

SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS

e-ISSN:2147-6845

E-JOURNAL

April 2025 Volume:16 Issue:1

Selçuk University Mushroom Application and
Research Center-KONYA-TÜRKİYE

JOURNAL OF FUNGUS



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK
UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

**Selçuk Üniversitesi
Mantarcılık
Uygulama ve Araştırma
Merkezi
KONYA-TÜRKİYE**



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI

MANTAR DERGİSİ

E-DERGİ/ e-ISSN:2147-6845

Nisan 2025

Cilt:16

Sayı:1

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ MÜDÜRLÜĞÜ

ADINA İMTİYAZ SAHİBİ
PROF.DR. HÜSEYİN YILMAZ
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRÜ

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
30/04/2025

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. Faruk SELÇUK (Ahi Evran Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Gülşah ÇOBANOĞLU (Marmara Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Hacer SERT(Akdeniz Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Rasime DEMİREL(Eskişehir Teknik Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Sevda KIRBAĞ (Fırat Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Şule ÖZTÜRK (Uludağ Üniv.- Türkiye)
Prof.Dr. Yusufjon GAFFOROV (Academy of Sciences of Uzbekistan- Özbekistan)
Prof.Dr. Younes REZAAE DANESH (Urmia Üniv.-İran)
Doç.Dr. Beata ZİMOWSKA (University of Life Sciences- Polonya)
Doç.Dr. Hossein ZARRINFAR(Mashhad Üniv-İran)

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. Ahmet UYSAL
Prof.Dr. Başaran DÜLGER
Prof.Dr. Faruk SELÇUK
Prof.Dr. Fatih KALYONCU
Prof.Dr. Hacı Halil BIYIK
Prof.Dr. Hasan AKGÜL
Prof.Dr. Meliha Merve HIZ
Prof.Dr. Mustafa YAMAÇ
Prof.Dr. Yusuf UZUN
Doç.Dr. Aytaç KOCABAŞ
Doç.Dr. Esmâ ERYILMAZ DOĞAN
Doç.Dr. Hakan ALLI
Doç.Dr. Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI
Doç.Dr. İskender KARALTI
Doç.Dr. İsmail ACAR
Doç.Dr. Mustafa SEVİNDİK
Dr.Öğr. Ü. Altuğ KARAMAN
Dr.Öğr. Ü. Erdoğan GÜNEŞ

İÇİNDEKİLER/ CONSTENS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

Antibacterial Activity of <i>Laetiporus sulphureus</i> Extracts Against Multidrug Resistant Bacterial Isolates.....1 Çoklu İlaça Dirençli Bakteri İzolatlarına Karşı <i>Laetiporus sulphureus</i> Ekstraktlarının Antibakteriyel Aktivitesi Ayşegül AKKOYUNLU, Görkem DÜLGER, Başaran DÜLGER	1
Türkiye Mantarları Listesi'ne Yeni Eklentiler-4.....8 New Additions to the List of Fungi of Türkiye-4 Ahmet ASAN, Halide KARABIYIK, Gülay GİRAY, Aleya ÇETİNER	8
Mantar Miselinden Kompozit Malzeme Üretimi: Potansiyel Uygulamalar26 The Production of Mycelium-Based Composite Materials: Potential Applications Süleyman BAYRAMOĞLU, Zehra AĞIRTMİŞ, Selime Semra EROL	26
Çeşitli <i>Trichoderma</i> İzolatlarının Bazı İnsan ve Bitki Patojeni Bakteriler Üzerindeki Antibakteriyel Etkisinin in Vitro Koşullarda Taranması.....34 Screening of Antibacterial Effects of Various <i>Trichoderma</i> Isolates on Some Human and Plant Pathogenic Bacteria Under in vitro Conditions Kemal KARACA, Melise İPHAR, Rengin ELTEM	34
Hakkâri Yöresinden Türkiye Mikrobiyotası için İki Yeni <i>Galerina</i> Kaydı.....42 Two New <i>Galerina</i> Records for Türkiye Mycobiota from Hakkâri Region Cemil SADULLAHOĞLU, Sedat KESİCİ, Yusuf UZUN, Mustafa Emre AKÇAY	42
A Rarely Documented Forest Fungus: First Record of <i>Dendrodochium citrinum</i> from Çanakkale (Türkiye).....49 Nadiren Kaydedilen Bir Orman Mantarı: <i>Dendrodochium citrinum</i> 'un Çanakkale (Türkiye)'den İlk Kaydı İsmail ACAR, Halide KARABIYIK, Zafer YAREN	49
Fungal Diversity of Hairdressers and Turkish Baths in Erzurum (Türkiye).....55 Erzurum (Türkiye)'daki Kuaför ve Hamamlarda Fungal Çeşitlilik Hayrunisa HANCI, Hakan İGAN	55
Bazı Doğal Mantarların Etanol Ekstraktlarının Anti-MRSA ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Değerlendirilmesi.....61 Assessment of the Antimicrobial and Anti-MRSA Activities of Ethanol Extracts of Some Natural Mushrooms Kumru ÜRÜN, Erdoğan GÜNEŞ, Sinan ALKAN	61
Python Tabanlı Bulanık Mantık Modeli ile Rumen Fungal Ksilanaz Enzim Aktivitesinin Tahmini: Mikrobiyal Üretim Koşullarının Analizi.....71 Prediction of Rumen Fungal Xylanase Enzyme Activity with Python Based Fuzzy Logic Model: Analysis of Microbial Production Conditions Halit YÜCEL, Kübra EKİNCİ	71
Assessing Antifungal Resistance and Biofilm-Forming Capacity of <i>Candida parapsilosis</i> Isolates from Makeup Sponges81 Makyaj Süngerlerinden İzole Edilen <i>Candida parapsilosis</i> İzolatlarının Antifungal Dirençliliği ve Biyofilm Oluşturma Kapasitelerinin Belirlenmesi Gülçin ÖZCAN ATEŞ, Tuğba HANEDAN	81



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MANTARCILIK
UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ

Mantar Dergisi
The Journal of Fungus

e-ISSN 2147-6845
Nisan 2025 / Cilt:16/ Sayı:1
April 2025 / Volume:16 / Issue:1



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI
SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS

DERLEME MAKALELERİ / REVIEW ARTICLES

Ruhsal Bozuklukların Tedavisinde Psilosibin.....	90
Psilocybin in the Treatment of Mental Disorders	
Doğancan SÖNMEZ, Aslı Enzel KOÇ	



This article is cited as: Akkoyunlu A., Dülger G., Dülger B. (2025). Antibacterial Activity of *Laetiporus sulphureus* Extracts Against Multidrug Resistant Bacterial Isolates. *Mantar Dergisi*, 16(1)1-7

Geliş(Received) :30.10.2024

Kabul(Accepted) :19.11.2024

Research Article

Doi: 10.30708/mantar.1575046

Antibacterial Activity of *Laetiporus sulphureus* Extracts Against Multidrug Resistant Bacterial Isolates

Ayşegül AKKOYUNLU^{1*}, Görkem DÜLGER², Başaran DÜLGER³

* Corresponding Author: aysegulgungor84@gmail.com

¹Department of Biology, Graduate Education Institute, Düzce University, Konuralp/Düzce, Türkiye / aysegulgungor84@gmail.com 

²Department of Medical Biology, Faculty of Medicine, Düzce University, 81620, Konuralp/Düzce, Türkiye / gorkemdulger@duzce.edu.tr 

³Department of Biology, Faculty of Science and Arts, Düzce University, 81620, Konuralp/Düzce, Türkiye / basarandulger@duzce.edu.tr 

Abstract: Ethanol extracts from *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill (*Polyporaceae*) were tested for their antibacterial activity against multidrug-resistant bacterial isolates using agar well diffusion and dilution procedures. According to the findings, *L. sulphureus*'s antibacterial activity differed depending on the extract concentration. While no activity was observed at other dosages, the ethanolic extract demonstrated inhibitory zones ranging from 10.2 to 17.4 mm at 200 mg/mL; 8.2 to 12.6 mm at 100 mg/mL; and 9.2 to 9.8 mm at 50 mg/mL. *Klebsiella pneumoniae* (10.2 mm at 200 mg/mL) was the least susceptible to the extract, while *Bacillus subtilis* (17.4 mm at 200 mg/mL) was the most sensitive. The extract's minimum inhibitory concentration (MIC) against *Staphylococcus aureus*, *B. subtilis*, and *K. pneumoniae* ranged between 25 mg/mL and 200 mg/mL. For *B. subtilis*, *S. aureus*, and *Pseudomonas aeruginosa*, the minimum bactericidal concentration (MBC) of the extract was recorded at 50 mg/mL and 200 mg/mL, respectively; however, no MBC was found for *K. pneumoniae*. *S. aureus* exhibited the highest level of resistance (70%), while *P. aeruginosa* demonstrated the lowest level of resistance (10%). Pefloxacin, ciprofloxacin, septrin, and sparfloracin were identified as the most potent antibiotics. The findings suggest that *L. sulphureus* has potential as an antibacterial agent, though its effectiveness varies according to extract concentration and bacterial species.

