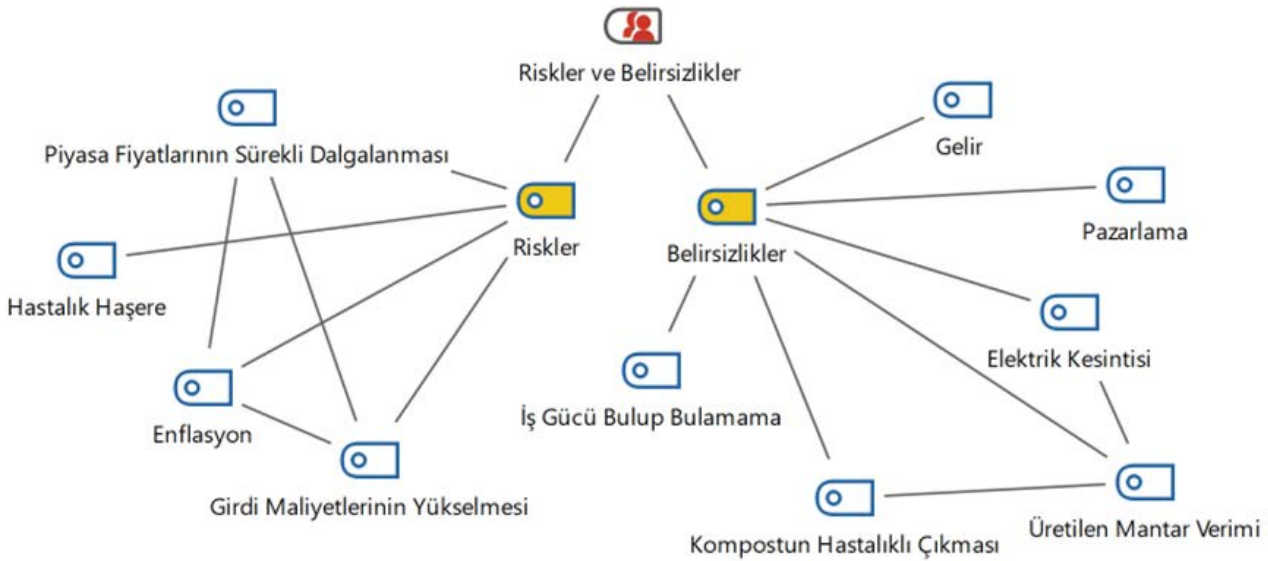
A₁₀: *Mantar üretiminde en büyük risk, piyasa fiyatlarının sürekli dalgalanması. Bu satışı çok etkilemiyor. Satışta sorun yok ama maliyetleri arttırabiliyor... Bu da gelirmi etkiliyor. Ayrıca, hastalık veya zararlılar da her an*

çıkabiliyor, bu çok büyük belirsizlik... Bunlar da zarar etmemize neden olabiliyor.

A₁: *Finansal açıdan risk, girdi maliyetlerinin yükselmesi. Özellikle kompost ve elektrik fiyatları artınca, kâr azalıyor. Bir de mevsim geçişleri bazen belirsizlik yaratabiliyor. Özellikle işi bilmeyenler için çok zor sıcaklık soğukluk derecelerini nasıl tutmaları gerektiğini bilemeyebiliyorlar. Sıcaklık dalgalanmaları mantarları olumsuz etkileyebiliyor, mantarlarda hastalık haşere yapıyor.*

A₈: *Benim için en büyük risk kompostan kaynaklı risk... çünkü kompost bazen hastalıklı ya da bozuk gelebiliyor. Bu da direkt o üretim sürecini etkiliyor. Bir de yüksek enflasyon mantarın satışını etkilemese de direkt maliyetleri artırıyor. Gelir belirsizliği oluyor. Mantar hasat zamanı yaklaştığında başka hasat yapacaklar olursa orada bir belirsizlik yaşıyoruz iş gücü bulur muyuz bulamaz mıyız...*

Saha araştırmasında görüşülen 10 mantar üreticisinin "Finansal olarak karşılaştığınız en büyük riskler ve belirsizlikler nelerdir?" sorusuna verdikleri cevapların tümü incelenerek Şekil 6'daki kod şeması oluşturulmuştur.



Şekil 6. Riskler ve belirsizlikler

Şekil 6 incelendiğinde, katılımcıların karşılaştıkları riskler arasında piyasa fiyatlarının sürekli dalgalanması, hastalık ve haşere sorunları, enflasyon ile girdi maliyetlerindeki artışlar öne çıkmaktadır. Katılımcıların deneyimlediği belirsizlikler ise iş gücü temini, kompostta hastalık çıkma olasılığı, elektrik kesintileri nedeniyle mantar veriminde meydana gelen düşüş, pazarlama süreçleri ve gelir belirsizliği olarak ifade edilmektedir. Katılımcıların karşılaştıkları riskler, piyasa dalgalanmaları ve girdi maliyetlerindeki artış gibi ekonomik faktörlerin

yanı sıra hastalık ve haşere gibi biyolojik tehditleri de kapsamaktadır.

Yatırımın geri dönüş süresi ve yatırım getirisi

Saha araştırmasında katılımcıların "Kültür mantarı yetiştiriciliğine yapılan yatırımın geri dönüş süresi hakkında ne düşünüyorsunuz? Yatırım getirisini nasıl değerlendiriyorsunuz?" sorusuna verdikleri yanıtların bazıları aşağıda sunulmaktadır.

A₃: *Bu işe ilk başladığımız zaman o işletmeyi kurmak için katlandığım giderler bir yılda kendini amorti ediyordu,*

ama şimdi kuracak olsam 2 ya da 3 yılı bulabiliyor. Yine de bu işin getirisi diğer işlere göre daha risksiz ve yüksek... O yüzden yatırımın getirisini önce kredileri kapatmak için kullanıyorum geri kalanını kötü günlere saklıyorum...

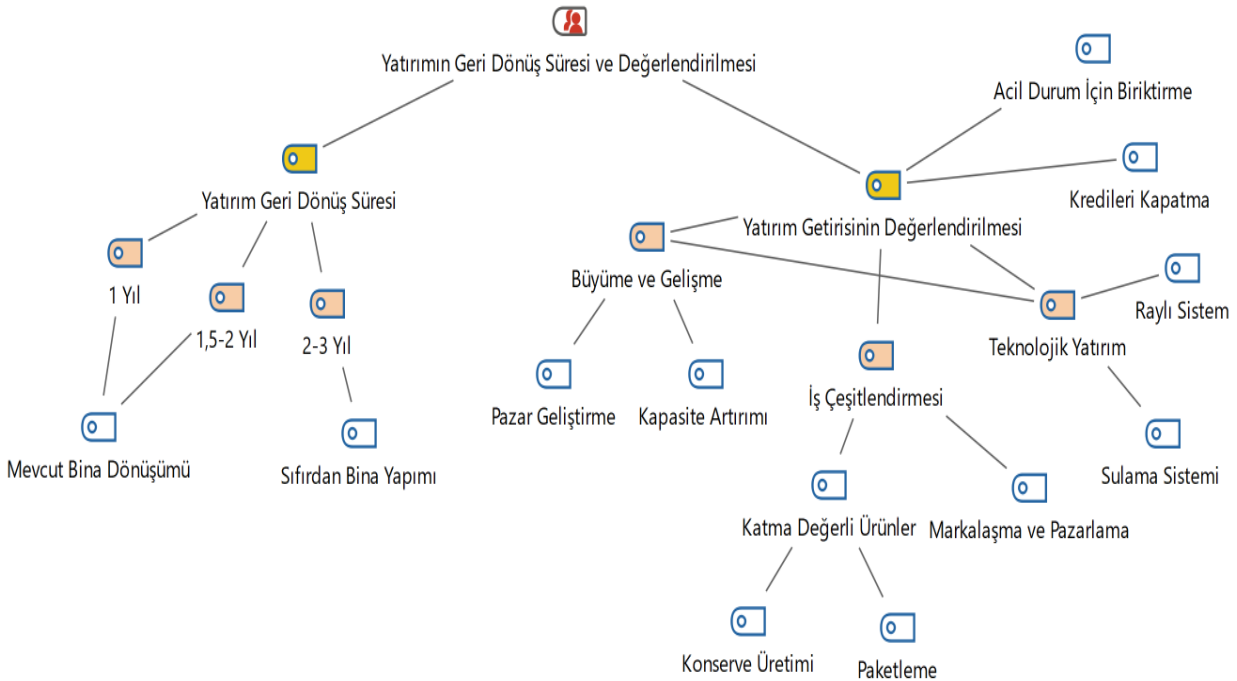
A₅: Finansman uygun faizli olursa amorti süresi tahmini 1,5 yıl oluyor, bence bu yeterli bir süre... Ben bu işte 1 yıldır varım kâra geçeceğim... Örneğin insanlar lokanta açıyor çok uzun sürede amorti edip kâra geçebiliyor. Amorti süresi kısa olduğu için kâra geçmek hızlı olduğu için tercih ettim zaten... Yatırım getirisini işimi büyütmek için kullanacağım. Sektör Isparta'da hızla yaygınlaştığı için önü açık bir sektör, ileride üretimin yanında pazarlama, ambalajlama belki ihracatı bile yapılabilir... Kendimi geliştirmek istiyorum bu sektörde, paketleme yapıp satarak kendi markamı satarım bir gün belli mi olur... Mantar sektörünün basamaklarını Isparta'da tamamlamak lazım bence... İşletmeyi büyütmek lazım genişlemesi lazım...

A₁₀: Yatırımın geri dönüş süresi aslında yatırıma nasıl başlandığı ile alakalı yani sıfırdan bir bina mantarhane olarak yapılmak istenirse yatırım maliyeti 1,5-2 yılı bulabilir. Fakat mevcut var olan bir bina mantarhaneye çevrilecekse maliyet daha da düşer ve 1 yılda kendini amorti eder. Tabi bu söylediklerim yılda 4 sefer ürün üretimi olması ile mümkün olur. Yatırımın getirisi ile katma

değerli ürün üretmek lazım... Farklı mantar türleri üretilebilir. Yeni iş alanları yaratmak için işin çeşitlendirilmesi gerekir, konserve yapımı için ilimizde fabrika bile kurulabilir...

A₉: Yıl içerisinde ara vermeden sürekli üretimle 1 yılda amorti eder. Verimi engelleyecek bir şey çıkmadığı sürece... Ben işin biraz profesyonelleşmesi kısmındayım. Yıllardır bu işi yapıyorum. Amacım daha az insan gücü kullanarak işi daha risksiz yapmak... O yüzden ben biraz daha teknoloji kısmının geliştirilmesine bakıyorum. Örneğin birçok yetiştirici binaya kompostları taşıırken insan gücüyle yapıyor. Ben bir sistem geliştirdim yaylı bir sistemle bunu yapıyorum. Sulama elle yapılmıyor benim işletmemde mesela... Sulama sistemi kurdum kumanda ile açıp kapatıyorum. Böylece hata az oluyor, işi büyütebiliyorum. O yüzden ben yatırımın getirisini her meslekte olduğu gibi teknolojinin geliştirilmesine ayırıyorum.

Saha araştırmasında görüşülen 10 mantar üreticisinin "Kültür mantarı yetiştiriciliğine yapılan yatırımın geri dönüş süresi hakkında ne düşünüyorsunuz? Yatırım getirisini nasıl değerlendiriyorsunuz?" sorusuna verdikleri cevapların tümü incelenerek Şekil 7'deki kod şeması oluşturulmuştur.



Şekil 7. Yatırımın geri dönüş süresi ve değerlendirilmesi

Şekil 7 incelendiğinde, yatırımın geri dönüş süresinin mevcut bina durumuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Mevcut bir binanın mantar tesisine dönüştürülmesi halinde, yatırımın geri dönüş

süresi 1-2 yıl olarak belirlenirken, sıfırdan bir mantar tesisinin inşa edilmesi durumunda bu sürenin 2-3 yıl arasında değişebileceği tespit edilmiştir.

Katılımcıların yatırım getirisini büyüme ve gelişmede, iş çeşitlendirmede, teknolojik yatırımda, kredileri kapatma ve acil durum için biriktirmede kullandıkları tespit edilmiştir. Şekil 7'de yatırım getirisinin değerlendirilmesi incelendiğinde, yatırım getirisinin büyük bir kısmının yine kültür mantarı sektöründe devam etmek için kullanıldığı gözlemlenmektedir. Katılımcıların yatırım getirisini büyüme, iş çeşitlendirmesi, teknolojik yatırımlar, kredileri kapatma ve acil durumlar için biriktirme gibi alanlarda kullanmaları, sektördeki sürdürülebilirliğin ve gelişimin önemine işaret etmektedir. Özellikle, yatırım getirisinin büyük bir kısmının kültür mantarı sektöründe kalmayı sürdürmek için kullanılması, bu sektörün katılımcılar için stratejik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, kültür mantarı sektörünün sadece ekonomik getiriler sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda katılımcıların iş modellerinin ve gelecekteki stratejilerinin şekillenmesinde de kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu sektör, yatırımcılar için hem büyüme potansiyeli hem de risk yönetimi açısından değerlendirilmeye devam edilmelidir.

Pazar ve rekabet koşulları

Saha araştırmasında katılımcıların "Kültür mantarının pazarlanması ve rekabet koşulları hakkında neler söyleyebilirsiniz?" sorusuna verdikleri yanıtların bazıları aşağıda sunulmaktadır.

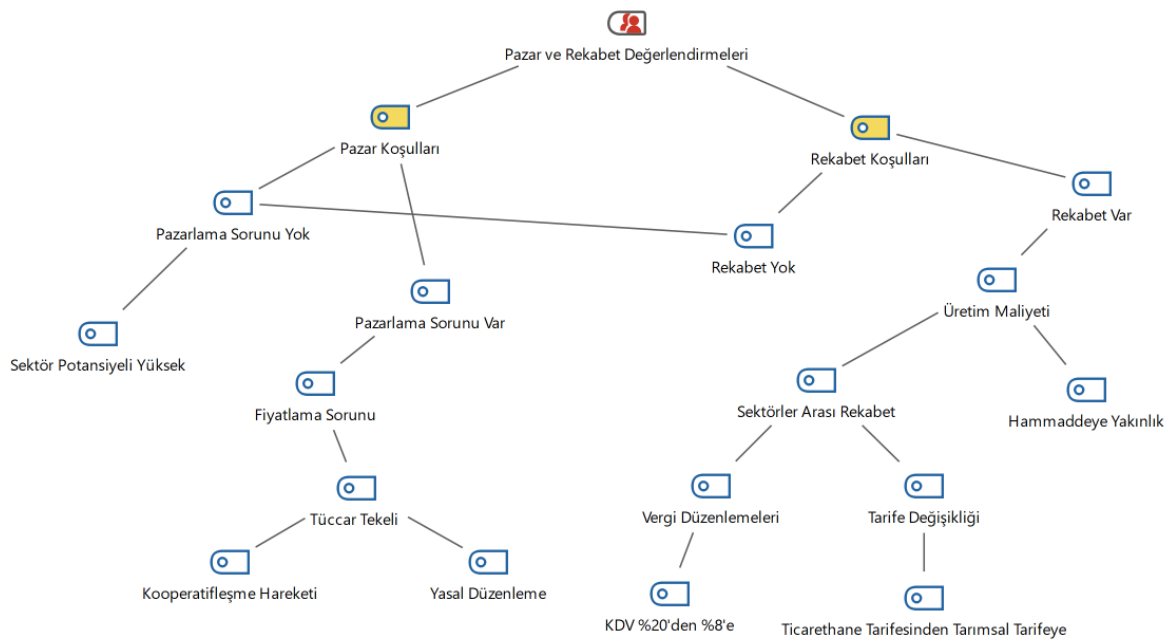
A₁: Mantar üretimi için rekabet oluşturacak bir durum söz konusu değildir çünkü ürettiğimiz mantarları rahat bir

şekilde satabiliyoruz ürettiğimiz mantarların çoğunluğu yurt içinde tükendiği için herhangi bir rekabete gerek olmadığını görmekteyiz.

A₅: Ürettiğimizi satma konusunda çok bir sıkıntı çekmiyoruz... Yalnız diğer illerde hammadde daha yakın olduğu için onlar daha az maliyetle bu işi çözebiliyor, bizim bu hammaddelere olan uzaklığımız maliyetimizi daha da arttırmaktadır. Bundan dolayı da kâr marjı açısından rekabet zorlaşmaktadır.

A₁₀: Bence Türkiye'de dolayısıyla Isparta'da üretim istenilen seviyeye ulaşmadığı için bu sektör önü açık bir sektör... Pazarlama konusunda bu anlamda bir sorun yaşamayız diye düşünüyorum. Rekabet koşullarını ben mantar sektörü içerisinde kıyaslamıyorum. Diğer sektörlerle kıyasladığımda bizim kültür mantarı tesislerimiz ticarethane olarak görülüyor. Bu yüzden elektrik gideri yüksek fakat biz tarımsal faaliyet yapıyoruz tarımsal tarife olarak değerlendirilirse elektrik gideri daha az olur. Başka bir sorun daha var kompost hammaddesi tarımsal ürünlerden oluşuyor fakat tarımsal ürün olarak değerlendirilmediği için KDV %20'den %8'e düşürülemiyor. Bunlar çözüldürse rekabet edebilir düzeye gelebiliriz...

Saha araştırmasında görüşülen 10 mantar üreticisinin "Kültür mantarının pazarlanması ve rekabet koşulları hakkında neler söyleyebilirsiniz?" sorusuna verdikleri cevapların tümü incelenerek Şekil 8'deki kod şeması oluşturulmuştur.



Şekil 8. Pazar ve rekabet değerlendirmeleri

Şekil 8 incelendiğinde, katılımcıların pazarlama ile ilgili 2 farklı şekilde yanıt verdikleri belirlenmiştir. Katılımcılardan bazıları sektör potansiyelini yüksek bulduğu için pazarlama sorununun olmadığını belirtmişlerdir. Bazıları ise kültür mantarı sektöründe fiyatlandırma sorunu olduğunu bundan dolayı pazarlama sorununun ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. Bu sorunun kooperatifleşme hareketi ya da yasal düzenlemeler ile giderilebileceği konusunda düşüncelerini belirtmişlerdir. Rekabet koşulları değerlendirildiğinde ise, katılımcılardan bazıları rekabetin olduğunu bazıları ise olmadığını belirtmişlerdir. Rekabet olmadığını düşünen katılımcılar bunu pazarlama sorununun olmaması ile ilişkilendirmiştir. Rekabet olduğunu düşünen katılımcılar ise bunun üretim maliyeti kapsamında değerlendirmişlerdir. Başka bir ifadeyle hammaddeye yakın olan üreticilerin üretim maliyetlerinin daha az olduğunu belirten katılımcılar mevcuttur. Bunun yanı sıra sadece mantar sektöründe değil sektörler arası rekabette kültür mantarı üreticilerinin geride kaldığını ifade eden katılımcılar da bulunmaktadır. Sektörler arası rekabet olduğunu ifade eden katılımcılar bu sorunun tarife değişikliği (kültür mantarı sektöründe ticarethane tarifesinden tarımsal tarifeye geçiş) ve vergi düzenlemeleri (Kompost hammaddesinin tarım ürünü olarak değerlendirilmesi ile KDV'nin %20'den %8'e düşürülmesi) mümkün olacağını ifade etmişlerdir.

Sonuç ve Öneriler

Elde edilen bulgular ve gözlemler değerlendirildiğinde, katılımcıların farklı cinsiyet ve yaş gruplarından olması, deneyim sürelerinin 1 ile 18 yıl arasında değişmesi, sektörde hem yeni başlayanların hem de tecrübeli yetiştiricilerin var olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, mantar yetiştiriciliğinin her yaşta çiftçi için uygun bir tarımsal faaliyet olduğunu işaret etmektedir. Singh ve Singh (2021), yapmış oldukları çalışmada mantar üretiminin bölgedeki genç ve kadınlar için kârlı bir iş faaliyeti olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Aynı şekilde, Isparta ilindeki katılımcıların da sektörden elde ettikleri gelirlerin, kadın ve genç çiftçiler için önemli bir ekonomik fırsat sunduğu görülmektedir. Bu durum, mantar yetiştiriciliğinin toplumsal cinsiyet eşitliği ve ekonomik kalkınma açısından olumlu bir etki yaratma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca farklı meslek gruplarından katılımcıların yer alması, mantar yetiştiriciliğinin ek gelir ya da gelir sağlama potansiyeline sahip olduğunu düşündürmektedir.

Katılımcıların kültür mantarı sektörünü tercih etme gerekçeleri altı ana tema etrafında toplanmıştır. Bunlar; iş yükünün az olması, diğer tarım işlerine kıyasla risk düzeyinin düşük olması, öneri üzerine yönelme, diğer tarımsal faaliyetlerden elde edilen kazancın sınırlı olması, ürün yetiştirme döngüsünün kısa olması ve kadın iş

gücüne uygunluktur. Katılımcılar, sektörün düşük riskli olmasını hava koşullarından etkilenmeme ve ürünlerin soğuk depolama imkânları ile açıklamışlardır. Fakat katılımcı ifadelerinden, mantar sektöründe bulunmanın da riskleri olduğu neticesine ulaşılmıştır. Bu riskler piyasa dalgalanmaları ve girdi maliyetlerindeki artış gibi ekonomik faktörlerin yanı sıra hastalık ve haşere gibi biyolojik tehditleri de kapsamaktadır. Ayrıca, deneyimli kişilerden, akrabalarından ve köyün bilgili bireylerinden aldıkları önerilerin sektöre yönelimde etkili olduğu belirtilmiştir. Das (2014) yaptığı çalışmada, önemli bir potansiyele sahip olan mantar yetiştiriciliğinin mevcut tarım sistemlerine entegre edilmesinin, kırsal kesimlerin gelirine ek olarak istihdam sağlayacağını ve toplumun tüm kesimlerinin benimseyebileceği bu girişimle kapsayıcı büyümeye katkıda bulunacağını belirtmiştir. Bu doğrultuda ulaşılan benzer sonuçlar, mantar yetiştiriciliğinin ekonomik ve sosyal kalkınma üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamaktadır.

Katılımcıların başlangıç maliyetlerini karşılama durumu değerlendirildiğinde, bu maliyetlerin diğer gelir kaynaklarından, aile desteğinden, hibe ve kredi desteklerinden karşılandığı sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla, Isparta ilinde mantar sektörüne yönelik kamu ve özel kurumlar tarafından sağlanan desteklerin, sektörel gelişime katkı sunduğu düşünülmektedir. Ayrıca, katılımcıların gelir ve kar açısından finansal tatmin düzeyleri, oldukça tatmin olanlardan normal tatmin olanlara kadar değişkenlik göstermektedir. Bu durum, katılımcıların farklı beklentilerini ortaya koymaktadır. Katılımcıların işletme giderlerine ilişkin bulguları değerlendirildiğinde, en büyük işletme giderinin kompost hammaddesi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, elektrik, nakliye, su ve iş gücü giderlerinin de işletme giderlerinde önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Katılımcıların karşılaştığı riskler arasında piyasa fiyatlarının dalgalanması, hastalık ve haşere sorunları, enflasyon ve girdi maliyetlerindeki artışlar öne çıkmaktadır. Deneyimledikleri belirsizlikler ise iş gücü temini, kompostta hastalık çıkma olasılığı, elektrik kesintileri nedeniyle mantar verimindeki düşüş, pazarlama süreçleri ve gelir belirsizliği gibi faktörler olarak belirlenmiştir. Katılımcıların pazar ve rekabet değerlendirmeleri incelendiğinde, bazıları kültür mantarı sektörünün yüksek potansiyele sahip olduğunu ve bu nedenle pazarlama sorunu yaşanmadığını belirtirken, bazıları fiyatlandırma sorunları nedeniyle pazarlama sorunlarının ortaya çıktığını ifade etmiştir. Bu sorunun kooperatifleşme veya yasal düzenlemelerle çözülebileceği düşünülmektedir. Rekabet koşulları açısından ise, bazı katılımcılar rekabetin var olduğunu, bazıları ise yok olduğunu dile getirmiştir. Rekabetin olmadığını düşünenler, pazarlama sorununun bulunmamasını bu durumla ilişkilendirirken,

rekabetin var olduğunu savunanlar, bunu üretim maliyetleri ile bağdaştırmıştır. Hammaddeye yakın olan üreticilerin maliyetlerinin daha düşük olduğunu vurgulamışlardır. Nostratabadi vd. (2020)'nin çalışmasında, kültür mantarı yetiştiriciliği ile ilgili olarak piyasa koşullarının, talep ve piyasa dalgalanmalarının sektördeki belirsizlikleri artırdığı vurgulanmaktadır.

Genel olarak Isparta'da faaliyet gösteren mantar üreticilerine ait sorunlar, bazı öneriler ve olası çözüm yolları aşağıda sıralanmıştır:

Üreticilerin maliyetini oluşturan kompost ve nakliye bedellerinin ortadan kaldırılması için lojistik ağının kısaltılması gerekmektedir. Bu doğrultuda mantar üretim alanlarına yakın hammadde üretim tesislerinin kurulması önem taşımaktadır.

Üretim maliyetini oluşturan bir diğer gider türü olan elektrik gideri güneş enerji santrallerinin kurulması ile ortadan kaldırılabilir. Buna ek olarak katılımcıların ifadeleri doğrultusunda mantar üretim tesislerinin ticarethane olarak görülmesi elektrik giderlerinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Bunun çözümü olarak mantar üretim tesislerinin tarımsal faaliyet olarak değerlendirilmesi ile elektrik giderinin tarımsal tarife üzerinden değerlendirilmesi maliyetin düşürülmesi açısından önem arz etmektedir.

Üretim maliyetini oluşturan hammadde temininde KDV oranı %20 olarak uygulanmaktadır. Fakat kompost elementleri tamamıyla tarımsal ürün olup (saman, hayvan gübresi karışımı vb.) tarımsal ürünler de kullanılan %8 KDV'nin kompost alımında da %8'e düşürülmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Yazar Katkıları

Yazar tüm katkıya sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur. Çalışmaya ait 04.12.2024 tarih ve 2024/07 sayılı etik kurul belgesi Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Alanı Bilimsel Araştırma ve Yayın etik kurulundan alınmıştır (Ayşe Gül GÖK).

Teşekkür

Araştırmaya katılan tüm katılımcılara teşekkürü borç bilirim.

Kaynaklar

- Baltacı, A. (2018). Nitel araştırmalarda örnekleme yöntemleri ve örnek hacmi sorunsalı üzerine kavramsal bir inceleme. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 231-274.
- Das, D. (2014). Commercial Utilization of Mushroom Cultivation: The case of Assam. *International Journal in Management & Social Science*, 2(12), 58-66.
- Deniz, M. U., Tütüncü, Ş. ve Eren, E. (2016). Ankara ili kültür mantarı yetiştiriciliğinde tespit edilen sorunlar. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(3), 182-188.
- Eren E., Çetin M., Türkler L., ve Öz O. (2011). Kültür mantarı yetiştiriciliğinde iklimlendirme ve otomasyonu. *İklim 2011 Ulusal İklimlendirme Kongresi*, 18-20 Kasım, Antalya.
- Eren, E., ve Pekşen, A. (2014). Türkiye'de kültür mantarı üretimi, sorunları ve çözüm yolları. 1. *Ulusal Mikoloji Günleri (1-4 Eylül 2014) Özet Kitabı*, (s 29), Erzurum.
- Eren, E., ve Pekşen, A. (2016). Türkiye'de kültür mantarı sektörünün durumu ve geleceğine bakış. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(3), 189-196.
- Eren, E., ve Pekşen, A. (2019). Türkiye'de kültür mantarı üretimi ve teknolojik gelişmeler. *Mantar Dergisi*, 10(3), 225-233.
- Kibar, B. (2015). Iğdır ili mantar tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Estitüsü Dergisi*, 5(4).
- Kurt, R., Can, A., ve Sivrikaya, H. (2018). Bartın ilinde kültür mantarı yetiştiriciliğinin mevcut durumu, sorunları ve bazı çözüm önerileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 176-183.
- Nostratabadi, S., Vinogradov, S. ve Almádi, B. (2020). Mushroom farming in Iran: a case study of ten Iranian mushroom companies. *Vadyba Journal of Management*, 2(36), 111-117.
- Öztürk, M., Soylu, M. K., Temel, M., Pezikoğlu, F., ve Bilen, G. M. (2019). Türkiye'nin dünya mantar dış ticaretindeki yeri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1(5), 102-107.
- Padem, H., Ünlü, H., ve Takka, H.İ. (2003). *Agaricus bisporus* üretiminde ağaç işleme sanayi atık maddeleri ve humik asit uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 12(46), 8-11.
- Pekşen, A. (2013). Mantarların insan hayatı ve sağlığındaki yeri. *Bahçe Haber*, 2(1), 10-15.
- Şen, S., ve Yalçın, M. (2010). Dünya ve Türkiye'de Kültür Mantarcılığı ve Geliştirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt: III, (Ss: 1208-1216), 20-22 Mayıs.
- Sesli, E., Asan, A. ve Selçuk, F. (edlr.) Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkeul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu., Yoltaş, A. (2020). Türkiye Mantarları Listesi. İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayınları.
- Singh, D. V., ve Singh, S. K. (2021). Popularizing of mushroom production technologies for food and nutritional security and agri-entrepreneurship development among rural women. *Indian Journal of Extension Education*, 57(3), 97-99.
- Siwulski, M., Budka, A., Rzymiski, P., Gąsecka, M., Kalač, P., Budzyńska, S., Magdziak, Z., Niedzielski, P., Mleczek, P., ve Mleczek, M. (2020). Worldwide basket survey of multielemental composition of white button mushroom. *Agaricus bisporus*. *Chemosphere*, 239.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). *Bitkisel üretim istatistikleri, 2023*. TÜİK. <https://data.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 23.11.2024).
- URL-1. https://www.turktarim.gov.tr/Haber/1086/ulkemizde-kultur-mantari-uretimi-giderek-artiyor?utm_source (Erişim tarihi:15.10.2024).
- Wilson, J. (2014). Essentials of Business Research: A Guide to Doing Your Research Project. Essentials of Business Research, 1-376.
- Wu, J., Wang, R., Liu, X., Ni, Y., Sun, H., Deng, X., ... ve Yan, X. (2023). Calcium dynamics during the growth of *Agaricus bisporus*: Implications for mushroom development and nutrition. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 10(1), 99.
- Yılmaz, A., Yıldız, S., Yıldırım, İ., ve Aydın, A. (2016). Trabzon'da mantar tüketimi ve tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Mantar Dergisi*, 7(2), 135-142.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Demir, D. & Eken, C. (2024). Taze ve Kuru *Agaricus bisporus*'da Polifenol Oksidaz Enzimlerinin Karşılaştırılması, *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı) 111-117.

Geliş(Received) :04.11.2024

Kabul(Accepted) :19.12.2024

Araştırma Makalesi

Doi: 10.30708/mantar.1579418

Taze ve Kuru *Agaricus bisporus*'da Polifenol Oksidaz Enzimlerinin Karşılaştırılması

Dudu DEMİR^{1*}, Cafer EKEN²

*Sorumlu yazar: dududemir@isparta.edu.tr

¹İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, İsparta, Türkiye/ dududemir@isparta.edu.tr

²İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, İsparta, Türkiye/ cafereken@isparta.edu.tr

Öz: *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) İmbach, dünyada olduğu gibi ülkemizde de ticari olarak kültürü yapılan en önemli mantar türlerinden biridir. Polifenol oksidaz (PPO), meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunan fenolik bileşiklerin oksidasyonunu katalizleyerek, onları o-kinonlara yükseltgeyen ve bunların polimerizasyonu sonucu esmerleşmeyi yapan kahverengi melanin pigmentlerinin oluşumuna yol açan bir enzimdir. PPO enziminin katalizlediği enzimatik karama reaksiyonları ürünün tat, görünüm ve besin değerini düşürdüğünden istenmemektedir. Bu çalışmada, *A. bisporus*'un taze ve kuru halinin PPO enziminin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Taze ve kuru *A. bisporus*'da mevcut olan PPO enzimlerinin ekstraksiyonu, saflaştırılması (amonyum sülfat çöktürmesi, diyaliz ve afinite kolon kromatografisi) ve karakterizasyonu yapılmıştır. Saflaştırmada afinite jeli olarak Sepharose 4B-L-tirozin-*p*-aminobenzoik asit kullanılmıştır. Saflaştırılan taze ve kuru *A. bisporus*'daki PPO aktiviteleri spektrofotometrik yöntem kullanılarak değerlendirilmiştir. PPO enzim aktivitelerinin belirlenmesi için substrat olarak katekol kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, *A. bisporus*'un taze ve kuru hallerinin PPO aktivitelerinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırma, taze ve kuru *A. bisporus*'daki PPO enzimlerinin karşılaştırılması olarak incelendiği ilk çalışmadır.

Anahtar kelimeler: Afinite Kromatografisi, Karakterizasyon, *Agaricus bisporus*, Polifenol Oksidaz

Comparison of Polyphenol Oxidase Enzymes in Fresh and Dried *Agaricus bisporus*

Abstract: *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) İmbach is the most important mushroom species cultivated commercially in our country as well as in the world. The polyphenol oxidase (PPO) is an enzyme that catalyzes the oxidation of phenolic compounds commonly found in fruits and vegetables, oxidizes them to o-quinones, and leads to the formation of brown melanin pigments that cause browning as a result of their polymerization. Enzymatic browning reactions catalyzed by the PPO enzyme are undesirable because they reduce the taste, appearance, and nutritional value of the product. In this study, it was aimed to compare the PPO enzyme of fresh and dried *A. bisporus*. Extraction, purification (ammonium sulfate precipitation, dialysis, and affinity column chromatography), and characterization of PPO enzymes present in fresh and dry *A. bisporus* were performed. Sepharose 4B-L-tyrosine-tyrosine-*p*-aminobenzoic acid was used as an affinity gel for purification. PPO activities in purified fresh and dried *A. bisporus* were evaluated using the



spectrophotometric method. Catechol was used as a substrate for the determination of PPO enzyme activities. As a result of the study, it was determined that the PPO activities of fresh and dried *A. bisporus* were different. This is the first comparative study on PPO enzymes in fresh and dried *A. bisporus*.

Keywords: Affinity Chromatography, Characterization, *Agaricus bisporus*, Polyphenol Oxidase

Giriş

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de ticari olarak kültürü yapılan en önemli mantar türü, kültür mantarı olarak bilinen *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach'dur (Sesli ve ark., 2020). Protein, karbonhidrat, doymamış yağ asitleri, diyet lifi, mineral maddeler ve vitaminler bakımından değerli bir gıda olan yenilebilir mantarlar, aynı zamanda eşsiz aroma ve lezzetleri ile tercih edilen bir besindir (Eren ve Pekşen, 2019). Mantarların besin olarak tüketilmesinin yanında kaliteli ve ucuz olması nedeniyle potansiyel polifenol oksidaz enzimi (PPO) kaynağı olarak endüstrinin birçok alanında da kullanılmaktadır (Marusek ve ark., 2006). Polifenol oksidaz (PPO) enzimi bakır içeren ve oksidoredüktaz sınıfında yer alan bir metalo enzimdir (Friedman, 1997). Polifenol oksidazlar; katekolaz (EC 1.10.3.1), lakkaz (EC 1.10.3.2) ve tirozinaz (EC 1.14.18.1) olmak üzere başlıca üç gruba ayrılır (Sheptovitsky ve Brudvig, 1996). PPO enzimi Schoenbein tarafından 1856 yılında ilk olarak yemeklik mantarlarda saptanmıştır (Whitaker, 1972). Daha sonra birçok sebze ve meyvede PPO enzimi belirlenip karakterize edilmiştir (Laurila ve ark., 1998). PPO enzimi mikroorganizmalarda, kabuklu deniz hayvanlarında, bazı hayvansal organlarda ve bitkiler âleminde bulunmaktadır. Ayrıca, bazı toprak türlerinde de bulunduğu bildirilmektedir (Sarkar ve ark., 1989; Mos'ko ve ark., 1992). Ayrıca PPO, bitkilerde dayanıklılığı teşvik eden savunma enzimlerinden biridir (Passardi ve ark., 2005; Prasannath, 2017). PPO'nun gıda endüstrisindeki önemi ise, enzimatik kararmaya sebep olmasından kaynaklanmaktadır. Kararmadan sorumlu tutulan PPO enzimi, sebze ve meyvelerde yaygın olarak bulunan fenolik bileşiklerin oksidasyonunu katalizleyerek, onları o-kinonlara yükseltger ve bunların polimerizasyonu sonucu esmerleşmeyi yapan kahverengi melanin pigmentlerinin oluşumuna yol açmaktadır (Laurila ve ark., 1998). PPO enziminin katalizlediği enzimatik kararma reaksiyonları ürünün görünüm, tat ve besin değerini düşürdüğünden istenmemektedir.

Şapkalı mantarlarda (Basidiomycota) PPO'lar, bu ürünlerin değerini düşüren hasat sonrası istenmeyen enzimatik kahverengileşmeye neden olması dolayısıyla çok sayıda ve detaylı araştırmalar yapılmıştır. Mantarlar arasında ise *A. bisporus*, PPO açısından en çok çalışılan türdür (Wichers ve ark., 1996; Seo ve ark., 2003; Şimşek

ve Yemenicioğlu, 2007; Gouzi ve ark., 2012; Wu ve ark., 2013; Zaidi ve ark., 2014; Kaur ve ark., 2022; Morgab ve ark., 2023).

Bu çalışmada, kültür mantarı *A. bisporus*'un taze ve kuru halinin PPO enziminin aktivitesinin belirlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

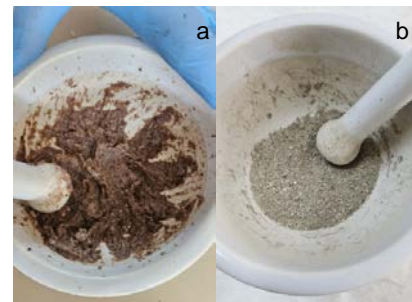
Bitki materyalinin toplanması

Çalışmada kullanılan *Agaricus bisporus* Isparta ilinde yerel bir marketten temin edilmiştir. Taze mantar hemen laboratuvara getirilmiş (tüm fiziksel hasarlardan kaçınarak) ve mantarın yarısı (50 g) PPO için taze olarak, diğer yarısı da (50 g) gölgede 2 hafta kurutulduktan sonra PPO için kullanılmıştır. Taze hali 50 g gelen mantar kurutulduktan sonra tartıldığında kuru hali yaklaşık olarak 5 g gelmiş ve saflaştırma işleminde bu miktar kullanılmıştır.

Enzimin Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması

Ham PPO ekstraktının hazırlanması

PPO enzim ekstraksiyonunda Sarsenova ve ark. (2023) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla taze ve kurutulmuş mantar örnekleri sıvı azot ile havanda iyice ezilmiş (Şekil 1) ve daha sonra 0.87 g K₂HPO₄, %0.5 (w/v) PEG, 1 mmol/L askorbik asit ve %1 (v/v) Triton X-100 içeren 50 mL ekstraksiyon tamponu (100 mmol/L, pH 7) içerisinde 30 dakika magnetik karıştırıcıda karıştırılarak homojenize edilmiştir. Kullanılan ekstraksiyon tamponu taze olarak hazırlanmıştır. Ekstraksiyondan sonra karışım tülbentle süzülmüş ve ardından 4 °C'de 30 dakika boyunca 15000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonucunda elde edilen süpernatant ham enzim kaynağı olarak kullanılmıştır.



Şekil 1. Mantar örneklerinin sıvı azot ile havanda ezilmesi
a) Taze mantar b) Kuru mantar

Enzimin saflaştırılması

Taze ve kuru mantar PPO enzimlerin saflaştırılması Arslan ve ark. (2004) tarafından kullanılan yöntemle gerçekleştirilmiştir. Polifenol oksidaz enzimi Sepharose 4B-L-tirozin-*p*-aminobenzoik asit kolonu kullanılarak mantarın taze ve kuru halinden saflaştırılmıştır. Süpernatant %80 doygunlukta katı amonyum sülfat ile çöktürülmüş ve çökelti 4 °C'de 15000 rpm'de 40 dakika santrifüj edilerek toplanmış, 5 mM (pH 6.30) fosfat tampon çözeltisinde yeniden çözülmüş ve aynı tampon çözeltisine karşı diyaliz edilmiştir. Bu çözelti, 50 mM (pH 5.0) fosfat tampon çözeltisi ile önceden dengelenmiş olan afinite kolonuna uygulanmıştır. Ayrıca bu tampon çözeltisi jeli yıkamak için de kullanılmıştır. PPO enzimi, 1 M NaCl içeren 0.05 mol/L fosfat tampon çözeltisi (pH 7.0) ile 2 mL'lik Eppendorf tüplerine elüe edilmiştir.

PPO aktivitesinin belirlenmesi

Taze ve kuru mantar PPO aktivitesi, UV-Görünür spektrofotometre (Spectramax-Plus 384, Molecular Devices, LLC., San Jose, CA 95134, ABD) ile, bir dakika boyunca substrat olarak katekol kullanılarak 420 nm'de absorbans artışı ölçülerek belirlenmiştir (Arslan ve ark., 2004). Örnek küvet 0.13 mL 0.1 M substrat, 0.83 mL 0.1 M fosfat tampon çözeltisi (pH 7.0) ve 0.04 mL enzim çözeltisi içerirken, kör ise sadece 1.0 mL substrat çözeltisi

içermiştir. Ölçümler üçer tekrarlı yapılmış ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Bir birim PPO aktivitesi, absorbans değerinde 0.001 mL⁻¹dk⁻¹'lik bir değişikliğe neden olan enzim miktarı olarak tanımlanmıştır.

Protein konsantrasyonunun belirlenmesi

Taze ve kuru mantar için ham ekstraktaki ve tüm saflaştırma aşamalarındaki protein miktarları, standart olarak sığır serum albümini kullanılarak Bradford (1976) tarafından açıklanan yöntemle göre 595 nm'de absorbans ölçülerek belirlenmiştir.

PPO'nun kinetik özellikleri

Taze ve kuru *A. bisporus* PPO için Michaelis-Menten sabiti (Km) ve maksimum reaksiyon hızı (Vmax) değerleri, Lineweaver-Burk grafikleri kullanılarak pH 7'de ve 25 °C sıcaklıkta katekol için değişen substrat konsantrasyonlarında enzim aktivitesi ölçülerek belirlenmiştir (Lineweaver ve Burk, 1934).

Bulgular

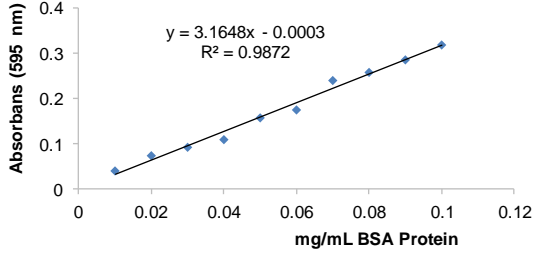
Sepharose-4B-L-tirozin-*p*-aminobenzoik asit afinite kolonu kullanılarak, PPO enzimi *A. bisporus*'un taze ve kuru halinden başarılı bir şekilde saflaştırılmıştır (Tablo1 ve Tablo 2). Taze ve kuru mantar için ham ekstraktaki ve tüm saflaştırma aşamalarındaki protein miktarları Bradford yönteminden elde edilen grafiğe göre hesaplanmıştır (Şekil 2).

Tablo 1. Taze *Agaricus bisporus*'dan PPO'nun ekstraksiyonu ve saflaştırılması

Saflaştırma Basamakları	Hacim (mL)	Aktivite (U/mLdak)	Toplam aktivite	Toplam protein (mg)	Spesifik aktivite (U/mg protein)	Saflaştırma Katsayısı
Ham Ekstrakt	107	17301.67	1851278.33	23.3285	79356.98	
Amonyum Sülfat	12	10620.83	127450.00	15.6673	8134.76	0.10
Diyaliz	13	15355.00	199615.00	11.1400	17918.70	0.23
Afinite Kromatografisi	2	2315.00	4630.00	0.0047	990069.19	12.48

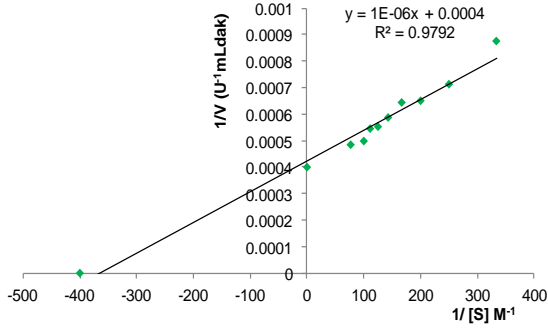
Tablo 2. Kuru *Agaricus bisporus*'dan PPO'nun ekstraksiyonu ve saflaştırılması

Saflaştırma Basamakları	Hacim (mL)	Aktivite (U/mLdak)	Toplam aktivite	Toplam protein (mg)	Spesifik aktivite (U/mg protein)	Saflaştırma Katsayısı
Ham Ekstrakt	83	18170.83	1508179.17	38.7882	38882.39	
Amonyum Sülfat	13	11900.00	154700.00	17.0469	9074.97	0.23
Diyaliz	13	9846.67	128006.67	11.9534	10708.84	0.28
Afinite Kromatografisi	2	16186.25	32372.50	0.0303	1069441.42	27.50

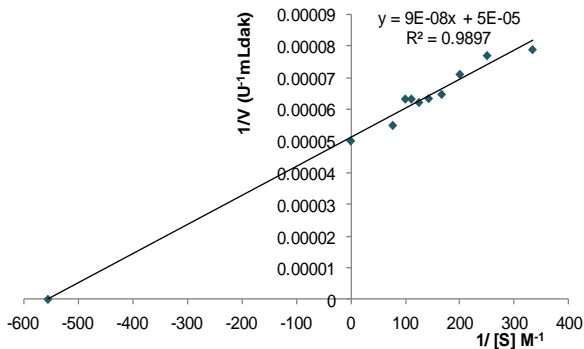


Şekil 2. Bradford yöntemiyle elde edilen protein standart grafiği

Agaricus bisporus'un taze ve kuru halinin PPO enzimlerinin maksimum reaksiyon hızı (V_{max}), Michaelis-Menten sabiti (K_m) ve V_{max}/K_m değerleri, pH 7 ve 25 °C sıcaklık koşulları altında Lineweaver-Burk grafikleri (Şekil 3 ve Şekil 4) kullanılarak hesaplanmış ve değerler Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Taze *Agaricus bisporus* PPO enzimi için katekol substratı ile elde edilen Lineweaver-Burk grafiği



Şekil 4. Kuru *Agaricus bisporus* PPO enzimi için katekol substratı ile elde edilen Lineweaver-Burk grafiği

Tablo 3. Taze ve kuru *Agaricus bisporus* PPO enziminin katekol substratı için belirlenen K_m ve V_{max} değerleri

	K_m (mM)	V_{max} (U/mLdak)	V_{max}/K_m
Taze <i>Agaricus bisporus</i> PPO	2.5	2500	1000
Kuru <i>Agaricus bisporus</i> PPO	1.8	20000	11111

Tartışma

Yaygın olarak kültür mantarı adıyla bilinen *Agaricus bisporus*, ülkemizde ve dünyada ticari olarak kültürü yapılan en önemli mantar türlerinden biridir. Hasat sonrası mantarlarda enzimatik kararmadan meydana gelen renk değişimi görülmektedir. Enzimatik kararmadan meydana gelen bu renk değişimleri diğer gıdalarda olduğu gibi mantarın görünümü açısından da çok önemlidir ve istenmemektedir. Enzimatik kararmaya sebep olan PPO enziminin mantarlarda da araştırılması bu açıdan önemlidir. Yapılan literatür araştırmasında PPO çok sayıda mantar türünden saflaştırılıp, karakterize edildiği tespit edilmiş fakat, aynı mantarın taze ve kurutulmuş halinden PPO enzimini tanımlayan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, polifenol oksidaz enzimi taze ve kuru *A. bisporus*'dan Sepharose-4B-L-tirozin-*p*-aminobenzoik asit afinite kromatografisi jeli ile sırasıyla 12.48 kat ve 27.50 kat saflaştırılmıştır. Aynı afinite kromatografi jeli kullanılarak yapılan önceki çalışmalarda PPO enzimi, *Boletus erythropus* Pers.'tan 28.5 kat (Özel ve ark., 2010), *Macrolepiota gracilentia* (Krombh.) Wasser'dan 65.3 kat (Kolcuoğlu, 2012), *Lactarius piperatus* (L.) Pers.'tan 13.9 kat (Öz ve ark., 2013), *Lactarius salmonicolor* R. Heim & Leclair'dan 26.6 kat (Dedeoğlu ve Güler, 2009) ve kurutulmuş *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer'dan 33.85 kat saflaştırılmıştır (Sarsenova ve ark., 2023).

Agaricus bisporus'un taze ve kuru halinin PPO enziminin katekol substratı için K_m değerleri sırası ile 2.5 mM ve 1.8 mM olarak bulunmuştur. Aynı mantar kurutulduğunda enzimin katekol substratına olan ilgisinin biraz daha arttığı görülmektedir. Substrat olarak katekol kullanılarak farklı mantar türlerinde PPO kinetiği üzerine birçok çalışma rapor edilmiştir. Katekol substratı için *A. bisporus*'tan elde edilen PPO'nun K_m değerleri 0.67 mM (Wu ve ark., 2013), 0.71 mM (Kaur ve ark., 2022) ve 2.1 mM (Zhang ve Flurkey, 1997), *L. piperatus*'tan elde edilen PPO'nun K_m değeri 1 mM (Öz ve ark., 2013), kurutulmuş *V. bombycina*'dan elde edilen PPO'nun K_m değeri 1.67 mM olarak belirlenmiştir (Sarsenova ve ark., 2023). Bu çalışmada saptanan taze mantar PPO K_m değerinin aynı mantarın kuru halinin K_m değerinden ve diğer çalışmalarda (Wu ve ark., 2013; Kaur ve ark., 2022; Zhang ve Flurkey, 1997; Öz ve ark., 2013; Sarsenova ve ark., 2023) farklı mantar türlerinde tespit edilen K_m değerlerinden daha büyük olduğu ve enzimin katekol substratına olan ilgisinin daha küçük olduğu saptanmıştır. *Agaricus bisporus*'un kuru halinin PPO enziminin katekol substratı için K_m değeri Zhang ve Flurkey (1997) tarafından belirlenen değerden küçük yani enzimin katekol substratına olan ilgisinin daha büyük olduğu bulunurken, farklı mantar türlerinde yapılan çalışmalarda (Wu ve ark., 2013; Kaur ve ark., 2022; Öz ve ark., 2013)

bulunan Km değerlerinden ise büyük olduğu yani enzimin katekol substratına olan ilgisinin daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, bu çalışmadaki *A. bisporus*'un kuru halinin PPO enzimi ile kurutulmuş *V. bombycina*'dan elde edilen PPO enziminin katekol substratına karşı ilgileri birbirine yakın bulunmuştur (Sarsenova ve ark., 2023). PPO'nun Km değerlerindeki geniş aralık; kullanılan farklı test yöntemleri, farklı çeşitler, aynı çeşidin farklı kökenleri, tampon çözelti, besin kaynakları, enzim ekstraktının saflığı ve farklı ekstraksiyon pH değeri gibi farklı nedenlerden kaynaklanmış olabilir (Sarsenova ve ark., 2023).

Saflaştırma tablolarındaki ham ekstrakt aktivitelerine bakıldığında, mantarın kuru halinin PPO aktivitesinin (18170.83 U/mL'dak) taze halinin PPO aktivitesine (17301.67 U/mL'dak) göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ham ekstrakt aktiviteleri değerindeki farklılığın taze halinde sıvı azot ile havanda ezilirken meydana gelen PPO'dan kaynaklanan enzimatik kararmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Mantarın kuru halinde ise sıvı azot ile havanda ezilirken PPO'dan kaynaklanan enzimatik kararma gerçekleşmemiş ve ham ekstrakttaki PPO enzimi aktivitesini korumuştur (Şekil 1). PPO enzimi afinite jeli ile saflaştırıldıktan sonra, taze ve kuru *A. bisporus* PPO için Vmax değerleri katekol için sırasıyla 2500 U/mL'dak ve 20000 U/mL'dak olarak belirlenmiştir. Mantarın kuru halinin PPO enziminin Vmax

değerinin tazeye göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Wu ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, *A. bisporus* PPO için Vmax değeri 3333 U/mL'dak olarak belirlenmiştir. Kurutulmuş *V. bombycina*'dan elde edilen PPO'nun Vmax değeri ise 833.33 U/mL'dak olarak belirlenmiştir (Sarsenova ve ark., 2023).

Bu çalışmada, ekstraksiyon tamponu, amonyum sülfat çökeltmesi, diyaliz ve afinite kolon kromatografisi kullanılarak, *A. bisporus*'un taze ve kuru hallerinden PPO başarılı bir şekilde saflaştırılmıştır. Ayrıca, katekol substratının 25 °C sıcaklık ve pH 7 koşullarında Km ve Vmax kinetik değerleri de belirlenmiştir. Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, taze ve kuru *A. bisporus*'daki PPO'nun saflaştırılması ve karakterizasyonunun karşılaştırılması üzerine ilk çalışmadır.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar eşit katkıya sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur. (Dudu DEMİR, Cafer EKEN)

Kaynaklar

- Arslan, O., Erzen, M., Sinan, S. and Ozensoy, O. (2004). Purification of mulberry (*Morus alba* L.) polyphenol oxidase by affinity chromatography and investigation of its kinetic and electrophoretic properties. *Food Chem.*, 88, 479–484. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.005>
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72, 248–254. doi:10.1006/abio.1976.9999.
- Dedeoglu, N. and Guler, O.O. (2009). Differential *in vitro* inhibition of polyphenoloxidase from a wild edible mushroom *Lactarius salmonicolor*. *J. Enzym. Inhib. Med. Chem.*, 24, 464–470.
- Eren, E. and Pekşen, A. (2016). Türkiye'de kültür mantarı üretimi ve teknolojik gelişmeler. *Mantar Dergisi*, 10 (özel sayı), 225-233.
- Friedman, M. (1997). Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 1523-1540.
- Gouzi, H., Depagne, C. and Coradin, T. (2012). Kinetics and thermodynamics of the thermal inactivation of polyphenol oxidase in an aqueous extract from *Agaricus bisporus*. *J. Agric. Food Chem.*, 60, 500-506.
- Kaur, R., Sharma, S., Kaur, S. and Sodhi, H. (2022). Biochemical characterization with kinetic studies of melanogenic enzyme tyrosinase from white button mushroom, *Agaricus bisporus*. *Indian J. Biochem. Biophys.*, 59, 718-725.
- Kolcuoğlu, Y. (2012). Purification and comparative characterization of monophenolase and diphenolase activities from a wild edible mushroom (*Macrolepiota gracilentata*). *Process Biochem.*, 47, 2449–2454.
- Laurila, E., Kervinen R. and Ahvenainen, R. (1998). The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest News and Information*, 9 (4), 53-66.
- Lineweaver, H. and Burk, D. (1934). The determination of enzyme dissociation constants. *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 658–666, doi:10.1021/ja01318a036.
- Marusek, C. M., Trobaugh, N. M., Flurkey, W. H. and Inlow, J. K. (2006). Comparative analysis of polyphenol oxidase from plant and fungal species. *J. Inorg. Biochem.*, 100 (1), 108-123.
- Morgab, M. A. H., Hussein, A. D. and Hadi, S.T. (2023). Extraction and purification of polyphenol oxidase from edible mushroom (*Agaricus bisporus*) and its use in the manufacture of pastries. *Food Research*, 7(4), 64-70.
- Mos'ko, A. A., Shcherbakova, T. A., Glushko, N. A. and Klenitskaya, I. A. (1992). Immobilization of polyphenol oxidase by soil humus. *Eurasian Science*, 5, 60-65.
- Öz, F., Colak, A., Özel, A., Sağlam Ertunga, N. and Sesli, E. (2013). Purification and characterization of a mushroom polyphenol oxidase and its activity in organic solvents. *J. Food Biochem.*, 37, 36–44.
- Özel, A., Colak, A., Arslan, O. and Yildirim, M. (2010). Purification and characterisation of a polyphenol oxidase from *Boletus erythropus* and investigation of its catalytic efficiency in selected organic solvents. *Food Chem.*, 119, 1044–1049.
- Passardi, F., Cosio, C., Penel, C. and Dunand, C. (2005). Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. *Plant Cell Reports*, 24, 255-265.
- Prasannath, K. (2017). Plant defense-related enzymes against pathogens: a review. *AGRIEAST: Journal of Agricultural Sciences*, 11 (1), 38-48.
- Sarkar, J. M., Leonowicz, A. and Bollog, J. M. (1989). Immobilization of enzymes on clays and soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 21 (2), 223-230.
- Sarsenova, A., Demir, D., Çağlayan, K., Abiyev, S., Darbayeva, T. and Eken, C. (2023). Purification and properties of polyphenol oxidase of dried *Volvariella bombycina*. *Biology*, 12, 53. <https://doi.org/10.3390/biology12010053>
- Seo, S.-Y., Sharma, V. K. and Sharma, N. (2003). Mushroom tyrosinase: Recent prospects. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 2837–2853.
- Sesli, E., Asan, A. ve Selçuk, F. (edlr.) Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbacı, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu.,Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi*. İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayınları.
- Sheptovitsky, Y.G. and Brudvig, G.W. (1996). Isolation and characterization of spinach photosystem II membrane-associated catalase and polyphenol oxidase. *Biochemistry*, 35, 16255-16263.
- Şimsek, S. and Yemenicioğlu, A. (2007). Partial purification and kinetic characterization of mushroom stem polyphenoloxidase and determination of its storage stability in different lyophilized forms. *Process Biochem.*, 42, 943–950.
- Whitaker, J.R. (1972). Principles of enzymology for the food sciences, *Marcel Dekker*. New York, Chapters. 22-24.

- Wichers, H. J., Gerritsen, Y. A. M. and Chapelon, C. G. J. (1996). Tyrosinase isoforms from the fruitbodies of *Agaricus bisporus*. *Phytochemistry*, 43, 333–337.
- Wu, J., Gao, J., Chen, H., Liu, X., Cheng, W., Ma, X. and Tong, P. (2013). Purification and characterization of polyphenol oxidase from *Agaricus bisporus*. *Int. J. Food Prop.*, 16, 1483–1493.
- Zaidi, K. U., Ali, A. S. and Ali, S. A. (2014). Purification and characterization of melanogenic enzyme tyrosinase from button mushroom. *Enzym. Res.*, 120739.
- Zhang, X. and Flurkey, W.H. (1997). Phenoloxidases in *Portabella* mushrooms. *J. Food Sci.*, 62, 97–100.



This article is cited as: Özderin, S., Allı, H., Kıvrak, İ. (2024). Nutrient Elements Contained in *Tuber aestivum* (Summer Truffle) Mushroom, *Mantar Dergisi*, 15(Special issue) 118-127.


(Received) :09.11.2024
(Accepted) :20.12.2024


Research Article
Doi: 10.30708/mantar.1582227


Nutrient Elements Contained in *Tuber aestivum* (Summer Truffle) Mushroom

Sevgin ÖZDERİN^{1*}, Hakan ALLI², İbrahim KIVRAK³

*Corresponding author: sevginozderin@mu.edu.tr

¹Muğla Sıtkı Koçman University, Truffle Application and Research Center, Muğla Türkiye
/sevginozderin@mu.edu.tr 

²Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of Science, Muğla, Türkiye /hakanalli@gmail.com 

³Muğla Sıtkı Koçman Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, Muğla, Türkiye / ikivrak@mu.edu.tr 

Abstract: Truffles have been known as valuable food for centuries, especially in France and Italy, and they have high monetary value and grow under the soil. They grow naturally in the Mediterranean climate zone, including our country. The aromas emitted by different *Tuber* species are highly varied; these strong, intense, persistent aromas are essential for attracting animals and insects that pick up and disperse the spores. These aromas are also the characteristics that determine the high value of fresh truffles. In recent years, truffles have attracted the attention of a wide range of people for their nutritional value and have become a sought-after food by chefs, especially in European kitchens. Truffles are more decadent in protein and mineral content than other mushrooms. Its nutritional value contains 53-76% water, 9% protein, 7% carbohydrates and 8% minerals. *Tuber aestivum* samples, were subjected to extraction after being collected in appropriate periods, and their phenolic components, B group vitamins and vitamin C content were determined by UPLC-ESI-MS/MS and Headspace GC/MSD. According to the analysis results, the three most effective phenolic components p-Hydroxy benzoic acid $12.29 \pm 0.37\%$, Gentisic acid $12.25 \pm 0.27\%$, Protocatechuic acid $10.53 \pm 0.74\%$, Pantothenic acid (vitamin B5) $2.88 \pm 0.13\%$, Ascorbic acid (vitamin C) $1.13 \pm 0.23\%$, Nicotinic acid (vitamin B3) $0.62 \pm 0.01\%$, Nicotinamide (vitamin B3) $0.58 \pm 0.03\%$ were determined at high rates. Truffles are marketed as fresh and processed products. In addition to being used as sauces or spices in meals, they have the potential to be processed into truffle oil or truffle butter. Since the aromatic properties of truffles are lost together with the essential oils when cooked at high temperatures, it is preferred to be consumed fresh without cooking. It also has special extraordinary place in the perfumery industry.

Keywords: Truffle, *Tuber aestivum*, Nutrient Elements, Edible mushroom

Tuber aestivum (Yaz Trüfü) Mantarının İçerdiği Besin Elementleri

Öz: Trüf mantarları toprak altında yetişen, ekonomik değeri yüksek, özellikle Fransa ve İtalya'da yüzyıllardır değerli bir gıda olarak bilinmektedir. Ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz iklim kuşağında doğal olarak yetişmektedir. Farklı *Tuber* türlerinin yaydığı aromalar son derece çeşitlidir; güçlü ve kalıcı özelliklere sahip bu aromalar, sporları alıp dağıtan hayvanlar ile böcekleri çekmek açısından önem taşır. Bu aromalar ayrıca taze yer mantarlarının yüksek değerini belirleyen özellikleridir. Trüf mantarları son yıllarda besin değeri açısından çok farklı kesimden insanın ilgisini çekmekte ve özellikle Avrupa mutfaklarında şefler tarafından aranan bir besin olarak karşımıza çıkmaktadır. Trüf mantarları protein ve mineral madde içerikleri bakımından



CC BY 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır / Licensed under the CC BY 4.0 International License. Atıflamada APA stili kullanılmıştır, iThenticate ile taranmıştır./ APA style was used in citation, plagiarism was checked with iThenticate.

diğer mantarlara göre daha zengindir. Besin değeri olarak %53-76 su, %9 protein, %7 karbonhidrat ve %8 mineral içermektedir. Araştırma materyalimiz olan *Tuber aestivum* mantarları uygun dönemlerde toplandıktan sonra ekstraksiyonuna tabi tutulmuş ve UPLC-ESI-MS/MS ve Headspace GC/MSD ile fenolik bileşenleri, B grubu Vitaminleri ve C vitamini belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre fenolik bileşenlerden en etkili üç bileşen; p-Hidroksibenzoik asit %12.29 ± 0.37, Gentisik asit %12.25 ± 0.27, Protokateşuik asit %10.53 ± 0.74 olarak, suda çözünebilir vitaminlerden ise Pantotenik asit (B5 vitamini) %2.88 ± 0.13, Askorbik asit (C vitamini) % 1.13 ± 0.23, Nikotinik asit (B3 vitamini) % 0.62 ± 0.01, Nikotinamid (B3 vitamini) %0.58 ± 0.03 yüksek oranlarda belirlenmiştir. Trüf mantarları taze ve işlenmiş ürün olarak pazarlanmaktadır. Yemeklerde sos veya baharat olarak kullanılmasının yanında işlenmiş olarak trüf yağı veya trüf tereyağı olarak değerlendirilme potansiyeline sahiptir. Trüflerin aromatik özellikleri yüksek ısıda pişirildiği zaman uçucu yağlarla birlikte kaybolduğu için pişirilmeden taze olarak tüketilmesi tercih edilmektedir. Ayrıca parfümeri endüstrisinde de çok özel bir yere sahiptir.

Anahtar kelimeler: Trüf, *Tuber aestivum*, Besin elementleri, Yemeklik mantar

Introduction

Mushrooms that naturally grow in the wild or cultivated are generally defined as macrofungi, which are of a size that can be seen with the naked eye and collected by hand and have distinctive fruiting bodies (Zhang et al., 2007). These mushrooms have a long history of use both as food and in traditional medicine. Numerous written sources indicate that mushrooms have been used by humans not only as a food source but also for their medicinal properties (Benjamin, 1995; Barroetaveña and Toledo, 2016). In many countries in Central and Eastern Europe, the consumption of wild mushrooms is preferred over cultivated ones (Kalač, 2009). There are several reasons for this. First, wild mushrooms often have, more decadent flavours and different textures. Mushrooms growing in forests, and other natural regions generally offer more unique and special tastes than cultivated varieties. Another reason is the cultural and historical significance of these mushrooms. Example for example, in countries such as Poland, Hungary, Russia, and the Balkans, the wild mushroom gathering is a tradition passed down through generations and a way of life. Families learn to gather mushrooms from forests, use them in traditional recipes, and preserve them. Moreover, collecting wild mushrooms can contribute to the local economy, as these mushrooms are sometimes traded, providing an opportunity to earn income (Kalač, 2009).

Mushrooms have been collected from nature and consumed for many years to meet human nutritional needs due to their rich content of essential amino acids, carbohydrates, fibre, and important vitamins and minerals. It is suggested that mushrooms, which are commonly consumed as food, are rich in vitamin C and B vitamins, which are essential for the immune system. Additionally, certain mushroom species are widely used in the pharmaceutical and cosmetics industries due to the

bioactive compounds they contain (Cheung, 2013; Kalac, 2013; Erdem et al., 2018)

Edible mushrooms are a rich source of protein containing essential amino acids. Due to their nutritional value, healing properties, and unique taste and aroma, they create a distinctive flavour in the foods used they use (Pekşen and Karaca, 2000). Because of their nutritional benefits and delicious taste, mushrooms are widely preferred in food and beverage establishments and by consumers today (Erdem et al., 2018). The most essential nutrient in mushrooms is their protein content, which has a similar amino acid composition to the proteins found in animal-based foods. Because of this similarity, they are considered an alternative to animal products such as meat, milk, and eggs. Wild mushrooms, which grow in natural environments, have a richer protein and lower fat content than cultivated mushrooms (Ravikrishnan et al., 2017).

In addition to being consumed as a food source, mushrooms have been shown to play an essential role in the prevention or slowing down of various diseases, such as cancer, hypertension, hypercholesterolemia, insomnia, allergies, stress, asthma, and diabetes (Feng, 2001; Jiskani, 2001; Guillamón et al., 2010). This diversity highlights the health benefits of the chemical compounds found in edible mushrooms and the importance of bioactive chemical components in medicinal mushrooms (Kumar, 2015). Recently, there has been growing awareness regarding the nutritional value of macrofungi, including truffle mushrooms (Claridge and Trappe, 2005). Truffles are highly valued, especially in gastronomy, and are a sought-after food source. Due to their aroma, flavour, and rarity, several species are commercially valuable. Truffles belong to genus of the *Tuber* Mich. Ex F. H. Wigg.:Fr. (*Ascomycota*, *Pezizales*, *Tuberaceae*). They are characterized by the fruiting body of the fungus, which develops underground in symbiosis with a variety of trees and shrubs, such as oaks (*Quercus* L.), pines

(*Pinus L.*), and hazels (*Corylus avellana L.*) (Stobbe et al., 2013). The symbiosis between truffles and plants is known as ectomycorrhiza, consisting of a network of branched hyphae attached to plant roots. Ectomycorrhizal symbioses are filamentous structures representing the mutual interactions between fungal mycelium and plant roots. This symbiosis enables truffles to acquire the necessary nutrients from plants, while truffles, in turn, facilitate the absorption of water and minerals from the soil, promoting plant growth (Ori et al., 2019). Truffle species generally grow in regions with Mediterranean climates, such as temperate and subtropical forest habitats, valleys, typically in calcareous soils, depending on the species (Patel et al., 2017; Bonito et al., 2010). According to the Global Biodiversity Information Facility (GBIF.org, 2024), approximately 230 tuber species worldwide are accepted worldwide (GBIF.org, 2024).

Due to its geographical location and climate conditions, Türkiye provides an ideal environment for cultivating many truffle species. Studies have identified 23 genera and 15 families of truffles in Turkey, with 67 truffle species (Şen et al., 2016). Truffle mushrooms are highly prized in gastronomy for their unique tastes and aromas, but their availability is limited due to their specific climate and soil requirements (Allen and Bennett, 2021; Splivallo et al., 2015).

Mushrooms of the *Tuber* genus are renowned flavours for their rich aroma and unique flavours and their significant nutritional value. These truffle mushrooms offer diverse nutrients, including various vitamins, minerals, and other essential dietary components. Truffles are rich in protein, fats, nutritional fibers, ash, crucial amino acids, and metals such as potassium (K), phosphorus (P), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), and manganese (Mn). Additionally, truffles are abundant in antioxidants like anthocyanins, β -carotene, vitamin C, and phenolic compounds (Patel, 2012). One of the most distinctive characteristics of truffles is their sulfur-containing compounds, which dissipate rapidly when exposed to air. Over time, volatile aromatic compounds, such as 1-octen-3-ol, become more pronounced, contributing to the truffle characteristic scent (Pelusio et al., 1995). Ongoing research continues to explore the chemical and biological properties of truffle mushrooms to understand further their nutritional and medicinal potential (Wang and Marcone, 2011).

In Türkiye, *Tuber aestivum* Vittad. (yaz trüfü) is a species that can be grown widely and is one of Central Europe's most commonly found truffle mushrooms (Sesli et al., 2020). It has a broad distribution, ranging from regions across Europe (from Great Britain, Russia, and Sweden to Spain) and North Africa (including Morocco). It has been reported to grow in habitats at altitudes

between 1300 and 1600 meters above sea level (Bratek, 2010).

The soil requirements for the summer truffle (*T. aestivum*) are relatively broad compared to other *Tuber* species. The ideal soil conditions for this species include loamy soils with the following chemical parameters: pH between 6.1 and 7.4, organic matter content ranging from 3.1% to 9.1%, and available P_2O_5 content of 200 ppm, with K_2O content around 500 ppm (Bratek, 2010). *Tuber aestivum* predominantly thrives in soils rich in limestone or with high levels of exchangeable calcium (Chevalier and Sourzat, 2013).

Tuber aestivum, known as the summer truffle, is widely recognised for its unique aroma and flavor. Compared to the more intense winter truffles, *T. aestivum* has a milder taste and a more delicate aroma, often described as earthy, nutty, and slightly garlicky (Mustafa et al., 2020). Gourmets and the culinary industry use summer truffles in a variety of dishes, either fresh or in infusions, such as oils, butter, cheeses, and sauces (Oliach et al., 2021). Although not as expensive as other truffle varieties, *T. aestivum* remains a luxury product (Santos-Silva & Brígido, 2024). The market prices for fresh summer truffles can vary significantly between regions, with Spain seeing lower prices (ranging from 25 to 70 EUR per kg), while in Switzerland, prices are much higher (ranging from 200 to 600 EUR per kg) (Oliach et al., 2021). *T. aestivum* holds great gastronomic value due to its unique taste, kitchen versatility, and medicinal properties, making it highly valuable both gastronomically and socio-economically.

Truffle mushrooms are flavour also used as food flavour enhancers and contain functional food components. Due to their unique aroma and high market value, there has been a growing body of research in recent years focusing on the mycology, cultivation, and chemical composition of truffles and their aroma. Recognised Researchers have increasingly recognized the therapeutic properties of truffle mushrooms in recent years. In addition to their culinary uses worldwide, truffles are valued as therapeutic agents due to their bioactive components, including antioxidants, anti-mutagenic, anti-carcinogenic, antimicrobial, antiviral, immune-modulating, anti-inflammatory, antidepressant, and sedative properties (El Enshasy et al., 2013; Hannan et al., 1989).

As a result, interest in and research on truffles have become more diverse in the past decade. In this context, the present study aims to determine the levels of phenolic compounds and the amounts of vitamin B and C in *Tuber aestivum* (The Burgundy truffle), which is widely distributed in Türkiye.

Materials and Methods

Collection of Mushroom Samples

The research material consists of *T. aestivum* specimens collected from the field. These *T. aestivum* mushroom samples were collected in Muğla (Fethiye). During the fieldwork, photographs of the specimens were taken in their natural habitats, and the samples were brought to the laboratory to determine their macroscopic and microscopic characteristics. Associate Professor Dr. Hakan Allı, a faculty member of the Department of Biology at Muğla Sıtkı Koçman University, carried out the identification. Subsequently, a fungarium number was assigned to the specimens.

Extraction of Phenolic Compounds and Instrumental Analysis Conditions

Approximately 3 g of each mushroom sample was subjected to tissue disruption using 200 mL of liquid nitrogen. Then, 30 mL of an acetone (80:20) mixture was added to the sample, and the extraction was carried out at -86 °C for 6 hours. After extraction, the mixture was removed from the cooler and treated in an ultrasonic bath for 15 minutes. Subsequently, the extract was centrifuged at 4000 rpm for 10 minutes at 20°C. The resulting supernatant was filtered through Whatman No. 4 filter paper, and the residue was subjected to two additional extractions with 30 mL acetone mixtures. The combined extracts were concentrated by evaporating the acetone under a reduced vacuum at 40°C using a Rotary Evaporator (Heidolph Basis Hei-VAP ML). The aqueous phase was washed three times with 30 mL n-hexane, and the hexane organic phase was discarded. Any remaining hexane in the aqueous phase was evaporated at 40°C to dryness. The residue was then re-dissolved in a water (80:20) mixture. The solution was filtered through 0.20 µm filters and analysed by UPLC-MS/MS (Ultra Performance Liquid Chromatography - Tandem Mass Spectrometry). This method ensured the efficient extraction of phenolic

compounds from the *T. aestivum* samples for subsequent analysis.

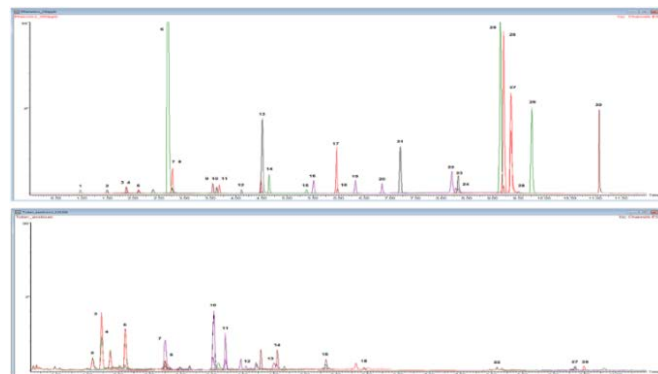


Figure 1. Phenolic Compound Standards and Total Ion Chromatograms from *T. aestivum* Analysis Using UPLC-MS/MS

Standards and reagents

Acetonitrile, n-hexane, petroleum ether, methanol, and ethyl acetate of analytical grade purity were supplied by Merck (Darmstadt, Germany). The fatty acid methyl esters (FAME) standard mixture 37 was purchased from Supelco Analytical Bellefonte (PA, USA). Phenolic standards and amino acids (LAA-21 Kit) were purchased from Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Steinheim, Germany). All reagents were of analytical grade.

Determination of Vitamin B Group and Vitamin C Content by UPLC-MS/MS

Approximately 3 g of *Tuber aestivum* were weighed, and 30 mL of a water H₂O: CH₃CN (80:20) mixture was added. The mixture was left to extract at +20°C for 6 hours. After this period, the mixture was removed from the cooling system and subjected to ultrasonic bath treatment for 15 minutes. The extract was centrifuged at 4000 rpm at 20°C for 10 minutes.

Table 1. Acquity UPLC Instrument Parameters

Acquity UPLC Device Parameters					
Column	Acquity UPLC BEH C18 column (1.7µm 2.1x100mm)				
Mobil Phase A	H ₂ O with 0,5% CH ₃ COOH				
Mobil Phase B	MeCN with 0,5%CH ₃ COOH				
Column Oven Temp	40°C				
Injection Volume	2µL				
Gradient Program	Time (min.)	Flow (mL/ min.)	% A	% B	
	0.00	0.650	99.00	01.00	
	1.00	0.650	99.00	01.00	
	10.00	0.650	70.00	30.00	
	12.00	0.650	05.00	95.00	
	12.10	0.650	99.00	01.00	
	15.00	0.650	99.00	01.00	

The supernatant was filtered through the Whatman No. 4 filter paper, and the remaining residue was further extracted twice with 30 mL of the same H₂O mixture. The combined extracts were concentrated by evaporating the acetonitrile under a reduced vacuum at 40°C. The resulting solution was then filtered through Macherey-Nagel Chromafil Xtra PTFE-20/25 0.20 µm filters and analysed by UPLC-MS/MS.

Result and Discussion Phenolic compounds are essential plant and fungal components due to their ability to scavenge radicals, owing to the hydroxyl groups they contain (Shao et al., 2010). Phenolic acids, in particular, are considered good antioxidants due to their ability to chelate and scavenge free radicals, especially hydroxyl and peroxy radicals, superoxide anions, and peroxy nitrates (Carocho & Ferreira, 2013). Phenolic compounds have been shown to have protective effects in various human diseases, such as cancer,

cardiovascular diseases, and inflammatory processes (García-Lafuente et al., 2009).

Truffle mushrooms are rich in bioactive compounds such as ascorbic acid, ergosterol, phenolics, flavonoids, terpenoids, phytosterols, and polysaccharides. In particular, truffle mushrooms contain a significant amount of flavonoids known for their antioxidant, anti-inflammatory, anti-mutagenic, and anticancer activities. These biological activities make truffles a crucial secondary metabolite of natural products.

However, edible mushrooms cannot synthesise these compounds and, therefore, do not possess these valuable metabolites. From this perspective, researchers have shown interest in the biological activities of truffle mushrooms and their potential applications in the medical field (Panche et al., 2016; Gil-Ramírez et al., 2016). In this context, the analysis of *Tuber aestivum* has led to the determination of the Transition, Cone, and Collision Energy values of its phenolic compounds, which are presented in Table 2.

Table 2. Transition, Cone, and Collision Energy Values of Phenolic Compounds Found in *Tuber aestivum*

Phenolic Compounds	Transition (m/z)	Cone (V)	CE (V)	RT (min)
Pyrogallol	125.01 > 69.10, 79.04, 81.02	20	17, 17, 14	0.97
Homogentisic acid	167.03 > 123.03, 122.08, 108.00	10	20, 20, 10	1.47
Protocatechuic acid	153.06 > 108.00, 81.01, 91.01	10	20, 25, 20	1.85
Gentisic acid	153.05 > 109.04, 108.03, 81.00	10	20, 20, 12	1.85
Pyrocatechol	153.06 > 81.01, 108.00, 109.04	8	20, 25, 20	2.38
Galanthamine	288.10 > 198.00, 213.09, 230.95	20	32, 23, 17	2.68
<i>p</i> -Hydroxy benzoic acid	136.98 > 93.03, 65.10	10	25, 14	2.75
3,4-Dihydroxybenzaldehyde	137.00 > 91.93, 107.94, 136.00	8	21, 20, 18	2.76
Catechin hydrate	288.88 > 109.15, 124.99, 245.26	30	25, 20, 15	3.45
Vanillic acid	166.98 > 151.97, 108.03, 123.03	20	18, 12, 14	3.61
Caffeic acid	179.10 > 135.14, 107.10, 133.9	32	23, 23, 24	3.65
Syringic acid	197.20 > 123.00, 167.00, 182.00	15	22, 18, 14	4.11
Vanillin	150.95 > 135.94, 91.90, 107.97	30	20, 20, 14	4.50
Epicatechin	189.18 > 151.00, 203.00, 205.00	20	20, 20, 20	5.50
<i>p</i> -Coumaric acid	163.01 > 119.04, 93.00, 117.01	5	27, 27, 15	4.65
Ferulic acid	193.03 > 134.06, 178.00, 149.02	20	16, 12, 13	5.36
Catechin gallate	441.00 > 168.98, 288.97	30	20, 20	5.91
Rutin	609.00 > 254.99, 270.93, 299.90	17	55, 55, 40	5.95
<i>trans</i> -2-hydroxy cinnamic acid	163.04 > 119.04, 117.01, 93.07	10	25, 22, 13	6.32
Myricetin	316.90 > 107.07, 137.01, 150.97	30	30, 25, 25	6.83
Resveratrol	227.01 > 143.01, 159.05, 185.03	30	25, 18, 18	7.13
<i>trans</i> -Cinnamic acid	146.98 > 103.03, 62.18	30	10, 10	8.19
Luteolin	284.91 > 107.01, 133.05, 151.02	20	30, 33, 30	8.27
Quercetin	303.00 > 137.00, 153.00, 229.00	20	30, 32, 30	8.29
Naringenin	270.98 > 107.00, 119.04, 150.97	20	25, 25, 20	9.07
Genistein	271.00 > 153.00, 215.00, 243.00	20	27, 25, 24	9.22
Apigenin	269.10 > 107.00, 117.00, 149.00	20	30, 30, 25	9.35
Kaempferol	284.90 > 158.97, 117.10, 227.14	10	34, 40, 30	9.50
Hesperetin	301.02 > 108.01, 136.00, 163.99	20	36, 30, 24	9.71
Chrysin	252.99 > 63.05, 107.05, 142.99	20	30, 25, 25	11.06

In this study, 30 phenolic compounds were identified in *T. aestivum*. Among these compounds, p-Hydroxybenzoic acid ($12.29 \pm 0.37 \mu\text{g/g}$), Gentisic acid

($12.25 \pm 0.27 \mu\text{g/g}$), Protocatechuic acid ($10.53 \pm 0.74 \mu\text{g/g}$), and Vanillic acid ($8.68 \pm 0.10 \mu\text{g/g}$) were found at high concentrations (Table 3).