Keywords: *Laetiporus sulphureus*, Antibacterial activity, Multidrug-resistant bacterial isolates

Çoklu İlaça Dirençli Bakteri İzolatlarına Karşı *Laetiporus sulphureus* Ekstraktlarının Antibakteriyel Aktivitesi

Öz: *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill (*Polyporaceae*) etanol ekstraktlarının, çoklu ilaca dirençli bakteri izolatlarına karşı antibakteriyel aktivitesi agar kuyucuk difüzyon ve dilüsyon yöntemleri kullanılarak test edilmiştir. Bulgulara göre, *L. sulphureus*'un antibakteriyel aktivitesi ekstrakt konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Diğer dozlarda aktivite gözlenmezken, etanolik ekstrakt 200 mg/mL'de 10,2 ile 17,4 mm arasında, 100 mg/mL'de 8,2 ile 12,6 mm arasında ve 50 mg/mL'de 9,2 ile 9,8 mm arasında inhibisyon zonları göstermiştir. Ekstrakta en az duyarlı bakteri 200 mg/mL'de 10,2 mm ile *Klebsiella pneumoniae* iken, en duyarlı bakteri 200 mg/mL'de 17,4 mm ile *Bacillus subtilis* olmuştur. Ekstraktın *Staphylococcus aureus*, *B. subtilis* ve *K. pneumoniae*'ye karşı minimum inhibitör konsantrasyonu (MİK) 25 mg/mL ile 200 mg/mL arasında değişmektedir. *B. subtilis*, *S. aureus* ve *Pseudomonas aeruginosa* için ekstraktın minimum bakterisidal konsantrasyonu (MBK) sırasıyla 50 mg/mL ve 200 mg/mL olarak

kaydedilmiştir; ancak *K. pneumoniae* için herhangi bir MBK bulunamamıştır. *S. aureus* en yüksek direnç seviyesini (%70) gösterirken, *P. aeruginosa* en düşük direnç seviyesini (%10) göstermiştir. Pefloksasin, siprofloksasin, septrin ve sparfloksasin en güçlü antibiyotikler olarak tanımlanmıştır. Bulgular, *L. sulphureus*'un bir antibakteriyel ajan olarak potansiyel taşıdığını, ancak etkinliğinin ekstrakt konsantrasyonuna ve bakteri türüne göre değiştiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Laetiporus sulphureus*, Antibakteriyel aktivite, Çoklu ilaca dirençli bakteri izolatları

Introduction

According to recent statistics, a significant number of people are using alternative medicine in various ways. One of the most accessible forms of complementary and alternative medicine is macrofungi. Both wild and farmed mushrooms contain a wide range of biomolecules with nutritional and/or medicinal benefits (Brochers et al., 2004; Lindequist et al., 2005; Poucheret et al., 2006; Kalac, 2009). Mycelia, spores, and fruiting bodies collect a variety of bioactive chemicals that have antiviral, antibacterial, antidiabetic, antioxidant, anticancer, liver-protecting, antifibrotic, and anti-inflammatory properties (Alves et al., 2012).

The edible wood-rotting *basidiomycete* fungus *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill (*Polyporaceae*) is also known as sulphur shelf, sulphur polypore, or "chicken of the woods". It is also called "kükürtmantarı" in Turkish. Although it is found worldwide, it is predominantly seen in the tropical and subtropical regions of Europe, Asia, and North America (Petrovic et al. 2013,; Sesli et al., 2020). The fungus has a distinct texture and scent; characteristics that have influenced its long-standing use in Oriental culture as a valuable food source (Khatua et al., 2017). Furthermore, because of this fungus's medicinal qualities, it is also valued as a folk medicine, particularly in Asia and Europe (Zjawiony, 2004). In Europe, traditionally, fruit bodies are widely used to treat rheumatism, coughs, stomach cancer, and pyretic illnesses (Grienke et al., 2014). During normal field trips, it was discovered that *L. sulphureus* is used to treat coughs (prepared as a tea) and wounds (in the form of pomade). Consequently, the aim of this study was to ascertain the antibacterial effect of ethanolic extracts of *L. sulphureus* gathered from Türkiye, which locals use to treat various ailments.

Material and Metod Fungal Materials

In July and August of 2019, the macrofungus *Laetiporus sulphureus* was obtained from Sinekli Yaylası, Düzce, Türkiye. The author's personal collection of voucher specimens (GD-122-3) of the macrofungus has been stored in the Department of Medical Biology at Düzce University.

Preparation of Crude Extracts

Macrofungus samples were oven-dried at 40 °C and after that pulverised. Soxhlet apparatus was used to extract each dry powdered macrofungal material (50 g) using 150 mL of 95% ethanol (Merck, Darmstadt, Germany) over the course of 24 hours. Filter paper No. 1 from Whatman was employed to strain the extract, and a rotary evaporator operating under vacuum at 55 °C was used to evaporate the filtrate solvent (yield 37.4% for ethanol). The dry extract that resulted was kept at -20 °C in labelled, sterile screw-capped bottles. To get a 200 mg/mL concentration, 1 g of the extract was dissolved in 5 mL of DMSO (dimethyl sulfoxide). As stated by Ahmad and Beg (2001), additional doses of 100, 50, 25, 12.5, and 6.25 mg/mL were created using the dilution approach.

Microorganisms

In this study, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* as Gram-positive bacteria and *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* as Gram-negative bacteria were used. The bacterial cultures were acquired from the Faculty of Medicine, Medical Biology Research Laboratory, Düzce University, Düzce, Türkiye.

Antibiotic Susceptibility Testing of the Test Microorganisms

In compliance with the National Committee Laboratory Standards (2000) recommendation, antimicrobial disc tests were conducted on the isolates utilising the subsequent antibiotic discs (ampiclox (30 µg), amoxicillin (30 µg), zinnacef (20 µg), rocephin (25 µg), ciprofloxacin (10 µg), augmentin (20 µg), sparfloxacine (30 µg), erythromycin (10 µg), streptomycin (30 µg), gentamycin (10 µg), septrin (30 µg), chloramphenicol (25 µg), pefloxacin (10 µg), tetracycline (30 µg) and ofloxacin (30 µg)). Based on the diameter of the inhibitory zones surrounding the antibiotic discs.

Antibacterial Susceptibility Testing of the Extracts with the Test Organisms

The test microorganisms were inoculated in Mueller Hinton Broth (Oxoid) to prepare the inocula, and then incubated at 37 °C for 24 hours. After the incubation, the cultures were diluted to the McFarland turbidity standard of [0.5]. Using a glass rod spreading technique, 0.2 mL of the colonies were further diluted in normal

saline and seeded onto solidified Mueller Hinton Agar (Oxoid). The agar well technique was used to assess each extract's capacity to stop the growth of the clinical test bacteria. Mueller Hinton Agar plates that had been infected were left to dry. Next, using a 4 mm cork borer, wells were drilled into the surface of inoculated agar plates. Using a Pasteur pipette, 0.2 mL of each extract's various concentrations were added to the well. The ensuing zones of inhibition were not allowed to overlap since the wells were separated enough apart. The zones of inhibition that resulted from the triplicate execution of the experiment were noted. Penicillin, Ampicillin, and Streptomycin served as positive controls.

Determination of Minimum Inhibitory and Bactericidal Concentrations (MIC and MBC)

For every test microorganism, MIC of the ethanol extract was ascertained in triplicate at different concentrations ranging from 200 to 3.125 mg/mL. A loopful of the test microorganisms that had been previously diluted to the [0.5] McFarland turbidity standard was added to the tubes along with 1 mL of Mueller Hinton Broth (Oxoid). The test microorganisms were planted into a tube containing Mueller Hinton Broth only as a control. Following 24-hour incubation at 37 °C, turbidity was measured in each tube to check for growth.

The MIC of the macrofungal extract on the clinical bacterial isolates was performed according to Ajaiyeoba et al. (2003). To put it briefly, 1 mL of bacterial culture was transferred from the mixture used to assess the MIC tubes. These did not exhibit any growth; therefore, they were subcultured onto Mueller Hinton Agar (Oxoid) and incubated for 24 hours at 37 °C. The concentration at which no single bacterial colony was found after incubation was designated as MBC. Ampicillin and streptomycin were prepared at concentrations ranging from 128 to 0.25 µg/mL to be used as standard antibacterial agents.

Data Analyses

In this study, a one-way ANOVA (Analysis of Variance) was conducted to evaluate if there were significant differences in the inhibition zones at different concentrations of the plant extract against various bacterial strains. The ANOVA results showed a statistically significant difference between the groups ($F = 26.515$, $p < 0.01$). To further investigate these differences, a post-hoc Tukey HSD test was conducted. The Tukey test revealed that the inhibition zones at higher concentrations (e.g., 200 mg/mL) were significantly different from those at lower concentrations (e.g., 25 mg/mL and below) with p -values < 0.001 .

A Pearson correlation analysis was performed to examine the relationship between MIC and MBC values. The analysis revealed a perfect positive correlation between MIC and MBC ($r = 1.000$, $p < 0.01$). This result indicates that an increase in MIC values leads to a proportional increase in MBC values, and the relationship is statistically significant.

IBM SPSS Statistics 27 software was used to perform the analyses.

Results

The ethanol extract of *L. sulphureus* was used in this investigation and examined using the agar well diffusion and dilution method. When tested against various bacteria, the extracts demonstrated potential antibacterial properties. It was observed that the antibacterial activity of *L. sulphureus* depended on both extract concentration and bacterial species.

According to Table 1, inhibition zones of the extract varied from 8.2 mm at 100 mg/mL against *K. pneumoniae* to 17.4 mm at 200 mg/mL against *B. subtilis*. *K. pneumoniae* was the least susceptible bacterial culture to the extract, whilst the most sensitive bacterium was *B. subtilis*. At 200 mg/mL, the extract exhibited a moderate efficacy against *S. aureus*, *E. coli*, and *P. aeruginosa*, respectively. The efficacy of the extract at 200 mg/mL showed stronger inhibition against *S. aureus*, *E. coli* and *B. subtilis* isolates compared to standard antibiotics.

Table 2 compares the MIC and MBC values of the extract and antibiotics (streptomycin and ampicillin). The MIC value of the ethanolic extract was found to range from 25 mg/mL for *S. aureus* and *B. subtilis* to 200 mg/mL for *K. pneumoniae*. While the MBC of the ethanolic extract was 50 mg/mL for *S. aureus* and *B. subtilis* and 200 mg/mL for *P. aeruginosa*, no MBC was observed for *K. pneumoniae*. The higher MIC and MBC values of the extract compared to standard antibiotics suggest that it is less effective.