Table 3. Analysis Results of Phenolic Compounds in *Tuber aestivum* Using UPLC-ESI-MS/MS ($\mu\text{g/g}$ dry weight \pm standard deviation)

Phenolic Compounds	RT (min)	<i>Tuber aestivum</i>	Mode
Pyrogallol	0.97	n.d.	ESI (-)
Homogentisic acid	1.47	6.11 ± 0.26	ESI (-)
Protocatechuic acid	1.85	10.53 ± 0.74	ESI (-)
Gentisic acid	1.86	12.25 ± 0.27	ESI (-)
Pyrocatechol	2.38	0.77 ± 0.03	ESI (-)
Gаланthamine	2.68	n.d.	ESI (+)
p-Hydroxy benzoic acid	2.75	12.29 ± 0.37	ESI (-)
3,4-Dihydroxybenzaldehyde	2.76	5.88 ± 0.13	ESI (-)
Catechin hydrate	3.45	n.d.	ESI (-)
Vanillic acid	3.61	8.68 ± 0.10	ESI (-)
Caffeic acid	3.65	0.47 ± 0.04	ESI (-)
Syringic acid	4.11	2.19 ± 0.03	ESI (-)
Vanillin	4.50	1.54 ± 0.01	ESI (-)
p-Coumaric acid	4.65	0.44 ± 0.01	ESI (-)
Ferrulic acid	5.36	0.98 ± 0.05	ESI (-)
Epicatechin	5.50	n.d.	ESI (-)
Catechin gallate	5.91	n.d.	ESI (-)
Rutin	5.95	2.22 ± 0.06	ESI (-)
trans-2-hydroxy cinnamic acid	6.32	n.d.	ESI (-)
Myricetin	6.83	n.d.	ESI (-)
Resveratrol	7.23	n.d.	ESI (-)
trans-Cinnamic acid	8.19	0.08 ± 0.01	ESI (-)
Luteolin	8.27	n.d.	ESI (-)
Quercetin	8.29	n.d.	ESI (+)
Naringenin	9.17	n.d.	ESI (-)
Genistein	9.22	n.d.	ESI (+)
Apigenin	9.35	0.05 ± 0.01	ESI (-)
Kaempferol	9.50	0.07 ± 0.01	ESI (-)
Hesperetin	9.71	n.d.	ESI (-)
Chrysin	11.06	n.d.	ESI (-)

n.d.: Not Detected RT: Retention time All data were presented by means \pm standard deviation ($p < 0.05$)

Many studies have analysed different *Tuber* species and their phenolic compounds. For example, Ding et al. (2010) identified 4,5-Dihydroxy-2-methoxybenzaldehyde (comatin) in *Tuber melanosporum* samples; Villares et al. (2012) identified homogentisic acid, 4-HBA, and 3,4-dihydroxy benzaldehyde compounds. In their study, phenolic compounds identified

in *T. melanosporum* Vittad. (mg/g), *T. aestivum* (mg/g), and *T. indicum* Cooke & Masee (mg/g) included gallic acid, homogentisic acid, protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, 3,4-dihydroxy benzaldehyde, p-coumaric acid, and o-coumaric acid. Specifically, the concentrations of these compounds were as follows: for *T. melanosporum* (mg/g), homogentisic acid was $91.06 \pm$

16.4, p-hydroxybenzoic acid 64.77 ± 7.79 , and 3,4-dihydroxy benzaldehyde 54.64 ± 5.15 ; for *T. aestivum* (mg/g), 3,4-dihydroxy benzaldehyde was 376.59 ± 27.55 , homogentisic acid 358.06 ± 24.53 , and p-coumaric acid 93.72 ± 38.47 ; for *T. indicum* (mg/g), homogentisic acid was 189.69 ± 16.95 , gallic acid 61.54 ± 9.19 , and p-hydroxybenzoic acid 58.42 ± 1.72 . Hydroxycinnamic acids were detected only in *T. aestivum*. Similarly, other phenolic compounds, such as gallic acid and protocatechuic acid, were only found in *T. aestivum* and *T. indicum* truffles. *T. aestivum* also showed significantly higher values of homogentisic acid and 3,4-dihydroxy benzaldehyde (Kivrak and Kivrak, 2018). In their study, they reported high amounts of phenolic compounds in *T. nitidum* Vittad. including 21.83 ± 0.14 $\mu\text{g/g}$ of p-hydroxybenzoic acid, 19.04 ± 0.12 $\mu\text{g/g}$ of protocatechuic acid, and 16.34 ± 0.10 $\mu\text{g/g}$ of vanillic acid as other high-level phenolic compounds. Another study found the highest levels of gallic acid, p-hydroxybenzoic acid, and p-coumaric acid in *T. melanosporum* (Beara et al., 2014). In this study, the *T. aestivum* samples also showed high levels of these compounds, indicating that *T. aestivum* is rich in phenolic compounds, similar to *T. nitidum* and *T. melanosporum*. Overall, the phenolic acid profile results in the studied truffle species show reasonable alignment with other research studies.

Vitamins are minor compounds in foods that play an essential role in nutrition. Vitamins are divided into two major classes: water-soluble and fat-soluble. Mushrooms have been reported in various studies to be rich in vitamins C, D, and B group vitamins (Anşın et al., 2000; Mattila et al., 2001). The B group vitamins found in mushrooms are adequate in the nervous, digestive, hematopoietic, and wound healing. They also function as

coenzymes in biochemical reactions, and deficiencies in these vitamins lead to problems such as polyneuropathy, muscle and nerve system disorders, beriberi, hair loss, conjunctivitis, stomatitis, arthritis, respiratory problems, and anaemia (Calderón-Ospina and Nava-Mesa, 2020). Vitamin B2 plays a role in converting carbohydrates, proteins, and fats into energy and helps prevent cataracts. Vitamin B3 prevents pellagra and regulates blood circulation. Studies have reported that insufficient intake of B vitamins increases the risk of cancer, but consuming them in excess does not prevent cancer formation. Adequate intake of these vitamins is necessary for the body's defence system. The abundant vitamin C in mushrooms is absorbed in the small intestine and reacts quickly with superoxide and hydroxyl radicals, performing an antioxidant role. It also plays a role in the synthesis of bile acids, the absorption of iron, wound healing, and protects foods containing fat, such as fish, margarine, and milk, from oxidative degradation by forming ascorbate radicals and renewing tocopherol radicals (Wolf et al., 1998). Mushrooms have a protective effect due to their significant amounts of vitamins A, C, and β -carotene (Murcia et al., 2002).

In this study, the amounts of vitamin C and B group vitamins in *Tuber aestivum* are given in Table 4. According to the results, ascorbic acid and pantothenic acid (vitamin B5) was found in high amounts at 2.88 ± 0.13 mg/100g, and vitamin C (ascorbic acid) at 1.13 ± 0.23 mg/100g. Following these, nicotinic acid (vitamin B3) was 0.62 ± 0.01 mg/100g, nicotinamide (vitamin B3) 0.58 ± 0.03 mg/100g, pyridoxine (vitamin B6) 0.39 ± 0.03 mg/100g, riboflavin (vitamin B2) 0.21 ± 0.03 mg/100g, and thiamine (vitamin B1) 0.15 ± 0.01 mg/100g (Table 4).

Table 4. UPLC-ESI MS/MS Analysis Results of Water-Soluble Vitamins Found in *Tuber aestivum* (mg/100g dry weight \pm standard deviation)

Vitamin compounds	R.T. (min)	<i>Tuber aestivum</i>
Thiamine (B ₁ vitamin)	0.480	0.15 ± 0.01
Riboflavin (B ₂ vitamin)	3.040	0.21 ± 0.03
Nicotinamide (B ₃ vitamin)	0.860	0.58 ± 0.03
Nicotinic acid (B ₃ vitamin)	0.710	0.62 ± 0.01
Pantothenic acid (B ₅ vitamin)	2.860	2.88 ± 0.13
Pyridoxine (B ₆ vitamin)	0.830	0.39 ± 0.03
Biotin (B ₇ vitamin)	3.070	n.d.
Folic acid (B ₉ vitamin)	2.930	n.d.
Cyanocobalamine (B ₁₂ vitamin)	2.950	n.d.
Ascorbic acid (C vitamin)	0.560	1.13 ± 0.23

n.d.: Not Detected RT: Retention time All data were presented by means \pm standard deviation.

Thanks to their high content of vitamins, such as thiamine (vitamin B1), riboflavin (B2), niacin (B3), biotin (B7), and ascorbic acid (vitamin C), as well as minerals, mushrooms are a necessary and beneficial meal. (Hee-Gyeong et al., 2022) their study determined the Vitamin C content in *T. melanosporum* samples as 1.65 ± 0.09 mg/100 g, *T. aestivum* as 1.90 ± 0.11 mg/100 g, and *T. magnatum* as 10.15 ± 0.33 mg/100 g. As a result, these mushrooms could likely be a good source of B and C vitamins, depending on the species. The differences in vitamin content among mushroom species are believed to be attributed to factors such as the growing environment, climate, and environmental conditions. The similarities or differences in the results between this study and others can be attributed to factors such as the type of mushroom species used, the habitat in which the species was grown, and the analytical methods and equipment used in the analysis. Therefore, the results obtained in this study are consistent with the literature.

Conclusion

Due to its diverse climate and plant cover, Türkiye hosts many different mushroom species, particularly truffle mushrooms. With their rich nutrient profiles, *Tuber* species stand out, being abundant in proteins, fats, fibre,

vitamins, and minerals, making truffles a valuable part of a healthy diet. Along with their gastronomic importance, awareness of their nutritional value is growing. Truffle mushrooms make an essential contribution to nutrition by providing both delicious and healthy nutrients. According to the results of this study, *T. aestivum* is rich in various essential phytochemicals, including phenolic compounds and B and C vitamins. Based on the findings of this study, *T. aestivum* could be of significance for use in nutraceuticals or the pharmaceutical industry, due to these beneficial properties.

Author contributions

All authors have equal contribution

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest

Ethical Statement

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Sevgin ÖZDERİN, Hakan ALLI)

References

- Allen, K. and Bennett, J.W. (2021). Tour of truffles: aromas, aphrodisiacs, adaptogens, and more. *Mycobiology*, 49(3), 201-212.
- Anşın, R., Eminağaoğlu, Ö. ve Göktürk, T. (2000). Artvin ili sınırlarında yenebilen mantarlar. *Türkiye VI. Yemeklik Mantar Kongresi*. 20-22. Eylül. Bergama- İzmir, Bildiri Kitabı, 122-129.
- Barroetaveña, C. and Toledo, C.V. (2016). The nutritional benefits of mushrooms. *Wild plants, mushrooms and nuts: Functional Food Properties and Applications*, 65-81.
- Beara, I.N., Lesjak, M.M., Četojević-Simin, D.D., Marjanović, Ž.S., Ristić, J.D., Mrkonjić, Z.O. and Mimica-Dukić, N.M. (2014). Phenolic profile, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activities of black (*Tuber aestivum* Vittad.) and white (*Tuber magnatum* Pico) truffles. *Food Chemistry*, 165, 460-466.
- Benjamin, D.R. (1995). Mushrooms: Poisons and Panaceas. *A handbook for naturalists, mycologists, and physicians*. New York (NY): W. H Freeman and Company, pp :422
- Bonito, G.M., Gryganskyi, A. P., Trappe, J. M. and Vilgalys, R. (2010). A global meta-analysis of *Tuber* ITS rDNA sequences: species diversity, host associations and long-distance dispersal. *Molecular Ecology*, 19(22), 4994-5008.
- Bratek, Z. (2010). Truffle cultivation. In: Györfi, J. (ed.), *Biology and cultivation of mushrooms* (in Hungarian), Mezőgazda Kiadó, Budapest, Hungary, pp:324-346.
- Calderón-Ospina, C.A. and Nava-Mesa, M.O. (2020). B Vitamins in the nervous system: Current knowledge of the biochemical modes of action and synergies of thiamine, pyridoxine, and cobalamin. *CNS neuroscience and therapeutics*, 26(1), 5-13.
- Carocho, M. and Ferreira, I. C. (2013). A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology*, 51, 15-25.
- Cheung, P.C. (2013). Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: Preparation and health benefits. *Food Science and Human Wellness*, 2(3-4), 162-166.
- Chevalier, G. and Sourzat, P. (2013). Soils and techniques for cultivating *Tuber melanosporum* and *Tuber aestivum* in Europe. In *Edible Ectomycorrhizal Mushrooms: Current Knowledge and Future Prospects*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, (pp. 163-189).
- Claridge, A.W. and Trappe, J. M. (2005). Sporocarp mycophagy: nutritional, behavioral, evolutionary, and physiological aspects. *Mycology Series*, 23, pp: 599.
- Ding, Z., Lu, Y., Lu, Z., Lv, F., Wang, Y., Bie, X., Wang, F. and Zhang, K. (2010). Hypoglycaemic effect of comatin, an antidiabetic substance separated from *Coprinus comatus* broth, on alloxan-induced-diabetic rats. *Food Chemistry*, 121(1), 39-43.
- El Enshasy, H., Elsayed, E.A., Aziz, R. and Wadaan, M. A. (2013). Mushrooms and truffles: historical biofactories for complementary medicine in Africa and in the middle East. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013(1), 620451.
- Erdem, Ö., Bayram, F., Çiftçi, B. ve Kemer, A. K. (2018). Mutfak şeflerinin yöresel mantarları tanıma ve kullanım durumlarına ilişkin keşifsel bir araştırma. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(Special Issue 3), 225-239.
- Feng, W. (2001). A Clinical Pilot Study of EEM for Advanced Cancer-Treatment with EEM for Improvement of Cachexia and Immune Function Compared with MPA. *Biotherapy-Tokyo*, 15(6), 691-696.
- García-Lafuente, A., Guillamón, E., Villares, A., Rostagno, M.A. and Martínez, J.A. (2009). Flavonoids as anti-inflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease. *Inflammation Research*, 58(9), 537-552.
- GBIF.org. GBIF Occurrence. Available online: <https://www.gbif.org/occurrence/download/0044310-240626123714530> (accessed on 1 August 2024).
- Gil-Ramírez, A., Pavo-Caballero, C., Baeza, E., Baenas, N., Garcia-Viguera, C., Marín, F. R. and Soler-Rivas, C. (2016). Mushrooms do not contain flavonoids. *Journal of Functional Foods*, 25, 1-13.
- Guillamón, E., García-Lafuente, A., Lozano, M., D'Arrigo, M., Rostagno, M. A., Villares, A. and Martínez, J. A. (2010). Edible mushrooms: Role in the prevention of cardiovascular diseases. *Fitoterapia*, 81: 715–723.
- Hannan, M.A., Al-Dakan, A., Aboul-Enein, H.Y. and Al-Othaimeen, A.A. (1989). Mutagenic and antimutagenic factor (s) extracted from a desert mushroom using different solvents. *Mutagenesis*, 4(2), 111-114.
- Hee-Gyeong, J., Seong-Woo, J., Neul-I, H., Kyeong-Won, Y. and Kyoung-Sun, S. (2022). Useful components of *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum*, and *Tuber magnatum* used as truffles. *Journal of Mushroom*, 20 (4), 227-234.
- Jiskani, M. M. (2001). Energy potential of mushrooms. *The Dawn economic and business review*, 15-21.
- Kalač, P. (2009). Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, 113(1), 9-16.
- Kalac, P. (2013). A review of chemical composition and nutritional value of wildgrowing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 209–218.
- Kıvrak, Ş. and Kıvrak, İ. (2018). Investigation of Chemical Composition and Nutritional Value of Truffle Mushroom (*Tuber nitidum* Vittad.). *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 339-344.

- Kumar, K. (2015). Role of edible mushrooms as functional foods—a review. *South Asian Journal of Food Technology and Environment*, 1(3&4), 211-218.
- Mattila, P., Könkö, K., Euroola, M., Pihlava, J.M., Astola, J., Vahteristo, L., Hietaniemi, V., Kumpulainen, J., Valtonen, M. and Piironen, V., (2001). Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2343-2348
- Murcia, M. A., Martínez-Tomé, M., Jiménez, A. M., Vera, A. M., Honrubia, M. and Parras, P. (2002). Antioxidant activity of edible fungi (truffles and mushrooms): losses during industrial processing. *Journal of Food Protection*, 65(10), 1614-1622.
- Mustafa, A. M., Angeloni, S., Nzekoue, F. K., Abouelenein, D., Sagratini, G., Caprioli, G. and Torregiani, E. (2020). An overview on truffle aroma and main volatile compounds. *Molecules*, 25(24), 5948.
- Oliach, D., Vidale, E., Brenko, A., Marois, O., Andrighetto, N., Stara, K., Martínez de Aragón, J., Colinas, C. and Bonet, J.A. (2021). Truffle Market Evolution: An Application of the Delphi Method. *Forests*, 12(9), 1174.
- Ori, F., Hall, I., Gianchino, C., Iotti, M. and Zambonelli, A. (2019). Truffles and morels: two different evolutionary strategies of fungal-plant interactions in the Pezizales. *Plant Microbe Interface*, 69-93.
- Panche AN, Diwan AD, Chandra SR. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5(47),1–15.
- Patel, S. Food, (2012). Food, Health and agricultural importance of truffles: a review of current scientific literature. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 6(1),15–27
- Patel, S., Rauf, A., Khan, H., Khalid, S. and Mubarak, M. S. (2017). Potential health benefits of natural products derived from truffles: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 70, 1-8.
- Pekşen A. ve Karaca H.G. (2000). Samsun ili ve çevresinde saptanan yenilebilir mantar türleri ve bunların tüketim potansiyeli. 100-111. Bergama (İzmir): *Türkiye VI. Yemeklik Mantar Kongresi 20-22 Eylül 2000 Bildirileri*.
- Peluso, F., Nilsson, T., Montanarella, L., Tilio, R., Larsen, B., Facchetti, S. and Madsen, J. (1995). Headspace solid-phase microextraction analysis of volatile organic sulfur compounds in black and white truffle aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(8), 2138-2143.
- Ravikrishnan, V., Ganesh, S. and Rajashekhar, M. (2017). Compositional and nutritional studies on two wild mushrooms from Western Ghat forests of Karnataka, India. *International Food Research Journal*, 24(2), 679.
- Santos-Silva, C., and Brígido, C. (2024). First Record of Summer Truffle (*Tuber aestivum*) in Portugal. *Microbiology Research*, 15(3), 1494-1504.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F., Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Haliki Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindil, M., Şen, B., Şen, İ., Türkecul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu. ve Yoltaş, A (2020). *Türkiye Mantarları Listesi*. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını. İstanbul. P. 1177.
- Şen, İ., Allı, H. and Civelek, H. S. (2016). Checklist of Turkish truffles. *Turkish Journal of Life Sciences*, 1(2), 103-109.
- Shao, S., Hernandez, M., Kramer, J. K., Rinker, D. L. and Tsao, R. (2010). Ergosterol profiles, fatty acid composition, and antioxidant activities of button mushrooms as affected by tissue part and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(22), 11616-11625.
- Splivallo, R., Deveau, A., Valdez, N., Kirchhoff, N., Frey-Klett, P., and Karlovsky, P. (2015). Bacteria associated with truffle-fruited bodies contribute to truffle aroma. *Environmental Microbiology*, 17(8), 2647-2660.
- Stobbe, U., Stobbe, A., Sproll, L., Tegel, W., Peter, M., Büntgen, U. and Egli, S. (2013). New evidence for the symbiosis between *Tuber aestivum* and *Picea abies*. *Mycorrhiza*, 23, 669-673.
- Villares, A., García-Lafuente, A., Guillamon, E. and Ramos, A. (2012). Identification and quantification of ergosterol and phenolic compounds occurring in *Tuber* spp. truffles. *Journal of Food Composition and Analysis*, 26 (1-2), 177-182.
- Wang, S. and Marcone, M. F. (2011). The biochemistry and biological properties of the world's most expensive underground edible mushroom: Truffles. *Food Research International*, 44(9), 2567-2581.
- Wolf, R., Wolf, D. and Ruocco, V. (1998). Vitamin E: the radical protector. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 10(2), 103-117.
- Zhang, M., Cui, S. W., Cheung, P. C. and Wang, Q. (2007). Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Science and Technology*, 18(1), 4-19.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Ağın, R. & Çavuşoğlu, Ş. (2024). Derim Sonrası Melatonin ve Jelatin Uygulamalarının *Agaricus campestris* L. (*Agaricaceae*)'in Modifiye Atmosfer Koşullarında Organik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler, *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı) 128-137.

Geliş(Received) :16.11.2024

Kabul(Accepted) :20.12.2024


Araştırma Makalesi


Doi: 10.30708/mantar.1586664

Derim Sonrası Melatonin ve Jelatin Uygulamalarının *Agaricus campestris* L. (*Agaricaceae*)'in Modifiye Atmosfer Koşullarında Organik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Ramazan AĞIN¹, Şeyda ÇAVUŞOĞLU²

*Sorumlu yazar: scavusoglu@yyu.edu.tr

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van, Türkiye/
ramazanagin6@gmail.com 

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye/
scavusoglu@yyu.edu.tr 

Öz: Bu çalışma, *Agaricus campestris* L. (İçi Kızıl) türüne melatonin ve jelatin uygulamalarının derim sonrası fizyolojik değişiklikler üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mantar Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yetiştirilen *A. campestris* mantarları kullanılarak yürütülmüştür. Derimi gerçekleştirilen mantarlar dört gruba ayrılmış ve sırasıyla kontrol, 0.5 mM melatonin, %1 jelatin ve 0.5 mM melatonin + %1 jelatin kombinasyonu şeklinde farklı uygulamalara tabi tutulmuştur. Uygulamalar sonrasında mantarlar, belirli aralıklarla (0, 4, 8, 12 ve 16. günlerde) soğuk hava depolarında analiz edilmiştir. Analizlerde, mantarların organik asit içerikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Organik asit analizlerinde oksalik asit, sitrik asit, malik asit, süksenik asit, fumarik asit ve tartarik asit içerikleri ölçülmüştür. Sonuç olarak; melatonin ve jelatin uygulamalarının *A. campestris* mantar türünün derim sonrası fizyolojisi üzerinde olumlu etkiler sağladığı görülmüştür. Bu uygulamaların, mantarların raf ömrünü uzatmak ve kalite kayıplarını azaltmak amacıyla potansiyel olarak kullanılabileceği öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: *Agaricus campestris*, Derim sonrası, Jelatin, Melatonin, Organik asitler

Changes in Organic Acid Content of *Agaricus campestris* L. (*Agaricaceae*) Under Modified Atmosphere Conditions by Postharvest Melatonin and Gelatin Applications

Abstract: This study aims to investigate the effects of melatonin and gelatin applications on postharvest physiological changes in *Agaricus campestris* L. (İçi kızıl). The research was conducted using *Agaricus campestris* L. grown at the Mushroom Research and Application Center of Van Yüzüncü Yıl University. The harvested mushrooms were divided into four groups and subjected to different treatments: control, 0.5 mM melatonin, 1% gelatin, and a combination of 0.5 mM melatonin + 1% gelatin. After the treatments, the mushrooms were analyzed in cold storage at specific intervals (0, 4, 8, 12, and 16 days). During the analyses, the organic acid contents of the mushrooms were thoroughly examined. The contents of oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid, and tartaric acid were measured in the organic acid analyses. As a result, it was observed that melatonin and gelatin applications had positive effects



on the postharvest physiology of *A. campestris*. These applications are potentially suggested for extending shelf life and reducing quality losses of mushrooms. As a result, it was observed that melatonin and gelatin applications had positive effects on the postharvest physiology of *A. campestris*. These applications are potentially suggested for extending shelf life and reducing quality losses of mushrooms.

Keywords: *Agaricus campestris*, Postharvest, Gelatin, Melatonin, Organic acids

Giriş

Günümüzde tarım ve gıda ürünleri üretiminde gün geçtikçe artış yaşandığı görülmektedir. Bu artış, ürünlerin muhafaza edilmesi ve raf ömürlerinin uzatılması gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Gıdaların raf ömrünü uzatmak için depolama şartlarının uygun olması esastır. Bu amaçla kullanılan yenilebilir film ve kaplama uygulamaları, gıdaları korumak ve raf ömürlerini uzatmak için geliştirilmiştir. Bu uygulamalar, gıdanın yüzeyinde oluşturulan ince bir tabaka veya gıda ile birlikte tüketilebilen, sentetik olmayan ve doğal kaynaklardan elde edilen materyallerdir. Bu materyaller, nem, gaz ve katı maddelerin hareketini kontrol ederek gıdanın tazelik ve kalitesini korumaya yardımcı olmaktadır (Keleş, 2002; Çavuşoğlu ve ark., 2019).

Mantar yetiştiriciliği, yıl boyunca kontrollü ortamlarda üretim yapabilme, çevresel koşullardan bağımsız olma ve aynı alandan hemen hemen bütün yıl boyunca hasat yapabilme potansiyeli nedeniyle kârlı bir tarımsal faaliyettir. Mantarlar, besin değeri yüksek olup, kolay sindirilebilir proteinler, su, karbonhidratlar, amino asitler, vitaminler (A, B, C, D ve K) ve mineraller açısından zengindir (López-Palestina et al., 2018).

Derimden sonra taze ürünlerin depolanması sırasında jelatin kaplamaların uygulanması, meyve ve sebzelerin kalitesini artırmada ve raf ömrünü uzatmada önemli bir rol oynamaktadır. Kolajenden türetilen bir biyopolimer olan jelatin, nem kaybını azaltmaya, gaz değişimini kontrol etmeye ve mikrobiyal bozulmaya karşı korumaya yardımcı olan yarı geçirgen bir bariyer sağlayan etkili bir yenilebilir kaplama görevi görmektedir. Jelatin kaplamaların temel faydalarından biri, meyve ve sebzelerdeki su kaybını en aza indirme yetenekleridir. Çalışmalar, jelatin kaplamaların nem buharlaşmasını sınırlayan bir bariyer oluşturarak depolama sırasında ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Gol and Rao, 2014; Radi et al., 2017). Bu özellikle önemlidir çünkü aşırı su kaybı solmaya ve doku bozulmasına yol açabilir ve sonuçta ürünün duyusal kalitesini etkileyebilir.

Taze kesilmiş portakalları içeren bir çalışmada, Aloe vera ile birleştirilmiş jelatin kaplamalar ağırlık kaybında ve mikrobiyal büyümede belirgin bir azalma göstererek raf ömrünü uzatmıştır (Radi et al., 2017).

Benzer şekilde, soğuk depolama sırasında kabakların sertliğini ve dokusal bütünlüğünü korumadaki etkinliği vurgulanmıştır (Bari and Giannouli, 2022). Jelatin kaplamalar nem kaybını azaltmanın yanı sıra mikrobiyal kontaminasyona karşı koruyucu bir tabaka sağlayarak depolanan ürünün genel kalitesini artırmaktadır.

Örneğin, jelatinin *Mentha pulegium* uçucu yağı ile kombinasyonu sadece çiçeklerin fizikokimyasal özelliklerini korumakla kalmamış, aynı zamanda soğutma sırasında duyusal özelliklerini de iyileştirmiştir (Aitboulahsen et al., 2018). Ayrıca, jelatin kaplamalar depolama sırasında meyve ve sebzelerin antioksidan özelliklerini olumlu yönde etkilediği gibi, ürünün besin kalitesi için hayati önem taşıyan fenolikler ve askorbik asit gibi biyoaktif bileşikleri korumaya yardımcı olabileceğini göstermektedir (López-Palestina et al., 2018). Antioksidanların bu şekilde korunması, meyve ve sebze tüketimiyle ilişkili sağlık yararlarına katkıda bulunduğu için hayati önem taşır.

Özetle, derimden sonra depolama sırasında jelatin kaplamaların uygulanması, taze ürünlerin kalitesini korumak ve raf ömrünü uzatmak için önemlidir. Nem kaybını azaltarak, mikrobiyal bozulmaya karşı bir bariyer sağlayarak ve biyoaktif bileşikleri koruyarak, jelatin kaplamalar derim sonrası yönetim uygulamalarını iyileştirmek için umut verici bir strateji sunmaktadır. Tüketicilerin taze ve asgari düzeyde işlenmiş gıdalara olan talebi artmaya devam ettikçe, jelatin kaplamaların derim sonrası işleme protokollerine entegre edilmesi gıda israfını önemli ölçüde azaltacağı gibi gıda güvenliğini de artırabilir.

Organik asitler mantarların tadını ve görünümünü değiştirmede önemli bir rol oynar ve antioksidan, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal özellikler de dahil olmak üzere biyolojik aktivitelerine katkıda bulunurlar. Malik ve süksinik asitler gibi organik asitlerin varlığı, çeşitli mantar türlerinin lezzet profili üzerindeki etkileri nedeniyle özellikle belirtilmiştir. Organik asitlerin mantarların tadını ve aromasını belirlemede çok önemli olduğu, malik ve süksinik asitlerin bu duyusal özelliklere önemli katkıda bulunduğu belirtilmektedir (Jabłońska-Ryś et al., 2022). Organik asitlerin biyolojik rolleri lezzet artırmanın ötesine uzanır; ayrıca oksidatif strese ve inflamasyona

karşı koruyucu özellikleriyle de tanınırlar. Bunun yanısıra çeşitli hastalıklara, özellikle oksidatif stresle ilişkili olanlara karşı koruyucu ajanlar olarak hizmet edebileceği ve böylece potansiyel sağlık yararlarını vurgulayabileceğini öne sürülmektedir (Carocho et al., 2013; Panthong et al., 2016; Stojković et al., 2014). Kültür mantarlarında bulunan organik asitlerin antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerine dair ayrıntılı bilgi verilmekte ve bu bileşiklerin gıda ürünlerinde doğal koruyucu olarak işlev görebileceği bildirilmiştir (Panthong et al., 2016; Stojković et al., 2014). Sitrik ve malik asitler gibi bazı organik asitlerin metalleri şelatlama ve serbest radikalleri nötralize etme yeteneğine sahip olduğu ve bu özellikleriyle koruyucu rollerinin daha da ön plana çıktığı belirtilmiştir (Leal et al., 2013). Mantarlardaki organik asitler ve diğer biyoaktif bileşikler arasındaki etkileşim de dikkate değerdir. Dahası, organik asitlerin işleme ve depolama sırasında nispeten kararlı olduğunu ve bunları mantarların kalitesini korumak için güvenilir bileşenler haline getirdiğini göstermektedir (Valentão et al., 2005). Lezzet ve sağlık yararlarına ek olarak, organik asitler yenilebilir mantarların tadının öncelikle organik asitler de dahil olmak üzere çeşitli suda çözünür maddelerden kaynaklandığını ve bunların genel besin değerlerine katkıda bulunduğunu vurgulamaktadır (Xun et al., 2021; Yang et al., 2019) Mantarlarda bulunan organik asitlerin çeşitliliği dikkat çekmeye değer bir başka husustur. Süksinik, malik ve sitrik asit de dahil olmak üzere çeşitli organik asitlerin farklı mantar türlerinde bulunduğunu ve her birinin lezzetine ve sağlık yararlarına benzersiz şekilde katkıda bulunduğunu ortaya koymaktadır (Fujita et al., 1990). Bu çeşitlilik, farklı organik asitler farklı avantajlar sunabileceğinden, çeşitli mantar türlerinin mutfak ve tıbbi uygulamalarda kullanılma potansiyelini vurgulamaktadır. Ek olarak, mantarların ürettiği organik asitlerin antimikrobiyal aktivitesinin tarımsal amaçlar için, özellikle fitopatojenik bakterilerle mücadelede kullanılabileceğini öne sürülmektedir (Kwak et al., 2016). Sonuç olarak, organik asitler mantarların duyuşal ve biyolojik özelliklerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Sadece lezzet ve aromayı artırmakla kalmaz, aynı zamanda antioksidan, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal aktiviteleri sayesinde önemli sağlık yararları da sağlar. Mantarlardaki organik asitlerin rollerine yönelik devam eden araştırmalar hem mutfak hem de sağlık alanlarına çok yönlü katkılarını ortaya koymaya devam etmekte olup, bu bileşiklerin mantarların bir gıda kaynağı olarak değerini artırmadaki önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışmada, tarımsal sürdürülebilirliğe katkı sağlamak amacıyla içikızıl mantarına (Sesli ve ark., 2020) melatonin ve jelatin uygulamalarının hasat

sonrasında organik asit değişimi üzerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Metod

Mataryel

Çalışmada, materyal olarak Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mantar Araştırma ve Uygulama Merkezine ait, yetiştirme koşulları kontrol edilebilen ranza sistemli odalarda yetiştirilen *Agaricus campestris* kullanılmıştır.

Metod

Optimum derim koşullarında hasadı gerçekleştirilen mantarlara öncelikle 10°C'de ön soğutma yapılmıştır. Ön soğutma işleminden sonra mantarlar aynı şekilde boylandıktan sonra mekanik hasarı olanlar elemine edilmiştir. Sterilasyonu sağlamak amacıyla 250 ppm'lik çamaşır suyunda (NaClO) 1 dakika boyunca tutulmuştur. Klorit kalıntısını gidermek için saf suda üç defa durulandıktan sonra kurutma kağıdı üzerine yerleştirilerek kurumaya bırakılmıştır.

Mantarlar, %1'lik jelatin yenilebilir kaplama malzemesi (2 defa, 5 saniye) ve 0.5 mM melatonine (3 dakika) daldırıldıktan sonra kurutma kağıdı üzerine yerleştirilerek kurumaya bırakılmıştır. Kontrol grubu ise 3 dakika saf suda bekletilmiştir. Uygulama yapıldıktan sonra mantarlar (*Agaricus campestris*) köpük tabaklar içerisinde ve her tabak içerisinde 6 adet olacak şekilde üzeri strech film ile kaplanıp ve 4°C sıcaklıkta ve %90-95 oransal nem içeren soğuk hava depolarına aktarılmıştır. Çalışma 3 tekerürlü olacak şekilde kurulup, muhafaza süresince 4 gün aralıklarla depodan alınan örneklerde analizler yapılmıştır.

Organik Asitler

Mantarlarda organik asitlerin belirlenmesinde, (Bevilacqua and Califano, 1989), tarafından geliştirilen metot modifiye edilerek kullanılmıştır. 2 g mantar örneği üzerine 10 ml ultra saf su eklenip homojenize edildikten sonra, örnekler 15 dakika 12000 devirde santrifüjlenmiştir. Santrifüjden elde edilen süpernatant kısım 0.45 µm membran filtreden geçirilip, HPLC' de okunmak üzere viyallere aktarılmıştır. Okumalar DAD dedektörü 210 nm dalga boyuna ayarlanıp mobil faz olarak 0.009 N H₂SO₄ kullanılmıştır.

İstatistik Analiz

Araştırmada elde edilen veriler, tesadüf parseller deneme desenine göre varyans analizi ile p<0.05 önemlilik düzeyine göre değerlendirilmiştir. Bu özellikler bakımından uygulamalar ve depolama süreleri arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla faktöriyel deneme desenine göre tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizinin ardından, uygulamalar ve depolama süreleri

ortalamaları arasındaki farkı belirlemek için Duncan testi kullanılmıştır. Hesaplamalarda istatistiksel anlamlılık düzeyi %5 olarak kabul edilmiş ve hesaplamalar "SPSS version 20.0" istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Oksalik Asit

Mantarın 4°C ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması sırasında tutulması ile oksalik asit değerinde meydana gelen değişimler Tablo 1 ve Şekil 1 verilmiştir.

Mantarın 4°C'de ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması esnasında oksalik asit

değerlerinde meydana gelen değişimler bakıldığında; depolama süresi boyunca dalgalanmaların olduğu, depo ömrü sonunda; 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasında artış, diğer uygulamaların ise azalış gösterdikleri belirlenmiştir. Depolama süresi sonunda en yüksek oksalik asit değerinin 3213.032 mg kg⁻¹ 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasında olduğu, en düşük değer ise 2735.134 mg kg⁻¹ 0.5 mM MEL uygulamasında olduğu tespit edilmiştir İstatistiksel olarak bakıldığında hem depolama süreleri arasındaki fark hem de uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 1. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Oksalik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	3218.348 ± 128 ^{A a}	3218.348 ± 128 ^{A a}	3218.348 ± 128 ^{A ab}	3218.348 ± 128 ^{A a}	3218.348 ± 54 ^a
4	3045.842 ± 152 ^{A a}	2644.728 ± 257 ^{A b}	2753.411 ± 19 ^{A b}	3136.456 ± 7 ^{A a}	2895.109 ± 88 ^{bc}
8	2548.146 ± 170 ^{AB b}	2893.892 ± 106 ^{A ab}	2790.684 ± 93 ^{AB b}	2488.051 ± 26 ^{B b}	2680.193 ± 69 ^c
12	3211.766 ± 182 ^{A a}	2493.247 ± 33 ^{B b}	3387.152 ± 146 ^{A a}	3062.101 ± 87 ^{A a}	3038.566 ± 114 ^{ab}
16	3000.146 ± 100 ^{A ab}	2735.456 ± 185 ^{A ab}	3179.158 ± 235 ^{A ab}	3213.032 ± 39 ^{A a}	3031.948 ± 88 ^{ab}
Uyg. Ort.	3004.849 ± 86 ^{AB}	2797.134 ± 90 ^B	3065.751 ± 86 ^A	3023.597 ± 78 ^{AB}	
	p^{Uygulama} = 0.016	p^{D.S.} = 0.001		p^{Uygulama x D.S.} = 0.005	

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

Öd: Önemli değil (p<0.05)

Sitrik Asit

Mantarının 4°C'de ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması esnasında sitrik asit değerlerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde; depolama süresi boyunca dalgalanmaların olduğu, kontrol grubu hariç diğer uygulamalarda başlangıç değerine göre artış gösterdikleri belirlenirken, depolama

sonunda veriler incelendiğinde, en yüksek sitrik asit değerinin 14.000 mg kg⁻¹ 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasında olduğu, en düşük değer ise 7.109 mg kg⁻¹ kontrol grubunun olduğu saptanmıştır (Tablo 2; Şekil 1) . İstatistiksel olarak bakıldığında uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Tablo 2. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Sitrik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MELJelatin	
0	8.145 ± 0.981 ^{A a}	8.145 ± 0.981 ^{A a}	8.145 ± 0.981 ^{A bc}	8.145 ± 0.981 ^{A cd}	8.145 ± 0.418 ^a
4	6.820 ± 0.583 ^{B a}	8.664 ± 1.779 ^{AB a}	10.906 ± 0.333 ^{A a}	7.655 ± 0.238 ^{AB d}	8.511 ± 0.616 ^a
8	7.194 ± 0.257 ^{B a}	10.030 ± 0.754 ^{A a}	6.749 ± 0.325 ^{B cd}	10.320 ± 0.693 ^{A bc}	8.573 ± 0.540 ^a
12	6.664 ± 0.537 ^{B a}	12.159 ± 0.299 ^{A a}	5.209 ± 0.352 ^{B d}	12.160 ± 1.062 ^{A ab}	9.048 ± 0.989 ^a
16	7.109 ± 0.063 ^{C a}	10.491 ± 1.577 ^{B a}	8.683 ± 0.356 ^{BC b}	14.000 ± 0.152 ^{A a}	10.071 ± 0.847 ^a
Uyg. Ort.	7.187 ± 0.258 ^B	9.898 ± 0.593 ^A	7.938 ± 0.549 ^B	10.456 ± 0.697 ^A	
	p^{Uygulama} = 0.001	p^{D.S.} = 0.017		p^{Uygulama x D.S.} = 0.001	

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

Öd: Önemli değil (p<0.05)

Malik Asit

Depolama boyunca malik asit değerlerinde dalgalanmaların olduğu, depolama süresi boyunca tüm uygulamaların azalış gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda en yüksek malik asit değerinin

107.003 mg kg⁻¹ ile 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasının olduğu, en düşük değer ise 93.647 mg kg⁻¹ ile %1 jelatin uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 3 ve şekil 1). İstatistiksel olarak depolama süreleri arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Tablo 3. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Malik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	139.883 ± 7.852 ^{A a}	139.883 ± 7.852 ^{A a}	139.883 ± 7.852 ^{A a}	139.883 ± 7.852 ^{A a}	139.883 ± 3.348 ^a
4	112.979 ± 1.698 ^{A b}	102.929 ± 5.017 ^{B b}	103.525 ± 0.102 ^{B b}	109.830 ± 1.018 ^{AB b}	107.316 ± 1.720 ^b
8	80.466 ± 5.530 ^{C c}	111.511 ± 3.914 ^{A b}	97.641 ± 1.857 ^{AB b}	91.570 ± 6.371 ^{BC c}	95.297 ± 3.937 ^c
12	107.467 ± 3.683 ^{A b}	110.977 ± 0.169 ^{A b}	108.277 ± 5.278 ^{A b}	91.315 ± 5.021 ^{B c}	104.509 ± 2.908 ^b
16	105.263 ± 2.582 ^{A b}	99.715 ± 1.441 ^{AB b}	93.647 ± 2.260 ^{B b}	107.003 ± 2.277 ^{A bc}	101.407 ± 1.830 ^{bc}
Uyg. Ort.	109.212 ± 5.386 ^A	113.003 ± 4.167 ^A	108.595 ± 4.697 ^A	107.920 ± 5.122 ^A	
	p^{Uygulama} = 0.342	p^{D.S.} = 0.001	p^{Uygulama x D.S.} = 0.003		

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Öd: Önemli değil (p<0.05)

Süksenik Asit

Mantarın 4°C ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması sırasında sitrik asit değerinde meydana gelen değişimler Tablo 4; ve Şekil 1 verilmiştir. Depolama sonunda tüm uygulamalarda azalışların olduğu gözlemlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek

süksenik asit değerinin 24.948 mg kg⁻¹ ile %1 jelatin uygulamasında olduğu, en düşük değer ise 17.180 mg kg⁻¹ ile kontrol grubu olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde depolama süreleri arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Tablo 4 *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Süksenik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	28.309 ± 0.731 ^{A a}	28.309 ± 0.731 ^{A a}	28.309 ± 0.731 ^{A a}	28.309 ± 0.731 ^{A a}	28.309 ± 0.312 ^a
4	24.621 ± 0.063 ^{AB b}	26.033 ± 0.081 ^{AB b}	24.040 ± 0.766 ^{B b}	26.635 ± 1.175 ^{A a}	25.332 ± 0.435 ^b
8	20.177 ± 0.258 ^{AB c}	21.580 ± 0.419 ^{A c}	18.943 ± 1.261 ^{B c}	21.324 ± 0.232 ^{A b}	20.506 ± 0.430 ^{cd}
12	14.715 ± 0.040 ^{B e}	15.710 ± 0.717 ^{B d}	23.893 ± 0.445 ^{A b}	20.496 ± 2.111 ^{A b}	18.703 ± 1.219 ^d
16	17.180 ± 0.000 ^{C d}	20.700 ± 0.828 ^{B c}	24.948 ± 0.829 ^{A b}	22.617 ± 0.326 ^{B b}	21.361 ± 0.896 ^c
Uyg. Ort.	21.000 ± 1.323 ^A	22.466 ± 1.197 ^A	24.026 ± 0.864 ^A	23.876 ± 0.925 ^A	
	p^{Uygulama} = 0.001	p^{D.S.} = 0.001	p^{Uygulama x D.S.} = 0.001		

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Öd: Önemli değil (p<0.05)

Fumarik Asit

Depolama sonunda en yüksek fumarik asit değerinin 36.427 mg kg⁻¹ ile 0.5 mM MEL ve 36.427 mg kg⁻¹ ile %1 jelatin uygulamasında olduğu, en düşük

değer ise 24.344 mg kg⁻¹ ile kontrol grubu olduğu saptanmıştır (Tablo 5; Şekil 1). Fumarik asit değerine bakıldığından depolama süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 5. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Fumarik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	21.977 ± 0.125 ^{A bc}	21.977 ± 0.125 ^{A b}	21.977 ± 0.125 ^{A cd}	21.977 ± 0.125 ^{A b}	21.977 ± 0.053 ^b
4	20.756 ± 0.610 ^{A c}	21.336 ± 1.528 ^{A b}	21.336 ± 1.528 ^{A d}	22.247 ± 2.838 ^{A b}	21.488 ± 0.748 ^b
8	35.662 ± 0.687 ^{A a}	24.052 ± 0.414 ^{B b}	24.052 ± 0.414 ^{B bc}	25.938 ± 1.193 ^{B ab}	27.531 ± 1.477 ^a
12	33.261 ± 0.946 ^{A a}	20.661 ± 0.056 ^{C b}	20.661 ± 0.056 ^{B a}	29.484 ± 0.453 ^{B a}	28.560 ± 1.458 ^a
16	24.344 ± 1.166 ^{B b}	36.427 ± 3.604 ^{A a}	36.427 ± 3.604 ^{B b}	26.226 ± 1.334 ^{B ab}	27.985 ± 1.732 ^a
Uyg. Ort.	27.200 ± 1.654 ^A	24.891 ± 1.706 ^A	24.768 ± 0.942 ^A	25.174 ± 0.941 ^A	
	$p^{\text{Uygulama}} = 0.017$		$p^{\text{D.S.}} = 0.001$		$p^{\text{Uygulama} \times \text{D.S.}} = 0.001$

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Öd: Önemli değil ($p < 0.05$)

Tartarik Asit

Mantarının 4°C'de ve %90±5 oransal nem koşullarında depolanması esnasında tartarik asit değerlerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde; depo süresi boyunca dalgalanmaların olduğu, kontrol grubu ve %1 jelatin uygulamasında artış olduğu belirlenirken diğer uygulamalarda azalışların olduğu tespit edildi. Depolama sonunda en

yüksek tartarik asit değerinin 45.695 mg kg⁻¹ ile kontrol grubunda olduğu, en düşük değer ise 28.066 mg kg⁻¹ 0.5 mM MEL + %1 Jelatin uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 6; Şekil 1). Depolama süreleri arasındaki fark ve uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tablo 6. *A. campestris* mantarlarında melatonin ve jelatin uygulamalarının Tartarik asit düzeylerinin (mg kg⁻¹) depolama dönemindeki değişimler

D. S.	Uygulama				D.S. Ort.
	Kontrol	0.5 mM MEL	%1 Jelatin	0.5 mM MEL + %1 Jelatin	
0	34.719 ± 0.674 ^{A b}	34.719 ± 0.674 ^{A ab}	34.719 ± 0.674 ^{A b}	34.719 ± 0.674 ^{A bc}	34.719 ± 0.288 ^b
4	46.788 ± 2.074 ^{A a}	38.151 ± 3.651 ^{B a}	31.743 ± 0.018 ^{B b}	35.803 ± 1.550 ^{B b}	38.121 ± 1.914 ^{ab}
8	35.466 ± 0.559 ^{A b}	33.412 ± 0.495 ^{B ab}	35.532 ± 0.000 ^{A b}	32.830 ± 0.690 ^{B bc}	34.310 ± 0.424 ^b
12	42.874 ± 4.063 ^{A a}	30.568 ± 0.549 ^{B b}	43.951 ± 3.132 ^{A a}	49.733 ± 4.293 ^{A a}	41.782 ± 2.545 ^a
16	45.695 ± 1.253 ^{A a}	29.537 ± 0.471 ^{B b}	42.312 ± 3.471 ^{A a}	28.066 ± 0.153 ^{B c}	36.402 ± 2.457 ^{ab}
Uyg. Ort.	41.108 ± 1.583 ^A	33.277 ± 1.044 ^B	37.652 ± 1.483 ^{AB}	36.230 ± 2.093 ^B	
	$p^{\text{Uygulama}} = 0.001$		$p^{\text{D.S.}} = 0.001$		$p^{\text{Uygulama} \times \text{D.S.}} = 0.001$

A, B, C →: Aynı depolama süresi içerisinde farklı büyük harf alan uygulamalar arası fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

a, b, c ↓ : Aynı uygulama içerisinde farklı küçük harf alan depolama süreleri arası fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Öd: Önemli değil ($p < 0.05$)

Tartışma

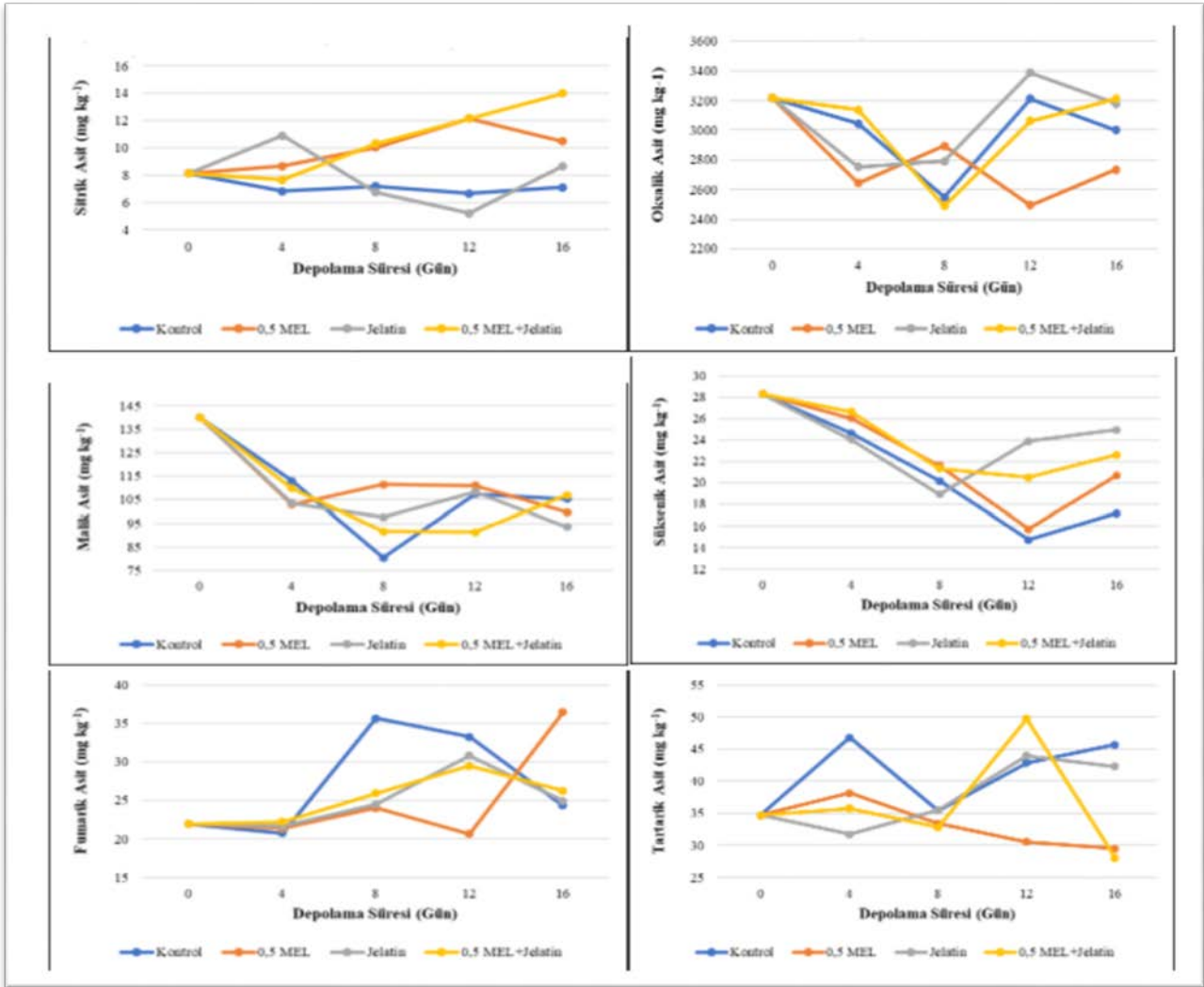
Organik asitler, meyve ve sebzelerin organoleptik özelliklerinin oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır ve ayrıca antioksidan ve antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Robles et al., 2019). Olgunlaşmış meyvelerde malik ve sitrik asit gibi organik asitler genellikle hücre vakuollerinde depolanır ve bu asitler, meyvenin ekşi tadının oluşumunda önemli bir rol oynar. Organik asitlerin türden türe değişebileceği ve meyvelerde baskın olan bu asitlerde çeşitlilik göstermesi

yanısıra ilk olgunlaşma aşamasında fazla olması nedeniyle ekşi tat olmasını sağlamakta ancak olgunlaşmaya neden olan solunumda kullanıldıkları için asitlik miktarında azalma meydana gelmektedir (Kumar et al., 2019).

Olgunlaşma ve yaşlanma sürecinde meyve ve sebzelerde organik asitlerin bozulmasının iki yol izlediği bilinmektedir. İlk olarak, glukoneogenez sırasında trikaboksilik asit (TCA) döngüsünde bazı organik asitlerin şekerlere dönüşmektedir (Rodrigo et al., 2012). Bu

mekanizma ile glukoneogenezin, malat dehidrojenaz (MDH) ve fosfoenolpiruvat karboksikinaz (PEPCK) veya malik enzim ve piruvat ortofosfat dikinaz (PPDK) tarafından gerçekleştiği öne sürülmüştür. İkinci olarak, TCA döngüsünde organik asitlerin fermantasyonu sonucu etanole dönüştüğü ve organik asitlerde meydana gelen bu değişimlerin meyve ve sebzelerde asitlik miktarını azalttığı belirtilmiştir (Leegood and Walker, 2003; Vallarino and Osorio, 2019). Derim sonrası yenilebilir kaplama malzemelerinin, depolanan ürünlerde organik asitleri koruduğu ve solunum süresince kullanımlarını azalttığı bildirilmiştir (Moalemiyan and Ramaswamy, 2012; Panahirad et al., 2021). Kaplama malzemelerinin TCA metabolik yolunun yavaşlamasına yol açarak organik asitlerin solunum süresince tüketimini azaltabileceği düşünülmektedir (Şaran et al., 2022; Zhang et al., 2019).

Mevcut çalışmada elde edilen veriler; oksalik asit, sitrik asit, malik asit, süksenik asit, fumarik asit ve tartarik asit değerlerindeki değişimler Çizelge 4.8-4.13'te belirtilmiştir. Çizelgelere bakıldığında, genel olarak organik asit değerlerinde dalgalanmaların olduğu oksalik asit, sitrik asit, malik asit ve fumarik asit değerlerini korumada en etkili yöntemin kombin uygulamaların olduğu, süksenik asit değerinde ise jelatin uygulamasının daha iyi koruyabildiği tespit edilmiştir. Organik asitlerin korunmasında kombin uygulamasının ön plana çıkmasında, kaplama ve melatonin uygulaması yapılan meyvelerde TCA'nın metabolik yolunun yavaşlatılması ve organik asitlerin solunum süresince kullanımlarının yavaşlamasından (Zhang et al., 2019) ve kombin uygulamasında ise hem melatonin hem de yenilebilir kaplama malzemelerinin olumlu etkilerinin bir araya gelmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 1. *A. campestris* mantar türünün depolanması sırasında organik asitlerde meydana gelen değişimler

Sonuç

Sonuç olarak, derimden sonra organik asitlerdeki değişiklikler, hasattaki olgunluk aşaması, depolama koşulları ve derim sonrası işlemler dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu değişiklikleri anlamak, meyve ve sebzelerin lezzetini, besin kalitesini ve raf ömrünü optimize etmek için önemlidir. Bu alandaki sürekli araştırmalar, tüketicilere sunulan ürünün kalitesini artıran iyileştirilmiş derim sonrası yönetim uygulamalarına yol açabilir.

Bu çalışmada, mantarların derim sonrası kalitesini korumak amacıyla Jelatin, Melatonin ve Melatonin + Jelatin kaplamalarının etkileri incelenmiştir. Derim sonrası kullanılan yenilebilir kaplama materyalleri, organik asitlerin solunum sürecinde tüketimini azaltarak meyve ve sebzelerde asitlik miktarının korunmasına katkı sağlar (Moalemiyan and Ramaswamy, 2012; Panahirad et al., 2021).

Ayrıca, kombin uygulamaların (melatonin ve yenilebilir kaplama malzemeleri birlikte kullanımı) organik asitlerin korunmasında etkili olduğu ve bu kombinasyonun trikaboksilik asit (TCA) metabolik yolunu yavaşlatarak organik asitlerin solunum sürecinde kullanımını azaltabileceği belirtilmiştir (ŞARAN et al., 2022; Zhang et al., 2019).

Mevcut çalışmada elde edilen veriler; genel olarak organik asit değerlerinde dalgalanmaların olduğu oksalik asit, sitrik asit, malik asit ve fumarik asit değerlerini korumada en etkili yöntemin kombin uygulamaların olduğu, süksenik asit değerinde ise jelatin uygulamasının daha iyi koruyabildiği tespit edilmiştir.

Bu bulgular, mantarların derim sonrası kalitesini korumak için Melatonin + Jelatin kombinasyonunun etkili bir strateji olabileceğini göstermektedir. Jelatin kaplamalarının ve melatonin uygulamalarının, mantarların derim sonrası kalitesini artırmada ve depolama süresince

fizyolojik değişimleri kontrol etmede önemli bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Ancak, bu bulguların pratik uygulamalara nasıl yansıtılacağını belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma, mantarların derim sonrası yönetiminde yeni ve etkili stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Yazar Katkıları

Çalışma, Ramazan Ağın'ın yüksek lisans tezinin bir parçasıdır. Yapılan tüm yetiştirme ve laboratuvar çalışmaları Ramazan Ağın ve Şeyda Çavuşoğlu tarafından yapılmıştır. Çalışmanın son taslağı Ramazan Ağın ve Şeyda Çavuşoğlu tarafından kontrol edilmiş ve onaylanmıştır. Bu çalışma 23-25 Ekim 2024 tarihinde düzenlenen 12. Yemeklik Mantar Kongresi Özet Bildiri olarak sunulmuştur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında ve diğer kurumlar ile herhangi bir çıkar çatışması yoktur. Bu çalışmanın yapılmasında ve yazılmasında bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm kaynaklara uygun biçimde atıfta bulunulduğu beyan olunur (Ramazan AĞIN, Şeyda ÇAVUŞOĞLU)

Etik Beyanı

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.

Teşekkür

FYL-2023-10801 proje numaralı çalışmamda maddi destek sağlayan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (BAP) teşekkür ederiz. Bu çalışma yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Aitboulahsen, M., Zantar, S., Laglaoui, A., Chairi, H., Arakrak, A., Bakkali, M., and Hassani Zerrouk, M. (2018). Gelatin-based edible coating combined with Mentha pulegium essential oil as bioactive packaging for strawberries. *Journal of food quality*, 2018(1), 8408915.
- Bari, A., and Giannouli, P. (2022). Evaluation of Biodegradable Gelatin and Gelatin–Rice Starch Coatings to Fresh Cut Zucchini Slices. *Horticulturae*, 8(11), 1031.
- Bevilacqua, A., and Califano, A. (1989). Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. *Journal of Food Science*, 54(4), 1076-1076.
- Carocho, M., Barros, L., Antonio, A. L., Barreira, J. C., Bento, A., Kaluska, I., and Ferreira, I. C. (2013). Analysis of organic acids in electron beam irradiated chestnuts (*Castanea sativa* Mill.): Effects of radiation dose and storage time. *Food and chemical toxicology*, 55, 348-352.
- Çavuşoğlu, Ş., Keskin, N., Türkoğlu, N., (2019). Yenilebilir film ve kaplamaların hasat sonrası meyvelerin soğukta muhafazasında kullanım olanakları. *II. Uluslararası Tarım ve Orman Kongresi*. 8-9 Kasım 2019, İzmir. 57-61.
- Fujita, T., Komemushi, S., and Yamagata, K. (1990). Analysis of organic acids in fruit-bodies of *Tricholoma giganteum* by high performance liquid chromatography. *Letters in applied microbiology*, 11(1), 27-29.
- Gol, N. B., and Rao, T. R. (2014). Influence of zein and gelatin coatings on the postharvest quality and shelf life extension of mango (*Mangifera indica* L.). *Fruits*, 69(2), 101-115.
- Jabłońska-Ryś, E., Sławińska, A., Skrzypczak, K., and Goral, K. (2022). Dynamics of changes in pH and the contents of free sugars, organic acids and LAB in button mushrooms during controlled lactic fermentation. *Foods*, 11(11), 1553.
- Keleş, F., (2002). Gıda Ambalajlama İlkeleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:189, Erzurum.
- Kumar, S., Kumar, R., Pal, A., Chopra, D. S., (2019). Enzymes, Chapter 16. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables** (Editör: Yahia, E. M., Carrillo-Lopez, A.). Woodhead Publishing.
- Kwak, A.-M., Lee, I.-K., Lee, S.-Y., Yun, B.-S., and Kang, H.-W. (2016). Oxalic acid from *Lentinula edodes* culture filtrate: antimicrobial activity on phytopathogenic bacteria and qualitative and quantitative analyses. *Mycobiology*, 44(4), 338-342.
- Leal, A. R., Barros, L., Barreira, J. C., Sousa, M. J., Martins, A., Santos-Buelga, C., and Ferreira, I. C. (2013). Portuguese wild mushrooms at the “pharma–nutrition” interface: Nutritional characterization and antioxidant properties. *Food Research International*, 50(1), 1-9.
- Leegood, R. C., and Walker, R. P. (2003). Regulation and roles of phosphoenolpyruvate carboxykinase in plants. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 414(2), 204-210.
- López-Palestina, C. U., Aguirre-Mancilla, C. L., Raya-Pérez, J. C., Ramírez-Pimentel, J. G., Gutiérrez-Tlahque, J., and Hernández-Fuentes, A. D. (2018). The effect of an edible coating with tomato oily extract on the physicochemical and antioxidant properties of garmbullo (*Myrtillocactus geometrizans*) fruits. *Agronomy*, 8(11), 248.
- Moalemiyan, M., and Ramaswamy, H. (2012). Quality retention and shelf-life extension in mediterranean cucumbers coated with a pectin-based film. *Journal of food research*, 1(3), 159-168.
- Panahirad, S., Dadpour, M., Peighambardoust, S. H., Soltanzadeh, M., Gullón, B., Alirezalu, K., and Lorenzo, J. M. (2021). Applications of carboxymethyl cellulose-and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 110, 663-673.
- Panthong, S., Boonsathorn, N., and Chuchawankul, S. (2016). Antioxidant activity, anti-proliferative activity, and amino acid profiles of ethanolic extracts of edible mushrooms. *Genetics and Molecular Research*, 15(4), 1-14.
- Radi, M., Firouzi, E., Akhavan, H., and Amiri, S. (2017). Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. *Journal of food quality*, 2017(1), 9764650.
- Robles, A., Fabjanowicz, M., Chmiel, T., and Płotka-Wasyłka, J. (2019). Determination and identification of organic acids in wine samples. Problems and challenges. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 120, 115630.
- Rodrigo, M. J., Alquézar, B., Alférez, F., and Zacarías, L. (2012). Biochemistry of fruits and fruit products. *Handbook of fruits and fruit processing*, 2, 13-34.
- Sesli, E., Asan, A. ve Selçuk, F. (edlr.) Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğdu, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kirbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu.,Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi*. İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayınları.
- Stojković, D., Reis, F. S., Glamočlija, J., Ćirić, A., Barros, L., Van Griensven, L. J., Ferreira, I. C., and Soković, M. (2014). Cultivated strains of *Agaricus bisporus* and *A. brasiliensis*: chemical characterization and evaluation of antioxidant

- and antimicrobial properties for the final healthy product–natural preservatives in yoghurt. *Food and function*, 5(7), 1602-1612.
- Şaran, E. Y., Çavuşoğlu, Ş., Alpaslan, D., Eren, E., Yılmaz, N., and Uzun, Y. (2022). Effect of egg white protein and agar-agar on quality of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during cold storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(2), 173-181.
- Valentão, P., Lopes, G., Valente, M., Barbosa, P., Andrade, P. B., Silva, B. M., Baptista, P., and Seabra, R. M. (2005). Quantitation of nine organic acids in wild mushrooms. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(9), 3626-3630.
- Vallarino, J. G., and Osorio, S. (2019). Organic acids. In *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables* (pp. 207-224). Elsevier.
- Xun, W., Wang, G., Zhang, Y., Ge, C., and Liao, G. (2021). Characterisation of LC-MS-based low molecular weight compounds and fatty acids of four wild edible mushrooms. *International Food Research Journal*, 28(5), 1009-1019.
- Yang, X., Zhang, Y., Kong, Y., Zhao, J., Sun, Y., and Huang, M. (2019). Comparative analysis of taste compounds in shiitake mushrooms processed by hot-air drying and freeze drying. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1100-1111.
- Zhang, W., Zhao, H., Zhang, J., Sheng, Z., Cao, J., and Jiang, W. (2019). Different molecular weights chitosan coatings delay the senescence of postharvest nectarine fruit in relation to changes of redox state and respiratory pathway metabolism. *Food chemistry*, 289, 160-168.



This article is cited as: Doğan, E. & Demirel Zorba N.N.(2024). Heat-Resistant Moulds in Fruits and Fruit-Containing Products. *Mantar Dergisi*, 15(Special issue) 138-150.

Geliş(Received) :14.10.2024

Kabul(Accepted) :08.11.2024

Review Article

Doi: 10.30708/mantar.1566840

Heat-Resistant Moulds in Fruits and Fruit-Containing Products

Elif DOĞAN¹, Nükhet Nilüfer DEMİREL ZORBA^{2*}

* Corresponding Author: dnukhet@comu.edu.tr

¹ Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye / elif19dogan98@utlook.com

² Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Türkiye / dnukhet@comu.edu.tr

Abstract: Heat-Resistant Moulds (HRM) are defined as microorganisms that can survive thermal processes applied to foods due to their ascospores and can develop during storage. The most significant feature that makes these moulds important in the food industry is their ability to reactivate during thermal processes like pasteurisation, thermisation, and other processes involving low oxygen and high pressure, as well as being present in the sexual phase. The most common HRMs include *Byssoschlamys* spp., *Neosartorya (Aspergillus)* spp., *Talaromyces* spp., *Eupenicillium* spp., *Hamigera* spp., and *Thermoascus* spp. The primary source of HRMs is soil and fruits that come into contact with the soil. Especially strawberries, raspberries, grapes, apples, blueberries, and blackberries are among the most frequently studied products in the literature. In addition, HRMs have been isolated from and identified in various processed products such as fruit juices, baby food, puree-jams, marmalades, dairy products, and olives using different methods. Enzymes and mycotoxins synthesized by HRMs not only spoil food, causing economic losses, but also pose a hidden risk to public health. Therefore, the quality of raw materials, storage conditions, food hygiene practices, proper temperature pasteurisation, and the use of preservatives gain importance. This review aims to provide an additional perspective to the literature on the nomenclature of HRMs, their heat resistance, commonly found species in foods, metabolites produced by HRMs, and detection and prevention methods.

Keywords: HRM, Ascospore, Food, Fruit, Heat resistance, Mould

Meyve ve Meyve İçeren Ürünlerde Isıya Dirençli Küfler

Öz Isıya Dirençli Küfler (HRM), askosporları sayesinde gıdalara uygulanan ısısal işlemlere dayanabilen ve depolama sırasında gelişebilen mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır. Bu küfleri gıda endüstrisinde önemli kılan en önemli özellik, pastörizasyon, termizasyon gibi ısı işlemler ile düşük oksijen ve yüksek basınç içeren diğer işlemler sırasında yeniden aktif hale gelmeleri ve seksüel fazda bulunmalarıdır. En yaygın HRM'ler arasında *Byssoschlamys* spp., *Neosartorya (Aspergillus)* spp., *Talaromyces* spp., *Eupenicillium* spp., *Hamigera* spp. ve *Thermoascus* spp. bulunmaktadır. HRM'lerin ana kaynağı toprak ve toprakla temas eden meyvelerdir. Özellikle çilek, ahududu, üzüm, elma, yaban mersini ve böğürtlen literatürde en sık incelenen ürünler arasındadır. Ayrıca HRM'ler, farklı yöntemler kullanılarak meyve suları, bebek maması, püre-reçel, marmelat, süt ürünleri ve zeytin gibi çeşitli işlenmiş ürünlerden izole edilmiş ve tanımlanmıştır. HRM'ler tarafından sentezlenen enzimler ve mikotoksinler, yalnızca gıdayı bozmakla kalmayıp ekonomik kayıplara da neden olmakta ve ayrıca halk sağlığı için gizli bir risk



oluşturmaktadır. Bu nedenle ham maddelerin kalitesi, depolama koşulları, gıda hijyeni uygulamaları, uygun sıcaklıkta pastörizasyon ve koruyucu madde kullanımı önem kazanmaktadır. Bu derlemenin amacı, HRM'lerin isimlendirilmesi, ısı direnci, gıdalarda yaygın olarak bulunan türler, HRM'ler tarafından üretilen metabolitler ve tespit ve önleme yöntemleri konularında literatüre ek bir bakış açısı sağlamaktır.

Anahtar kelimeler: HRM, Askospor, Gıda, Meyve, Isıl direnç, Küf

Introduction

Heat-resistant Moulds (HRM) can be defined as microorganisms that cannot be inactivated by thermal processes in foods and have the potential to cause spoilage and toxin formation (Maneeboon et al., 2023). The concept of heat-resistant moulds first emerged as a problem in canned strawberries in England in 1934 (Oliver and Rendle, 1934). The heat resistance mechanism of HRMs is reported to arise from the sexual phase of the spores in their structure (Doyle and Sperber, 2009; Frac et al., 2015). Various sources state that HRMs develop resistance through environmental stimuli such as high temperature and pressure, maintaining their activity and causing various spoilages after thermal processing (Ulusoy et al., 2022; Houbraken, 2006; Ishara and Gunasena, 2021; Rico-Munoz et al., 2019).

The primary source of HRM ascospores is soil and products grown in soil, particularly fruits. Studies to date have focused on fruits grown in soil, especially strawberries, apples, pineapples, grapes, tomatoes, blueberries, and various products derived from them such as fruit juices, baby food, sauces, and purees (Rico et al., 2015; Salomão, 2018; Rico-Munoz et al., 2019; Ayva et al., 2019; Kim and Silva 2016; Kelfkens, 2024). In addition, studies have also been conducted on dairy products such as fruit yoghurt, kefir, and ice cream (Aydin et al., 2005; Engel and Teuber, 1991).

Among the most common HRMs causing spoilage in foods are *Byssoschlamys* Westling spp. (teleomorph of *Paecilomyces*), *Neosartorya* Wehmer spp. (teleomorph of *Aspergillus*), *Talaromyces* Benj.spp., and *Eupenicillium* Ludw (Teleomorph of *Penicillium*) spp. (Kelfkens, 2024). Additionally, *Hamigera* Stolk & Samson *Eurotium* Link, *Monascus* Tiegh and *Rasamsonia* Houbraken & Frisvad spp. are HRMs less frequently isolated from foods (Rico-Munoz et al., 2015; Rico-Munoz and dos Santos, 2019). These moulds are reported to survive at temperatures higher than 75°C for 30 minutes. Notably, *Paecilomyces niveus* Stolk & Samson (*Byssoschlamys*) and *Aspergillus fischeri* Wehmer (*Neosartorya*) have been reported to remain active at this temperature (Silva, 2015; Kim and Silva 2016). *Aspergillus thermomutatus* Peterson, *Thermoascus crustaceus* (Apinis & Chesters) Stolk, and Samson, *Talaromyces macrosporus* (Stolk & Samson) Frisvad, Samson & Stolk have been identified as more

heat-resistant in recent years, while *Eurotium* Link species have been defined as resistant to lower temperatures (Dijksterhuis, 2019).

HRMs cause various spoilages by synthesizing enzymes and mycotoxins in foods, which can also lead to serious health problems (Salomão, 2018). Therefore, HRM detection and prevention are necessary. Various methods have been used for HRM detection (Kotzekidou, 2014). Studies on HRMs are quite limited in literature. This study examines HRMs under the headings of Nomenclature for HRM, HRM Ascospores and Their Thermal Resistance, Most Common HRMs Isolated from Foods, and Detection of HRM.

Taxonomy and Nomenclature for HRM

Moulds can exhibit different morphs (reproductive forms) within a single organism. Previously, it was possible to name the same mould with different names due to its different forms (anamorph, teleomorph, synanamorph) and structures. However, the current nomenclature for HRMs follows the "One mould - one name" rule, considering only asexual forms (Rico-Munoz et al., 2015). This naming system was adopted to eliminate the confusion in the binary naming of HRMs, which previously considered their sexual (reproductive) forms. This complexity especially affects the genus *Talaromyces*, which is classified as asexual in two different genera, *Penicillium* and *Paecilomyces* (Kelfkens, 2024). Additionally, in some sources, HRMs are named with both asexual and sexual forms by appending the sexual form to the asexual name (Rico-Munoz et al., 2019; Rico-Munoz and dos Santos, 2019; Kim and Silva., 2016; Stefanello et al., 2020). The current nomenclature was given in Table 1.

HRM Ascospores and Their Thermal Resistance

Filamentous fungi reproduce in two ways, asexually and sexually. While asexual reproduction involves mitotic processes, sexual reproduction consists of meiotic stages that form spores. It is known that more than 25% of all mould species reproduce only asexually and do not have any teleomorph forms (Maj et al., 2023). HRMs, which belong to the class *Ascomycotina*, are microorganisms that possess both an asexual phase, producing non-heat-resistant conidia spores, and a sexual phase, producing heat-resistant spores during

their life cycle (Pitt and Hocking, 2009). Heat-resistant ascospores generally form from asci in groups of eight. The genus *Byssochlamys*, characterised by its ascospores, stands out in this regard. Some genera, however, are known for their structures called ascoma or ascomata, also called "fruiting bodies." For example, *Talaromyces gymnothecium*, *Neosartorya*, and *Eupenicillium* are known for their cleistothecium, which provides resistance to heat (Pitt and Hocking, 2009; Pitt and Hocking, 1984; Samson et al., 2007, 2014; Yilmaz et al., 2014). While gymnothecium exhibits a completely enclosed, spherical or pear-shaped structure, cleistothecium consists of tufts formed by spiralled and interwoven spiny hyphae (Maj et al., 2023; Pitt and Hocking, 1984).

Table 1. New nomenclature for HRM (Dijksterhuis, 2019; Kelfkens, 2024; Rico-Munoz and dos Santos, 2019; Rico-Munoz et al., 2019; Lane, 2019; Tournas, 1994).

Old Nomenclature	New Nomenclature
<i>Byssochlamys fulva</i> Olliver & G. Sm	<i>Paecilomyces fulvus</i> Stolk & Samson
<i>Byssochlamys nivea</i> Westling	<i>Paecilomyces niveus</i> Stolk & Samson
<i>Byssochlamys spectabilis</i> (Udagawa & Shoji Suzuki) Houbraken & Samson	<i>Paecilomyces variotii</i> Bainier
<i>Neosartorya fumigata</i> O'Gorman, H.T. Fuller & P.S. Dyer	<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresen.
<i>Neosartorya hiratsukae</i> Udagawa, Tsub. & Horie	<i>Aspergillus hiratsukae</i> Udagawa, Tsub. & . Horie
<i>Neosartorya glabra</i> (Fennell & Raper) Kozak.	<i>Aspergillus neoglaber</i> Kozak. 1989,
<i>Neosartorya fischeri</i> (Wehmer) Malloch & Cain	<i>Aspergillus fischeri</i> Wehmer
<i>Neosartorya pseudofischeri</i> Peterson	<i>Aspergillus thermomutatus</i> (Paden) Peterson
<i>Penicillium dangeardii</i> Pitt	<i>Talaromyces flavus</i> (Klöcker) Stolk & Samson
<i>Eurotium herbariorum</i> (Wigg.) Link ex Nees,	<i>Aspergillus glaucus</i> Link
<i>Eupenicillium javanicum</i> (Beyma) Stolk & Scott	<i>Penicillium javanicum</i> Beyma
<i>Penicillium macrosporum</i> Frisvad, Filt., Samson & Stolk	<i>Talaromyces macrosporus</i> (Stolk & Samson) Frisvad, Samson & Stolk
<i>Backusia terricola</i> Thirum, Whitehead & Mathur	<i>Monascus ruber</i> Tiegh
<i>Penicillium avellaneum</i> Thom & Turesson	<i>Hamigera avellanea</i> Stolk & Samson
<i>Dactylomyces crustaceus</i> Apinis & Chesters	<i>Thermoascus crustaceus</i> (Apinis & Chesters) Stolk

The thermal resistance of HRMs is suggested to arise from the ascospores produced in the sexual phase

(Doyle and Sperber, 2009; Frac et al., 2015). Ascospores generally exhibit higher thermal resistance than the conidia seen in the asexual phase and can withstand pasteurisation processes applied to fruit products and beverages (Dijksterhuis and Teunissen, 2004; Ray and Bhunia, 2014). Additionally, thermal treatment can stimulate ascospores, triggering their germination (Kelfkens, 2024).

Sesli et al. (2020) gave Turkish names to the fungi isolated from various sources in Turkey. Among these, there are some heat-resistant moulds.

The ascospores of *Neosartorya spp* (Turkish name: Gavur asper), *Byssochlamys spp* (Turkish name: pembecil), and *Talaromyces spp* (Turkish name: süpürge) are the most commonly known and isolated HRMs to date and are responsible for spoilage in processed foods (Ishara and Gunasena, 2021; Sesli et al., 2020). HRMs pose a significant risk to the industry as they can survive and grow not only during thermal processes such as pasteurisation and thermization but also under conditions of high pressure, low oxygen, and low humidity (Kim and Silva., 2016; Rico-Munoz and Dos Santos, 2019; Dos Santos et al., 2019; Dos Santos and Samapundo et al., 2020 Dijksterhuis, 2019). In one study, *Byssochlamys nivea* (Turkish name: Pembecil), *Neosartorya fischeri* (Turkish name: Gavur asper), *Talaromyces avellaneus* (Turkish name: Elpudra), and *Penicillium expansum* (Turkish name: Geniş penisilyum) were able to survive at 75°C for 15 minutes in strawberry puree, pineapple nectar, grape juice, and apple juice under pressures ranging from 350 to 700 MPa (Megapascal) (Silva, 2015; Silva, 2017; Silva, 2020). Another study conducted on high-acid pasteurised fruit products (strawberry puree, apple puree, orange juice) reported that the most isolated HRM product was strawberry puree. After pasteurisation, 34.5% of the fruit products were found to be contaminated with HRMs, with the isolated species being *N. fumigata* (Turkish name: Kiran asper) (39.7%), *N. fischeri* (27%), and *B. nivea* (7.9%) (Dos Santos et al., 2019). It was found that *Thermoascus spp.* could maintain activity at 90°C, while *Byssochlamys spp.* lost its activity (Yaguchi, 2023). *Aspergillus fumigatus* ascospores were able to survive at 80-85-90°C for 30 minutes and were inactivated at 95°C after 15 minutes. In contrast, *Paecilomyces variotii* (Turkish name: Gün Küfü), which is less resistant than *Aspergillus fumigatus*, was able to survive at 90°C for 10 minutes (Arıcı, 2006). HRMs, such as *Neosartorya spp.* and *Byssochlamys spp.*, have also been reported to grow in strawberry, orange juice, and apple products in low-oxygen headspace conditions (0.03%-0.05%) (Dos Santos et al., 2019). Table 2 shows the thermal

resistance of certain species under different environmental and temperature conditions.