After being tested for antibiotic sensitivity, the bacterial strains employed in this investigation were found to have varied degrees of antibiotic resistance, as shown in Table 3. The microbes exhibited selected resistance to ten distinct antibiotics that were utilised. *S. aureus* was the most resistant bacterium strain (70%), whilst *P. aeruginosa* (10%) was the least resistant. Septrin, pefloxacin, ciprofloxacin, and sparfloxacin were the most effective antibiotics.

Table 1. Antibacterial activity of *L. sulphureus* ethanolic extract (zones of inhibition are measured in millimeters)
Inhibition zones (mm)*

Test microorganisms	Plant extract						Standard antibiotics		
	Concentrations (mg/mL)						P	AM	ST
	200	100	50	25	12.5	6.25			
<i>Escherichia coli</i>	14.6 ^a	12.4 ^a	9.8 ^b	0	0	0	7.0	11.0	12.0
<i>Staphylococcus aureus</i>	16.6 ^a	11.8 ^a	9.0 ^b	0	0	0	12.0	14.0	13.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	11.4 ^a	7.4 ^b	0	0	0	0	8.0	9.0	11.0
<i>Bacillus subtilis</i>	17.4 ^a	12.6 ^a	9.2 ^b	0	0	0	10.0	12.0	16.0
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	10.2 ^b	8.2 ^b	0	0	0	0	9.0	13.0	17.0

*Includes diameter of well (4 mm). P: Penicillin G (10 µg/mL); AM: Ampicillin (20 µg/mL); ST: Streptomycin (10 µg/mL); ^a p<0.01; ^b p<0.05

Table 2. MIC and MBC of ethanolic extract of *L. sulphureus*

Test microorganisms	Extract (mg/mL)	MIC (MBC)	
		Standards (µg/mL)	
		Streptomycin	Ampicillin
<i>Escherichia coli</i>	50 (100)	4.0 (4.0)	8.0 (16.0)
<i>Staphylococcus aureus</i>	25 (50)	2.0 (4.0)	1.0 (2.0)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	100 (200)	1.0 (1.0)	16.0 (32.0)
<i>Bacillus subtilis</i>	25 (50)	4.0 (8.0)	8.0 (16.0)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	200(-)	4.0 (8.0)	16.0 (32.0)

Table 3. Antibiotic Susceptibility Test

Test microorganisms	Antibiotics										Resistance (%)
Gram (+) Bacteria	E	CN	CPX	SXT	PEF	ST	RO	Z	AM	APX	
<i>Staphylococcus aureus</i>	R	R	R	R	S	S	R	S	R	R	70
<i>Bacillus subtilis</i>	S	S	S	S	S	S	S	R	R	S	20
Gram (-) Bacteria	AM	STX	OFX	CN	PEF	SP	CH	T	AU	CPX	
<i>Escherichia coli</i>	S	S	R	R	S	S	S	R	R	S	40
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	S	S	S	S	S	S	S	R	S	S	10
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	R	S	S	S	S	S	R	S	S	S	20

APX: Ampiclox; AM: Amoxicillin; AU: Augmentin; CH: Chloramphenicol; CN: Gentamisin; CPX: Ciprofloxacin; E: Erythromycin; OFX: Ofloxacin; PEF: Pefloxacin; RO: Rocephin; SP: Sparfloxacin; ST: Streptomycin; STX: Septrin; T: Tetracycline; Z: Zinnacef.

S: Susceptible; R: Resistant

Discussions

In this study, the antibacterial effectiveness ethanolic extracts derived from the macrofungus *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill (*Polyporaceae*) was evaluated against multidrug-resistant bacterial isolates using agar well diffusion and dilution methods. The findings suggest that *L. sulphureus* has the potential to be noted as an antibacterial agent, though its efficacy varies based on the type of bacterial species and the concentration of the extract. The inhibition zones in the

Table 1 decrease as the concentration of the extract decreases, demonstrating a clear dose-dependent effect. This trend is consistent with the higher MIC and MBC values for the plant extract in the Table 2, reinforcing those higher concentrations of the extract are necessary to achieve comparable effects to antibiotics.

In an earlier investigation, six Gram-negative bacteria, seven Gram-negative bacteria, and one yeast culture were used to test the *L. sulphureus* ethanol extract's antibacterial efficacy (Turkoglu et al., 2002).

Gram-positive bacteria including *Bacillus cereus*, *Micrococcus luteus*, *B. subtilis* and *M. flavus* were strongly inhibited from growing by the macrofungus, which also showed a restricted antibacterial spectrum against Gram-negative bacteria. The inhibition zones varied between 10 and 23 mm, with *M. flavus* exhibiting the highest sensitivity, demonstrating a zone of 23 ± 1 mm. In a separate study, extracts of *L. sulphureus* in hexane and chloroform displayed antifungal and antibacterial properties, with the hexane extract proving to be more effective (Sinanoglu et al., 2015). Alves et al. (2012) noted that although extracts were generally less effective against Gram-negative bacteria, they did manage to inhibit the growth of *E. coli*. Additionally, Petrovic et al. (2013) discovered that extracts of *L. sulphureus* (using methanol, acetone, and dichloromethane) exhibited strong antimicrobial activity against eight bacterial strains, eight fungal strains, and *Aspergillus flavus* *in situ* in tomato paste.

In an additional study, *L. sulphureus* extracts exhibited antimicrobial activity against *Geotrichum candidum*, *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, *Fusarium oxysporum*, and *Curvularia clavata*, as well as Gram-positive bacteria like *Streptococcus pyogenes* and *S. aureus*, and Gram-negative bacteria including *K. pneumoniae*, *E. coli*, *Shigella enterica*, and *P. aeruginosa*. Water and ethanol extracts showed stronger antibacterial activity with lower MIC values (MIC = 15.6-62.5 µg/mL for ethanol and MIC = 15.6-125 µg/mL for water) (Younis et al., 2019). Parvus et al. (2011) also reported that *L. sulphureus* water-ethanol extract had antifungal activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *tulipae*, *Aspergillus niger*, *Penicillium gladioli*, *Sclerotinia sclerotiorum* and *Botrytis cinerea* and the MIC values were comparable to fluconazole, a well-known antifungal. The results of the present study are in agreement with the results of the previously mentioned literature. Although previous studies have demonstrated the antibacterial properties of *L. sulphureus* against various bacterial strains, the present study offers new perspectives by specifically investigating the effects of *L. sulphureus* extracts on multidrug-resistant hospital isolates. Apart from the slight differences in the effect of *L. sulphureus* ethanolic extract, it is possible that the peptidoglycan layer of Gram-negative bacteria is covered by a

lipopolysaccharide (LPS) layer, which prevents the spread of the extract to the bacteria. According to many studies, the LPS layer is crucial for selective permeability (Li et al., 2010). In addition, detoxifying and hydrolytic enzymes in the periplasmic space of Gram-negative bacteria can absorb inert foreign substances from their environment. Furthermore, Gram-positive bacteria are predicted to be more resistant to these extracts than Gram-negative bacteria due to their thicker, hydrophilic, porous structure and lack of outer lipopolysaccharide membrane (Ren et al., 2014; Duvnyak et al. 2016). In another study, it was found that *L. sulphureus* is rich in various minerals, vitamins (B, D, and E), fibers, and a range of amino acids, along with significant carbohydrate content, including trehalose, mannitol, and fructose (Khatua et al., 2017). Additionally, it contains polyunsaturated fatty acids such as oleic acid, palmitic acid, and linoleic acid.

L. sulphureus is rich in triterpenes, phenolics, polysaccharides and unsaturated fatty acids, which contribute to its diverse biological effects, including antimicrobial, antitumor, antioxidant, immunomodulatory and anti-inflammatory properties. (Fan et al., 2014; Wang et al., 2015; Sinanoglu et al., 2015; Acharya et al., 2016).

The findings of this study show promising antibacterial activity due to the bioactive components that may be responsible for the activity of ethanolic extract of *L. sulphureus* against multidrug-resistant bacteria. However, further research is required to purify specific bioactive components and then convert them into chemotherapeutic agents.

Author contributions

The contributions of all authors are considered equal in the preparation of the research presented in the manuscript.

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 (Ayşegül AKKOYUNLU, Görkem DÜLGER, Başaran DÜLGER)