Most Isolated from Foods (Common) HRMs

The primary sources of HRMs include areas such as soil, vineyards, and orchards. Since the fruits grown in these areas can naturally be contaminated with HRM spores, they are considered high-risk products (Aydın et al., 2005). Species such as *Byssoschlamys nivea*, *B. fulva*, *Neosartorya fischeri*, *Talaromyces avellaneus*, *T. flavus* (Turkish name: sarı süpürge), *T. macrosporus* (Turkish name: Koca süpürge) *Eupenicillium javanicum* (Turkish name: Topaç penisilyum), *Penicillium expansum* are defined as causing spoilage in fruits through their spores (Silva, 2020). Foods from which HRMs are commonly isolated include soil-grown fruits, fruit juices, baby food, wine, milk and dairy products, margarine, tomato paste, and baked goods. (Kotzekidou, 1997; Ulusoy et al., 2022; Pitt and Hocking, 1997; Kelfkens, 2024; Dos Santos et al., 2019). Other food products and supplements from which

HRM is isolated include sweeteners (granulated, liquid, sugar alcohols), pectin, juice purees, juice concentrates, tea leaves, roots, and vitamin powders. (Arıcı, 2006; Ishara and Gunasena, 2021; Aydın et al., 2014; Kelfkens, 2024; Pahalagedara et al., 2024).

In a study conducted on cherry, peach and raspberry samples, *Talaromyces flavus* and *Neosartorya fischeri* were identified as species with extra heat resistance (Beuchat, 1986). In another study involving frozen strawberries, blueberries, lemon, black carrot extract, and red grape extract, *Talaromyces* spp. and *Eurotium* species were the most frequently detected, while no HRMs were found in grapes and carrots (Tranquillini et al., 2017).

A recent study reported that 90.9% of pasteurized strawberries were contaminated with HRMs (Pahalagedara et al., 2024). HRMs have also been isolated from various fruit processing lines and environments.

Table 2. HRM thermal resistances at different media and temperatures

HRM	Media	Heat Resistance	References
<i>Byssoschlamys nivea</i>	Grape juice	60 min for 88 °C	Ulusoy et al. (2022)
	Apple juice	99°C. survived in juice	Dos Santos et al. (2019)
	Pineapple nectar	D= 0.9-55.2 min for 95-104°C	Ferreira et al. (2009)
	Strawberry puree	D=1.8-13.7 min for 85-90°C	Silva (2015)
<i>Byssoschlamys fulva</i>	Tomato juice	D90°C =8.1 min	Rico-Munoz et al. (2015)
	Passion fruit nectar	D=0.6-27 min for 98-107°C	Ferreira et al. (2011)
<i>Eupenicillium lapidosum</i>	Blueberry Juice	9 min. for 93.3 °C	Ulusoy et al. (2022)
<i>Neosartorya fischeri</i>	Apple juice	3.3 log reductions after 10 min for HPP and 75°C	Kim and Silva (2016)
	Fruit-based fillings	1.4 min. for 87.8 °C	Souza et al. (2017)
	Mango drink	D85°C=56.25 min	Rajashekhara et al. (1996)
<i>Talaromyces trachyspermus</i>	Blueberry and grape juice	2.33-2.85 min for 82°C	Tranquillini et al. (2017)
<i>Talaromyces macrosporus</i> (<i>T. fulvus</i>)	Apple juice	D90.6°C =2.2 min	Rico-Munoz et al. (2015) Dos Santos et al. (2019)
<i>Talaromyces bacillisporus</i>	Blueberry and grape juice	1.03-1.56 min for 91°C	Tranquillini et al. (2017)
<i>Thermoascus crustaceus</i>	Blueberry and grape juice	1.11-2.53 min for 95 °C	Scaramuzza and Berni (2014)
	Grape juice	60 min. survival for 88°C	
	Apple juice	D=1.8-24.4 for 90-95°C	Rico-Munoz et al. (2015)

The most isolated species from beverage processing lines were found to be *Paecilomyces variotii*, *Aspergillus hiratsukae*, and *Aspergillus fischeri*, in that order (Rico-Munoz and dos Santos, 2019). Species such as *B. nivea*, *B. fulva*, *B. spectabilis*, *N. fischeri*, *T. avellaneus*, *T. macrosporus* (Turkish name: Dikenli yumurta) and *Eupenicillium* spp. are the most common HRMs responsible for spoilage in fruits (Silva, 2020). Table 3 (below) lists the various HRM genera identified over the years in different areas. *Hamigera* (Turkish

name: Elpudra), *Thermoascus* (Turkish name: Dikenli yumurta, and *Monascus* (Turkish name: Topuz küf) are less commonly isolated genera.

Limited studies have been conducted on heat-resistant moulds in milk and dairy products, and various species have been identified. It has been reported that while pasteurisation affects ascospores in milk, homogenization and centrifugation do not have any effect (Aydın et al., 2005). *Monascus ruber* was detected at a level of 2.5 CFU/L in raw milk (Engel, 1991). Storing

cream cheeses at temperatures above 12°C can encourage the formation of HRM moulds (Pitt and Hocking, 1997). In a study conducted on cheeses (white cheese, tulum cheese, and herb cheese), *T. macrosporus* was not detected, but *B. nivea* was identified (Aydın et al., 2005). As a result, milk and dairy products can be considered a risky product group for HRMs. The addition of fruit-based ingredients to dairy products may further increase the risk of contamination and spoilage. The most commonly isolated species from food include *Byssoschlamys* spp., *Talaromyces* spp., *Neosartorya* spp., and *Eupenicillium* (Houbraken et al., 2006; Pitt and Hocking, 2009; Samson et al., 2007, 2014).

Byssoschlamys species are abundant in soil and are considered significant moulds in fruit products (Silva, 2015). *Byssoschlamys* produces spores in clusters of eight within an ascus. The most commonly cited species in the literature are *B. fulva* and *B. nivea*, while studies on *B. spectabilis* are limited (Kotzekidou, 2014). It has been reported to survive at 90°C for 25 minutes or longer (Tournas, 1994; Kotzekidou, 2014). It can maintain activity in a wide pH range (3-8) and under low oxygen conditions, as demonstrated in pineapple nectar at 103°C for 7 minutes (Ferreira et al., 2011). Apart from pasteurized fruit products, *Byssoschlamys* has been detected in various products like cucumber brine, milk, dairy products, and wine samples (Pitt and Hocking, 1997; Aydın et al., 2005; Eziashi et al., 2010). Areas of isolation include strawberry fields, vineyards, rivers, and soils (Piecková et al., 2020). *Byssoschlamys* is important to the food industry due to its ascospores high heat resistance (Ulusoy et al., 2022; Dos Santos et al., 2019; Silva, 2015; Rico-Munoz et al., 2015; Ferreira et al., 2011). Its thick cell walls and cytoplasmic membrane protect the ascospores from heat. Low pH, the presence of organic acids and preservatives like SO₂, and high concentrations of sugar and salt can also enhance the ascospores' heat resistance (Kotzekidou, 2014). Due to their ability to produce CO₂ under low oxygen tension (less than 0.5%) in packaging, thermal treatment below 90°C for 10 minutes can allow the germination and growth of ascospores. Therefore, combined technologies such as TS (Thermasonication), HPP (High-Pressure Processing), MAP (Modified Atmosphere Packaging), low-temperature storage, and preservatives are employed (Dos Santos and Samapundo et al., 2020; Silva, 2017; 2015, Nema et al., 2022; Buerman, 2020). Like other HRMs, *Neosartorya* spp. belongs to the Ascomycetes class and Aspergillaceae family (Maj et al., 2023). It is characterised by the cleistothecium structure surrounding the ascospores, which provides heat resistance. The most well-known species are *N. fischeri* and *N. pseudofischeri* (Rydholm et al., 2006). Other

commonly isolated species from fruit and soil include *N. spinosa*, *N. glabra*, *N. assulata*, *N. quadricincta*, *N. hiratsukae*, and *N. laciniosa* (Maj et al., 2023). The heat resistance of *Neosartorya* ascospores has been noted with D-values of D_{87°C} = 3.3-15.4 minutes, D_{90°C} = 1.3-4.3 minutes, and D_{95°C} = 0.3-0.6 minutes in strawberry samples (Berni et al., 2017).

Some sources suggest that *N. fischeri* ascospores are comparable to bacterial spores in terms of heat resistance and are more resistant than *B. fulva*, the most heat-resistant mould (Kim and Silva., 2016; Pitt and Hocking, 1997). Studies have shown that the heat resistance of ascospores increases with age (Slongo et al., 2006; Tournas and Traxler, 1994). There are various studies on this genus, such as a study where a *Neosartorya* spp. was identified as a potential biofertilizer for promoting the growth of Chinese cabbage (Hamayun, 2011). Another study demonstrated antimicrobial activity against bacteria like *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus* (Shan et al., 2012). Additionally, after heat treatment at 93°C for 1-8 minutes, proteins produced by *Neosartorya pseudofischeri*, isolated from blueberries, doubled, indicating that heat accelerates their metabolic reactions (Chen et al., 2022). To combat HRMs like *Neosartorya*, strategies involving natural antifungal agents such as microbial-based solutions, plant extracts, and essential oils might be the best approach for preventing food spoilage (Maj et al., 2023). For *Neosartorya* spp. isolated from pasteurized strawberry puree, Quantitative Microbial Spoilage Risk Assessment (QMSRA) can help estimate the potential spoilage of products (Dos Santos and Membré et al., 2020). It was also noted that low water activity (0.87) and oxygen combination (0.15%) are effective against this genus, and small differences in water activity can inhibit *A. fisherianus* (Dos Santos and Samapundo et al., 2020).

Talaromyces spp. is associated with various moulds such as *Penicillium*, *Paecilomyces*, and *Geosmithia*, and its spore structure is an ascocarp called gymnothecium. It is commonly isolated from heat-treated foods and fruit products (Pahalagedara et al., 2024). *T. flavus* (formerly *Penicillium dengardii*) (Turkish name: *Hoş süpürge*) is the most frequently isolated species from pasteurized fruit juices (Salomão, 2018). Another species, *T. bacillisporus* (formerly *Geosmithia*), has been detected in processed orange juices (Santos et al., 2018), while *T. trachyspermus* has been isolated from frozen pineapple juices (Enigl et al., 1993). The species *T. flavus* has been analyzed in blueberries, peaches, cherries, raspberries, and strawberries, with D-values at 91°C being 5.4 - 4.2 - 4.9 - 3.4 and 11.7 minutes respectively (Pahalagedara et al., 2024).

Studies also highlight the role of *Talaromyces* spp. in producing enzymes and mycotoxins with significant biological activity (Zhai et al., 2016; Li et al., 2022; Lan and Wu, 2020). For instance, *Talaromyces marneffeii* has been linked to HIV (Human Immunodeficiency) and AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome) (Sun et al., 2020), while other species have shown anticarcinogenic, antibacterial, and antifungal activities (Kumari et al., 2018; Nicoletti et al., 2018).

Eupenicillium is characterised by cleistothecium ascospores with smooth walls. Although it is not as prevalent in food as *Neosartorya*, *Talaromyces*, *Byssoschlamys*, studies on its occurrence in foods are limited (Pitt and Hocking, 2009; Pahalagedara et al., 2024).

The most commonly isolated species from food include *E. brefeldianum*, *E. cinnamopurpureum*, *E. hirayamae*, and *E. javanicum* (Salomão, 2018).

Table 3. Some studies on HRMs from past to present

HRM	Foods	References
<i>Byssoschlamys</i> spp.	Canned strawberry	Oliver and Rendle (1934)
<i>Monascus</i> spp., <i>Byssoschlamys</i> spp	Raw milk and silage	Frevel et al. (1985)
<i>Talaromyces flavus</i>	Pineapple juice, apple juice, grape juice	Beuchat (1988)
<i>Monascus ruber</i>	Bakery products	Spicher and Isfort (1988)
<i>Monascus ruber</i>	Raw milk	Engel (1991)
<i>Byssoschlamys fulva</i> , <i>Byssoschlamys nivea</i> , <i>Neosartorya fischeri</i>	Canned Tomato paste	Kotzekidou (1997)
<i>Byssoschlamys nivea</i> , <i>T. avellaneus</i> , <i>N. fischeri</i> , <i>Eupenicillium brefeldianum</i>	Cream cheese	Pitt and Hocking (1997)
<i>Neosartorya fischeri</i> <i>Talaromyces flavus</i> <i>Byssoschlamys nivea</i>	Mango concentrate Grapefruit juice Apricot Juice	Heperkan and Vasavada (2003) Samson et al. (2002)
<i>Talaromyces avellaneus</i>	Apple juice	Voldrich et al. (2004)
<i>Talaromyces macrosporus</i> and <i>Byssoschlamys nivea</i>	Cheese, fruit yoghurt, ice cream, fruit juice	Aydin et al (2005)
<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Paecilomyces variotii</i>	Margarine	Arici (2006)
<i>Byssoschlamys nivea</i>	Strawberry pure	Silva (2015)
<i>Neosartorya fischeri</i>	Apple juice	Kim and Silva (2016)
<i>Talaromyces trachyspermus</i> , <i>Talaromyces bacillisporus</i>	Blueberry and grape juice	Tranquillini et al. (2017)
<i>Byssoschlamys</i> , <i>Eurotium</i> , <i>Neosartorya</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Talaromyces</i>	Frozen strawberries, Frozen blueberries, Frozen lemon cells	
<i>Neosartorya fumigata</i> , <i>Neosartorya fischeri</i> <i>Byssoschlamys Nivea</i>	Strawberry pure, orange juice, apple pure (pasteurized products)	Dos Santos et al. (2018)
<i>Paecilomyces niveus</i>	Apple	Biango-Daniels and Hodge (2018)
<i>Aspergillus</i> , <i>Byssoschlamys</i> , <i>Talaromyces</i> , <i>Penicillium</i>	Soil (agricultural land)	Ayva et al. (2019)
<i>Talaromyces macrosporus</i> and <i>Aspergillus fischeri</i>	Strawberry pure	Timmermans et al. (2020)
<i>Aspergillus fischeri</i> , <i>Paecilomyces niveus</i>	Apple juice	Buerman et al. (2021)
<i>Thermoascus aurantiacum</i>	Grape Juice (88 °C for 60 min, survival)	Ulusoy et al. (2022)
<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Hamigera</i> , <i>Talaromyces</i> , <i>Paecilomyces</i>	Pineapples and sugarcane	Maneboon et al. (2023)
<i>Byssoschlamys fulva</i>	Carbonated beverages	Saubade et al. (2024)
HRM Ascospore	Fruit based Baby Food Puree	Kelfkens (2024)

Various environmental isolates of *Eupenicillium* have been found in pastures, rivers, saltwater, and soils (Visagie et al., 2014; Panagou et al., 2010). Other findings suggest that increasing the temperature by 10°C significantly increases *Penicillium brefeldianum* spore activity (Spuy et al., 1975). A study on *E. javanicum* noted that higher Brix° values increased D-values (Muria et al., 2020). *Penicillium expansum*, *P. buchwaldii*, and *P.*

bialowiezense have been isolated from fruit juices and smoothies processed with pulsed electric field (PEF). It has been reported that their spores can be inactivated by high-pressure processing (HPP), cold atmospheric plasma, UV (Ultraviolet) and chemical disinfectants such as chlorine dioxide and hypochlorite as preventive approaches (Groot et al., 2019).

Detection of Heat-Resistant Moulds (HRM)

The identification of heat-resistant moulds typically requires the isolation of HRM from samples and their conventional identification. The basic stages of traditional identification are homogenization, heating-cooling (pasteurisation), incubation, and isolation (Rico-Munoz, et al., 2015; Beuchat and Pitt, 2001). Molecular identification involves DNA isolation, PCR, sequencing analysis, and the use of various chemicals and processes (Maneboon et al., 2023; Peterson et al., 2010; Dos Santos et al., 2018). Identification and determination of their heat resistance can be performed through steps such as preparing ascospores, determining viable ascospores, and identifying heat-resistant ascospores.

The fundamental method of HRM detection relies on the inactivation of ascospores and the heat treatment applied (Ulusoy et al., 2022). The plating method and direct incubation method are the two primary methods used in the literature for traditional HRM detection (Hocking and Pitt, 1984). Although different media have been used for HRM development, MEA (Malt Extract Agar) is the most commonly preferred. Other media used in different identification and isolation stages include CYA (Czapek Yeast Extract Agar), PDA (Potato Dextrose Agar), OMA (Oatmeal Agar), AJA (Apple Juice Agar), and OWA (Oatmeal Wheat Germ Agar) (Beuchat, 1986; Pitt and Hocking, 1984; Tournas, 1994; Rico-Munoz and Hobraken, 2014). To improve mould isolation, 50 mg/L rose bengal and 100 mg/L chloramphenicol are added to double-strength MEA (generally used for HRMs) Then equal amount of heat (75 C for 30min) applied food homogenate were mixed with the medium before plating. (Maneboon et al., 2023; Rico-Munoz et al., 2015). Other methods include filtration for liquid sugars, centrifugation, and the impedimetric method (impedimetry and conductimetry), which is used only for *Byssochlamys* (Kotzekidou, 2014).

There is a need for molecular-based biological methods that are fast and easy to identify moulds based on the genotype of the organisms. The first step in this process is generally accepted as DNA extraction. DNA isolation methods can vary due to the cell wall composition of moulds, which includes chitin, glucans, lipids, and other polymers resistant to enzymatic and chemical reagents. Various biochemical, mechanical, and physical methods, or combinations of these can be used for mould DNA isolation. Primary types of DNA extraction methods include lysis buffers containing SDS (dodecyl sulfate), proteinase K, SDS and lysis buffer, benzyl chloride, alkaline chemicals, cetyltrimethylammonium bromide, and DNA isolation kits. Mechanical methods combine shaking with glass beads (ceramic or silica) or mechanical homogenization.

Physical methods include grinding with liquid nitrogen, microwaving, and using magnetic bead-based technologies. Especially for heat-resistant moulds like *Byssochlamys* and *Neosartorya* species, PCR (Polymerase Chain Reaction) methods are highly fast and useful for identification. Additionally, real-time PCR has been used for *N. fisheri* and *A. fumigatus* in various studies (Spiess et al., 2003; Weldhagen et al., 2008). RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) is another technique used to analyze genetic diversity among strains and mould populations. A previous study on *Neosartorya* species highlighted their similarity to *A. fumigatus* when RAPD-PCR was combined (Frac et al., 2015). Moreover, *Aspergillus* and *Penicillium* species can be identified using MALDI-TOF MS (Matrix Assisted laser desorption ionisation time of flight mass spectrometry) (Drissner and Freimoser, 2017; Normand et al., 2021).

Exo-Metabolites (Exstrolites) Produced by HRM

Enzymes

HRMs are considered critical microorganisms in the industry due to their production of various enzymes that degrade the structure of the product, leading to colony formation on the surface, phase separation, and cloudiness in beverages. Pectinases, amylases, cellulases, and proteinases produced by HRMs can cause food spoilage and economic loss (Salomão, 2018; Tournas, 1994). These enzymes also produce unpleasant odours, sour taste, and gas in foods (Tournas, 1994). Thus, more studies on the enzyme profiles synthesised by HRMs, which have limited literature, are needed.

Mycotoxins

It is known that heat-resistant moulds pose a health risk by producing various mycotoxins during their development in fruit products. For example, *Neosartorya* spp. produces fumitremorgins, fumitoxins, and verruculogen, while *Byssochlamys* produces patulin and byssochlamic acid, leading to food spoilage and mycelium formation (Hobraken et al., 2006; Puel et al., 2007). *Talaromyces* spp. synthesizes duclauxin and spiculisporic acid mycotoxins (Yamashita et al., 2019). Numerous studies addressing mycotoxins synthesized by HRMs can be found in the literature (Salomão, 2018; Kotzekidou, 2014; Lane, 2019; Piecková, 2020; Maj et al., 2023; Dijksterhuis, 2019; Kelfkens, 2024; Tournas, 1994). Mycotoxins produced by HRMs are shown in Table 4. Additionally, studies have emphasized the effects of patulin, produced by *Penicillium* and *Byssochlamys* spp., on human health. Patulin, primarily produced by *P. expansum* in apples, causes blue mould rot, leading to fruit loss. It has neurotoxic, immunotoxic, mutagenic, and carcinogenic effects, causing serious damage (Tournas, 1994; Samson et al., 2009; Salomão, 2018).

HRM Prevention Methods

To control HRM contamination in food processing facilities, high-quality raw materials must be used. To meet hygiene requirements, it is necessary to monitor, wash, and disinfect raw materials. Information on eliminating HRM ascospores from raw materials is limited. Since soil is the primary source of HRM ascospores, preventing soil contamination in raw materials through effective processes (such as rinsing and washing) is essential (Rico Munoz, 2017). In subsequent stages, the effective inactivation of HRMs can be achieved by using chlorine dioxide and acidified sodium chloride at adequate and correct concentrations. The concentration used generally varies depending on the microorganism load, species, and application method. Most studies focus on bacterial pathogens and non-heat-resistant Moulds. Dijksterhuis et al. (2018) evaluated the resistance of *Aspergillus* (*Neosartorya*), *Talaromyces*, and *Paecilomyces* (*Byssochlamys*) species to chlorine dioxide and iodine. The researchers reported that the most resistant species were *T. macrosporus* and *Paecilomyces variotii* (= *B. spectabilis*), surviving at 75 ppm chlorine dioxide concentration but not at 200 ppm. It was also found that the studied species survived at 75 ppm iodine concentration. It was determined that the inactivated spores did not germinate in the growth medium for 7 days. There is limited information regarding the elimination of HRM ascospores from packaging. Delgado et al. (2012) reported that the combination of 6-second heat treatment (70 °C) and hydrogen peroxide (35%) would provide sterilization when heat-resistant moulds such as *Aspergillus fischeri* and *P. variotii* are

present with up to 1 spore per 100 cm². In addition to controlling temperature, time and chemical concentration, packaging must also be stored and handled hygienically. Eliminating HRM ascospores from beverage processing environments is generally challenging, as the highest ascospore concentrations are often found in areas cleaned using dry cleaning methods. These areas must be adequately cleaned and disinfected (Rico-Munoz, 2017). Acidified sodium chloride has been reported to be an effective disinfectant against mould spores (Johnson and Rico-Munoz, 2007). The Food and Drug Administration (FDA) has approved the use of 100-200 ppm sodium chloride for use on food-contact processing equipment (US-FDA, 2024). The Environmental Protection Agency (EPA) has approved the use of oxy-chlorine types for food-contact surfaces (US-EPA, 2024). The number of studies examining the effectiveness of disinfectants against HRM ascospores is quite limited, and more research is needed in this area. Strategies to prevent and combat HRM contamination can be summarized as follows: 1- Sanitation practices (such as GMP(Good Manufacturing Practices), GHP(Good Hygiene Practices), HACCP(Hazard Analysis of Critical Control Point)) and risk assessment, 2- Fruit selection (removal of damaged or spoiled products), 3- Use of chemicals (ClO₂, iodine, chlorine-based disinfectants), 4- Combined methods (low water activity, pH, temperature), 5- Non-thermal inactivation methods (modified atmosphere packaging, high-pressure processing, pulsed electric fields) (Rico-Munoz and Dos Santos, 2019; Rico-Munoz et al., 2019; Groot et al., 2019; Stafenallo et al., 2020).

Table 4. Mycotoxins produced by HRM

Heat Resistant Moulds	Mycotoxins	References
<i>Byssochlamys</i> spp. (<i>Paecilomyces</i>)	Patulin, Byssotoxin A (Assimetrin and variotin) Byssochlamic acid, Byssochlamysol Mycophenolic acid, Viriditoxin	Houbraken et al. (2006) Puel et al. (2007) Salomão (2018) Kotzekidou (2014) Lane (2019)
<i>Neosartorya</i> spp. (<i>Aspergillus</i>)	Fumitremorgins (A, B and C), fumitoxins, verruculogen, Penitrem A, fischerin, fumigatin, fumagillin, tryptoquivalone, gliotoxin, fumigaclavines	Piecková et al. (2020) Lane (2019) Maj et al. (2023)
<i>Talaromyces</i> spp.	Duclauxin, spiculisporic acid, Avellanin A and B, emodin, vermiculin, vermucidin, vermistatin, talaromycin, trachysporic acid	Yamashita et al. (2019) Piecková et al. (2020)
<i>Penicillium</i> spp. (<i>Eupenicillium</i>)	Patulin, Ochratoxin A, Penicillic acid, Brefaldin A and C, Cupenifeldin (cyanein)	Salomão (2018) Piecková et al. (2020)

Conclusion and Recommendations

Due to the spoilage they cause in food, especially fruits, HRMs pose a hidden risk for the food industry. Preventing the formation of HRMs is becoming increasingly important due to their ability to produce

mycotoxins and enzymes, and their ability to maintain activity at high temperatures. For this reason, thermal processes (such as pasteurisation, and thermisation) and non-thermal processes such as HPP, UV, TS, and MAP can be applied considering the variables of food brix°, pH,

and aw. Additionally, it should be noted that intense heat treatment (>90°C), which inactivates ascospores and prevents spoilage, can also deteriorate the quality of the food (Dos Santos et al., 2018, Dos Santos and Membré et al., 2020). Moreover, selecting quality raw materials, HACCP, GMP, GHP, QMSRA applications are also important practices to prevent HRM contamination. Fruit products, which are frequently consumed and vary seasonally, are considered to be susceptible to soil-borne HRM contamination. Therefore, there is a need for comprehensive studies and efforts to prevent HRMs, rather than focusing on a single raw material or species.

Author contributions

All authors equally contributed

Conflicts of interest

The authors declare no competing interests.

Ethical Statement: The abstract of this article was published at the 4th International Euroasian Mycology Congress. It is hereby declared that scientific and ethical principles were followed during the preparation of this study and that all studies used were indicated in the bibliography.

It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Elif Doğan, Nükhet N. Demirel ZORBA).

Acknowledgement

This review was prepared from Elif Doğan's master's thesis project. "We would like to thank Çanakkale Onsekiz Mart University BAP Unit for supporting the project (FYL-2024-4779) and Ali EMRE ANDAÇ for helping to organize the text and references distributed under the title of prevention of HRMs."

References

- Arıcı, A. D. M. (2006). Margarinde Yüksek Sıcaklığa Dayanıklı Küflerin İzolasyonu, Tanımlanması ve Isıl Dirençlerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(3), 269-273.
- Aydin A., Ulusoy B.H., Ergun Ö. (2005): A survey on heat-resistant moulds in heat treated milk, milk products and fruit juices. *Archiv fur Lebensmittelhygiene*, 56: 58–60.
- Aydin, A., Erkan, M., and Ulusoy, B. (2014). Isıya Dayanıklı Küflerin Gıda Sanayii Ve Halk Sağlığı Açısından Önemi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (7).28-35.
- Ayva, F., Ouzeir, G., Demirel, R., Şen, B., Asan, A., & Kadaifçiler, D. (2019). Biodiversity of Heat Resistance Soil Microfungi in Agricultural Areas of Eskisehir Province. *Mantar Dergisi*, 10(3), 67-78.
- Beuchat L.R., Pitt J.I. (2001): Detection and enumeration of heat-resistant moulds. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, 3: 251–263
- Beuchat, L. R. (1988). Influence of organic acids on heat resistance characteristics of *Talaromyces flavus* ascospores. *International Journal of Food Microbiology*, 6(2), 97-105.
- Beuchat, L. R. (1986). Extraordinary heat resistance of *Talaromyces flavus* and *Neosartorya fischeri* ascospores in fruit products. *Journal of Food Science*, 51(6), 1506-1510.
- Berni, E., Tranquillini, R., Scaramuzza, N., Brutti, A., and Bernini, V. (2017). *Aspergilli* with *Neosartorya*-type ascospores: heat resistance and effect of sugar concentration on growth and spoilage incidence in berry products. *International Journal of Food Microbiology*, 258, 81-88.
- Biango-Daniels, M. N., and Hodge, K. T. (2018). *Paecilomyces* rot: a new apple disease. *Plant Disease*, 102(8), 1581-1587.
- Buerman, E. C., Worobo, R. W., and Padilla-Zakour, O. I. (2021). High pressure processing of heat and pressure resistant fungi as affected by pH, water activity, sulfites, and dimethyl dicarbonate in a diluted apple juice concentrate. *Food Control*, 120, 107551.
- Chen, S., Fan, L., Song, J., Zhang, H., Doucette, C., Hughes, T., and Campbell, L. (2022). Quantitative proteomic analysis of *Neosartorya pseudofischeri* ascospores subjected to heat treatment. *Journal of Proteomics*, 252, 104446.
- Delgado, D. A., de Souza Sant'Ana, A., Granato, D., and de Massaguer, P. R. (2012). Inactivation of *Neosartorya fischeri* and *Paecilomyces variotii* on paperboard packaging material by hydrogen peroxide and heat. *Food Control*, 23(1), 165-170.
- Dijksterhuis, J., and Teunissen, P. G. M., 2004, Dormant ascospores of *Talaromyces macrosporus* are activated to germinate after treatment with ultra high pressure, *Journal of Applied Microbiology*. 96:162–169.
- Dijksterhuis, J., Meijer, M., van Doorn, T., Samson, R., and Rico-Munoz, E. (2018). Inactivation of stress-resistant ascospores of Eurotiales by industrial sanitizers. *International Journal of Food Microbiology*, 285, 27-33.
- Dijksterhuis, J. (2019). Fungal spores highly variable and stress-resistant vehicles for distribution and spoilage. *Food Microbiology*, 81, 2–11
- Doyle, M. and Sperber, W. (2009). *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages*, Food Microbiology and Food Safety. Berlin Springer Science-Business Media.
- Dos Santos, J. L. P., Samapundo, S., Biyikli, A., Van Impe, J., Akkermans, S., Höfte, M., Abatih, E.N., Sant'Ana, A. S., & Devlieghere, F. (2018). Occurrence, distribution and contamination levels of heat-resistant moulds throughout the processing of pasteurized high-acid fruit products. *International Journal of Food Microbiology*, 281, 72-81.
- Dos Santos, J. L. P., Samapundo, S., Pimentel, G. C., Van Impe, J., Sant'Ana, A. S., & Devlieghere, F. (2019). Assessment of minimum oxygen concentrations for the growth of heat-resistant moulds. *Food Microbiology*, 84, 103243.
- Dos Santos, J. L. P., Samapundo, S., Van Impe, J., Sant'Ana, A. S., and Devlieghere, F. (2020). Effect of sugar concentration (° Brix) and storage temperature on the time to visible growth of individual ascospores of six heat-resistant moulds isolated from fruit products. *Food Control*, 108, 106880.
- Dos Santos, J. L. P., Membré, J. M., Jacxsens, L., Samapundo, S., Van Impe, J., Sant'Ana, A. S., and Devlieghere, F. (2020). Quantitative microbial spoilage risk assessment (QMSRA) of pasteurized strawberry purees by *Aspergillus fischeri* (teleomorph *Neosartorya fischeri*). *International Journal of Food Microbiology*, 333, 108781.
- Drissner, D., and Freimoser, F. M. (2017). MALDI-TOF mass spectroscopy of yeasts and filamentous fungi for research and diagnostics in the agricultural value chain. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1-12.
- Engel, G., and Teuber, M. (1991). Heat resistance of ascospores of *Byssoschlamys nivea* in milk and cream. *International Journal of Food Microbiology*, 12(2-3), 225-233.
- Engel.G. 1991. *B. nivea* und *M. ruber* in Milch und Milchprodukten. *Deutsche Milchwirtsch.*46: 442-444.
- Enigl, D. C., King Jr, A. D., and Török, T. (1993). *Talaromyces trachyspermus*, a heat-resistant Mould isolated from fruit juice. *Journal of Food Protection*, 56(12), 1039-1042.
- Eziashi, E. I., Omamor, I. B., Airede, C. E., Udozen, C. V., and Chidi, N. (2010). Heat resistance of genus *Byssoschlamys* isolated from bottled raphia palm wine. *Journal of Yeast and Fungal Research*, 1(8), 142-145.
- Ferreira, E.H.D.R., Rosenthal, A., Calado, V., Saraiva, J., Mendo, S. (2009). *Byssoschlamys nivea* inactivation in pineapple juice and nectar using high pressure cycles. *Journal of Food Eng.* 95, 664–669.
- Ferreira, E. H. D. R., Masson, L. M. P., Rosenthal, A., Souza, M. D. L., Tashima, L., & Massaguer, P. R. D. (2011). Thermoresistance of filamentous fungi isolated from aseptically packaged fruit nectars. *Brazilian Journal of Food Technology*, 14, 164-171.

- Fraç, M., Jezierska-Tys, S., and Yaguchi, T. (2015). Occurrence, detection, and molecular and metabolic characterization of heat-resistant fungi in soils and plants and their risk to human health. *Advances in Agronomy*, 132, 161-204.
- Groot, M. N., Abee, T., and van Bokhorst-van de Veen, H. (2019). Inactivation of conidia from three *Penicillium* spp. isolated from fruit juices by conventional and alternative mild preservation technologies and disinfection treatments. *Food Microbiology*, 81, 108-114.
- Heperkan, D., Vasavada, C.P. (2003). Meyve Suları ve Konsantrelerinde Mikrobiyolojik Problemler ve Kontrolü. *Gıda Teknolojisi*. 7(7): 44-52
- Hocking, A. D., & Pitt, J. I. (1984). Food spoilage fungi. II. Heat-resistant fungi. *CSIRO Food Res. Q*, 44, 73-82.
- Houbraken, J., Samson, R. A., and Frisvad, J. C. (2006). *Byssoschlamys*: significance of heat resistance and mycotoxin production. In *Advances in Food Mycology* (pp. 211-224). Boston, MA: Springer US.
- Houbraken, J. A. M. P., and Samson, R. (2011). Phylogeny of *Penicillium* and the segregation of *Trichocomaceae* into three families. *Studies in Mycology*, 70(1), 1-51.
- Ishara, A. W. S., and Gunasena, G. D. D. K. (2021). Heat-resistant moulds in pasteurized fruit syrups. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(1), 104-111.
- Johnson, S., and Rico-Munoz, E. (2007). Sanitation in food and beverage processing plants: preventing or reducing Mould spoilage. *Proceedings of Food Mycology: Emerging Mould Problems and Spoilage in Food and Beverages, First ed. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands*, 110-116.
- Kelfkens, J. (2024). The Occurrence of Fungi in the Manufacturing Of Fruit-Based Baby Food Purée Packaged In Retort Pouches (Doctoral Dissertation, Stellenbosch University).
- Kim, H. J., and Silva, F. V. M. (2016). Modelling the inactivation of *Neosartorya fischeri* ascospores in apple juice by high pressure, power ultrasound and thermal processing. *Food Control*, 59, 530-537.
- Kotzekidou, P. (1997). Heat resistance of *Byssoschlamys nivea*, *Byssoschlamys fulva* and *Neosartorya fischeri* isolated from canned tomato paste. *Journal of Food Science*, 62(2), 410-412.
- Kotzekidou, P. (2014) "Byssoschlamys" in *Encyclopedia of Food Microbiology* (Ed.C.A.Batt and M.L.Tortorello) Volume 1: 344-350.
- Kumari, M., Taritla, S., Sharma, A., and Jayabaskaran, C. (2018). Antiproliferative and antioxidative bioactive compounds in extracts of marine-derived endophytic fungus *Talaromyces purpureogenus*. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1777.
- Lan, D., and Wu, B. (2020). Chemistry and bioactivities of secondary metabolites from the genus *Talaromyces*. *Chemistry and Biodiversity*, 17(8), 200-229.
- Lane, J. (2019). Quantification of the effect of process, product and storage conditions on the spoilage risk of pasteurized fruit-based products by Heat-Resistant Moulds (HRMs) (Doctoral dissertation, Ghent University) Chapter 1.
- Li, Y. L., Yi, J. L., Cai, J., Zhou, X. M., Chen, L., Zhuo, X., and Lai, X. Y. (2022). Two new bioactive secondary metabolites from the endophytic fungus *Talaromyces assiutensis* JTY2. *Natural Product Research*, 36(14), 3695-3700.
- Maneeboon, T., Sangchote, S., Hongprayoon, R., Chuaysrinule, C., & Mahakarnchanakul, W. (2023). Occurrence of Heat-Resistant Mould Ascospores in Pineapple and Sugarcane Field Soils in Thailand. *International Journal of Microbiology*, 2023(1), 8347560.
- Maj, W., Pertile, G., & Fraç, M. (2023). Soil-Borne Neosartorya spp.: A Heat-Resistant Fungal Threat to Horticulture and Food Production—An Important Component of the Root-Associated Microbial Community. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 1543.
- Muria, S. R., Adella, L., and Ramadhani, R. (2020). Thermal inactivation of *Eupenicillium javanicum* ascospores in pineapple juice: effect of temperature, soluble solids and spore age. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1655, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Nicoletti, R., Salvatore, M. M., and Andolfi, A. (2018). Secondary metabolites of mangrove-associated strains of *Talaromyces*. *Marine Drugs*, 16(1), 12.
- Normand, A. C., Blaize, M., Imbert, S., Packeu, A., Becker, P., Fekkar, A., Stubbe, D. and Piarroux, R. (2021). Identification of Moulds with MALDI-TOF mass spectrometry: Performance of the newly developed MSI-2 application in comparison with the Bruker filamentous fungi database and MSI-1. *Journal of Clinical Microbiology*, 59(10).
- Oliver, M., and Rendle, T. (1934). A new problem in fruit preservation. Studies on *Byssoschlamys fulva* and its effects on the tissue of processed fruit. *J Soc Chem Ind* (London), 53, 166-172.
- Pahalagedara, A. S., Gkogka, E., and Hammershøj, M. (2024). A review on spore-forming bacteria and moulds implicated in the quality and safety of thermally processed acid foods: focusing on their heat resistance. *Food Control*, 110716.
- Panagou, E. Z., Chelonas, S., Chatzipavlidis, I., & Nychas, G. J. E. (2010). Modelling the effect of temperature and water activity on the growth rate and growth/no growth interface of *Byssoschlamys fulva* and *Byssoschlamys nivea*. *Food Microbiology*, 27(5), 618-627.
- Peterson, S. W., Jurjevic, Z., Bills, G. F., Stchigel, A. M., Guarro, J., and Vega, F. E. (2010). Genus *Hamigera*, six new species and multilocus DNA sequence-based phylogeny. *Mycologia*, 102(4), 847-864.
- Piecková, E., Lehotská, R., and Globanová, M. (2020). Heat resistant fungi, toxicity and their management by nanotechnologies. In *Nanomycotoxicology* (pp. 217-237). Academic Press.
- Pitt, J. I. and Hocking, A. D. (1997). *Fungi and food spoilage*. London, UK: Blackie Academic and Professional.
- Pitt, J. I. and Hocking, A. D. (2009). *Fungi and food spoilage*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2>

- Rajashekhara, E., Suresh, E. R., & Ethiraj, S. (1998). Thermal death rate of ascospores of *Neosartorya fischeri* ATCC 200957 in the presence of organic acids and preservatives in fruit juices. *Journal of Food Protection*, 61(10), 1358-1362.
- Ray, B., and Bhunia, A. (2014). *Fundamental Food Microbiology* (5th ed.). CRC Press.
- Rico-Munoz, E., Houbraeken, J., and Samson, R. A. (2015). Detection and enumeration of heat-resistant Moulds. *Compendium Of Methods For The Microbiological Examination of Foods*, 387-397.
- Rico-Munoz, E., and dos Santos, J. L. P. (2019). The fungal problem in thermal processed beverages. *Current Opinion in Food Science*, 29, 80-87.
- Rico-Munoz, E., Samson, R. A., & Houbraeken, J. (2019). Mould spoilage of foods and beverages: Using the right methodology. *Food Microbiology*, 81, 51-62.
- Rydholm, C., Szakacs, G., & Lutizoni, F. (2006). Low genetic variation and no detectable population structure in *Aspergillus fumigatus* compared to closely related *Neosartorya* species. *Eukaryotic cell*, 5(4), 650-657.
- Puel, O., Tadrast, S., Delaforge, M., Oswald, I.P., Lebrihi, A. (2007). The inability of *Byssoschlamys fulva* to produce patulin is related to absence of 6-methylsalicylic acid synthase and isoepoxydon dehydrogenase genes. *International Journal of Food Microbiology*, 115,131-139
- Samson, R.A., Hoekstra, E.S., Filtenborg, O., Frisvad, J.C. (2002) *Introduction to Food and Airborne Fungi*, 6 Edition. Published by Centraalbureau voor Schimmelcultures, VVageningen, Netherlands.
- Samson, R. A., Hong, S., Peterson, S. W., Frisvad, J. C., and Varga, J. (2007). Polyphasic taxonomy of *Aspergillus* section Fumigati and its teleomorph *Neosartorya*. *Studies in Mycology*, 59(1), 147-203.
- Samson, R. A., Houbraeken, J., Varga, J., and Frisvad, J. C. (2009). Polyphasic taxonomy of the heat-resistant ascomycete genus *Byssoschlamys* and its *Paecilomyces* anamorphs. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 22(1), 14-27.
- Samson, R. A., Visagie, C. M., Houbraeken, J., Hong, S. B., Hubka, V., Klaassen, C. H., Perrone, G., Seifert, K., Susca, A. and Frisvad, J. (2014). Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. *Studies in mycology*, 78(1), 141-173.
- Salomão, B.d. C. M. (2018). *Chapter 16 - pathogens and spoilage microorganisms in fruit juice: An overview*. In G. Rajauria, and B. K. Tiwari (Eds.), *Fruit juices* (pp. 291–308).Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00016-3>.
- Saubade, F., Cossec, N., Gesret, L. G., Kouamé, C., Ellouze, M., Gérard, Couvert C., & Desriac, N. (2024). Heat resistance of five spoilage microorganisms in a carbonated broth. *Food Microbiology*, 122, 104545.
- Scaramuzza, N., Berni, E., 2014. Heat-resistance of *Hamigera avellanea* and *Thermoascus crustaceus* isolated from pasteurized acid products. *International Journal of Food Microbiology*. 168–169, 63– 68
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F. (edlr). Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kirbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu. and Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi* (The Checklist of Fungi of Turkey). Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını, İstanbul.
- Shan, T., Sun, W., Lou, J., Gao, S., Mou, Y., and Zhou, L. (2012). Antibacterial activity of the endophytic fungi from medicinal herb, *Macleaya cordata*. *African Journal of Biotechnology*, 11(19), 4354-4359.
- Silva, F. V. M. (2015). Inactivation of *Byssoschlamys nivea* ascospores in strawberry puree by high pressure, power ultrasound and thermal processing. *International Journal of Food Microbiology*, 214, 129-136.
- Silva, F. V. (2017). Resistance of *Byssoschlamys nivea* and *Neosartorya fischeri* mould spores of different age to high pressure thermal processing and thermosonication. *Journal of Food Engineering*, 201, 9-16.
- Silva, F. V. (2020). Resistant moulds as pasteurisation target for cold distributed high pressure and heat assisted high pressure processed fruit products. *Journal of Food Engineering*, 282, 109998.
- Slongo, A. P., and Aragão, G. M. F. D. (2006). Factors affecting the thermal activation of *Neosartorya fischeri* in pineapple and papaya nectars. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37, 312-316.
- Souza, P.B.A., Poltronieri, K.F., Alvarenga, V.O., Granato, D., Rodriguez, A.D.D., Sant'Ana, A.S., Peña, W.E.L., 2017. Modeling of *Byssoschlamys nivea* and *Neosartorya fischeri* inactivation in papaya and pineapple juices as a function of temperature and soluble solids content. *LWT - Food Sci. Technol.* 82, 90–95.
- Sun, B. D., Chen, A. J., Houbraeken, J., Frisvad, J. C., Wu, W. P., Wei, H. L., Zhou Y.G., Jiang, X.Z and Samson, R. A. (2020). New section and species in *Talaromyces*. *MycoKeys*, 68, 75.
- Stefanello, A., Magrini, L. N., Lemos, J. G., Garcia, M. V., Bernardi, A. O., Cichoski, A. J., and Copetti, M. V. (2020). Comparison of electrolyzed water and multiple chemical sanitizer action against heat-resistant moulds (HRM). *International Journal of Food Microbiology*, 335, 108856.
- Spieß, B., Buchheidt, D., Baust, C., Skladny, H., Seifarth, W., Zeilfelder, U., Leib-Mösch, C.,Mörz,H.,and Hehlmann, R. (2003). Development of a LightCycler PCR assay for detection and quantification of *Aspergillus fumigatus* DNA in clinical samples from neutropenic patients. *Journal of clinical microbiology*, 41(5), 1811-1818.

- Spicher, G., Isfort, G. 1988. Die Erreger der Schimmelbildung bei Backwaren. 10. Mitteilung: *Monascus ruber*, ein nicht alltäglicher Schimmelerreger des Brotes. *Getreide, Mehl und Brot* 42:176-181
- Tournas, V. (1994). Heat-Resistant Fungi of Importance to the Food and Beverage Industry. *Critical Reviews in Microbiology*, 20(4), 243–263.
- Tournas, V., and Traxler, R. W. (1994). Heat resistance of a *Neosartorya fischeri* strain isolated from pineapple juice frozen concentrate. *Journal of Food Protection*, 57(9), 814-816.
- Timmermans, R., Hayrapetyan, H., Vollebregt, M., and Dijksterhuis, J. (2020). Comparing thermal inactivation to a combined process of moderate heat and high pressure: Effect on ascospores in strawberry puree. *International journal of food microbiology*, 325, 108629.
- Tranquillini, R., Scaramuzza, N., & Berni, E. (2017). Occurrence and ecological distribution of heat resistant moulds spores (HRMS) in raw materials used by food industry and thermal characterization of two *Talaromyces* isolates. *International Journal of Food Microbiology*, 242, 116-123.
- US-FDA (2024). Indirect Food Additives: Adjuvants, Production Aids, and Sanitizers. Access date: 10.08.2024, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2011-title21-vol3/pdf/CFR-2011-title21-vol3-sec178-1010.pdf>.
- US-EPA (2024). Tolerance Exemptions for Active and Inert Ingredients for Use in Antimicrobial Formulations (Food-contact Surface Sanitizing Solutions). Access date: 19.07.2024, <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-E/part-180/subpart-D/section-180.940>.
- Ulusoy, B. H., Hamed, N. S., and Yildirim, F. K. (2022). Heat-resistant moulds: Assessment, prevention and their consequences for food safety and public health. *Czech Journal of Food Sciences*, 40(4)
- Weldhagen, G. F., du Plooy, M., Clay, C. G., and Havenga, Y. (2008). Molecular identification and mitochondrial cytochrome b gene analysis of a clinical isolate of *Neosartorya fischeri*. *Clinical Microbiology Newsletter*, 30(13), 100-104.
- Visagie, C. M., Houbraken, J., Frisvad, J. C., Hong, S. B., Klaassen, C. H. W., Perrone, G., Seifert, K.A., Varga, J., Yaguchi, T. and Samson, R. A. (2014). Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Studies in mycology*, 78(1), 343-371.
- Voldřich, M., Dobiáš, J., Tichá, L., Čeřovský, M., and Krátká, J. (2004). Resistance of vegetative cells and ascospores of heat-resistant mould *Talaromyces avellaneus* to the high pressure treatment in apple juice. *Journal of Food Engineering*, 61(4), 541-543.
- Yamashita, S., Nakagawa, H., Sakaguchi, T., Arima, T. H., and Kikoku, Y. (2019). Detection of *Talaromyces macrosporus* and *Talaromyces trachyspermus* by a PCR assay targeting the hydrophobin gene. *Letters in applied microbiology*, 68(5), 415-422.
- Yilmaz, N., Visagie, C. M., Houbraken, J., Frisvad, J. C., and Samson, R. A. (2014). Polyphasic taxonomy of the genus *Talaromyces*. *Studies in Mycology*, 78, 175-341.
- Zhai, M. M., Li, J., Jiang, C. X., Shi, Y. P., Di, D. L., Crews, P., and Wu, Q. X. (2016). The bioactive secondary metabolites from *Talaromyces* species. *Natural products and bioprospecting*, 6, 1-24.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Çakirer Seyrek, G. & Demir, K. (2024). Atık Mantar Kompostunun Topraksız Tarımda Katı Ortam Materyali Olarak Kullanımı, Mantar Dergisi, 15(Özel sayı) 151-158.

Geliş(Received) :05.11.2024

Kabul(Accepted) :05.12.2024


Derleme Makale


Doi: 10.30708/mantar.1579979

Atık Mantar Kompostunun Topraksız Tarımda Katı Ortam Materyali Olarak Kullanımı

Gamze ÇAKIRER SEYREK^{1*}, Köksal DEMİR²

*Sorumlu yazar: gcakirer@ankara.edu.tr

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye/
gcakirer@ankara.edu.tr 

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye/
koksaldem@ankara.edu.tr 

Öz: Topraksız tarım teknikleri serada toprak yorgunluğu nedeniyle vazgeçilmez bir yöntemdir. Tarımda ileri ülkelerde %100'lere yakın oranda bu teknikle üretim yapılmaktadır. Bu konuda üretim maliyetini önemli derecede etkileyen unsurlardan birisi katı ortamdır. Katı ortam kültüründe en yaygın ve kullanışlı materyallerden biri kokopit olmasına rağmen bu materyalin temininde dışa bağımlı olmak önemli bir sorundur. Atık mantar kompostu; lignoselülozik (buğday, talaş, pirinç samanı ve mısır koçanı vb.) ve organik (protein, karbonhidratlar vb.) materyaller, atık mantar miselleri ve besin maddelerinin (azot, fosfor, potasyum vb.) karışımından oluşan mantar endüstrisinin organik toprak benzeri atığıdır. Mantar üretim süreci sonunda ortaya çıkan bu materyal atık olarak nitelendirilir ve kullanım alanı sınırlıdır. 1 kg mantar üretimi sonucunda yaklaşık 2.5-5 kg kadar atık mantar kompostu ortaya çıkabilmektedir. Avrupa'da her yıl üç milyon tondan fazla kullanılmış mantar kompostunun çıktığı bildirilmektedir. Atık mantar kompostu günümüzde yaygın olarak atık alanlarına atılarak veya yakılarak ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Bu durum çevre ve hava kirliliği gibi önemli bir problem oluşturmakta, insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Atık mantar kompostunun farklı alanlarda değerlendirilmesi, ekonomiye kazandırılması büyük önem taşımaktadır. Fiziksel özellikleri ve besin içeriği nedeniyle kullanılmış mantar kompostunun bitkisel üretimde yetiştirme ortamı olarak kullanılma potansiyeli oldukça büyüktür. Ancak atık sonrası bir takım işlemlerden geçirilmesi ve düzenlenmesi gereklidir. Günümüzde önemi daha da ortaya çıkan topraksız tarım sistemlerine atık mantar kompostunun ortam materyali olarak kazandırılması ekonomiye hem katma değer sağlaması hem de çevre kirliliğinin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada atık mantar kompostunun topraksız tarımda ortam materyali olarak kullanılabilme olanakları ve özellikleri bilimsel çalışmalar ışığında tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Katı Ortam, Mantar Kompostu, Topraksız Tarım, Atık

Use of Waste Mushroom Compost as Solid Media Material in Soilless Agriculture

Abstract: Soilless culture techniques are an indispensable method due to soil fatigue in greenhouses. In advanced countries in agriculture, production is carried out with this technique at a rate of almost 100%. One of the things that significantly affects the production cost in this regard is the solid medium. Although cocopeat is one of the most common and useful materials



CC BY 4.0 Uluslararası Lisansı altında lisanslanmıştır / Licensed under the CC BY 4.0 International License. Atıflamada APA stili kullanılmıştır, iThenticate ile taranmıştır./ APA style was used in citation, plagiarism was checked with iThenticate.

in solid media culture, dependence on external sources for the supply of this material is a significant problem. Waste mushroom compost is the organic soil-like waste of the mushroom industry, consisting of a mixture of lignocellulosic (wheat, sawdust, rice straw and corn cob, etc.) and organic (protein, carbohydrates, etc.) materials, residual mushroom mycelium and nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, etc.). This material, which is produced at the end of the mushroom production process, is considered waste and its usage area is limited. Approximately 2.5-5 kg of waste mushroom compost can be produced from 1 kg of mushroom production. It is reported that more than three million tons of used mushroom compost is produced every year in Europe. Today, waste mushroom compost is commonly tried to be disposed of by throwing it in landfills or burning it. This situation creates a critical problem such as environmental and air pollution and negatively affects human health. It is essential to evaluate the waste mushroom compost in different areas and add it to the economy. Due to its physical properties and nutritional content, the potential of used mushroom compost to be used as a growing medium in plant production is relatively high. However, it needs to be processed and regulated after the waste. The use of waste mushroom compost as a medium material in soilless culture systems, whose importance is becoming increasingly apparent today, is of great importance in providing added value to the economy and preventing environmental pollution. In this study, the possibilities and properties of using waste mushroom compost as a medium material in soilless culture were determined in the light of scientific studies.

Keywords: Substrate, Mushroom compost, Soilless culture, Waste

Giriş

Dünyada zengin bir mantar çeşitliliği bulunmakta ve 70.000'den fazla mantar türü olduğu bildirilmektedir (Zhang ve ark., 2021). Bilimsel ve teknolojik gelişmeler; *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach (Kültür mantarı), *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (Şitake), *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. (İstiridye mantarı) ve *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer (Yumurta mantarı) gibi popüler çeşitler de dahil olmak üzere 6000'den fazla yenilebilir mantar türünün tanımlanmasına yol açmıştır (Sesli ve ark., 2020; Gong ve ark., 2025). Yenilebilir mantarlar oldukça lezzetlidir, hatta balık ve sığır etinden bile daha lezzetli olduğu belirtilmektedir. Lezzet maddeleri arasında 5'-ribonükleotidler, lentiyonin, 1-okten-3-ol, 1,3-ditietan ve dimetil disülfür gibi uçucu bileşikler bulunmaktadır (Xue ve ark., 2024). Özellikle insanların maddi yaşam standartlarındaki iyileşmeler mantar gibi yüksek besin değerine sahip gıdalara olan talep artışına da neden olmaktadır. Ayrıca yenilebilir mantarların; etli gövdeleri, zengin protein içeriği ve yüksek besin değeri tüketiciler tarafından son yıllarda daha da fazla tercih edilmesine yol açmıştır. Tıp ve beslenmede önemli bir yeri olan mantarlar; proteinler, polisakkaritler, mineraller, vitaminler ve biyoaktif moleküller (uridin ve adenzin) gibi besin maddeleri açısından da oldukça zengindir. Mantarlar çoğunlukla tıp, biyoteknoloji, estetik, kozmetik ve koku sektöründe kullanılmaktadır. Özellikle mantarların içerdiği besin maddelerinin antikanser (Dubost ve ark., 2007), antitümör (Reverberi ve ark., 2005), bağışıklık güçlendirici (Wang ve ark., 2014), antidepresan (Valverde ve ark., 2015), antioksidan (Mingyi ve ark., 2019), beyazlatıcı ve nemlendirici (Taofiq ve ark., 2016) özelliklere sahip olması bu sektörlerde kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

2050 yılına kadar dünya nüfusunun 9 milyara ulaşacağı ve küresel hayvansal protein talebinin %76 oranında artacağı ön görülmektedir. Bu senaryoda, büyüyen nüfus için daha fazla protein üretilmesi gerekmekte ve önemli gıda güvenliği endişeleri yaratmaktadır (Mozhui ve ark., 2020). Ancak, geleneksel hayvansal protein üretimi oldukça yoğun bir süreçtir ve çevre üzerinde olumsuz etkileri de bulunmaktadır (Smetana ve ark., 2021). Bu nedenle, gelecek nesilleri etten daha sürdürülebilir protein içeren gıdalara da teşvik etmek büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan yenilebilir mantarlar oldukça yüksek ekonomik bir değere sahiptir. Pazar araştırma raporlarına göre küresel yenilebilir mantar pazarının 2023 yılında yaklaşık 399.67 milyar dolarlık satışa sahip olduğu bildirilmektedir. Çin mantar sektörünün en büyük üreticisi ve ihracatçısıdır. Çin'i, Avrupa ile Kuzey Amerika takip etmektedir. Küresel yenilebilir mantar pazar büyüklüğünün ise istikrarlı bir genişleme eğiliminde olduğu belirtilmektedir (Tian ve ark., 2024).

Bahçe bitkileri yüksek kalite ve besleyicilik düzeyinde ürünlerin üretimini hedefleyen çok önemli küresel bir sektördür. Ancak yüksek verimin sürdürülebilirliği sağlanırken tarımda sentetik girdinin de azaltılması gerekmektedir. Avrupa Birliği (AB) mevzuatı da sentetik girdilerin azaltılabilmesi konusunda alternatif stratejileri teşvik etmektedir (Erwin ve ark. 1996). Bitkisel üretimin özelleşmiş ve fazlaca teknik bilgi gerektiren bir kolu olan topraksız tarım sistemlerinde birincil yetiştirme ortamı olarak çoğunlukla kokopit, kayayünü, torf ve perlit tercih edilmektedir. Ancak rezervlerin hızlı bir şekilde azalması ve atık problemi gibi sorunlar bazı dezavantajlar oluşturmaktadır. Bu nedenle kolay ve ucuz bulunabilen,

çevresel sorunları azaltan ve AB mevzuatıyla uyumlu bir üretim gerçekleştirebilmek açısından alternatif yetiştirme ortamlarının araştırılması ve sürdürülebilir olması büyük önem taşımaktadır (Frolking ve ark., 2001).

Tarımsal gıda endüstrilerinde sürdürülebilirlikle ilgili büyük potansiyel taşıyan kaynaklar bulunmaktadır. Bu sektörde ortaya çıkan biyokütle farklı alanlarda değerlendirilebilmekte ve temel ürüne dönüştürülmektedir. Özellikle kültür mantarı (*Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach) ve ıstırdye mantarı (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) yetiştiriciliğinde hasat sonrası önemli miktarda yan ürün oluşmaktadır (Sesli ve ark., 2020; Khalil ve ark., 2024). Yetiştirilen her 1 kilogram beyaz şapkallı mantar için yaklaşık 2.5-5 kg beyaz şapkallı mantar kompostu ortaya çıkmaktadır (Sample ve ark., 2001). Dünya’da ki en büyük mantar üreticisi olan Çin’de yılda 45 milyon tondan fazla mantar üretimi bulunmaktadır ve toplam üretimin yaklaşık %94’den fazlasını karşılamaktadır (Liu ve ark., 2024). Çin’in yıllık mantar kompost atığı ise 50 milyon ton civarında olmaktadır (Yu ve ark., 2022). Avrupa’da ise yılda 3 milyon tondan fazla mantar kompostunun ortaya çıktığı bildirilmektedir (García-Delgado ve ark., 2013). Türkiye’de de 71.479 ton kültür mantarı üretimi (TÜİK, 2023) olduğu düşünüldüğünde ortaya çıkan kompostun çevresel boyutu daha da önem kazanmaktadır. İstırdye mantar üretiminin son yıllarda artış gösterdiği de düşünülecek olursa çevresel sorunun daha da artacağı göz ardı edilememektedir (Jongman ve ark., 2018).

Mantar üretimi sonrası ortaya çıkan kompostu "atık mantar kompostu" denilmektedir (Pekşen ve Yamaç 2016). Atık mantar kompostu geleneksel olarak işletmelerde çöpe atılarak, yakılarak ya da toprağa karıştırılarak uzaklaştırılmaya çalışılmaktadır. Kompostun atılması çevre kirliliğine neden olduğu gibi, yakılması da yüksek nem içeriği nedeniyle hem enerji hem de biyolojik kaynakların israf olmasına neden olmaktadır (Oei ve ark., 2007). Bu nedenle büyük oranlarda ortaya çıkan bu atık materyalin değerlendirilerek hem Dünya hem de ülkemiz ekonomisine kazandırılması büyük önem taşımaktadır.

Mantar kompostu, çoğunlukla lignoselülozik malzemeler (buğday, talaş, pirinç samanı ve mısır koçanı), organik malzemeler (proteinler, karbonhidratlar), artık mantar miselleri ve besin maddelerinin (azot, fosfor ve potasyum) bir karışımından oluşan mantar endüstrisinin organik toprak benzeri atık veya yan ürününü temsil etmektedir (Lou ve ark., 2017a, Meng ve ark., 2018a) (Tablo 1). Atık mantar kompostu uygun bertaraf yöntemi uygulanmadığı takdirde çevreyi kirletebilecek ağır metal bileşikler de (çinko, kadmiyum, bakır) içerebilmektedir (Gong ve ark., 2019) (Tablo 1). Ayrıca içerdiği yüksek konsantrasyonlarda tuz ve organik maddeler atığın uygunsuz şekilde atılması veya dökülmesi ile toprak ve su

kirliliği gibi çevresel kirliliğe de katkıda bulunabilmektedir (Ribas ve ark., 2009).

Mantar hastalıkları da mantar kompostunun bertaraf edilmesinin bir başka nedenidir. Mantar endüstrisinde, üreticinin karşılaştığı ve kârı düşürebilecek en önemli sorunlardan biri hastalıkların yayılmasıdır. Bu nedenle, üretim alanlarında hastalıkların yayılmasını önlemek için enfekte mantar kompostları derhal bertaraf edilmektedir. Yaygın bir mantar hastalığı olan *Trichoderma* veya yeşil küf hastalığı, mantar sapında koyu yeşil küf lekeleri oluşturmaktadır. Patojenik yeşil küf mantar kompostunu veya mantar yüzeyini kısa sürede kolonize edebilmektedir. Tüm bu yeşil küf patojenleri mantar büyüme ortamında sağlıklı mantarlardan daha hızlı büyümektedir (Wan Mahari ve ark., 2020). Ayrıca küf mantarlardan daha etkili bir şekilde yer kaplayabilir ve besinleri emebilir (Hatvani ve ark., 2012). Mantar substratını işgal ettikten sonra, ikincil toksik metabolitler, hücre dışı enzimler ve çeşitli uçucu organik bileşikler üretmekte; bunlar da mantar üretimini azaltmakta veya büyümelerini tamamen durdurabilmektedir (Williams ve ark., 2003). Bu nedenle mantar kompostu hasat süresi tamamlandıktan sonra kullanılmadan önce kompostlanmalıdır (Lou ve ark., 2017b). Kompostlama, aerobik bir işlemdir ve toprak benzeri bir materyal oluşmaktadır. Kompostlama sürecinde patojenlerin ortadan kaldırılması kolaylaştırılmaktadır (Meng ve ark., 2018b). Kompostlama işleminden sonra, üretilen kompost besin maddelerini içerisinde tutmakta ancak patojen içermemektedir. Yapılan çalışmalarda elde edilen atık mantar kompostunun topraktaki humik asitin göreceli içeriğini artırabileceği, toprakta biyolojik olarak parçalanabilir maddeleri azaltabileceği, polisakkaritleri ve proteinleri daha küçük moleküllere parçalayarak bitkiler tarafından emilimini kolaylaştırabileceği bildirilmektedir (Lou ve ark., 2017b). Ayrıca mantar kompostunun toprak mineral azotunu, yani nitratı (NO_3^-) ve amonyağı (NH_3) artırabileceği ve böylece toprak düzenleyicisi ve doğal bir toprak pestisiti olarak kullanılabilirliği de bildirilmektedir (Wan Mahari ve ark., 2020). Yüksek oranda besin ve hidrokarbon içeriği de atık mantar kompostunun, toprak biyoremediasyonu ve kök büyümesinin teşviki gibi birçok uygulamada potansiyel kullanımı olabileceğini göstermektedir (García-Delgado ve ark., 2015; Koo ve ark., 2011; Liu ve ark., 2019).

Atık mantar kompostları topraksız tarımda uygun ve düşük maliyetli alternatif bir büyüme ortamı olarak da kullanılabilir. Kompost, ayrıştırıldığında ve fungal miselyumla sarıldığında (Ribas ve ark., 2009), yüksek seviyelerde organik madde, azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve bitkilerin büyüme için ihtiyaç duyduğu diğer besin maddelerini içeren lignoselülozik açıdan da zengin bir malzemeye dönüştürülebilmektedir (Paula ve ark., 2017).

Yapılan çalışmalarda yetiştirme ortamına mantar kompostu eklendikten sonra domates ve hıyar fidelerinin büyümesinde iyileşmeler olduğu bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2012). Aynı şekilde yetiştirme ortamı ile karıştırıldığında fidelerin büyümesini kolaylaştıran Mn, Fe, Cu ve Zn gibi çoğu mikro besin maddesini içermesinden dolayı bitki boyunda ve yaprak alanında da artışa neden olmuştur. Medina ve ark., (2009) tarafından yapılan çalışmada domates, kabak ve biber yetiştiriciliğinde torf kullanılarak yapılan yetiştiriciliğe kıyasla benzer veya daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Başka bir çalışmada da marul yetiştiriciliğinde taze/havalandırılmamış mantar kompostunun (hasat sonrası ısıl işlem olmaksızın) uygulandığı bildirilmiştir (Ribas ve ark., 2009). Sonuçlar atık mantar kompostunda yüksek oranda bulunan N, P ve K'nın bitki büyümesini etkili bir şekilde artırabildiğini göstermiştir. Mantar kompostu uygulaması kontrol uygulamasına kıyasla 3.3 kat daha yüksek bir su tutma kapasitesine sahip olmuş ve bitki büyümesi için ek besin sağlarken toprak besinlerinin sızmasını da azaltabilmiştir. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada taze atık mantar kompostunun marul yetiştiriciliğinde gübre olarak kullanımının olumlu bir etkisi olması ile birlikte 2 ay ile 2 yıl olgunlaşmasına izin verilirse bir gübre olarak da daha umut verici sonuçlar göstereceği öne sürülmüştür (Ribas ve ark., 2009). Gıda güvenliği açısından atık mantar kompostunun gübre olarak kullanımı araştırılması gereken bir konudur. Ancak marul ve pırasa yetiştiriciliğinde yapılan bir çalışmada mineral gübreler ile karşılaştırılmış ve gübre olarak kullanımının güvenliğini araştırılan bir çalışma yürütülmüştür (Gobbi ve ark., 2018). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, atık mantar kompostunun gübre olarak hem marul hem de pırasa büyümesinde olumlu bir etki gösterdiği ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışma sonucunda kimyasal gübrelerle karşılaştırıldığında daha güvenli olduğu belirtilmiştir. Analiz sonuçlarında her iki sebzedeki nitrat içeriğinin kimyasal gübreler kullanılarak gübrelenen sebzelerdekinden daha düşük olduğu da tespit edilmiştir (Gobbi ve ark., 2018). Her iki sebze türünde de elde edilen kurşun, çinko ve potasyum değerleri de gıda tüketimi açısından belirlenen sınır değerlerden daha düşük düzeylerde bulunmuştur. Sönmez (2017) tarafından domates fidelerinde yapılan başka bir çalışmada da atık mantar kompostu değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler domates fidelerinin gelişimini ve kalite özelliklerini olumlu etkilediğini göstermiştir. Ancak içerdiği yüksek tuz konsantrasyonu ve bazı olası toksik özellikleri nedeni ile bekletilerek kullanılmasının daha olumlu sonuçlar vereceği belirtilmiştir. Ayrıca bazı kültürel işlem uygulamalarının da bu materyalin özelliklerini iyileştirmek açısından olumlu sonuçlar verebileceği ve bu sayede atık olan bu materyalin tarım sektöründe değerlendirilebileceği ön görülmüştür.

Benito ve ark., (2005) tarafından yapılan çalışmada da budama artıklarıyla hazırladıkları kompost materyalini atık mantar kompostunun da aralarında bulunduğu farklı ortamlarla karıştırarak 6 farklı yetiştirme ortamı oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda çimen (*Lolium prene* L.) ve selvi (*Cupressus sempervirens* L.) türlerinde %50 budama artığı kompostu+%25 torf+%25 atık mantar kompostu ve %50 budama artığı kompostu+%50 atık mantar kompostu karışımlarının optimum yetiştirme ortamı olabileceği belirtilmiştir. Medina ve ark., (2009) tarafından da fide yetiştirme ortamı olarak atık mantar kompostu denenmiştir. Artan dozlarda atık mantar kompostu eklenerek hazırlanan 12 ortamda, farklı tuz hassasiyetine sahip üç türün (domates, biber ve kabak) gelişimi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda %75 oranda karışıma katılan atık mantar kompostunun domates yetiştiriciliğinde kullanılabileceğini ve bu materyalin çevre dostu bir kullanım yolu olduğu belirtilmiştir. Polat ve ark., (2004) tarafından da atık mantar kompostunun 6 ay çürütüldükten sonra sebze yetiştiriciliğinde fide ortamı, 2 yıl çürütüldükten sonra ise organik gübre olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Dura ve ark., (2000) tarafından da atık mantar kompostunun en az 6 ay bekletilmesinin ve çok iyi bir yıkama işleminden geçirilerek özelliklerinin iyileştirilmesinin gerektiği belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda zeolitin iyon tutucu etkisinin atık mantar kompostunun yıkanmasında olumlu sonuç verebileceği belirtilmiştir. Özellikle besin maddesi kayıplarını azaltmak ve çevreye zararlı bileşiklerin etkisini azaltmak için normal yıkama yerine zeolit içeren kolon yıkamanın daha uygun olduğu ifade edilmiştir. Altun (2024) tarafından yapılan çalışmada da kesme gül yetiştiriciliğinde atık mantar kompostu ortam olarak denenmiş ve en yüksek verim bu ortamdan elde edilmiştir. Bu çalışmada kompostun, gözenekli yapısı ve fazla suyu drene edebilme özelliğiyle güllerde kök sayısının artmasına neden olmuş olabileceği de bildirilmiştir. Ayrıca atık mantar kompostunun alternatif yetiştirme ortamı olarak mikro yeşilliklerin yetiştiriciliğinde ticari uygulamasını değerlendiren gelecekteki araştırmalara ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (Poudel ve ark., 2023). Mwangi ve ark., (2024) tarafından da atık mantar kompostunun torf ile kıyaslandığında daha yüksek pH, ve tuz, daha düşük makro ve mikro besin konsantrasyonları ile su tutma kapasitesi olmasına rağmen çok daha yüksek poroziteye sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca atık kompostun hastalıklarının kontrolünde etkili olabilen çok sayıda yararlı mikroorganizma barındırdığı belirtilmiştir. Bu mikroorganizmaların etki biçimleri mikrobiyostazi indüklemek, konak sistemik direncini uyarmak ve özellikle marul, biber, hıyar, patlıcan ve domates olmak üzere sebze türlerini etkileyen patojenlere karşı toksik maddelerin üretimini teşvik etmek şeklindedir.

Tartışma

Son yıllarda Dünya ve Türkiye’de mantar üretimine olan talep giderek artış göstermektedir. Ancak artan bu talebe karşın üretim sonucunda ortaya çıkan atık kompostu önemli boyutlarda olmaktadır. Bu materyalin çevre kirliliği boyutu ise atık kompostun alternatif yöntemler ile değerlendirilmesini daha da önemli hale getirmektedir.

Tablo 1. Atık mantar kompostunun özellikleri (Gong ve ark., 2019; Lou ve ark., 2017b).

Özellikler	Atık Mantar Kompostu
Lignin (%)	11-15
Selüloz (%)	29-35
Hemiselüloz (%)	7
Protein (mg/g)	18-24
Polisakkarit (mg/g)	7-10
Karbon (%)	32-37
Hidrojen (%)	4-5
Azot (%)	1-3
Oksijen (%)	32-34
Nem (%)	42-56
Bakır (mg/kg)	13.4
Çinko (mg/kg)	14.2
Kurşun (mg/kg)	7.7
Kadmiyum (mg/kg)	0.41
Nikel (mg/kg)	5.5

Özellikle günümüzde kaliteli torf rezervlerinin azalması ve topraksız tarımda alternatif yöntemler arayışı

mantar üretimi sonucu ortaya çıkan bu yan ürünü daha da değerli kılmaktadır. Yapılan çalışmalarda atık mantar kompostunun bitkisel üretimde kullanılabileceği belirtilmektedir. Ancak atık mantar kompostunun, kompost stabilitesi ve özellikleri hakkında daha fazla çalışma ve araştırma yapılması da büyük önem taşımaktadır. Bu materyalin yüksek tuz içeriği, alkali yapısı, ağır metal içeriği, su tutma kapasitenin stabil olmaması ve içerdiği besin maddelerinin (N, P ve K) yüksek oluşu bitkilerde stres faktörü oluşturabilmektedir. Atık mantar kompostunun kullanılmadan önce bekletilmesi, yıkanması ve zeolit gibi iyon tutucuların kullanılması ve bu konular hakkında araştırmalar yapılması oldukça önemlidir. Mantar kompostunun; torf, perlit gibi materyaller ile de karışımlar içerisinde kullanılarak bitkisel gelişime etkisi araştırılarak değerlendirilmelidir. Çok fazla miktarda ortaya çıkan bu kompostun ülke ekonomisine kazandırılarak katma değer oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu materyale daha fazla önem verilerek gelecek çalışmalarda bitkisel üretimde kullanılabilme potansiyelleri değerlendirilmelidir.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar eşit katkıya sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Gamze ÇAKIRER SEYREK, Köksal DEMİR)

Kaynaklar

- Altun, B. (2024). Possibilities of Using Organic Wastes as a Growing Medium in Soilless Culture for Cut Flower Rose. Peer-Reviewed Article, *BioResources*, 19(1), 582-594.
- Benito, M., A. Masaguer, R. De Antonio and A. Moliner. (2005). Use of Pruning Waste Compost as a Component in Soilless Growing Media. *Bioresour. Technol.*, 96, 597-603.
- Dubost, N., Ou, B. and Beelman, R. (2007). Quantification of Polyphenols and Ergothioneine in Cultivated Mushrooms and Correlation to Total Antioxidant Capacity. *Food Chem.*, 105 (2), 727-735.
- Dura, S., Sakınç, Z. and Günay, A. (2000). A Research Possibilities of Using on Spent Mushroom Compost Seedling Cultivation. Turkey VI. Edible Mushroom Congress and Posters. II. Edition, (ss. 20-22), Bergama-İzmir.
- Erwin, D.C. and Ribeiro, O.K. (1996). *Phytophthora Diseases Worldwide*. Amer. Phytopatholog. Society Press, St. Paul, MN, sayfa:1.
- Frolking, S., Roulet, N.T., Moore, T.R., Richard, P.J., Lavoie, M. and Muller, S.D. (2001). Modeling Northern Peatland Decomposition and Peat Accumulation. *Ecosystem*, 4(5), 479-498.
- García-Delgado, C., Jimenez-Ayuso, N., Frutos, I., Garate, A. and Eymar, E. (2013). Cadmium and Lead Bioavailability and Their Effects on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Biodegradation by Spent Mushroom Substrate. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 20.
- García-Delgado, C., Yunta, F. and Eymar, E. (2015). Bioremediation of Multi-Polluted Soil by Spent Mushroom (*Agaricus bisporus*) Substrate: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Degradation and Pb Availability. *J. Hazard. Mater.*, 300, 281-288.
- Gobbi, V., Nicoletto, C., Zanin, G. and Sambo, P. (2018). Specific Humus Systems from Mushrooms Culture. *Appl. Soil Ecol.*, 123, 709-713.
- Gong, X., Li, S., Carson, M.A., Chang, S.X., Wu, Q., Wang, L., An, Z. and Sun, X. (2019). Spent Mushroom Substrate and Cattle Manure Amendments Enhance The Transformation of Garden Waste into Vermicomposts Using The Earthworm *Eisenia Fetida*. *J. Environ. Manage.*, 248, 109263.
- Gong, M., Zhang, T., Wu, Y., Shang, J., Su, E., Cao, Y. and Zhang, J. (2025). Synergizing Postharvest Physiology and Nanopackaging for Edible Mushroom Preservation. *Food Chemistry*, 463, 141099.
- Hatvani, L., Sabolić, P., Kocsubé, S., Kredics, L., Czifra, D., Vágvolgyi, C., Kaliterna, J., Ivić, D., Đermić, E. and Kosalec, I. (2012). The First Report on Mushroom Green Mould Disease in Croatia. *Arh. Hig. Rada Toksikol.*, 63, 481-486.
- Jongman, M., Khare, K.B. and Loeto, D. (2018). Oyster Mushroom Cultivation at Different Production Systems: A Review. *Europ. J. Biomed. Pharmac. Scien.*, 5 (5), 72-79.
- Khalil, S., Panda, P., Ghadamgahi, F., Rosberg, A.K., Karlsson, M. and Vetukuri, R.R. (2024). Microbial Potential of Spent Mushroom Compost and Oyster Substrate in Horticulture: Diversity, Function, and Sustainable Plant Growth Solutions. *Journal of Environmental Management*, 357, 120654.
- Koo, N., Jo, H.J., Lee, S.H. and Kim, J.G. (2011). Using Response Surface Methodology to Assess The Effects of Iron and Spent Mushroom Substrate on Arsenic Phytotoxicity in Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J. Hazard. Mater.*, 192, 381-387.
- Liu, J., Sun, J., He, R., Xia, J. and He, P. (2024). The Situation of Counterfeited and Mislabeled Commercialized Edible Mushrooms in China and the Development of Possible Controls. *Foods*, 13, 3097.
- Liu, X., Ge, W., Zhang, X., Chai, C., Wu, J., Xiang, D. and Chen, X. (2019). Biodegradation of Aged Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Agricultural Soil by *Paracoccus* sp. LXC Combined with Humic Acid and Spent Mushroom Substrate. *J. Hazard. Mater.*, 379, 120820.
- Lou, Z., Sun, Y., Bian, S., Baig, S.A., Hu, B. and Xu, X. (2017a). Nutrient Conservation During Spent Mushroom Compost Application Using Spent Mushroom Substrate Derived Biochar. *Chemosphere*, 169, 23-31.
- Lou, Z., Sun, Y., Zhou, X., Baig, S.A., Hu, B. and Xu, X. (2017b). Composition Variability of Spent Mushroom Substrates During Continuous Cultivation, Composting Process and Their Effects on Mineral Nitrogen Transformation in Soil. *Geoderma*, 307, 30-37.
- Medina, E., Paredes, C., Pérez-Murcia, M.D., Bustamante, M.A. and Moral, R. (2009). Spent Mushroom Substrates as Component of Growing Media for Germination and Growth of Horticultural Plants. *Bioresour. Technol.*, 100, 4227-4232.
- Meng, X., Liu, B., Xi, C., Luo, X., Yuan, X., Wang, X., Zhu, W., Wang, H. and Cui, Z. (2018b). Effect of Pig Manure on The Chemical Composition and Microbial Diversity During Cocomposting with Spent Mushroom Substrate and Rice Husks. *Bioresour. Technol. Rep.*, 251, 22-30.