References

- Acharya, K., Ghosh, S., Khatua, S., and Mitra, P. (2016). Pharmacognostic Standardization and Antioxidant Capacity of An Edible Mushroom *Laetiporus sulphureus*. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 11: 33-42. <https://doi.org/10.1007/s00003-015-0977-1>
- Ahmad, I., and Beg, A.Z. (2001). Antimicrobial and Phytochemical Studies on 45 Indian Medicinal Plants Against Multi-drug Resistant Human Pathogens. *Journal of Ethnopharmacology*, 74: 113-123. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00335-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00335-4)
- Ajaiyeoba, E.O., Onocha, P.A., Nwoza, S.O., and Soma, W. (2003). Antimicrobial and Cytotoxicity Evaluation of *Buchholzia curiacea* Stembark. *Phytotherapy*, 74: 706-709. [https://doi.org/10.1016/s0367-326x\(03\)00142-4](https://doi.org/10.1016/s0367-326x(03)00142-4)
- Alves, M.J., Ferreira, I.C.F.R., Dias, J., Teiceira, V., Martins, A., and Pitado, M. (2012). A Review on Antimicrobial Activity of Mushroom (Basidiomycetes) Extracts and Isolated Compounds. *Planta Medica*, 78: 1707-1718. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1315370>
- Brochers, A., Keen, C.L., and Gershwin, M.E. (2004). Mushrooms, Tumors, and Immunity: An Update. *Experimental Biology and Medicine*, 229: 393-406. <https://doi.org/10.1177/153537020422900507>
- Duvnjak, D., Pantic, M., Pavlovic, V., Nedovic, V., Levic, S., Matijasevic, D., Sknepnek, A., and Niksic, M. (2016). Advances in Batch Culture Fermented *Coriolus versicolor* Medicinal Mushroom for the Production of Antibacterial Compounds. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.12.028>
- Fan, Q., Yin, X., Li, Z., Li, Y., Liu, J., Feng, T., and Zhao, A. (2014). Mycophenolic Acid Derivatives from Cultures of the Mushroom *Laetiporus sulphureus*. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 12: 685-688. [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(14\)60104-7](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(14)60104-7)
- Grienke, U., Zoll, M., Peintner, U., and Rollinger, J.M. (2014). European Medicinal Polypores – A Modern View on Traditional Uses. *Journal of Ethnopharmacology*, 154: 564-583 <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.04.030>
- Kalac, P. (2009). Chemical Composition and Nutritional Value of European Species of Wild Growing Mushrooms: A Review. *Food Chemistry*, 113:9-16. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.077>
- Khatua, S., Ghosh, S., and Acharya, K. (2017). *Laetiporus sulphureus* (Bull.:Fr.) Murr. As Food As Medicine. *Pharmacognosy Journal*, 9(6): 1-15 suppl. <https://doi.org/10.5530/pj.2017.6s.151>
- Li, W.R., Xie, X.B., Shi, Q.S., Zeng, H.Y., Ou-Yang, Y.S., and Chen, Y.B. (2010). Antibacterial Activity and Mechanism of Silver Nanoparticles on *Escherichia coli*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85: 1115-1122. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2159-5>
- Lindequist, U., Niedermeyer, T.H.J., and Julich, W.D. (2005). The Pharmacological Potential of Mushrooms. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine (eCAM)*, 2: 285-299. <https://doi.org/10.1093/ecam/neh107>
- NCCLS (2000). National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically: Approved Standards – fifth edition. NCCLS Document M7-A5. NCCLS: Wayne, PA, USA.
- Parvu, M., Andrei, A., and Rosca-Casian, O. (2010). Antifungal Activity of *Laetiporus sulphureus* Mushroom Extract. *Contributii Botanice*, XLV: 65-70.
- Petrovic, J., Glamoclija, J., Stojkovic, D.S., Civic, A., Nikolic, M., Bukvicki, D., Guerzoni, M.E., and Sokovic, M.D. (2013). *Laetiporus sulphureus*, Edible Mushroom from Serbia: Investigation on Volatile Compounds in vitro Antimicrobial Activity and in situ Control of *Aspergillus flavus* in Tomato Paste. *Food and Chemical Toxicology*, 59: 297-302. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.06.021>
- Poucheret, P., Fons, F., and Rapior, S. (2006). Biological and Pharmacological Activity of Higher Fungi: 20 Years Retrospective Analysis. *Cryptogamie, Mycologie*, 27: 311-333.
- Ren, L., Hemar, Y., Perera, C.O., Lewis, G., Krissansen, G.W., and Buchanon, P.K. (2014). Antibacterial and Antioxidant Activities of Aqueous Extracts of Eight Mushrooms. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 3: 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.01.003>
- 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., Türkecul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu., Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi*. İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayınları.
- Sinanoglu, V.J., Zoumpoulakis, P., Heropoulos, G., Proestos, C., Ciric, A., Petrovic, I., Glamoclija, J., and Sokovic, M. (2015). Lipid and Fatty Acid Profile of the Edible Fungus *Laetiporus sulphureus*. Antifungal and Antibacterial Properties. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6): 3264-3272. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1377-8>
- Turkoglu, A., Duru, M.E., Mercan, N., Kivrak, I., and Gezer, K. (2007). Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill. *Food chemistry*, 101: 267-273. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.025>
- Wang, J., Sun, W., Luo, H., He, H., Deng, W., Zou, K., Liu, C., Song, J., and Huang, W. (2015). Protective Effect of Eburicoic Acid of the Chicken of the Woods Mushroom, *Laetiporus sulphureus* (higher basidiomycetes), against gastric ulcers in mice. *International Journal of Medicinal Mushroom*, 17: 619-626. <https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.v17.i7.20>

- Younis, A.M., Yosri, M., and Stewart, J.K. (2019). In vitro Evaluation of Pleiotropic Properties of Wild Mushroom *Laetiporus sulphureus*. *Annals of Agricultural Sciences*, 64: 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2019.05.001>
- Zjawiony, J.K. (2004). Biologically Active Compounds from Aphyllophorales (Polypore) Fungi. *Journal of Natural Products*, 67(2): 300-310. <https://doi.org:10.1021/np030372w>



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Asan, A., Karabıyık, H., Giray, G., Çetiner, A. (2025). Türkiye Mantarları Listesi'ne Yeni Eklentiler-4, Mantar Dergisi, 16(1)8-25.

Geliş(Received) :25.10.2024

Kabul(Accepted) :24.11.2024

Araştırma Makalesi

Doi: 10.30708/mantar.1573505

Türkiye Mantarları Listesi'ne Yeni Eklentiler-4

Ahmet ASAN^{1*}, Halide KARABIYIK², Gülay GİRAY³, Aleyna ÇETİNER⁴

*Sorumlu yazar: ahmetasan84@gmail.com

¹Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü 22030 Edirne /ahmetasan84@gmail.com 

²Trakya Üniversitesi Arda Meslek Yüksekokulu, Edirne / halidek.1734@gmail.com 

³Kastamonu Üniversitesi, İhsangazi MYO 37150 Kastamonu / gulaygiray74@gmail.com 

⁴Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü 22030 Edirne / aleynacetiner1304@gmail.com 

Öz: Türkiye'de yapılan mikolojik araştırmalarda rapor edilen makro ve mikrofungusların tam bir listesi "Türkiye Mantarları Listesi" ismi ile bir kitap halinde 2020 yılında yayınlanmıştır. Türkiye'den kaydı verilen tüm funguslara ait taksonomik bilgileri ve diğer bilgileri içeren kitapta, ayrıca tüm taksonlara Türkçe bilimsel isimler de verilerek kontrol listesi niteliğinde bir kaynak oluşturulmuştur. Kitabın yayınlanmasından sonra Türkiye'den verilen yeni kayıtların kontrol listesine dahil edilmesi amacıyla 2022, 2024(a) ve 2024(b)'de üç adet ilave makale yayınlanmıştır. Mevcut makale, "Türkiye Mantarları Listesi" ve ilave makalelerin yayınlanmasından sonra verilen mikrofungus kayıtlarını Türkçe isimleri ile birlikte vermeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada, literatür taramaları ile çeşitli mikoloji araştırmalarında Türkiye'den verilen toplam 105 adet yeni takson (8 familya, 21 cins ve 76 tür), Türkiye mantarları kontrol listesine ilave edilmiş ve toplam takson sayısı 8007'ye (9 divizyo, 352 familya, 1444 cins ve 6202 tür) ulaşmıştır.

Anahtar kelimeler: Mantar, Türkçe mantar adları, Bilimsel ad, Türkiye.

New Additions to the List of Fungi of Türkiye-4

Abstract: A complete list of macro and microfungi reported in mycological studies conducted in Türkiye was published in a monumental book called "The Checklist of the Fungi of Türkiye" in 2020. The book, which includes taxonomic and other information about all fungi recorded from Türkiye, also provides new Turkish scientific names for all taxa, creating a resource that can be considered as a checklist. After the publication of the book, three additional articles were published in the year of 2022, 2024(a) and 2024(b) in order to include new records from Türkiye in the checklist. The current article purpose provide the microfungi records given after the publication of the "The Checklist of the Fungi of Türkiye" and additional articles, together with their Turkish names. In this study, a total of 105 new taxa (8 families, 21 genera and 76 species) from Türkiye, given through literature reviews and various mycological studies, were added to the Turkish fungi control list, and the total number of taxa reached 8007 (9 divisio, 352 families, 1444 genera and 6202 species).

Keywords: Fungus, Turkish fungus names, Scientific name, Türkiye.



Giriş

Mantarların Latince adlarına ilave olarak Türkçe adlarının da olması, mantarlarla ilgilenen insanların, özellikle de Latince isimleri hakkında bilgileri yetersiz olan insanların mantarlar hakkında daha fazla bilgi edinmelerine katkı sağlayabilir. Çünkü bir organizmanın ismi olduğu zaman, o organizma ile ilgili daha fazla bilgi edinme olasılığı ortaya çıkar. Organizmanın Latince ismini bilmeyen bir kişinin, Türkçe ismi de olmayan bir organizma hakkında bilgi edinmesi zordur. Bu nedenle insanlar, bir organizmayı gördüklerinde Türkçe ismini sorma eğiliminde olurlar. Nasıl ki bir karganın veya bir söğüt ağacının Latince ismi yanında Türkçe ismi de varsa, diğer başka organizmaların (Örneğin mantarların) da Türkçe isimlerinin olması yararlıdır. İşte bu nedenlerle, Türkiye'den yeni rapor edilen ve Türkçe ismi olmayan mantar taksonlarına Türkçe isimler verilen makaleler yazılmaktadır. İsimler teşhis tanımlama, yasal uyumluluk, biyogüvenlik, gıda güvenliği, karantina gibi düzenleyici kontroller için düzenlemeler ve endüstriyel uygulamalar için kritik önemdedir. Sonuç olarak taksonomik sistemin istikrarı ve izlenebilirliği taksonomistler için önemlidir (Yurkov ve Ark., 2021). Şimdiye kadar tüm dünyadan rapor edilen fungal tür sayısı hakkında net bilgiler olmamasına rağmen, tahmini 2 milyon ile 11 milyon arasında fungal tür olduğu tahmin edilmektedir (Phukhamsakda ve Ark., 2022; Bhunjun ve Ark., 2024). Her ne kadar URL1 internet sitesinde 22.11.2024 tarihi itibarıyla kayıtlı fungal takson sayısı 624,692 olarak verilse de (tür sayısı 161,000) bunların birçoğu sinonim olduğundan dünyadan kaydı verilen fungal tür sayısının daha az olduğu düşünülmektedir. Çünkü Bhunjun ve Ark. (2024)'e göre, tanımlanmış fungal tür sayısı 155,000 civarındadır. Türkiye'de ise şimdiye kadar rapor edilmiş fungal tür sayısı yaklaşık olarak 6126 civarındadır [Sesli ve Ark., 2020; Asan ve Ark., 2022; 2024a; 2024b] (Bu makalede verilen 76 tür hariç, Tablo 1). Fakat Türkiye'den rapor edilen fungal tür sayısı zaman içinde artmaktadır. Zaten Asan ve Ark. [2022, 2024a, 2024b]'nın yayınladığı 3 makalede bu durum görülmektedir. Aslında gerçek sayı daha fazladır çünkü söz konusu 3 makalede, 2020 yılından sonra Türkiye'den rapor edilen makrofunguslar yer almamaktadır (mevcut makalede de yer almamıştır); 2020 yılından sonra rapor edilen makrofungus kayıtları da çalışılıp liste olarak yayınlanırsa, Türkiye'den rapor edilen fungal tür sayısı artacaktır. Türkiye'deki fungal moleküler çalışmaların da katkısıyla zaman içinde fungal tür sayısının daha da artması beklenmektedir. Bu makale, Türkiye'den rapor edilen fungal taksonlar ile fungal takson sayılarını okuyuculara duyurmak ve eşsiz Türkçe isimler vermeyi hedeflemektedir. Bu nedenle, bu makaleye benzer makalelerin ara ara yayınlanması ve konunun güncel tutulması önemlidir. Ayrıca bu makaleler olmasa,