- Meng, L., Zhang, S., Gong, H., Zhang, X., Wu, C. and Li, W. (2018a). Improving Sewage Sludge Composting by Addition of Spent Mushroom Substrate and Sucrose. *Bioresour. Technol.*, 253, 197-203.
- Mingyi, Y., Belwal, T., Devkota, H.P., Li, L. and Luo, Z. (2019). Trends of Utilizing Mushroom Polysaccharides (Mps) As Potent Nutraceutical Components in Food and Medicine: A Comprehensive Review. *Trends Food Sci. Technol.*, 92, 94-110.
- Mozhui, L., Kakati, L.N., Kiewhuo, P. and Changkija, S. (2020). Traditional Knowledge of The Utilization of Edible Insects in Nagaland, North-East India. *Foods*, 9(7), 852.
- Mwangi, R.W., Mustafa, M., Kappel, N., Csambalik, L. and Szabó, A. (2024). Practical Applications of Spent Mushroom Compost in Cultivation and Disease Control of Selected Vegetables Species. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 26, 1918-1933.
- Oei, P., Hui, Z., Jianhua, L., Jianqing, D., Meiyuan, C. and Yi, C. (2007). The alternative uses of spent mushroom compost. Spore, Erişim adresi: www.spore.nl.
- Paula, F.S., Tatti, E., Abram, F., Wilson, J. And O'Flaherty, V. (2017). Stabilisation of Spent Mushroom Substrate for Application as a Plant Growth-Promoting Organic Amendment. *J. Environ. Manage.*, 196, 476-486.
- Pekşen, A. ve Yamaç, M. (2016). Atık Mantar Kompostu/Substratının Kullanım Alanları - 1:Özellikleri ve Önemi. *The Journal of Fungus*, 7(1), 49-60.
- Polat, E., Onus, A.N. and Demir, H. (2004). The Effects of Spent Mushroom Compost on Yield and Quality in Lettuce Growing. *Akdeniz Univ. J. Fac Agric.*, 17, 149-154.
- Poudel, P., Duenas, A.E.K. and Di Gioia, F. (2023). Organic Waste Compost and Spent Mushroom Compost as Potential Growing Media Components for The Sustainable Production of Microgreens. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1229157.
- Reverberi, M., Fabbri, A.A., Zjalic, S., Ricelli, A., Punelli, F. and Fanelli, C. (2005). Antioxidant Enzymes Stimulation in *Aspergillus parasiticus* by *Lentinula Edodes* Inhibits Aflatoxin Production. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 69 (2), 207-215.
- Ribas, L.C., de Mendonca, M.M., Camelini, C.M. and Soares, C.H. (2009). Use of Spent Mushroom Substrates from *Agaricus subrufescens* (syn. *A. blazei*, *A. brasiliensis*) and *Lentinula edodes* Productions in The Enrichment of a Soil-Based Potting Media for Lettuce (*Lactuca sativa*) Cultivation: Growth Promotion and Soil Bioremediation. *Bioresour. Technol.*, 100, 4750-4757.
- Sample, K.T., Reid, B.J. and Fermor, T.R. (2001). Impact of Composting Strategies of The Treatment of Soils Contaminated with Organic Pollutants. A Review. *Environ. Pollut.*, 112, 269-283.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F., Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkeul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu., ve Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi*. İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını.
- Smetana, S., Profeta, A., Voigt, R., Kircher, C. and Heinz, V. (2021). Meat Substitution in Burgers: Nutritional Scoring, Sensorial Testing, and Life Cycle Assessment. *Future Foods*, 4, 100042.
- Sönmez, İ. (2017). Atık Mantar Kompostunun Domates Fidelerinin Gelişimi ve Besin İçerikleri Üzerine Olan Etkilerinin Belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(1), 59-63.
- Taofiq, O., González-Paramás, A.M., Martins, A., Barreiro, M.F. and Ferreira, I.C.F.R. (2016). Mushrooms Extracts and Compounds in Cosmetics, Cosmeceuticals and Nutricosmetics-A Review. *Ind. Crops Prod.*, 90, 38-48.
- Tian, J., Liu, H., Li, J. and Wang, Y. (2024). Recent Trends in Non-Destructive Techniques for Quality Assessment of Edible Mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis*, 136, 106805.
- TÜİK. (2023). Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>.
- Valverde, M.E., Hernández-Pérez, T. and Paredes-López, O. (2015). Edible Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life. *Int. J. Microbiol.*, 1-14.
- Wan Mahari, W.A., Pneg, W., Nam, W.L., Yang, H., Lee, X.Y., Lee, Y.K., Liew, R.K., Ma, N.L., Mohammad, A., Sonne, C., Le, Q.V., Show, P.L., Chen, W.H. and Lam, S.S. (2020). A Review on Valorization of Oyster Mushroom and Waste Generated in The Mushroom Cultivation Industry. *Journal of Hazardous Materials*, 400, 123156.
- Wang, W., Chen, K., Liu, Q., Johnston, N., Ma, Z., Zhang, F. and Zheng, X. (2014). Suppression of Tumor Growth by *Pleurotus Ferulae* Ethanol Extract Through Induction of Cell Apoptosis, and Inhibition of Cell Proliferation and Migration. *Plos One*, 9 (7).

- Williams, J., Clarkson, J.M., Mills, P.R. and Cooper, R.M. (2003). Saprotrophic and Mycoparasitic Components of Aggressiveness of *Trichoderma Harzianum* Groups Toward The Commercial Mushroom *Agaricus Bisporus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69, 4192-4199.
- Xue, L., Shi, K., Zhang, Y., Song, H., Liao, Y., Shi, H. and Shi, W. (2024). Evaluation of the umami in edible fungi and study on umami extraction of *Agaricus bisporus*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 128, 106069.
- Yu, X., Li, X., Ren, C., Wang, J., Wang, C., Zou, Y., Wang, X., Li, G. and Li, Q. (2022). Co-composting with Cow Dung and Subsequent Vermicomposting Improve Compost Quality of Spent Mushroom. *Bioresource Technology*, 358, 127386.
- Zhang, R.H., Duan, Z.Q. and Li, Z.G. (2012). Use of Spent Mushroom Substrate as Growing Media for Tomato and Cucumber Seedlings. *Pedosphere*, 22, 333-342.
- Zhang, Y., Wang, D., Chen, Y., Liu, T., Zhang, S., Fan, H. and Li, Y. (2021). Healthy Function and High Valued Utilization of Edible Fungi. *Food Sci. Hum. Wellness*, 10 (4), 408-420.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Öncel, A.G.T. & Akkaya, M.A. (2024). Topluluk Destekli Tarım Ve Mantar Yetiştiriciliği: Türkiye İçin Sürdürülebilir Bir Mantar Girişimciliği Önerisi, *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı) 159-169.

Geliş(Received) :04.11.2024

Kabul(Accepted) :17.12.2024


Derleme Makale


Doi: 10.30708/mantar.1577901

Topluluk Destekli Tarım Ve Mantar Yetiştiriciliği: Türkiye İçin Sürdürülebilir Bir Mantar Girişimciliği Önerisi

Ayşe Göknur Tansu ÖNCEL^{1*}, Muhsin Arif AKKAYA²

*Sorumlu yazar: t.oncel@int.fs.de

¹Frankfurt School of Finance and Management, Tarım Uzmanı, Ankara/ t.oncel@int.fs.de 

²Frankfurt School of Finance and Management, Tarım Uzmanı, Ankara/ a.akkaya@fs.de 

Öz: Topluluk destekli tarım (TDT), küçük toplulukların sağlıklı ve alternatif yetiştiricilik yöntemleriyle üretilmiş gıdaları tüketme ihtiyaçlarına aracısız şekilde cevap veren bir girişimcilik modelidir. TDT, tarımsal üretim ve pazarlama sürecindeki riskleri üreticiler ve tüketiciler arasında paylaşarak, üretim için gerekli sermayeyi tüketici üyeler tarafından sağlanan bir sistem sunmaktadır. Bu model, 1970'lerde Japonya'da bir grup kadın tarafından başlatılmış olup, günümüzde en çok ABD'de yaygınlaşmıştır. TDT'nin mantar yetiştiriciliği ile entegrasyonu, sürdürülebilir ve yerel gıda üretimi açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir. Mantar yetiştiriciliği, düzenli sermaye gereksinimi ve yıl içerisinde birden fazla hasat imkanı ile TDT girişimciliği için ideal olarak değerlendirilmektedir. TDT girişimleri, tüketicilere taze ve yerel olarak yetiştirilmiş mantarları doğrudan temin ederken, üreticilere de pazar garantisi ve finansal istikrar sağlamaktadır. Dünyadan çeşitli örnekler incelendiği bu çalışmada Türkiye'de de TDT girişimciliğiyle örgütlenmiş bir mantar yetiştiriciliği modelinin sürdürülebilir olabileceği savunulmaktadır. Bu çalışmada, TDT'nin genel tanımının ardından mantar yetiştiriciliği ve TDT arasındaki bağ, dünya çapında başarılı girişimci örnekleri ile ele alınacaktır. Bu bağlamda, TDT'nin hem üreticiler hem de tüketiciler için sunduğu faydalar detaylandırılacaktır.

Anahtar kelimeler: Topluluk Destekli Tarım, Mantar, Girişimcilik, Sürdürülebilirlik

Community Supported Agriculture And Mushroom Cultivation: A Sustainable Mushroom Entrepreneurship Proposal For Türkiye

Abstract: Community-supported agriculture (CSA) is an entrepreneurship model that responds to the needs of small communities to consume healthy food produced through alternative farming methods in an unmediated way. CSA shares the risks of agricultural production and marketing between producers and consumers, with consumer members providing the capital needed for production. The model was initiated by a group of women in Japan in the 1970s and is now most widespread in the United States. The integration of CSA with mushroom farming is an important example of sustainable and local food production. Mushroom cultivation is considered ideal for the CSA model with its regular capital requirements and the possibility of



multiple harvests throughout the year. CSA initiatives provide consumers with a direct supply of fresh and locally grown mushrooms, while providing producers with market guarantees and financial stability. By examining various examples from around the world, this study argues that a mushroom farming model organized with the CSA model can be sustainable in Türkiye as well. In this study, after the general definition of CSA, the link between mushroom farming and CSA will be discussed with examples of successful entrepreneurs around the world. In this context, the benefits of CSA for both producers and consumers are detailed.

Keywords: Community Supported Agriculture, Mushroom, Entrepreneurship, Sustainability

Giriş

Tarım, gıda üretiminin temel taşlarını oluştururken, ölçeğe, üretim desenine ve hedef tüketici kitlesine göre çeşitli yöntemlerle uygulanmaktadır. Büyük ölçekli tarım işletmeleri, endüstriyel ölçekleri ve verimlilik odaklı yaklaşımları ile küresel gıda tedarik zincirinde merkezi bir rol oynamaktadır. Bu işletmeler, teknolojik yenilikler ve kapsamlı altyapıları ile geniş bir ürün yelpazesi sunabilmektedir. Ancak, büyük ölçekli tarımın yanı sıra, aile işletmeleri de tarım sektörünün ayrılmaz bir parçasıdır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından “Bir aile tarafından yönetilen ve işletilen ve ağırlıklı olarak aile sermayesi ve emeğine dayanan, hem kadınların hem de erkeklerin emeğini içeren tarım, ormancılık, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğini organize etmenin bir yolu” olarak tanımlanan aile çiftçiliği; yerel ekosistemlere uyum sağlama yetenekleri, biyolojik çeşitliliği destekleme kapasiteleri ve toplumsal bağlılıkları ile tarım sektörüne ve kırsal kalınmaya önemli katkılarda bulunmaktadır (URL 1, 2014).

Dünya üzerinde 500 milyonu aşkın aile çiftliği bulunmakta ve bu işletmeler tarımsal üretimin, hasılanın ve istihdamın çoğunluğunu oluşturmaktadır. Tarım sektöründeki aile işletmeleri sermayelerinin ve işgücünün büyük çoğunluğunu aile içinden sağlamaktadır. Finansmana erişim zorlukları, örgütlenme eksikliği, pazarlama ve dağıtım ağlarını etkin kullanamama gibi sorunlar bu işletmelerin sürdürülebilirliğini riske atmaktadır (Eren ve Gülçubuk, 2023). Bu riskleri en aza indirmek için tarım sektöründeki aile işletmeleri farklı üretim ve girişimcilik modelleri arayışına girebilmektedirler. Topluluk Destekli Tarım (TDT), tüm sosyal ve ekonomik yönleri ile birlikte bu girişimcilik modellerinden birisi olarak kabul edilebilmektedir. İlk kez 1980’li yıllarda Japonya’da ve ardından İsviçre’de başlayan bu girişimcilik modeli kısa sürede dünyada yaygın hale gelmiştir. Günümüzde Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) 12 binden fazla TDT bulunmaktadır (URL 2, 2024).

TDT, küçük aile çiftlikleri tarafından doğa-dostu üretim temelinde, üreticiler ile tüketiciler arasında risklerin, sorumlulukların ve elde edilen faydaların

paylaşılmasına dayanan bir işbirliği ve güven ilişkisi olarak tanımlanmaktadır (Özden, 2020). Türkiye’de TDT’leri bir araya toplayan çatı bir organizasyon olmamakla birlikte EkoHarita web sitesine kayıtlı 34 gıda topluluğu ve ekolojik pazar bulunmaktadır. Bu toplulukların harita üzerinde İstanbul’dan Antalya’ya uzanan kıyı şeridi ve ek olarak Ankara etrafında toplandıkları görülmektedir (Anonim, 2024a).

Bitkisel üretim, hayvancılık, su ürünleri yetiştiriciliği ve mantar üretimini de kapsayan TDT’ler genel olarak bitkisel üretime odaklanmıştır. Fakat özellikle son 15 yıl içerisinde mantar üretimi yapan TDT’lerin de yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Mantar üretimi, düşük gelirli kırsal haneler için kazançlı ve karlı bir kırsal sektördür ve birçok gelişmekte olan ülkede kırsal ve kentsel yoksullara tam veya yarı zamanlı istihdam sağlamaktadır (Ferchak and Croucher, 2001). Yetiştirilmesi için nispeten küçük bir araziye ihtiyaç duyan mantarcılık, hem kırsal kesimde yaşayanlar hem de şehir dışında yaşayanlar için potansiyel olarak uygun ve cazip bir geçim kaynağı seçeneği olarak görülmektedir (Asare ve ark. 2021). Mantar yetiştiriciliğinin küçük ölçeklerde yapılabilirliği ve hasat edilen ürünün hızlı şekilde tüketiciye ulaştırılması gerekliliği mantar üretimi ve TDT ilişkisini güçlendiren temelleri oluşturmaktadır. Her yıl mantar üretimi artan ülkemizde ise mantar yetiştiriciliği yapan bir TDT girişimi bulunmamaktadır.

Bu makale, Türkiye’deki küçük ve orta ölçekli mantar üretimi yapan işletmelerde TDT girişimciliğinin uygulanabilirliğini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın kapsamı üç ana başlık altında toplanmaktadır: Öncelikle TDT’nin tanımı, tarihi gelişimi ve işleyiş prensipleri ele alınacaktır. İkinci olarak, Türkiye’de ve dünyada mantar yetiştiriciliği, tüketim alışkanlıkları ve pazarlama stratejileri incelenecek, bu süreçlerin ekonomik ve sosyal boyutları değerlendirilecektir. Son olarak, dünya genelinde TDT girişimciliğine dayanan başarılı mantar üretim örnekleri sunularak, bu girişimciliğin Türkiye’deki uygulamaları için potansiyel fırsatlar ve zorluklar tartışılacaktır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada, TDT ve mantar yetiştiriciliği konularındaki mevcut literatür kapsamlı bir şekilde taranarak ikincil veriler derlenmiştir. Araştırma sürecinde, ulusal ve uluslararası kurumların raporları, bilimsel yayınlar, özel sektör araştırmaları ve mantar yetiştiriciliği yapan TDT'lere ait internet siteleri dikkate alınarak, TDT girişimciliği ile mantar üretimi potansiyeli üzerine bir değerlendirme yapılmıştır. Makalede yer alan mantarların Türkçe isimleri, ANG Vakfı tarafından 2020 yılında yayımlanan "Türkiye Mantarları Listesi" kitabından alınarak kullanılmıştır. Çalışma, nitel araştırma yöntemlerinden biri olan derleme tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İkincil veriler, belirli bir tema etrafında anlam bütünlüğü sağlamak amacıyla sistematik bir biçimde toplanmış ve analitik bir yaklaşımla incelenmiştir. Elde edilen bulgular, TDT uygulamalarının mantar yetiştiriciliği üzerindeki etkilerini ortaya koymakta ve bu girişimciliğin sürdürülebilir gıda sistemleri açısından taşıdığı önemli rolü vurgulamaktadır. Ayrıca, çalışma, TDT'nin mantar sektörü üzerindeki potansiyel etkileri ile birlikte bu girişimciliğin Türkiye'deki uygulama olanaklarına dair önemli çıkarımlar sağlamaktadır.

Yıldız ve Zengin'in (2020) TDT'yi gıda güvenliği bağlamında ele aldıkları çalışmaları; Bozlu ve Gürler'in (2020) Antalya'daki gıda topluluklarını sosyolojik açıdan inceledikleri çalışmaları; Yılmaz ve Algur'un (2021) Findhorn Ekoköy örneği üzerinden yaptıkları TDT incelemesi; Ertekin ve Yıldızcan'ın (2023) TDT'yi krize karşı alternatif bir yol olarak sundukları çalışmaları; Demircan Yıldırım'ın (2024) TDT'leri dayanışma ekonomileri için ilham verici bir model başlığıyla ele aldığı çalışması, Türkiye'de TDT alanında yapılan öncül çalışmalar olarak değerlendirilmektedir. Türkiye'deki çalışmalar ve dünya literatüründe son 20 yıl içerisinde yapılan diğer TDT çalışmaları da incelendiğinde TDT girişimciliği ile mantar üretimine odaklanan bu çalışmanın oldukça özgün ve alanında yazılacak diğer çalışmalara rehber olabilecek niteliğe sahip olduğu düşünülmektedir.

Bulgular ve Tartışma

Topluluk destekli tarım

Son yıllarda, TDT gibi alternatif tarım modelleri, büyük ölçekli tarım uygulamalarına karşı bir yanıt ve aile işletmelerine destek sunan bir mekanizma olarak önem kazanmıştır. TDT, çiftçiler ile tüketiciler arasında doğrudan bir ilişki kurulmasını sağlayarak tarımın ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğinin artırılmasını amaçlamaktadır. TDT girişimciliğinde, tüketicilerin belirli bir süre için çiftçilere finansal destek sağlaması ve karşılığında mevsimlik ve taze ürünler alması öngörülmektedir. Böylece çiftçilere daha öngörülebilir bir gelir sağlanırken, tüketicilere de yerel ve organik gıdalara

erişim imkanı sunulmaktadır. TDT, aynı zamanda topluluklar arasında dayanışmanın güçlendirilmesini ve yerel ekonomik sistemlerin desteklenmesini hedeflemektedir. TDT girişimciliği, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik katkılar sağlamakta ve tarımsal üretimin yerel düzeyde daha sürdürülebilir hale gelmesine olanak tanımaktadır. TDT uygulamaları, sadece ekonomik faydalar sağlamakla kalmayıp, toplumsal bağların kuvvetlendirilmesini ve çevre dostu bir gıda sisteminin oluşturulmasını da teşvik etmektedir.

TDT girişimciliğinde, tüketiciler sezon başlamadan önce peşin ödeme yaparak, üreticilerin o dönem boyunca üreteceği ürünlerin belirli bir kısmını satın alabilirler. Bu yöntem, hem üretimin finansmanına katkıda bulunmakta hem de üreticilerin daha iyi bir üretim planlaması yapabilmesine imkan tanımaktadır. Özellikle yüksek faiz oranlarının söz konusu olduğu dönemlerde bu uygulama üreticilere maliyet avantajları sağlamaktadır (Paul, 2018). Ayrıca, üretici ve tüketiciler arasında yapılan sözlü ya da yazılı anlaşmalar doğrultusunda, hasat sırasında ortaya çıkabilecek olumsuz durumlarla ilgili riskler de tüketiciler tarafından üstlenilebilmektedir (Özden, 2020).

Avrupa'da bilinen ilk TDT uygulaması 1978 yılında İsviçre'de başlatılmıştır. 2000'li yıllarla birlikte Avrupa genelinde TDT gruplarının sayısında önemli bir artış gözlemlenmiştir. TDT uygulamalarının en yoğun şekilde gerçekleştirildiği ülke Fransa'dır; bu ülkede topluluklar, AMAP (Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne – Köylü Tarımını Koruma Derneği) adı altında örgütlenmiştir. AMAP bünyesinde, ülke genelinde yaklaşık 2000 grup ve bu gruplara üye 250 bin tüketici bulunduğu tahmin edilmektedir. TDT uygulamalarının dikkat çektiği diğer Avrupa ülkeleri arasında Belçika, İtalya, Almanya, İngiltere, İspanya, İsviçre ve Hollanda yer almaktadır. Ayrıca, neredeyse tüm Avrupa ülkelerinde TDT uygulamalarına rastlanmaktadır. Avrupa genelinde toplam 6300 TDT girişiminin mevcut olduğu ve bu girişimlerle etkileşimde bulunan yaklaşık bir milyon kişinin bulunduğu belirtilmektedir (Parot, 2016; Özden, 2020). USDA (2024) verilerine göre ise ABD'de 12 binden fazla TDT girişimi bulunmaktadır. Türkiye açısından toplam TDT sayısı ile ilgili maalesef genel bir sayı verilememektedir. Yapılan akademik çalışmalardan yola çıkarak Türkiye'de TDT'lerin İstanbul, İzmir, Antalya ve Ankara çevresinde bulunduğu değerlendirilmektedir. İzmir'deki TDT'leri inceleyen bir çalışmada (Özden, 2020) topluluğa üye sayısının 50-100 kişi arasında değiştiği ve TDT faaliyetlerine katılım derecelerinin de TDT'ler arasında farklılık gösterdiği aktarılmıştır.

Organik üretim, mevsiminde üretilen ürünler, çevresel koruma, sürdürülebilirlik, gıda güvenliği ve kısa tedarik zinciri TDT'nin öne çıkan özellikleri olarak sıralanmaktadır. Organik tarım; toprakların,

ekosistemlerin ve insanların sağlığını koruyan bir üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır (URL 3, 2018). Ekolojik süreçlere ve biyoçeşitliliğe dayalı bir üretim modeli sunarken, organik tarımın sertifikasyon sistemi de ürün kalitesini garanti etmek için çeşitli standartlar içermektedir. Bu sertifikalar sayesinde tüketiciler, üretim sürecine dahil olmadıkları ürünlere güvenebilirken, üreticiler de organik ürün talep eden pazarlara erişim sağlayabilmektedir (Pabuayon ve Shimoguchi 2016). Ancak, sertifikasyon süreci küçük ölçekli üreticiler için önemli mali yükler getirebilmektedir. Bu ek maliyetler, çeşitli ülkelerde yapılan araştırmalarda organik tarımdan uzaklaşmanın nedenleri arasında gösterilmektedir. TDT girişimciliği ise, tüketicilerin üretim sürecini daha yakından takip etmelerine ve hatta üretime dahil olmalarına olanak tanıdığı için TDT girişimlerinin pek çoğunda sertifikasız organik üretim yapılabilmektedir. Bu araştırma kapsamında incelenen TDT girişimlerinin hepsi organik üretim yaptıklarını beyan ederken yalnızca bir tanesi USDA Organic sertifikasıyla üretim yapmakta, diğerleri ise sertifikasız organik üretime devam etmektedir.

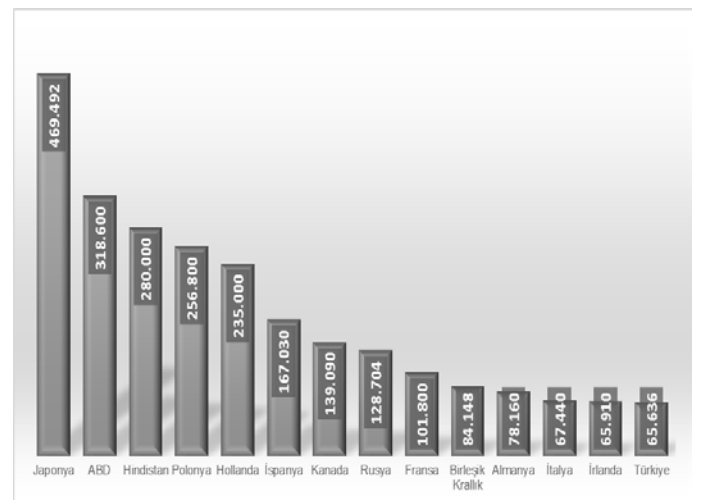
Üreticiler ve tüketiciler arasındaki yakın coğrafi ve sosyal ilişkiler pek çok ekonomik, sosyal ve çevresel avantaj sağlamaktadır. Kurulan kısa tedarik zincirleri ara maliyetleri azaltarak pazar erişimini arttırmakta, üretimden uzakta yaşayan tüketiciler için gıdadaki kontrol dışı alanı daraltmakta (Demirbaş, 2023) ve yerel işletmeler arasında bağı kuvvetlendirmektedir (Canfora, 2016). Tüm bunlar gıda tedarik zincirindeki güvenlik risklerini azaltarak, endüstriyel tarım sebebiyle erozyona uğramış tüketici güvenini yeniden canlandırmaya yardımcı olmaktadır. Kısa tedarik zincirleri ve TDT'ler güvene dayalı ilişkilerle bilgi asimetrisini azaltarak tüketicilerin üreticilere olan güvenini artırmaktadır (Giampietri ve ark., 2018).

TDT'ler, mevsimlik ve yerel ürünlerin tüketimini teşvik ederek, gıda ürünlerinin nakliye yolculuğunu kısaltmakta ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir (Tanasă ve ark., 2022). Tüketicilerin yerel gıdayı tercih etme sebepleri üzerine çalışan akademik çalışmalar incelendiğinde; tazelik, koruyucu madde içermeme, yerel üreticiye destek gibi tercihlerin ön plana çıktığı görülmektedir. Aksu ve Kenanoğlu (2022) tarafından İzmir ilinde gerçekleştirilen bir çalışmada, tüketicilerin yerel gıda ürünlerini satın alırken en etkili buldukları kriterler arasında mevsiminde bulunma, tazelik, daha sağlıklı ürünler olma ve üreticiye ilave katma değer sağlama gibi faktörler sıralanmıştır. Duru ve Seçer (2019) ise Mersin ilinde yürüttükleri araştırmada, tüketicilerin yerel gıdayı tercih etme nedenlerini, bu ürünlerin sağlıklı ve koruyucu bileşenler içermemesi ile ilişkilendirmişlerdir. Kanada'da yapılan bir başka çalışmada, tüketicilerin yerel gıda tercih etme nedenleri

arasında ürünün tazeliği, yerel üreticiye destek olma ve ürünün kaynağı hakkında bilgi sahibi olma gibi unsurlar öne çıkmaktadır (Cranfield ve ark., 2012). ABD'de gerçekleştirilen bir araştırmada ise, tüketicilerin yerel gıda tercihlerini organik olma, ürünün kaynağı hakkında bilgi sahibi olma ve daha sağlıklı ürünler olması gibi nedenlerle açıklamaktadır (Zepeda ve Li, 2006).

Türkiye'de ve dünyada mantar yetiştiriciliği ve tüketimi

Günümüzde mantarın insan beslenmesi ve sağlığı bakımından değerinin daha iyi anlaşılmasıyla birlikte mantar yetiştiriciliğine olan merak ve ilgi son yıllarda hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Ekonomik açıdan, mantarlar, besin değeri yüksek, lezzetli ve besin zincirinde önemli bir yere sahip oldukları için birçok toplumda temel bir besin kaynağı olarak kabul edilmektedirler. Tıp ve gıda endüstrisindeki önemi giderek artan mantarlar, yüksek beslenme kalitesi ile ilişkilendirilmektedir (Feeney ve ark., 2014). Toprak ve tarım arazisi gerektirmeden kontrollü koşullarda çevre şartlarına bağlı kalmadan bütün yıl boyunca üretilebilen kültür mantarları, dünyada özellikle protein açığı olan ve gelişmekte olan ülkelerde besin ihtiyacını karşılayacak çözüm olarak görülmektedir. Son yıllarda kültür mantarı yetiştiriciliği dünyada önemli bir endüstri kolu haline gelmiş olup, üretimi yapılan mantar türlerinin sayısı ve miktarı ise giderek artmaktadır (Şen ve Yalçın, 2010; Kibar, 2015). Birleşmiş Milletler Uluslararası Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) istatistikleri, güncel durumda dünya mantar üretimini (trüfler dahil), yaklaşık 48 milyon ton olarak hesaplamaktadır (URL 4, 2024). FAO'nun verilerine göre Çin 45 milyon ton üretimle küresel mantar üretiminin büyük kısmını tek başına gerçekleştirmektedir.



Şekil 1. En çok mantar üreten ülkeler (Çin hariç) (FAOSTAT, 2024)

Kişi başı mantar tüketim değerlerinde Asya toplulukları dikkat çekmektedir. Güney Kore'de kişi başına yıllık mantar tüketimi 4.2 kg olarak bildirilmektedir (Anonymous, 2012). Avrupa Birliği'nde (AB) kişi başı tüketim 3.0 kg iken Türkiye'de ise 900 g seviyesindedir (Özçatalbaş 2012, Kibar 2015). Türkiye'de henüz ticari olarak üretimi yapılmayan *Pleurotus eryngii* (çakşırımantarı) mantarı Güney Kore'de yıllık 44.351 ton üretilmekte ve bu değer ülkenin toplam mantar üretiminin %26'sını temsil etmektedir (Soylu ve Kang 2016). Türkiye'de ticari olarak yetiştiriciliği yapılan en önemli mantar türü *Agaricus bisporus* (kültürmantarı) olup mantar üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Aksu 2006, Kibar 2015). Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından paylaşılan son verilere göre Türkiye'de üretilen kültür mantarların yüzde 86'sını *Agaricus bisporus* ve yüzde 10'luk kısmını ise *Pleurotus ostreatus* (istiridyemantarı) ve *P. pulmonarius* (yazistiridyesi) oluşturmaktadır (Anonim, 2024b).

Türkiye'de mantar sektöründe yaşanan bazı sorunlar

Türkiye'de kişi başı mantar tüketiminin dünya ortalamasının altında kalması ülkedeki mantar yetiştiriciliğinin gelişmesinin önünde önemli bir sorundur. Türkiye'deki hane halkı mantar tüketim değerleri farklı illerde yapılan akademik çalışmalarda 1.2-3 kg arasında ortaya konulmuştur. Aylık ortalama hane halkı mantar tüketimi İçişleri Bakanlığı'nda 1.2 kg (Kibar 2015), Kahramanmaraş ilinde 1.8 kg (Paksoy ve Aksüt 2012), Ankara ilinde ise 2.3 kg (Özkan ve ark. 2000) belirlenmiştir. Türkiye'de mantar tüketiminin düşük olmasının temel nedenlerinden birisi, mantarın halk tarafından yeterince tanınmaması ve zehirlenme korkusudur. Kaplan ve Gözener (2022) tarafından yapılan çalışmada mantar tüketiminin düşük olmasının sebepleri arasında en büyük pay %45.3 ile "katılımcıların mantar tüketimi hakkında yeterince bilgi sahibi olmaması" seçeneğine verilmiştir.

Türkiye'deki mantar sektörünün karşılaştığı bir diğer sorun ise pazarlama kanallarının sınırlılığı ve mantar üreticilerin fiyat belirleme konusunda toptancı ve aracılara göre hareket etmek durumunda kalmasıdır. Kurt ve ark. (2018) mantar üreticileri ile yaptıkları çalışmada üretim ve pazarlama esnasında karşılaşılan en yaygın sorunun %35.0 ile bölgesel mantar pazarındaki talep yetersizliği olduğunu tespit etmişlerdir.

Mantar üreticileri, büyük oranda ürünlerini dökme olarak pazara sunmakta, bu da üreticiler için düşük karlılık anlamına gelmektedir. Ürünlerin işlenmemesi, paketlenmemesi ya da markalaştırılmaması, fiyatların düşmesine ve üreticilerin emeklerinin karşılığını tam olarak alamamasına neden olmaktadır. Ankara ilinde yapılan araştırmaya göre, işletmelerin %67.0'si mantarları dökme olarak pazara sunmakta ve bu da taze

mantarın kısa raf ömrü nedeniyle pazarlama sorunlarına yol açabilmektedir (Deniz vd. 2016).

Mantar üretimine yeterli deneyim, bilgi ve sermaye birikimi olmadan girilmesi, sektörde ciddi verim kayıplarına ve sürdürülebilirliğin tehlikeye girmesine neden olmaktadır. Mantar yetiştiriciliği, hassas ekolojik koşullar ve teknik bilgi gerektiren bir alan olup, yetiştirme süreçlerindeki yetersizlikler düşük kalite ve hastalık sorunlarına yol açmaktadır (Yalçın ve Güven 2019). Ayrıca, sermaye eksikliği modern teknolojilerin kullanılmasını sınırlamakta, bu da üretim verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Üreticilerin teknik bilgi ve finansal destek eksiklikleri, sektörde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için kritik bir sorun olarak kabul edilmektedir. Kurt vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada Bartın ilindeki mantar işletmelerinin çoğunluğunun 3 yıldan daha kısa üretim geçmişine sahip oldukları ve bu işletmelerin bazılarının kuruluş sermayesinin devlet tarafından verilen genç çiftçi desteğinden elde edildiği belirtilmiştir. Deniz vd. (2016) çalışmalarında mantar işletmelerinin %50'sinin üzerine kayıtlı tapu olmaması sebebiyle Çiftçi Kayıt Sistemine (ÇKS) kayıt olamadıklarını aktarmıştır. Bu noktada, üretimde kayıt dışılığın devlet desteği ve finansmana erişimde engel olduğu görülmektedir.

Nitelikli işgücüne erişim ve işgücü maliyetleri de Türkiye'deki mantar sektörü için çözüm bulunması gereken bir konudur. Üreticilerin %58'i kalifiye işçi bulmada ciddi zorluklar yaşadıklarını ifade etmektedir (Deniz ve ark., 2016). Mantarda işgücü sorununa değinen bir başka çalışmanın sonuçları ise mantar işletmelerinin %54'ünün sadece aile iş gücü kullandığını, %29'unun kiralık iş gücüne, %17'sinin de aile iş gücünün yanı sıra kısmen kiralık iş gücüne başvurduğunu ortaya koymuştur (Demir ve Uzun 1996). Mantar yetiştiriciliği, teknik bilgi ve deneyim gerektiren bir üretim alanı olduğundan, kalifiye iş gücünün eksikliği üretim süreçlerinde verimliliği düşürmekte ve ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir.

TDT ve mantar yetiştiriciliği

Türkiye'de mantar yetiştiriciliği, 1960 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde başlatılmış olup, ilk özel sektör işletmesi 1963 yılında Ankara'da kültür mantarı üretimine başlamıştır. Kamu sektöründeki ilk girişim ise 1970 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Toprak ve Su Araştırma Enstitüsü tarafından hayata geçirilmiştir (Günay 1995, Deniz 2016). Türkiye'nin 64 yıllık mantar yetiştiriciliği geçmişine rağmen, bugüne kadar TDT girişimciliğiyle üretim yapan bir işletme bulunmamaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde, dünyada en çok sayıda TDT girişimi bulunan ABD'nin farklı eyaletlerinde TDT girişimciliği başarılı bir şekilde mantar üretimi gerçekleştiren işletmelerin yapıları ve işleyiş süreçleri ele

alınmaktadır. Bu işletmelerin organizasyonel modelleri, üretim yöntemleri ve pazarlama stratejileri web sitelerinde (URL 5, URL 6, URL 7, URL 8, URL 9, URL 10, URL 11, 2024) yer alan bilgiler üzerinden incelenerek, Türkiye'deki mantar sektöründe karşılaşılan iş gücü, pazarlama ve sürdürülebilirlik gibi sorunlara potansiyel çözümler sunabilecek yönleri vurgulanmaktadır.

Çalışmada incelenen TDT'lerin, kendilerine ait logo ve marka kimlikleri bulunmaktadır. Bu durum, işletmelerin tüketicilerle güçlü bir marka bağlantısı kurmasına olanak tanırken, aynı zamanda ürünlerin tanınabilirliğini artırmaktadır. Özellikle görsel kimlik, tüketicilerin satın alma kararlarında etkili bir faktör olabilmekte ve marka sadakatini artırmaktadır. Bu bağlamda, TDT'lerin marka ve logo stratejileri, topluluk bilincinin ve yerel tarımın desteklenmesi açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Şekil 2 incelendiğinde TDT'lerin logo tasarımlarında mantarların ön plana çıktığı görülmektedir. Northwood Mushrooms ise logosunda mantar görselinin altında "family farm" (aile çiftliği) ibaresini de kullanarak aile çiftçiliği vurgusu da yapmaktadır.



Şekil 2. Mantar üretimi yapan TDT'lerin logoları

İncelenen işletmelerin kuruluş yılları ve işletme tanımlarıyla ilgili veriler Tablo 1.'de sunulmaktadır. En genç işletme, 2024 itibarıyla 5 yaşında olan Zell's Farm iken, en eski işletme 15 yaşında olan Northwood Mushrooms'dur. Ortalama işletme yaşı ise yaklaşık 9 yıl olarak hesaplanmıştır. TDT bağlamında, işletmelerin

yaşı, güvenilirlik ve deneyim açısından önem taşımaktadır; daha uzun süre faaliyet gösteren firmalar, müşteri güvenini artırırken, yeni işletmeler yenilikçi yöntemler ve taze perspektifler sunmaktadır. Ayrıca, bu işletmelerin çoğunluğunun aile işletmesi, kadın ve genç çiftçi tarafından temsil edilmesi, toplulukların çeşitliliğini artırarak TDT'nin daha kapsayıcı olmasını sağlamaktadır.

Ürün işleme süreçleri, ürünlerin raf ömrünü uzatırken, aynı zamanda ek gelir kaynakları oluşturarak çiftçilerin ekonomik sürdürülebilirliğini artırmaktadır. Mantar ürünlerinin işlenmesi, özellikle besin değerlerinin korunması ve yenilikçi tüketim biçimlerinin geliştirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Tablo 1. İşletme tanımları ve kuruluş yılları

İşletmeler	İşletme tanımı	Kuruluş yılı
Northwood Mushrooms	Aile	2009
Cloud Cap Mushrooms	Aile	2013
The Garden	Şirket	2013
Fat Moon Mushrooms	Kadın çiftçi	2015
Sugarshack Mushrooms	Aile	2018
R&R Cultivation	Şirket	2018
Zell's Farm	Genç çiftçi	2019

(URL 5, 2024; URL 6, 2024; URL 7, 2024, URL 8, 2024; URL 9, 2024; URL 10, 2024; URL 11, 2024)

Tablo 2'de TDT işletmelerinin mantar, mantar kuru, mantar ekstratları, hediyelik eşyalar ve mantar yetiştirme kitleri gibi ürün çeşitliliğini özetlemektedir. İncelenen TDT işletmelerinin Türkiye pazarı için niş ürün olarak kabul edilebilecek mantarlara odaklandıkları ve ortalama 8 farklı çeşit mantar ürettikleri görülmüştür. Üretilen mantarlar; *Pleurotus ostreatus* (istiridyemantarı), *Pleurotus citrinopleatus*, *Pleurotus dryinus* (akistiridyeye), *Pleurotus djamor* (pembeistiridyeye), *Lentinula edodes* (şitake), *Pleurotus eryngii* (çakşırımantarı), *Agaricus subperonatus* (kestane mantarı), *Grifola frondosa* (maytake), *Hericium erinaceus* (tülübüzük), *Cyclocybe aegerita*, *Ganoderma lucidum* (reyşi), *Pleurotus cornucopiae* (çıkırıktiridyesi) (Sesli ve ark., 2020).

Tablo 2. TDT'lerin satışa sundukları ürün çeşitliliği

İşletmeler	Mantar çeşit sayısı	Mantar ekstratları/ tozu	Kurutulmuş Mantarlar	Yetiştirme kitleri/girdileri	Hediyelik/ diğer
Sugarshack Mushrooms	5	✓	✓	✓	✓
Cloud Cap Mushrooms	5				
R&R Cultivation	10		✓	✓	
Fat Moon Mushrooms	10			✓	✓
Northwood Mushrooms	7	✓	✓		✓
Zell's Farm	11	✓	✓		
The Garden	11	✓	✓	✓	✓
Toplam (%)	Ortalama: 8.4	%57	%71	%57	%57

(URL 5, 2024; URL 6, 2024; URL 7, 2024, URL 8, 2024; URL 9, 2024; URL 10, 2024; URL 11, 2024)

Mantarların yanı sıra işletmelerin %57'si mantar ekstratı ve tozu ve %71'i de kurutulmuş mantar satışı yapmaktadır. Bunlara ek olarak mantara ve yetiştiriciliğine olan ilginin artırılması için yetiştirme kitleri, evde üretim için kullanılabilir çeşitli girdilerin satışını yapan TDT girişimlerinin oranı da %57 olarak hesaplanmıştır. Mantar şeklinde anahtarlık, mantar logolu tişört ve şapkalar, trüf mantarından yapılmış kek, mantar ezmesi gibi çeşitli hediyelik ve diğer ürünlerin de satışı yapılmaktadır.

Mantar üretimi ve satışında farklı satış kanallarının her biri, belirli avantajlar sunmaktadır. TDT paketleri, taze ve mevsiminde yetiştirilen mantarların doğrudan tüketicilere ulaşmasını sağlamaktadır. Önceden belirlenen tarih ve konumda çiftçileri bir araya getiren "çiftçi pazarları" ise yerel üreticilerin doğrudan tüketicilerle ve diğer üreticilerle buluşmasına olanak tanımaktadır. İnternet üzerinden satış, mantar üreticilerine geniş bir müşteri kitlesine ulaşma imkanı sunmakta ve coğrafi engelleri ortadan kaldırarak, özellikle pandemi sonrası artan çevrimiçi alışveriş talebini karşılamaktadır.