Türkiye'den rapor edilen fungal türlerin çoğunun Türkçe bilimsel adı olmasına rağmen, yeni kayıtların Türkçe bilimsel adları da olmayacaktır. İşte bu makalelerin temel amaçlarından biri de bu boşluğu doldurmaktır.

Materyal ve Metot

Türkiye'den kaydedilen fungal taksonları içeren kontrol listesi niteliğindeki eserin (Sesli ve ark., 2020) sonrasında, ülkemizde yapılan mikolojik çalışmalarda verilen yeni kayıt taksonları ve tüm süreçte literatür araştırmaları esnasında farkedilmemiş olan kayıtları içeren tüm ilave makalelerin liste kısımlarında olduğu gibi, mevcut makalede de "Türkiye Mantarları Listesi" kitabının (Sesli ve Ark., 2020) yazımında izlenen metod, çok fazla değiştirilmeden takip edilmiştir. Kontrol listesinde yüksek lisans, doktora ve bitirme tezleri ile kongre/sempozyum özetlerinde verilen kayıtlar yer almamıştır. Listede tüm kategorilerde yer alan taksonlar, alfabetik sırayla listelenmiştir. Türkiye'den ilk kez kayıt verilen fungal taksonlar metin içinde (*) sembolü ile gösterilmiş olup, yeni kaydedilen türlerin Latince adı yazıldıktan sonra takson bilgileri eklenmiş ve daha sonra Türkçe bilimsel adı koyu punto ile verilmiştir. Bu bilgilerin altında kaydı verilen türe ait olarak; kayıt yılı, kaydın verildiği makalenin yazarları, izolasyon yeri ve bölgesi veya şehir yer almıştır. Yeni kaydı verilen türlerin üst taksonları daha önceki kaynaklarda yer almışsa Türkçe ismi korunmuş ve (*) sembolü eklenmemiştir. Fungal türlere ait sinonimlerin yazılmasında tarihsel olarak eskiden yeniye kronolojik bir sıralama yapılmıştır. Bu çalışmada yeni verilen fungal taksonların künyeleri ve güncel isimler ile sinonimler kontrol edilirken, URL1, URL2 ve URL3 internet sitelerinden yararlanılmıştır. Bu çalışmada geçen Türkçe bitki isimleri için Güner ve Ark. (2012)'nin eserinden yararlanılmıştır. Türkiye için yeni kayıt olan makrofunguslar bu yayında yer almamıştır. Bu makalede yer alan yeni kayıt fungal taksonlar için önerilen Türkçe isimler, Menemen ve Ark. (2021) uyarınca "Türkçe Bilimsel Ad" vasfındadır.

Bulgular

Bu çalışmada, yapılan literatür araştırmaları sonrasında Türkiye'den kaydı verilen ve Türkiye Mantarları Listesi (Sesli vd., 2020) kitabı ile sonrasında yayınlanan ilave makalelerde bulunmayan 8 familya, 21 cins, 76 tür olarak toplamda 105 takson kaydı yer almış ve eşsiz Türkçe bilimsel isimleri verilmiştir. Son eklenen kayıtlar ile birlikte Türkiye'den kaydı verilen toplam fungal divizyo sayısı 9, familya sayısı 352, cins sayısı 1444 ve tür sayısı ise 6202 olmuştur. 2020'den bugüne yapılan literatür tarama çalışmaları sonrasında mevcut makale de dahil olmak üzere tüm eserlerde Türkiye'den kaydı verilen funguslarla ilgili sayısal bilgiler ve son durum Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye'den rapor edilen fungal takson sayıları.

Literatür	Divizyo	Familiya	Cins	Tür	Takson
Sesli ve Ark. (2020)	6	314	1361	5865	7546
Asan ve Ark. (2022)	1	21	44	111	177
Asan ve Ark. (2024a)	1	6	12	68	87
Asan ve Ark. (2024b)	1	3	6	82	92
Mevcut Makale	-	8	21	76	105
Türkiye Toplamı	9	352	1444	6202	8007

Tartışma

Çeşitli organizmalar için olduğu gibi funguslar için de hem dünyada hem de ülkemizde farklı kontrol listeleri yayınlanmıştır (Asan, 2004, 2011, 2015; Silfani ve Ark., 2024; Zotti, 2024). Bu kontrol listeleri bazen çok kapsamlı (*bir ülkede kaydı verilen tüm funguslar gibi*) bazen de daha dar kapsamlı (*bir ülkede kaydı verilen mikrofunguslar, bir şehirde kaydı verilen funguslar, bir ülkede kaydı verilen tek bir divizyoya veya ordoya ait funguslar veya bir bölgede havayla taşınan fungusların listesi vb.*) olabilmektedir. Bu şekilde değerlendirildiğinde çok sayıda mikoloğun katılımı ile hazırlanmış bir kitap olan "Türkiye Mantarları Listesi", 2020 yılına kadar Türkiye'den kaydı verilen tüm mikro ve makrofungusları içermesi ile çok geniş kapsamlı bir kontrol listesi niteliğindedir ve bu listeye bir bütün olarak ulaşılabilmesi fikri ile hazırlanmıştır. Ayrıca hazırlanan bu kitap ile her bir taksona Türkçe bilimsel isimler verilmiştir. Ancak hazırlanan kontrol listesinin güncel tutulması açısından kitabın basım yılından sonra verilen kayıtlar veya 2020 yılından önce yayınlanmış fakat gözden kaçmış olan kayıtların kitaptaki verilere eklenmesi ve yeni kayıtlara da Türkçe isimlerin verilmesine devam edilmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu durumdan hareketle, kitabın basımından sonraki yıllarda hazırlanan ilave 3 makalede, yapılan literatür araştırmaları sonucunda Türkiye mikobiyotasına eklendiği belirlenen mikrofungusların kayıtları verilmiştir. Dördüncü ilave makale olan bu çalışmada da ülkemiz için yeni kayıt olan 105 takson (8 familiya, 21 cins ve 76 tür) Türkçe isimleri ile birlikte sunulmuştur. Türkiye'de yapılan mikolojik araştırmalarla Ülkemiz mikobiyotasına yeni kayıtlar eklendikçe bu uygulamanın devam ettirilmesi ile; hem kontrol listesi kitabının güncel bir kaynak olarak tutulması hem de Türkçe isimlerin kullanımının yaygınlaştırılması sağlanmış olacaktır.

Liste

Divizyo: ASCOMYCOTA / KESELİ
MANTARLAR.

Fam.: APIOSPORACEAE /
NAZLIKÜTLEGİLLER.

APIOSPORE / NAZLIKÜTLE.

Apiospora iberica* (Pintos & P.Alvarado) Pintos & P.Alvarado, Fungal Syst. Evol. 7: 206 (2021). / **Ada kütle.

Sin.: *Arthrinium ibericum* Pintos & P.Alvarado, içinde: Pintos, Alvarado, Planas & Jarling, MycoKeys 49: 34 (2019).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-Xiphodria prolomgate; Sivas).

Fam.: *ASCOSPHAERACEAE L.S.Olive & Spiltoir, Mycologia 47(2): 242 (1955). / **YUVARKESEGİLLER.**

*ASCOSPHAERA L.S.Olive & Spiltoir, içinde: Spiltoir & Olive, Mycologia 47(2): 242 (1955). / **YUVARKESE.**

Tip tür: *A. apis* (Maassen ex Claussen) L.S.Olive & Spiltoir 1955.

Ascosphaera apis* (Maaßen ex Claussen) L.S.Olive & Spiltoir, içinde: Spiltoir & Olive, Mycologia 47(2): 242 (1955). / **Yuvarkese.

Sin.: *Pericystis apis* Maaßen, Mitt. Biol. BundAnst. Ld- u. Forstw. 16: 51-58 (1916).

P. apis Maaßen ex Claussen, Mitt. Biol. BundAnst. Ld- u. Forstw. 10(6): 467 (1921).

P. apis var. *major* Pröschl & Zobl, Arch. Mikrobiol. 18(2): 200 (1953).

P. apis var. *minor* Pröschl & Zobl, Arch. Mikrobiol. 18(2): 200 (1953).

Ascosphaera apis var. *major* Pröschl & Zobl ex L.S. Olive & Spiltoir, içinde: Spiltoir & Olive, Mycologia 47(2): 243 (1955).

A. major Pröschl & Zobl ex Skou, Friesia 10(1): 13 (1972).

Kayıt: 2020: Bayrakal ve Ark. (hayvan-arı; Kırklareli).

Fam.: ASPERGILLACEAE / KÜFGİLLER.

ASPERGILLUS / ASPER.