Restoranlara yapılan satışlar, mantar üreticileri için yüksek katma değerli bir pazar segmenti oluşturmaktadır. Restoranlara ürün satan TDT girişimleri, ürünlerinin hangi restoranlarda bulunabildiği bilgisini web sayfalarından paylaşarak gıda arz zincirinin takip edilebilirliği noktasında da rol üstlenmektedirler. Toptan satış, büyük ölçekli alımlara olanak tanıyarak üreticilerin gelirlerini artırma potansiyeli sunmakta ve ürünlerin daha geniş bir kitleye ulaşmasına katkıda bulunmaktadır. Son olarak, marketlere yapılan satışlar, mantarların daha geniş kitleler tarafından erişilebilir olmasını sağlamakta ve tüketicilerin sağlıklı gıda seçeneklerini tercih etmelerine yardımcı olmaktadır. Tablo 3 incelendiğinde tüm girişimlerin TDT paketi hazırladıkları, çiftçi pazarlarında ve internet üzerinden ürün satışı yaptıkları görülmektedir. Yerel restoranlara ve toptancılara ürün tedarik eden TDT'lerin oranı %43 iken, yerel market zincirlerine ürün satışı yapan TDT'lerin oranı ise %29 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. TDT'lerin ürün satış kanalları

İşletmeler	TDT	Çiftçi pazarları	İnternet	Marketler	Restoranlar	Toptan
Sugarshack Mushrooms	✓	✓	✓			✓
Cloud Cap Mushrooms	✓	✓	✓			
R&R Cultivation	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fat Moon Mushrooms	✓	✓	✓		✓	✓
Northwood Mushrooms	✓	✓	✓	✓	✓	
Zell's Farm	✓	✓	✓			
The Garden	✓	✓	✓			
Toplam (%)	%100	%100	%100	%29	%43	%43

(URL 5, 2024; URL 6, 2024; URL 7, 2024; URL 8, 2024; URL 9, 2024; URL 10, 2024; URL 11, 2024)

TDT işletmeleri, müşteri taleplerine ve müşterilerin alım güçlerine göre çeşitli paketleme seçenekleri sunarak esneklik sağlamaktadır. Şekil 3'de temsili olarak da görülebilecek tek paket, iki farklı paket (küçük-büyük) ve üç farklı paket (küçük-orta-büyük) alternatifleri, tüketicilerin ihtiyaçlarına uygun çözümler sunmaktadır. Bu strateji, özellikle ekonomik farklılıklar gösteren tüketici gruplarının beklentilerini karşılamak amacıyla kullanılmaktadır.

Doğrudan TDT ortağı tüketiciler tarafından alınan paketlerin yanı sıra yerel ihtiyaç sahipleri için bağıştta bulunmak veya paket hediye etmek isteyenler için de "hediye kartları" seçenekleri tercih edilebilmektedir. Tablo 4. incelendiğinde TDT'lerin %43 ile çoğunluğunun 3 farklı

paket/kutu seçeneği sunduğu görülmektedir. Bu paketlerde ürün çeşitliliği değişebildiği gibi (1-6 arasında farklı mantar çeşidi) paket ağırlığına göre (yarım kg, 1 kg, ve 2 kg) de sınıflandırma yapılabilmektedir. TDT'lerin %57'si hediye kartı uygulaması ile paket/kutu hediyesi veya bağıştı imkanı sunmaktadır.



Şekil 3. Örnek TDT paketleri/kutuları

(URL 6, 2024; URL 8, 2024)

Tablo 4. TDT paketi çeşitliliği

İşletmeler	Tek paket	2 farklı paket	3 farklı paket	Bağış/Hediye
Sugarshack Mushrooms		1-4 farklı çeşit		Hediye kartı
Cloud Cap Mushrooms	1-3 farklı çeşit			
R&R Cultivation			3-6 farklı çeşit	Hediye kartı
Fat Moon Mushrooms		3-5 farklı çeşit		
Northwood Mushrooms			3-6 farklı çeşit	Hediye kartı
Zell's Farm	1-3 farklı çeşit			
The Garden			1-6 farklı çeşit	Hediye kartı
Toplam (%)	%29	%29	%43	%57

(URL 5, 2024; URL 6, 2024; URL 7, 2024; URL 8, 2024; URL 9, 2024; URL 10, 2024; URL 11, 2024)

TDT'ler, haftalık, iki haftalık ve dört haftalık teslim seçenekleri sunarak katılımcılara esneklik sağlamaktadır. Bu teslimat süreleri, hem tüketicilerin ihtiyaçlarına göre planlama yapmasına olanak tanırken, hem de üreticilerin üretim süreçlerini daha rahat yönetmelerini desteklemektedir. TDT sezonları ise genellikle 3-4 ay ve 6-7 ay gibi sürelerle sınırlanmıştır (Tablo 5). İncelenen TDT'lerin hiçbirisi yıl boyunca TDT paket/kutu dağıtımını yapmamaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasında mantarların yetiştirme dönemleri ve TDT yürüten girişimlerin TDT dışı satışlar yapmasının da (toptan, restoran, market vb.) etkili olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 5. TDT paket/kutu sezonları

İşletmeler	Sezonluk (3-4 ay)	Sezonluk (6-7 ay)
Sugarshack Mushrooms	2 haftada bir teslimat	
Cloud Cap Mushrooms	4 haftada bir teslimat	
R&R Cultivation	1, 2 veya 4 haftada bir teslimat	
Fat Moon Mushrooms		1-2 haftada bir teslimat
Northwood Mushrooms		1-2 haftada bir teslimat
Zell's Farm		2 haftada bir teslimat
The Garden	2 haftada bir teslimat	

(URL 5, 2024; URL 6, 2024; URL 7, 2024; URL 8, 2024; URL 9, 2024; URL 10, 2024; URL 11, 2024)

TDT'ler, sınıf eğitimleri ve atölye çalışmaları (workshoplar) ile katılımcılara mantar yetiştiriciliği konusunda kapsamlı bilgiler sunmaktadır. Bu eğitimler, teori ve pratiği bir araya getirerek çiftçilerin ve tüketicilerin

mantar üretim tekniklerini öğrenmelerine ve uygulamalarına yardımcı olmaktadır. Ayrıca düzenlenen doğa kampları, katılımcılara doğayla iç içe bir deneyim sunarak mantarların ekosistem içindeki rolünü ve önemini gösterme fırsatı sunmaktadır. E-bültenler ve videolar gibi dijital içerikler ise mantarların besin değerleri ve tarifleri hakkında bilgi vererek sağlıklı beslenme alışkanlıklarını teşvik etmektedir. Özellikle mantarlı yemek tariflerinin paylaşılması, yerel ürünlerin tüketimini artırarak hane halkları için gıda güvenliğini desteklemektedir. Bu bütünsel yaklaşım, topluluk bilincini güçlendirmekte ve bireylerin gıda üretim süreçlerine aktif katılımlarını sağlayarak sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır.

Araştırma kapsamında incelenen TDT'lerin eğitim ve topluluk programları Tablo 6.'da özetlenmektedir. Buna göre TDT'lerin %86'sı üyelerinin e-posta hesaplarına gönderilen e-bülten ve web sitelerinde yer alan video içerikler ile mantar üretimi ve TDT'deki güncel gelişmeler hakkında bilgiler paylaşmaktadır. TDT'lerin %71'i üretmekte olduğu mantarların yemeklerde nasıl kullanılacağını anlatan tarifler paylaşmaktadır. Bu paylaşımlar web sitesinden yapıldığı gibi ayrıca TDT paket/kutularının içine eklenerek de dağıtılabilir. Mantar kitleri ile yetiştiriciliğin anlatıldığı atölye çalışmaları ise TDT girişimlerinin %57'si tarafından gerçekleştirilmektedir. TDT'ler üyelerine özel olarak ücretsiz ve dışarıdan katılmak isteyenlere ücretli olacak şekilde mantar hakkında bilgiler içeren sınıf eğitimleri (%43) ve doğa kampları (%29) da düzenlemektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, TDT girişimciliğinin Türkiye'deki mantar yetiştiriciliğine uygulanabilirliği incelenmiş ve bu girişimcilik yaklaşımının sektöre yönelik potansiyel katkıları analiz edilmiştir. TDT'nin, üretici-tüketici arasındaki doğrudan ilişkiyi güçlendirme kapasitesine sahip olduğu ve bu durumun da sürdürülebilir tarımsal uygulamaların yaygınlaşmasına katkı sağlayabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 6. TDT'lerin eğitim ve diğer topluluk programları

İşletmeler	Sınıf eğitimleri	Atölye çalışmaları	Doğa Kampları	E-bülten/video	Yemek tarifi
Sugarshack Mushrooms	✓	✓		✓	✓
Cloud Cap Mushrooms					
R&R Cultivation				✓	✓
Fat Moon Mushrooms	✓	✓	✓	✓	✓
Northwood Mushrooms		✓		✓	✓
Zell's Farm				✓	
The Garden	✓	✓	✓	✓	✓
Toplam (%)	%43	%57	%29	%86	%71

(URL 5, 2024; URL 6, 2024; URL 7, 2024, URL 8, 2024; URL 9, 2024; URL 10, 2024; URL 11, 2024)

Mantar yetiştiriciliğinde TDT girişimciliği, özellikle üreticilere sabit ve güvenilir bir gelir akışı sağlayarak ekonomik sürdürülebilirliği desteklemekte; tüketicilere ise taze, yerel ve organik ürünlere erişim imkanı sunarak gıda güvenliğini temin etmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik açısından bakıldığında, TDT girişimciliği, yerel ve düşük girdili üretim yöntemlerinin teşvik edilmesiyle karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sunabilmektedir.

Türkiye'deki mantar sektörü, pazarlama kanallarındaki yetersizlikler, iş gücü kalifikasyon eksiklikleri ve sürdürülebilirlik sorunlarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu bağlamda, TDT girişimciliği, özellikle küçük ve orta ölçekli üreticiler için alternatif bir çözüm sunarak bu zorlukların üstesinden gelebilecek bir yapı hazırlamaktadır. TDT'nin, üreticilerin doğrudan satış yöntemlerini çeşitlendirmelerine olanak tanınması ve aynı zamanda yerel pazar ve restoranlarla doğrudan işbirliği yaparak ürünlerinin tanınırlığını artırması, TDT girişimciliğinin ekonomik avantajlarını güçlendirmektedir.

Çalışmanın bir diğer önemli bulgusu, TDT girişimlerinin yalnızca ekonomik sürdürülebilirlik değil, aynı zamanda eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri yoluyla sosyal sürdürülebilirliği de desteklediğidir. Bu girişimler, hem üreticilere hem de tüketicilere yönelik düzenlenen eğitimlerle, mantar yetiştiriciliği ve sürdürülebilir tarım hakkında farkındalık yaratmakta, tüketicilerin yerel üretimi destekleme ve sağlıklı beslenme konusunda bilinçlenmelerini sağlamaktadır.

Türkiye'de henüz yeterince bilinmeyen TDT girişimciliğinin tanıtılmasında ve örnek girişimlerin hayata geçirilmesinde, yerel kalkınma dinamiklerinin harekete geçirilerek, bölge kaynak ve potansiyellerinin en iyi şekilde kullanılmasına hizmet etmek amacıyla kurulmuş olan Kalkınma Ajansları etkili olabilir. Türkiye'nin 81 ilini kapsayacak şekilde örgütlenmiş ve 26 bölgeden oluşan Kalkınma Ajanslarının kültür mantarı yetiştiriciliğinde hazırlanmış olduğu fizibilite raporları bulunmaktadır. Bu raporlar temel alınarak TDT girişimciliği ile kültür mantarı yetiştiriciliği konusunda da güncel fizibilite raporları hazırlanabilir.

Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu'nun (TKDK), kırsal alanlar için sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin hazırlanması ve uygulanmasında yerel katılım ve ortaklığı teşvik etmek amacıyla %100 oranında hibe desteği verdiği LEADER programı kapsamında oluşturulacak yerel eylem grupları ile TDT girişimciliği ile mantar yetiştiriciliği örnekleri geliştirilebilir.

Türkiye'de TDT girişimciliği ile mantar yetiştiriciliği örneklerinin başlaması ve sayılarının artması ile birlikte bu örnekleri vaka olarak inceleyecek akademik araştırmalar da geliştirilmelidir. Böylece Türkiye'deki TDT girişimciliğinin mantar yetiştiriciliğindeki avantajları ve dezavantajları bilimsel olarak somut örnekler üzerinden ortaya konulabilecek ve sektörün gelişimine katkılar sunulabilecektir.

Sonuç olarak, Türkiye'deki mantar sektöründe TDT girişimciliğinin yaygınlaştırılabilmesi için kalkınma ajansları, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları (STK) tarafından sağlanacak tanıtım destekleri ve eğitim programları kritik bir rol oynayabilecektir. Bu paydaşların işbirliğiyle TDT girişimciliğinin sektöre entegre edilmesi, hem yerel üretimin sürdürülebilirliğini artıracak hem de tüketici taleplerine daha iyi yanıt verebilecek bir gıda sistemi oluşmasına katkı sağlayacaktır. TDT girişimciliği, mantar sektörünün yapısal sorunlarına yönelik bir çözüm sunarken, aynı zamanda tarımsal kalkınmayı destekleyecek kapsayıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar eşit katkıya sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Beyanı Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Ayşe Göknuur Tansu ÖNCEL, Muhsin Arif AKKAYA).

Kaynaklar

- Anonim. (2024a). EkoHarita Topluluk Destekli Tarım Ağı. Web sitesi: <https://www.ekoharita.org/projeler/toplulukdesteklitarim/> Erişim Tarihi: 07.10.2024
- Anonim. (2024b). Türk Tarım Orman, Tarım ve Orman Bakanlığı Dergisi. Web sitesi: <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/1086/ulkemizde-kultur-mantari-uretimi-giderek-artiyor> Erişim Tarihi: 09.12.2024
- Anonymous (2012). Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs. 2000-2010. Major statistic of Agriculture, Food, and Rural Affairs.
- Aksu S. 2006. *Kültür Mantarı Üretim Teknikleri*. Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Aksu, C. M., ve Kenanoğlu, Z. (2022). Tüketicilerin yerel gıda ürünlerine yönelik satın alma davranışları: İzmir ili örneği. *Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Üzerine Araştırmalar, SİDAŞ*, sf 40-53, Manisa
- Asare, E. S., Akudugu, J. A., Addaney, M., Apraku, A., and Appiah, A. O. (2021). Mushroom cultivation as an alternative livelihood in artisanal goldmining affected communities in Ghana. **Journal of Environmental and Resource Management**, 8(1), 13-20.
- Bozlu, B., ve Gürler, G. 2020. Gıda Toplulukları Üzerine Sosyolojik Bir İnceleme: Antalya Örneği. Antalya Kitabı-3, Antalya'da Doğa ve Medeniyet, Palet Yayınları, sf. 195-203.
- Canfora, I. (2016). Is The Short Food Supply Chain An Efficient Solution For Sustainability in Food Market? *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8: 402-407.
- Cranfield, J., Henson, S., and Blandon, J. (2012). The effect of attitudinal and sociodemographic factors on the likelihood of buying locally produced food, *Agribusiness*, 28 (2), 205-221.
- Demir, Y. ve Uzun, A. (1996). Karadeniz Bölgesi Kültür Mantarı (*Agaricus bisporus*) Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu, Sorunları ve Üretim Tesislerinin İyileştirilmesine Yönelik Öneriler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 273-279.
- Demirbaş, N. (2023). Kısa gıda tedarik zincirlerinin avantajları: Gelişmelerini kısıtlayan faktörler ve öneriler. In XIX. IBANESS İktisat, İşletme ve Yönetim Bilimleri Kongreler Serisi, 08-09 Nisan 2023,. Plovdiv, Bulgaristan.
- Demircan Yıldırım, P. (2024). Dayanışma ekonomilerinde topluluk destekli tarım: İlham verici bir model. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 14(2), 510-527.
- Duru, S., ve Seçer, A. (2019). Geleneksel gıda ürünlerini satın alma davranışları ve tutumları: Mersin ili örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 50(1), 1-10.
- Eren, G., ve Gülçubuk, B. (2023). Dünyanın ve Türkiye'nin ortak geleceğinin bir girişimcilik kaygısı: Aile çiftçiliği. *International European Journal of Managerial Research (EUJMR)*, 7(13), 101-111.
- Ertekin, A., ve Yıldızcan, C. (2023). Krize Karşı Alternatifler: Pandemi Sonrasında Tarım Gıda Alanındaki Topluluk-Temelli Dayanışma Pratikleri. *Eğitim Bilim Toplum Dergisi*, Cilt 21, Sayı 82, (Bahar 2023), ss: 148-172
- Feeney, M. J., Dwyer, J., Hasler-Lewis, C. M., Milner, J. A., Noakes, M., Rowe, S., and Wu, D. (2014). Mushrooms and health summit proceedings. *The Journal of nutrition*,144(7), 1128S-1136S.
- Ferchak, J.D., and Croucher, J. (2001). Prospects and Problems in Commercialization of Small-Scale Mushroom Production in South and Southeast Asia, *Appropriate Technology International*, Washington DC, USA, 321-329.
- Giampietri, E., Verneau, F., Del Giudice, T., Carfora, V., and Finco, A. (2018). A Theory of Planned Behaviour Perspective for Investigating the Role of Trust in Consumer Purchasing Decision Related to Short Food Supply Chains. *Food Quality and Preference*, 64:160-166.
- Gökçe, O., ve Yücel, D. (2004). Kültür mantarı tüketimi ve tüketici davranışları üzerine bir araştırma. *Türk Tarım Dergisi*, 155:42-47.
- Günay, A. (1995). *Mantar Yetiştiriciliği*. Ankara. İlke Kitap ve Yayınevi. ISBN:975-7923-15X
- Kadioğlu, Y. (2015). Korkuteli'nde gelişen yeni bir ekonomik faaliyet kolu: Mantar yetiştiriciliği. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31, 228-242.
- Kaplan, E. ve Gözener, B. (2022). Sivas ili mantar tüketim alışkanlığının belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 11(3), 84-94.
- Kibar, B. (2015). Iğdır ili mantar tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(4), 9-16
- Krain, E., E. Millard, E. Koran and E. Servat. (2011). Trade and pro-trade growth: Introducing rainforest alliance certification for cocoa production in Cote d'Ivoire. *GIZ*. 9 pp.
- Kurt, R., Can, A., ve Sivrikaya, H. (2018). Bartın ilinde kültür mantarı yetiştiriciliğinin mevcut durumu, sorunları ve bazı çözüm önerileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 176-183.

- Migliore, G., Schifani, G., and Cembalo, L. (2015). Opening the Black Box of Food Quality in the Short Supply chain: Effects of Conventions of Quality on Consumer Choice. *Food Quality and Preference*, 39:141-146.
- Özden, F. (2020). Gıda etiği bağlamında topluluk destekli tarım modeli üzerine bir inceleme. *Türkiye Biyoetik Dergisi*, 7(3), 84–98.
- Özkan, B., Akkaya, F., Özçatalbaş, O., ve Kutlar, İ., (2000). Antalya ve Ankara illerinde mantar tüketicilerinin mantar satın alma davranışlarının analizi. Türkiye VI. Yemeklik Mantar Kongresi, 20-22 Eylül 2000, İzmir.
- Pabuayon, I. M., and Shimoguchi, N. N. (2016). Cost of organic certification in the Philippines: Boon or bane to organic farmers? *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 22(2), 107-118.
- Paksoy, M., ve Aksüt, M., (2012). Mantar tüketimi ve tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi: Kahramanmaraş ili örneği. IX. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi, Pamukkale Üniversitesi, 18-20 Ekim 2012, Denizli.
- Parot, J. (2016). The French Community Supported Agriculture Movement (AMAP) Facing Domestic Challenges, Hopes for European Support. 5th Natioanal AMAP Meeting. Urgenci; 2016
- Paul, M. (2018) Community Supported Agriculture in the United States: Social, ecological, and economic benefits to farming. *Journal of Agrarian Change*. 2018; p.1-19
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F., Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğdu, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkel, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu., ve Yoltaş, A. (2020). Türkiye Mantarları Listesi. İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını.
- Singh, S. and R.I George. (2012). Organic farming awareness and beliefs of farmers in Uttarakhand, India. *Journal Hum Ecol*, 37(2): 139-149.
- Soylu, M. K., and Kang, M. (2016). Güney Kore'de mantar yetiştiriciliği. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 225–229. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i3.225-229.637>
- Tanasă, L., Brumă, I. S., Ulman, S. R., and Hoha, G. V. (2022). Theoretical Approach with Regard to the Main Benefits of Short Supply Chains. Focus on Small Producers and Local Communities. *Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 22(3).
- Ulusoy Deniz, M., Tütüncü, Ş., ve Eren, E. (2016). Ankara ili kültür mantarı yetiştiriciliğinde tespit edilen sorunlar. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 182-188.
- URL 1 (2014). <https://www.fao.org/world-agriculture-watch/tools-and-methodologies/definitions-and-perationalperspectives/familyfarms/> Erişim Tarihi: 01.10.2024
- URL 2 (2024) <https://www.ams.usda.gov/local-food-directories/csas> (Erişim tarihi: 03.09.2024)
- URL 3 (2008) <https://www.ifoam.bio/why-organic/organic-landmarks/definition-organic> (Erişim tarihi: 01.10.2024)
- URL 4 (2024) <https://www.fao.org/faostat/en/> Erişim Tarihi: 26.08.2024
- URL 5 (2024) <https://www.sugarshackmushrooms.com/> (Erişim tarihi: 14.12.2024)
- URL 6 (2024) <https://cloudcapmushrooms.com/> (Erişim tarihi: 14.12.2024)
- URL 7 (2024) <https://rrcultivation.com/> (Erişim tarihi: 14.12.2024)
- URL 8 (2024) <https://fatmoonmushrooms.com/> (Erişim tarihi: 14.12.2024)
- URL 9 (2024) <https://www.northwoodmushrooms.com/> (Erişim tarihi: 14.12.2024)
- URL 10 (2024) <https://www.zellsfarm.com/> (Erişim tarihi: 14.12.2024)
- URL 11 (2024) <https://thegarden.farm/> (Erişim tarihi: 14.12.2024)
- Vitton, G. (2007). Organic jasmine rice farmers in the northeast of Thailand, In Santacoloma, P. (Ed.). *Organic certification schemes: Managerial skills and associated costs — Synthesis Report from Case studies in the rice and vegetable sectors*, Food and Agriculture Organization (Rural Infrastructure and Agroindustries Division), Rome. pp. 1-49
- Yalçın, M., ve Güven, S. (2019). Türkiye'de Pleurotus ostreatus üreticilerinin karşılaştığı sorunlar ve çözüm önerileri. *Mantar Dergisi* 10 (özel sayı), 214-224. XI. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi-2019.
- Yıldız, A., ve Zengin, C. (2020) Gıda Güvenliği ve Toplum Destekli Tarım. Web sitesi: https://www.academia.edu/44125993/G%C4%B1da_G%C3%BCvenli%C4%9Fi_ve_Toplum_Destekli_Tar%C4%B1m Erişim tarihi: 11.12.2024
- Yılmaz, G., M. Algur, H. (2021). Sürdürülebilir Kaynak Yönetiminin Değerlendirilmesinde Döngüsel Yaşam Örneği: Findhorn Ekoköyü. *Social Sciences Research Journal*, 10 (1), 174-184.
- Zepeda, L., and Li, J. (2006). Who buys local food? *Journal of Food Distribution Research*, 37(3), 5–15.



e-ISSN 2147-6845
Ekim 2019 / Cilt:10/ Özel Sayı
December 2019 / Volume:10 / Special Issue

YAYIN İLKELERİ

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ MANTARCILIK UYGULAMA Ve ARAŞTIRMA MERKEZİ'nin yayınladığı **MANTAR DERGISİ (e-ISSN 2147 6845)**; Ulusal veya Uluslararası Mikoloji alanıyla ilgili araştırma sonuçlarını içeren orijinal araştırma ve derleme makalelerin yayımlandığı elektronik HAKEMLİ bir dergidir.

Dergiye yayınlanmak üzere sunulan makaleler, Baş Editör tarafından konusu açısından dergide yayınlanmasının uygunluğuna karar verildikten sonra, derginin yazım kurallarına göre ön kontrolden geçirilir. Sonra Editör Kurulu aracılığı ile ilgili uzmanlık alanındaki hakemlere bilimsel yönden değerlendirilmek üzere gönderilir. Baş Editör, Bilimsel Hakemlerin eleştiri ve önerileri ile yazarın bunlara verdiği cevaplar doğrultusunda eserin yayınlanıp, yayınlanamayacağına karar verir. Yayınlanması uygun görülmeyen eserler hakkında yazarlara bilgi verilir. Yayınlanması uygun görülen eserlerin matbaa provası yazarlara gönderilir ve son kontrol okuması yapılır. Son okumada imla ve şekilsel hatalar dışında düzeltme veya ekleme yapılmaz. Derginin yayın dili Türkçedir. İngilizce dilinde de yayın kabul edilebilir.

Mantar Dergisi [Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası Lisansı](#) ile lisanslanmıştır.

- Yazar eserin telif hakkını elinde tutar ve ilk yayımlama hakkını dergiye verir. Eser, yazarının belirtilmesi ve ilk yayımının bu dergide yapıldığının belirtilmesi koşuluyla diğerleri tarafından paylaşılmasına olanak veren Creative Commons lisansı altında lisanslanır.
- Yazarlar, makalenin yayımlandığı dergiye atıf yaparak makalelerinin yayımlandığı versiyonunu kurumsal bir arşive, kütüphaneye gönderebilirler.

- Lisans sahibine atıfta bulunarak eseri dağıtabilir, kopyalayabilir, üzerinde çalışmalar yapabilir, yine sahibine atıfta bulunarak türevi çalışmalar yapabilir veya buna benzer işler yapabilirsiniz.

Yazar makalesi ile ilgili en az 5 uzman ismini iletişim bilgileriyle beraber (cep tlf, e-posta adresi) word dosyası olarak, Hakem Öneri Formunu doldurarak sisteme ek dosya olarak yüklemelidir.

Sisteme yüklenen makalelerin bir an önce işleme alınabilmesi için; "Hakem Öneri Formu" ve "Son Kontrol Formu" renkli olarak taranmış şekilde sisteme ek dosya olarak yüklenmelidir.

MAKALE YAZIM KURALLARI

Makale, **A4 boyutunda**, kenarlarda **2 cm** boşluk bırakılacak şekilde, **1.5 aralıklı, arial** yazı karakterinde, **10** punto kullanılarak Word 2003 veya daha üst sürümdeki programla yazılmalıdır. Makalenin word dosyasında otomatik numaralandırma kullanılmamalıdır. Makalenin bölümleri sırayla şöyle olmalıdır;

(Türkçe Makaleler için);

Türkçe Başlık, Yazarlar(sorumlu yazar belirtilmelidir) ve adresleri, E-postaları, Orcid numaraları, Öz, Anahtar kelimeler, İngilizce Başlık, Abstract, Key words, Giriş, Materyal ve Metot, Bulgular, Tartışma, Kaynaklar.

(İngilizce makaleler için);

İngilizce Başlık, yazarlar(sorumlu yazar belirtilmelidir) ve adresleri, E-postaları, Orcid numaraları, Abstract ve Key words, Türkçe Başlık, Öz ve Anahtar kelimeler, Introduction, Material and Method, Results, Discussion, References.

Derleme çalışmalarda da mevcut başlıkların (materyal ve metot hariç) kullanılması gerekir. Bulgular ve Tartışma başlıkları tek başlık altında verilebilir.

Yazar gerekli görürse alt başlıklar kullanabilir. Her bölüme ait başlıklar kalın ve ilk harfleri büyük yazılmalıdır. Metin içinde geçen tüm bilimsel isimler italik olmalı, eğer başlık içerisinde yer alıyorsa hem italik hem de kalın olmalıdır. Tür isimleri ilk geçtikleri yerde yazarlarıyla birlikte verilmelidir. Daha sonraki yerlerde sadece takson isimleri yazılmalıdır. Bölümler arasında bir satır boşluk bırakılmalıdır.

Başlık: Türkçe makalelerde; makalenin Türkçe başlığı 14 punto, İngilizce başlığı 12 punto, İngilizce makalelerde ise İngilizce başlık 14 punto, Türkçe başlık 12 punto, sadece baş harfleri büyük ve kalın olmalıdır. Yazar isimlerinin baş harfi ve soyadı büyük olmalı, adresler ismin altına yazılmalı, sorumlu yazarın e-mail adresi mutlaka belirtilmelidir. Akademik unvanlar makalede yer almamalıdır.

Anahtar kelimeler: 4-10 kelimedenden oluşmalıdır.

Giriş: Araştırma konusu mümkün olduğu kadar güncel olarak kısa ve özlü değerlendirilir. Çalışmanın amacı da belirtilmelidir.

Kaynaklar: Kaynaklar metinde (soyadı, tarih) parantez içinde belirtilerek yazılmalıdır. Kaynaklar bölümü alfabetik sıraya göre 10 punto olarak yazılmalı ve yararlanılan eserlerin Yazar (yazarlarının) Adı ve soyadının ilk harfleri büyük olmalıdır. Kitap, makale ve tam metin yayımlanmış bildiri isimlerinin ilk harfleri büyük yazılmalıdır. **Lisansüstü tezler kaynak olarak gösterilemez.**

Kaynak künyeleri **APA stilinde** aşağıdaki sıraya uygun olarak yazılmalıdır (2019'dan itibaren).

Periyodik ise aşağıdaki örneğe uygun olarak:

Aktaş, S., Kaşık, G., Doğan, H. H. ve Öztürk, C. (2006). Two New Taxa Records for the Macrofungi of Turkey. *Tr.J.of Bot.*, 30 (4) 209-212.

Kitap ise aşağıdaki örneğe uygun olarak:

Kaşık, G., Öztürk, C., Doğan, H. H., Aktaş, S. ve Demirel, G. (2005). *Mikoloji Laboratuvarı*. Konya: Marifet Ofset Matbaa ve Kağıtçılık.

Bilimsel Toplantı kitabı ise aşağıdaki örneğe uygun olarak:

Önay, A. O., Kaşık, G., Alkan, S. ve Öztürk, C. (2018). *Pleurotus ostreatus*'un Misel Gelişmesine Humik Maddelerin Etkisinin Araştırılması. Ö. Türkmen ve M. Paksoy (Ed.), *II. International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress Book of Full Text*, (ss.22-29). Bakü-Azerbaycan.

Tablo ve şekiller: Tablo bulundurmeyen bütün görüntüler (fotoğraf, çizim, grafikler, harita vb.) şekil olarak isimlendirilmelidir. Bütün şekil ve tablolar metin içinde ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Tablo ve şekillerin boyutları 14x20 cm.' den büyük olmamalıdır. Şekiller mutlaka orijinal olmalıdır. Fotoğraflar en az 600 dpi çözünürlükte olmalı veya taranmış olmalıdır. Şekiller mutlaka ana makalede yer almalı ve "**jpeg**" dosyası olarak ayrıca sisteme yüklenmelidir. Şekillerde el yazısı kullanılmamalı, bilgisayar yazılımı olmalıdır. Şekil ismi şekillerin altına, tablo ismi tablonun üstüne yazılmalıdır. Tablo üstü ve şekil altı yazıları 10 punto olmalıdır. Eserler "<http://dergipark.gov.tr/mantar>" adresinden online olarak gönderilir. **Belirtilmeyen konular bilimsel kurallara uygun olmalıdır.**

İletişim Adresi:

S.Ü. Mantarcılık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü

Mantar Dergisi Editörlüğü

Fen Fakültesi Binası B Blok Zemin Kat42079 Kampüs/KONYA

E-posta: mantarcilik@gmail.com



e-ISSN 2147-6845
Ekim 2019 / Cilt:10/ Özel Sayı
December 2019 / Volume:10 / Special Issue

PRINCIPLES OF ARTICLES

THE JOURNAL OF FUNGUS (e-ISSN 2147 6845) is published by **SELÇUK UNIVERSITY MYCOLOGICAL APPLICATION RESEARCH CENTER**. The journal, which is a peer-reviewed journal, publishes original research and review articles. The journal includes national or international research of results with respect to the field of mycology.

Journal articles submitted for publication, after deciding for the eligibility in terms of issues to be published in the journal by the editors, articles will be sent to relevant expertise in the field of scientific referees for evaluation. Editorial Board decides whether it can be published or not in accordance with the referees decides and suggestions. Galley Proof of the articles which is accepted for the publication is sent to the authors then final inspection is done. The language of the journal is in Turkish and English.

The Journal of Fungus is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

• Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a Creative Commons Attribution License that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal.

• Authors are able to enter into separate, additional contractual arrangements for the non-exclusive distribution of the journal's published version of the work (e.g., post it to an institutional repository or publish it in a book), with an acknowledgement of its initial publication in this journal.

• Licensees may copy, distribute, display and perform the work and make derivative works and remixes based on it only if they give the author or licensor the credits (attribution) in the manner specified by these.

The author must upload the Reviewer Suggestion Form, contained at least 5 experts related to his / her article with the contact information (mobile tlf, e-mail address) as an additional file to the system.

To start the process of the Articles as soon as possible; Article, Reviewer Suggestion Form and Article Final Control Form should be uploaded to the system.

Articles preparation Rules

The article must be 1.5 spaced in A4 size, 2 cm each margins, 10 font size and in Arial text character. Articles should be written in Word 2003 or higher. Sections of the article should be respectively like this:

For Article in Turkish

Turkish title, Name(s) of author(s) and their addresses, E-mails, Orcid number(s), Turkish abstract, Turkish key words, English title, English abstract, Key words, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, References.

For Article in English

English title, Name(s) of author(s) and their addresses, E-mails, Orcid number(s), English abstract, Key words, Turkish title, Turkish abstract, Turkish key words, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, References.

If necessary, authors may use sub-titles. The title of each section should be written in bold and the initial letters should be written big on title. All the scientific names should be italicized in the text, if it take part in the title should be both bold and italic. Genus and species names must first be supplied with the authors in their place. Then other place names should be used only species names. Should be a blank line between sections.

Title: Title of Turkish articles should be 14 points. English title should be 12 points. Initial letters and surname of the author's must be greater. Address should be written under the name of the author. E-mail address of corresponding author must be given. Academic qualifications are not included in the article.

Key words: Should consist of 4-10 words.

Introduction: Research topic as much as possible should be short and concise. The aim of the study should also be indicated.

References: References in the text must be written in parentheses (name, date). References section should be written as 10 points in alphabetical order. Names of books, articles and announcements initial letters should be big. The first letters of the names of the book, the article and the published submission should be written in large. Master's theses are not shown as a reference. References should be written in **APA style** in the following order (from 2019).

For Article:

Aktaş, S., Kaşık, G., Doğan, H. H. and Öztürk, C. (2006). Two New Taxa Records for the Macrofungi of Turkey. *Tr.J.of Bot.*, 30 (4) 209-212.

For Books:

Kaşık, G., Öztürk, C., Doğan, H. H., Aktaş, S. and Demirel, G. (2005). *Mikoloji Laboratuvarı*. Konya: Marifet Ofset Matbaa ve Kağıtçılık.

For Congress Book:

Önay, A. O., Kaşık, G., Alkan, S. and Öztürk, C. (2018). *Pleurotus ostreatus*'un Misel Gelişmesine Humik Maddelerin Etkisinin Araştırılması. Ö. Türkmen ve M. Paksoy (Ed.), *II. International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress Book of Full Text*, (ss.22-29). Bakü-Azerbajjan.

Tables and figures: All images (photographs, drawings, graphs, maps, etc..) should be named as figure. All figures and tables should be numbered consecutively in the text. The sizes of tables and figures 14x20 cm should not be greater than. Figures must be original. Photos must be at least 600 dpi resolution or must be scanned. Figures must be separate from the main article "jpeg" should be sent to the file. Figure name should be written under figure and should be 10 points. Table name should be written on top of the table and should be 10 points.

Works are sent online at "http://dergipark.gov.tr/mantar". Unspecified subjects must comply with scientific rules.

Contact Address:

S.Ü. Mantarcılık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü

Mantar Dergisi Editörlüğü

Fen Fakültesi Binası B Blok Zemin Kat42079 Kampüs/KONYA/TÜRKİYE

E-posta: mantarcilik@gmail.com



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI



SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK
UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- Bazı Mantar Miselyumlarından Yalıtım Malzemesi Üretimi
Üzerine Bir Araştırma.....73
A Research on the Production of Insulation Materials from some Fungi Mycelia
Hacı Halil BIYIK, Aykan ÖZGÜR
- Examination of Galactomannan Antigen Test Results in the
Diagnosis of Patients with Suspect of Invasive Aspergillosis.....83
İnvaziv Aspergilloz Şüphesi Olan Hastaların Tanısında Galaktomanan
Antijen Test Sonuçlarının Araştırılması
Salih MAÇİN, Rugıyya SAMADZADE, Senanur YILMAZ, Duygu FINDIK
- Examination of The Aegean Region in Terms of Truffle Potential.....91
Ege Bölgesi'nin Trüf Potansiyeli Açısından İncelenmesi
Sevgin ÖZDERİN, Hakan ALLI

DERLEME MAKALELERİ / REVIEW ARTICLES

- Heat-Resistant Moulds in Fruits and Fruit-Containing Products.....138
Meyve ve Meyve İçeren Ürünlerde Isıya Dirençli Küfler
Elif DOĞAN, Nükhet Nilüfer DEMİREL ZORBA
- Atık Mantar Kompostunun Topraksız Tarımda Katı Ortam Materyali Olarak
Kullanımı.....151
Use of Waste Mushroom Compost as Solid Media Material in Soilless Agriculture
Gamze ÇAKIRER SEYREK, Köksal DEMİR
- Topluluk Destekli Tarım Ve Mantar Yetiştiriciliği: Türkiye İçin Sürdürülebilir Bir
Mantar Girişimciliği Önerisi.....159
Community Supported Agriculture And Mushroom Cultivation:
A Sustainable Mushroom Entrepreneurship Proposal For Türkiye
Ayşe Göknur Tansu ÖNCEL, Muhsin Arif AKKAYA



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI



SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK
UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- A New Genus Record for the Phleogenaceae Family from Türkiye.....1
Türkiye'den *Phleogenaceae* Familyası için Yeni Bir Cins Kaydı
Yusuf UZUN, Sedat KESİCİ, İsmail ACAR
- Comparative Analysis of Mycelium Biocomposites as Potential
Next-Generation Green Building Materials.....7
Yeni Nesil Yeşil Yapı Malzemesi Olarak Miselyum Biokompozitlerin Karşılaştırmalı Analizi
Onur KIRDÖK, Sultan Kübra TOKER, Orkun KIVRAK,
Tutku Didem ALTUN, Elif Esin HAMEŞ
- Hatay İlinde *Protea* Süs Bitkilerinde Kurumaya Sebep Olan Fungal Hastalıklar...18
Fungal Diseases Causing Drying In *Protea* Ornamental Plants In Hatay Province
Aysun UYSAL, Şener KURT, Tuğba HANEDAN
- Distribution of *Volvariella bombycina* in Forest Communities of the Ural River
Valley within the West Kazakhstan Region.....24
Volvariella bombycina'nın Batı Kazakistan Bölgesi'ndeki Ural Nehri Vadisi
orman Topluluklarındaki Dağılımı
Assemgul SARSENOVA, Sardarbek ABIYEV, Talshen DARBAYEVA, Cafer EKEN
- Expanding the *Tricharina* Diversity in Türkiye: The Identification of *Tricharina
cretea* from Nemrut Mountain.....29
Türkiye'deki *Tricharina* Çeşitliliğinin Genişletilmesi: Nemrut Dağı'ndan
Tricharina cretea Türünün Tanımlanması
Şuheda ALDEMİR TERMAN, Mustafa Emre AKÇAY, Ayten DİZKIRICI
- Konya İlinde Kültür Mantarcılığı ve Üretiminde Karşılaşılan Sorunlar.....37
Mushroom Production in Konya Province and the Challenges Encountered in Its Cultivation
Sinan ALKAN, Yusuf AKDEMİR
- Dünyada ve Türkiye'de Mantar Sektörü ve Sürdürülebilirlik.....49
Mushroom Industry in the World and Türkiye and Sustainability
Aysun PEKŞEN, Erkan EREN
- First Record of *Helvella capucina* in Türkiye: Morphological and Molecular
Characterization.....66
Türkiye'den *Helvella capucina* Türünün İlk Kaydı ve Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu
Şuheda ALDEMİR TERMAN, Mustafa Emre AKÇAY, Ayten DİZKIRICI