Aspergillus hiratsukae* Udagawa, Tsub. & Y.Horie, Trans. Mycol. Soc. Japan 32(1): 23 (1991). / **Kabuk asper.

Sin.: *Neosartorya hiratsukae* Udagawa, Tsub. & Y.Horie, Trans. Mycol. Soc. Japan 32(1): 23 (1991).

Kayıt: 2024: Karaceylan ve Ark. (hayvan-*Ips sexdendatus*-on iki dişli çam kabuk böceği; Antalya, Burdur ve Isparta).

PAECILOMYCES / GÜNKÜFÜ.

***Paecilomyces maximus** C.Ram, Nova Hedwigia 16: 306 (1968). / **Büyük günküfü.**

Sin.: *Monilia formosa* Sakag., May. Inoue & Tada, Centbl. Bakt. ParasitKde, Abt. II 100: 302 (1939).

Paecilomyces lecythidis C.Ram ['lecythisii' olarak], Nova Hedwigia 16: 307 (1968).

P. formosus Sakag., May. Inoue & Tada ex Houbraken & Samson, içinde: Samson, Houbraken, Varga & Frisvad, Persoonia 22: 21 (2009).

Kayıt: 2024: Nisan Ozan ve Ark. (Bitki-kiraz-*Prunus avium* L., Diyarbakır).

PENICILLIUM / PENİSİLYUM.

***Penicillium aotearoae** Visagie & Seifert, içinde: Visagie, Renaud, Burgess, Malloch, Clark, Ketch, Urb, Louis-Seize, Assabgui, Sumarah & Seifert, Persoonia 36: 265 (2016). / **İkiz penisilyum.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphydria prolongate*; Sivas).

Fam.:BOTRYOSPHAERiaceae / MEŞESİĞİLİGİLLER.

DIPLODIA / KULAKKIZI.

Tip tür: *D. mutila* (Fr.) Mont. 1834.

***Diplodia castanea** Sacc., Michelia 1(2): 255 (1878). / **Kestane kulakkızı.**

Sin.: *Diplodia castaneae* var. *corticola* Sacc., Syll. Fung. 3: 354 (1884).

Kayıt: 2024: Çakar ve Ark. (hayvan-kestane gal yaban arısı-*Dryocosmus kuriphilus* ve kestane gal arısı-*Torymus sinensis*; Giresun ve Yalova).

Fam.: / GÜNOKUGİLLER.

CHAETOMIUM / GÜNOKU.

***Chaetomium nepalense** (Udagawa & Y.Sugiy.) Arx, Proc. Indian Acad. Sci., Pl. Sci. 94(2-3): 344 (1985). / **Dağ günoku.**

Sin.: *Achaetomium nepalense* Udagawa & Y.Sugiy., Rep. on the Cryptogamic Study içinde: Nepal, 11 (1982).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphydria prolongate*;Sivas).

Fam.:CLADOSPORIACEAE / HAVAKÜFÜGİLLER.

CLADOSPORIUM / HAVAKÜFÜ.

***Cladosporium dominicanum** Zalar, de Hoog & Gunde-Cim., içinde: Zalar, de Hoog, Schroers, Crous, Groenewald & Gunde-Cimerman, Stud. Mycol. 58: 169 (2007). / **Deniz havaküfü.**

Kayıt: 2024: Karaceylan ve Ark. (hayvan-*Ips sexdendatus*-on iki dişli çam kabuk böceği; Antalya, Burdur ve Isparta).

Fam.:CORDYCIPITACEAE / TİRTİLMANTARIGİLLER.

***AKANTHOMYCES** Lebert, Z. Wiss. Zool. 9: 449 (1858). / **AKTİRTİL.**

Tip tür: *A. aculeatus* Lebert 1858.

Sin.: *Insecticola* Mains, Mycologia 42(4): 577 (1950).

Lecanicillium W.Gams & Zare, Nova Hedwigia 72(3-4): 332 (2001).

***Akanthomyces attenuates** (Zare & W.Gams) Spatafora, Kepler & B.Shrestha, içinde: Kepler, Luangsa-ard, Hywel-Jones, Quandt, Sung, Rehner, Aime, Henkel, Sanjuan, Zare, Chen, Li, Rossman, Spatafora, Shrestha, IMA Fungus 8(2): 342 (2017). / **Diken aktırtıl.**

Kayıt: 2024: Karaceylan ve Ark. (hayvan-*Ips sexdendatus*-on iki dişli çam kabuk böceği; Antalya, Burdur ve Isparta).

***Akanthomyces muscarius** (Petch) Spatafora, Kepler & B.Shrestha, içinde: Kepler, Luangsa-ard, Hywel-Jones, Quandt, Sung, Rehner, Aime, Henkel, Sanjuan, Zare, Chen, Li, Rossman, Spatafora, Shrestha, IMA Fungus 8(2): 343 (2017). / **Ekşi aktırtıl.**

Sin.: *Cephalosporium muscarium* Petch, Naturalist (Hull), ser. 3: 102 (1931).

Lecanicillium muscarium (Petch) Zare & W.Gams, Nova Hedwigia 73(1-2): 13 (2001).

Kayıt: 2024: Karışık ve Erler (hayvan-*Frankliniella occidentalis*; Antalya).

Fam.:DIAPORTHACEAE / GÜRGENÇİBANİGİLLER.

DIAPORTHE / GÜRGENÇİBANI.

***Diaporthe chamaeropsis** (Cooke) R.R.Gomes, Glienke & Crous, Persoonia 31: 18 (2013). / **Su gürgençibani.**

Sin.: *Phoma chamaeropsis* Cooke, Grevillea 13(68): 95 (1885).

Phomopsis chamaeropsis (Cooke) Petr., Annls Mycol. 17(2/6): 83 (1920).

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantarón-*Hypericum perforatum*; Samsun).

***Diaporthe endophytica** R.R.Gomes, Glienke & Crous, Persoonia 31: 20 (2013). / **İç gürgençibani.**

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantarón-*Hypericum perforatum*; Samsun).

***Diaporthe infecunda** R.R.Gomes, Glienke & Crous, Persoonia 31: 24 (2013). / **Geçme gürgençibani.**

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantarón-*Hypericum perforatum*; Samsun).

***Diaporthe manihotis** Punith., Kavaka 3: 29 (1976). / **Hava gürgençibani.**

Sin.: *Phomopsis manihotis* Swarup, L.S.Chauhan & Tripathi, Mycopathol. et Mycol. Appl. 28 (4): 345 (1966).

Diaporthe manihotis Punith., Kavaka 3: 29 (1976).

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantarón-*Hypericum perforatum*; Samsun).

***Diaporthe phaseolorum** (Cooke & Ellis) Sacc., Syll. Fung. 1: 692 (1882). / **Dane gürgençibani.**

Sin.: *Phoma phaseoli* Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 2 6: 247 (1836).

Sphaeria phaseolorum Cooke & Ellis, Grevillea 6(39): 93 (1878).

Phoma subcircinata Ellis & Everh., Proc. Acad. Nat. Sci. Philad. 45: 158 (1893).

Phomopsis phaseoli (Desm.) Sacc., G. Bot. Ital., n.s. 22(1): 47 (1915).

Diaporthe batatas Harter & E.C.Field, Phytopathol. 2: 121, 124 (1912).

Phomopsis sojæ Lehman, J.Elisha Mitchell Sci. Soc. 38: 13 (1922).

Diaporthe sojæ Lehman, Ann. Mo. Bot. Gdn 10: 128 (1923).

Chorostate batatas (Harter & E.C.Field) Sacc. ['batatae' olarak], içinde: Trotter, Syll. Fung. 24(2): 749 (1928).

Diaporthe phaseolorum var. *batatae* (Harter & E.C.Field) Wehm., Monogr. Gen. Diaporthe Nitschke & Segreg., Univ. Mich. Stud., Sci. Ser. 9: 48 (1933).

D. phaseolorum var. *sojæ* (Lehman) Wehm., Monogr. Gen. Diaporthe Nitschke & Segreg., Univ. Mich. Stud., Sci. Ser. 9: 47 (1933).

D. phaseolorum var. *caulivora* Athow & Caldwell, Phytopathol. 14: 323 (1954).

Septomazzantia phaseolorum (Cooke & Ellis) Lar.N.Vassiljeva, Nizshie Rasteniya, Griby i

Mokhoobraznye Dalnego Vostoka Rossii, Griby. Tom 4. Pirenomitsety i Lokuloaskomitsety. 44 (1998).

Diaporthe aspalathi E.Jansen, Castl. & Crous, içinde: Janse van Rensburg, Lamprecht, Groenewald, Castlebury & Crous, Stud. Mycol. 55: 71 (2006).

D. caulivora (Athow & Caldwell) J.M.Santos, Vrandečić & A.J.L.Phillips, içinde: Santos, Vrandečić, Čosić, Duvnjak & Phillips, Persoonia 27: 13 (2011).

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantarón-*Hypericum perforatum*; Samsun).

Fam.: DOTHIORACEAE / ÜZÜMSİĞİLİĞİLLER.

***SYDOWIA** Bres., Hedwigia 34(Beibl.): (66) (1895). / **KARMASPOR.**

Tip tür: *S. gregaria* Bres. 1895.

Sin.: *Plowrightia* sect. *Plowrightiella* Sacc., Syll. Fung. 11: 376 (1895).

Pleodothis Clem., Gen. Fung. (Minneapolis): 49 (1909).

Plowrightiella (Sacc.) Trotter, Syll. Fung. 24(1): 542 (1926).

Hormonema Lagerb. & Melin, içinde: Lagerberg, Lundberg & Melin, Svensk Skogsvårdsförening Tidskr. 25: 233 (1927).

***Sydowia polyspora** (Bref.) E.Müll., Sydowia 7(5-6): 342 (1953). / **Karmaspor.**

Sin.: *Sphaeronaema pithyophilum* Corda ['pythiophilum' olarak], Icon. Fung. 4: 40 (1840).

Sphaeropsis acicola Moug. & Lév., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 9: 256 (1848).

Phoma strobiligena Desm., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 11(2): 280 (1849).

P. acicola (Moug. & Lév.) Sacc., Michelia 2(7): 272 (1881).

Pycnis pinicola Zopf, Hedwigia 20(10): 146 (1881).

Dothichiza ferruginosa Sacc., Syll. Fung. 3: 672 (1884).

Phoma pithyophila (Corda) Sacc., Syll. Fung. 3: 101 (1884).

P. pinicola Zopf ex Sacc., Syll. Fung. 3: 100 (1884).

Pyrenochaeta acicola (Moug. & Lév.) Sacc., Syll. Fung. 3: 220 (1884).

Sphaeropsis acicola Pass., Atti R. Acad. Lincei, Mem. Cl. Sci. Fis., sér. 4 6: 10 (1890).

Dothidea polyspora Bref. & Tavel, içinde: Brefeld, Unters. Gesamtgeb. Mykol. 10: 269 (1891).

D. polyspora Bref., Centbl. Bakt. ParasitKde, Abt. I 11: 100 (1892).

Plowrightia polyspora (Bref.) Sacc., Syll. Fung. 11: 376 (1895).

Macroplodia acicola Kuntze, Revis. Gen. Pl. 3(3): 491 (1898).

Sclerotiopsis pithyophila (Corda) Oudem., Ned. Kruidk. Archf, 2 sér. 17: 247 (1901).

Pleodothis polyspora (Bref.) Clem., Gen. Gung. (173) (1909).

Sclerophoma pithyophila (Corda) Höhn., Sber. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturw. Kl., Abt. 1 118: 1234 (1909).

Hariotia polyspora (Bref.) Höhn., Annls Mycol. 16(1/2): 168 (1918).

Dothichiza pithyophila (Corda) Petr., Annls Mycol. 21(3/4): 267 (1923).

Plowrightiella polyspora (Bref.) Trotter, Syll. Fung. 24(1): 542 (1926).

Hormonema dematioides Lagerb. & Melin, içinde: Lagerberg, Lundberg & Melin, Svensk Skogsvårdsförening Tidskr. 25: 219 (1927).

Selenophoma pithyophila (Corda) Luc, Rev. Mycol. 18(2): 100 (1953).

Pullularia fermentans var. *melinii* E.S.Wynne & Gott, J. Gen. Microbiol. 14: 517 (1956).

Kayıt: 2023: Çakar ve Ark. (bitki-*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*; Bolu).

2024: Aday Kaya ve Karaman (bitki-*Pinus* sp.; Isparta).

Fam.: ERYSIPHACEAE / KÜLLEMEGİLLER.

PODOSPHAERA / GEYİKBOYNUZU.

Podosphaera clandestina (Wallr.) Lév., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 15: 136 (1851). / **Ayvaboynuzu.**

Sin.: *Erysiphe oxyacanthae* DC., Mém. Agric. Soc. Agric. Dép. Seine 10: 235 (1807).

Alphitomorpha clandestina Wallr., Verh. Ges. Nat. Freunde Berlin 1(1): 36 (1819).

A. oxyacanthae (DC.) Wallr., Ann. Wetter. Gesellsch. Ges. Naturk. 4: 242 (1819).

Erysiphe clandestina (Wallr.) Link, içinde: Willdenow, Sp. pl., Edn 4 6(1): 103 (1824).

Podosphaera oxyacanthae (DC.) de Bary, Beitr. Morph. Phys. Pilz. 1(3): 48 (1870).

Oidium crataegi Grognot, içinde: Roumeguère, Fungi Selecti Galliae Exs.: 881 (1882).

Podosphaera aucupariae Erikss., Fungi paras. scand.: 233 (1886).

P. clandestina var. *aucupariae* (Erikss.) U.Braun, Mycotaxon 19: 372 (1984).

P. clandestina var. *cydoniae* N.Ahmad, A.K.Sarbhoj & Kamal ['cydonia' olarak], Mycol. Res. 102(1): 30 (1998).

P. clandestina var. *luxurians* U.Braun, içinde: Braun & Cook, Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews): 104 (2012).

P. clandestina var. *perlonga* U.Braun, içinde: Braun & Cook, Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews): 104 (2012).

P. aucupariae Erikss., Fungi Paras. Scand.: No. 233 (1886) var. ***arcuatisspora** (G.Dogan, M.Erdogdu & U.Braun) Bradshaw et al. Sydowia. 76: 130 (2024).

Kayıt: 2024: Bradshaw ve Ark. (Bitki-*Sorbus aucuparia*, Bolu).

[Açıklama: *Podosphaera aucupariae* türü Sesli ve Ark. (2020)'nın eserinde *Podosphaera clandestina*'nın sinonimi olarak yer almış, Türkçe isim de (Ayvaboynuzu) verilmiştir fakat "var. *arcuatisspora*", Bradshaw ve Ark. (2024)'in eserinde Türkiye için yeni kayıttır (Dünya için de yeni bir varyetedir). Bu nedenle, varyetenin ilişkili olduğu türün kaydı ve Türkçe adı olduğundan, tür için yeni bir Türkçe isim verilmemiş ve bu kayıt yeni Türkçe isim sayılarına eklenmemiştir].

***MICROIDIUM** (To-anun & S.Takam.) To-anun & S.Takam., Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews): 624 (2012). / **TOPALSPOR.**

Tip tür: *M. phyllanthi* (J.M.Yen) To-anun & S.Takam. (*Oidium phyllanthi* J.M.Yen) 2012. (Tip tür için kaynaklar: URL2, URL3).

Sin.: *Oidium* subgen. *Microidium* To-anun & S.Takam. Mycoscience 46(1): 7 (2005).

***Microidium phyllanthi** (J.M.Yen) To-anun & S.Takam., Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews): 626 (2012). / **Yan topalspor.**

Sin.: *Oidium phyllanthi* J.M.Yen, Cahiers Pacif. 11: 106 (1967).

Oidium var. *reticulati* N.Ahmad, A.K.Sarbhoj, Kamal & D.K.Agarwal ['reticulatus' olarak], Indian Phytopathol. 57(4): 479 (2004).

Kayıt: 2023: Yurt ve Ark. (gıda-peynir; Konya).

Fam.: GLOMERELLACEAE / BOZANTRAKNOZGİLLER.

COLLETOTRICHUM / BOZANTRAKNOZ.

***Colletotrichum acutatum** J.H.Simmonds, Queensland J. Agr. Anim. Sci. 25: 178A (1968). / **Bakla antraknoz.**

Sin.: *Colletotrichum acutatum* J.H.Simmonds, Queensland J. Agr. Anim. Sci. 22: 458 (1965).

Glomerella acutata Guerber & J.C.Correll, Mycologia 93(1): 225 (2001).

Kayıt: 2024: Çakar ve Ark. (hayvan-Kestane gal yaban arısı-*Dryocosmus kuriphilus* ve kestane gal arısı-*Torymus sinensis*; Giresun ve Yalova).

***Colletotrichum fiorinae** (Marcelino & Gouli) Pennycook, Mycotaxon 132(1): 150 (2017). / **Kıran antraknoz.**

Sin.: *Glomerella acutata* var. *fiorinae* Marcelino & Gouli, içinde: Marcelino, Giordano, Gouli, Gouli, Parker, Skinner, TeBeest & Cesnik, Mycologia 100(3): 362 (2008).

Colletotrichum acutatum var. *fiorinae* Marcelino & Gouli, içinde: Marcelino, Giordano, Gouli, Gouli, Parker, Skinner, TeBeest & Cesnik, Mycologia 100(3): 365 (2008).

C. fiorinae R.G.Shivas & Y.P.Tan, Fungal Div. 39: 117 (2009)

Glomerella fiorinae R.G.Shivas & Y.P.Tan, Fungal Div. 39: 117 (2009).

Kayıt: 2023: Çakar ve Ark. (bitki-*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*; Bolu).

***Colletotrichum godetiae** Neerg., Friesia 4(1-2): 72 (1950). / **Eflatun antraknoz.**

Sin.: *Colletotrichum godetiae* Neerg., Aarsberetn. J.E.Ohlens Enkes Plantepatol. Lab. 8 (1943).

Kayıt: 2024: Çakar ve Ark. (hayvan-kestane gal yaban arısı-*Dryocosmus kuriphilus* ve kestane gal arısı-*Torymus sinensis*; Giresun ve Yalova).

Fam.:GNOMONIACEAE / **HERCAİEMZİKGİLLER.**

GNOMONIOPSIS. / HERCAİEMZİK.

***Gnomoniopsis smithogilvyi** L.A.Shuttlew., E.C.Y.Liew & D.I.Guest, içinde: Crous et al., Persoonia 28: 143 (2012). / **Doru hercaiemzik.**

Sin.: *Gnomoniopsis castaneae* Tamietti ['castanea' olarak], içinde: Visentin, Gentile, Valentino, Gonthier, Tamietti & Cardinale, J. Plant Pathol. 94(2): 412 (2012).

Kayıt: 2024: Çakar ve Ark. (hayvan-Kestane gal yaban arısı-*Dryocosmus kuriphilus* ve kestane gal arısı-*Torymus sinensis*; Giresun ve Yalova). Çakar (bitki-*Castanea sativa*-kestane; Artvin, Aydın, Giresun, İzmir, Kastamonu, Sinop, Yalova, Zonguldak).

Fam.: / DALBOĞUMLUSUGİLLER.

EXOPHIALA / SAKSAFONKÜFÜ.

Tip tür: E. salmonis J.W.Carmich 1966.

Sin.: *Foxia* Castell., J. Trop. Med. Hyg. 11: 260 (1908).

Melanchlenus Calandron, C.R.Hebd. Séanc. Acad. Sci. 236: 1598 (1953).

Wangiella McGinnis, Mycotaxon 5(1): 354 (1977).

***Exophiala oligosperma** Calandron ex de Hoog & Tintelnot, içinde: de Hoog, Vicente, Caligiore, Kantarcioğlu, Tintelnot, Gerrits van den Ende & Haase, J. Clin. Microbiol. 14(10): 4776 (2003). / **Düşen saksafonküfü.**

Kayıt: 2024: Karaceylan ve Ark. (hayvan-*Ips sexdendatus*-on iki dişli çam kabuk böceği; Antalya, Burdur ve Isparta).

Fam.: *HYPOXYLACEAE DC., içinde: Lamarck & de Candolle, Fl. Franç., Edn 3 (Paris) 2: 280 (1805). / **KARADALDINGİLLER.**

DALDINIA / KARADALDIN.

***Daldinia childiae** J.D.Rogers & Y.M.Ju, içinde: Rogers, Ju, Watling & Whalley, Mycotaxon 72: 512 (1999). / **Küçük karadaldin.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphydria prolongata*; Sivas).

***Daldinia hawksworthii** Pazoutova, Srutka & M.Stadler, içinde: Pazoutova, Follert, Bitzer, Keck, Surup, Srutka, Holusa & Stadler, Fungal Div. 60: 119 (2013). / **Baş karadaldin.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphydria prolongata*; Sivas).

Fam.:MAGNAPORTHACEAE / **DUTDELENGİLLER.**

CLASTEROSPORIUM / DUTDELEN.

***Clasterosporium pistaciae** M.B.Ellis, içinde: Ellis, Mycol. Pap. 72: 72 (1959). / **Fıstık dutdeleni.**

Kayıt: 2024: Akdeniz ve Sert (bitki-*Pistacia lentiscus*-sakız ağacı; Antalya).

Fam.: MYCOSPHAERELLACEAE. / **YAPRAKDAMGASIGİLLER.**

CERCOSPORA / NOKTAYAPRAK.

***Cercospora datiscicola** Esfand., Sydowia 5(3-6): 368 (1951). / **Dallı noktayaprak.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

***Cercospora mercurialis** Pass., içinde: Thümen, Mycoth. Univ., Cent. 8(783) (1877). / **Akan noktayaprak.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

***CHUPPOMYCES** Videira & Crous, içinde: Videira, Groenewald, Nakashima, Braun, Barreto, de Wit & Crous, Stud. Mycol. 87: 370 (2017). / **PERTEK.**

Tip tür: C. handelii (Bubák) U.Braun, C.Nakash., Videira & Crous 2017.

***Chuppomyces handelii** (Bubák) U.Braun, C.Nakash., Videira & Crous, içinde: Videira, Groenewald, Nakashima, Braun, Barreto, de Wit & Crous, Stud. Mycol. 87: 370 (2017). / **El pteği.**

Sin.: *Cercospora handelii* Bubák, içinde: Handel-Mazzetti, Annln K. K. naturh. Hofmus. Wien 23: 106 (1909).

C. handelii (Bubák) Deighton, Mycol. Pap. 140: 166 (1976).

Pseudocercospora handelii (Bubák) Deighton, Trans. Br. Mycol. Soc. 88(3): 390 (1987).

Mycosphaerella handelii Crous & U.Braun, CBS Diversity Ser. 1: 211 (2003).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

***FILIELLA** Videira & Crous, içinde: Videira, Groenewald, Braun, Shin & Crous, Stud. Mycol. 83: 88 (2016). / **KARARTAN.**

Tip tür: *F. pastinacae* (P.Karst.) Videira & Crous 2016.

***Filiella pastinacae** (P.Karst.) Videira & Crous, içinde: Videira, Groenewald, Braun, Shin & Crous, Stud. Mycol. 83: 88 (2016). / **Kök karartan.**

Sin.: *Cercospora pastinacae* P.Karst., Hedwigia 23(4): 63 (1884).

Ramularia pastinacae (P.Karst.) Lindr. & Vestergr., içinde: Lindroth, Acta Soc. Fauna Flora Fenn. 22(3): 8 (1902).

Cercospora pastinacina Solheim, Illinois Biol. Monogr. 12: 45 (1930).

Pseudocercospora pastinacae (P.Karst.) U.Braun ['pastinacae' olarak], Nova Hedwigia 56(3-4): 444 (1993).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

***PARACERCOSPORIDIUM** Videira & Crous, içinde: Videira, Groenewald, Nakashima, Braun, Barreto, de Wit & Crous, Stud. Mycol. 87: 319 (2017). / **YANYUVAR.**

Tip tür: *P. microsorum* (Sacc.) U.Braun, C.Nakash., Videira & Crous 2017.

***Paracercosporidium microsorum** (Sacc.) U.Braun, C.Nakash., Videira & Crous, içinde: Videira, Groenewald, Nakashima, Braun, Barreto, de Wit & Crous, Stud. Mycol. 87: 319 (2017). / **Küçük yanyuvar.**

Sin.: *Cercospora microsora* Sacc., Michelia 2(6): 128 (1880).

Passalora microsora (Sacc.) U.Braun, Mycotaxon 55: 233 (1995).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

***PRUNIPHILOMYCES** Crous & Bulgakov, içinde: Crous, Wingfield, Schumacher, Akulov, Bulgakov,

Carnegie, Jurjević, Decock, Denman, Lombard, Lawrence, Stack, Gordon, Bostock, Burgess, Summerell, Taylor, Edwards, Hou, Cai, Rossman, Wöhner, Allen, Castlebury, Visagie & Groenewald, Fungal Syst. Evol. 6: 215 (2020). / **UÇATAN.**

Tip tür: *P. circumscissus* (Sacc.) Crous & Bulgakov 2020.

***Pruniphilomyces circumscissus** (Sacc.) Crous & Bulgakov, içinde: Crous, Wingfield, Schumacher, Akulov, Bulgakov, Carnegie, Jurjević, Decock, Denman, Lombard, Lawrence, Stack, Gordon, Bostock, Burgess, Summerell, Taylor, Edwards, Hou, Cai, Rossman, Wöhner, Allen, Castlebury, Visagie & Groenewald, Fungal Syst. Evol. 6: 215 (2020). / **Yuvar uçatan.**

Sin.: *Cercospora circumscissa* Sacc., Nuovo G. Bot. Ital. 8(2): 189 (1876).

Pseudocercospora circumscissa (Sacc.) Y.L.Guo & X.J.Liu, Mycosystema 2: 231 (1989).

Passalora circumscissa (Sacc.) U.Braun ['circumscissa' olarak], Mycotaxon 55: 230 (1995).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

PSEUDOCERCOSPORA / YAPRAKDÖKEN.

***Pseudocercospora sambucigena** U.Braun, Crous & K.Schub., Mycotaxon 92: 400 (2005). / **Mor yaprakdöken.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

RAMULARIA / ARTAN.

***Ramularia linaria** Baudyš & Picb., Prace Morav. Prir. Spol. 1(5): 304 (1924). / **Düz artan.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

***Ramularia sphaeroidea** Sacc., Michelia 1(2): 130 (1878). / **Küre artan.**

Sin.: *Ovularia sphaeroidea* (Sacc.) Sacc., Michelia 2(6): 17 (1880).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

***Ramularia uredinearum** Hulea, J. Pl. Prot. Japan 22(4): 210 (1939). / **Kuyruk artan.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(b) (bitki; Bolu).

Fam.:MYXOTRICHACEAE / SOĞANBAŞGİLLER.

OIDIODENDRON / DALEGZEMASI.

***Oidiodendron mellicola** Rodr.-Andr., Cano & Stchigel, içinde: Rodríguez-Andrade, Stchigel, Terrab, Guarro & Cano-Lira, IMA Fungus 10(20): 22 (2019). / **Geçgin dalegzeması.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-Xiphidria prolongate; Sivas).

***SKOUA** A.A.Wynns, BMC Evol. Biol. 15(145): 8 (2015). / **DALCIL**.

Tip tür: *S. fertilis* (Stoppel) A.A.Wynns 2015.

***Skoua asexualis** Rodr.-Andr., Cano & Stchigel, içinde: Rodríguez-Andrade, Stchigel, Terrab, Guarro & Cano-Lira, IMA Fungus 10(20): 23 (2019). / **Kısır dalcıl**.

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongata*; Sivas).

***Skoua fertilis** (Stoppel) A.A.Wynns, BMC Evol. Biol. 15(145): 8 (2015). / **Dişi dalcıl**.

Sin.: *Eremascus fertilis* Stoppel, Flora, Regensburg 97: 332 (1907).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongata*; Sivas).

Fam.: NECTRIACEAE / DALKIZAMIĞIGİLLER.

DACTYLONECTRIA / YELSAVAN.

***Dactylonectria amazonica** Gordillo & Decock, Cryptog. Mycol. 38(4): 423 (2017). / **Orman yelsavanı**.

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantaron-*Hypericum perforatum*; Samsun).

***Dactylonectria anthuriicola** (A.Cabral & Crous) L. Lombard & Crous, içinde: Lombard, van der Merwe, Groenewald & Crous, Phytopathol. Mediterr. 53(3): 525 (2014). / **Çiçek yelsavan**.

Sin.: *Ilyonectria anthuriicola* A.Cabral & Crous, Mycol. Progr. 11(3): 666 (2013).

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantaron-*Hypericum perforatum*; Samsun).

***Dactylonectria ecuadorensis** Gordillo & Decock [‘ecuadoriense’ olarak], Cryptog. Mycol. 38(4): 423 (2017). / **Orta Yelsavan**.

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantaron-*Hypericum perforatum*; Samsun).

***Dactylonectria torresensis** (A.Cabral, Rego & Crous) L.Lombard & Crous, içinde: Lombard, van der Merwe, Groenewald & Crous, Phytopathol. Mediterr. 53(3): 528 (2014). / **Dağ yelsavan**.

Sin.: *Ilyonectria torresensis* A.Cabral, Rego & Crous, içinde: Cabral, Rego, Nascimento, Oliveira, Groenewald & Crous, Fungal Biology 116(1): 75 (2012).

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantaron-*Hypericum perforatum*; Samsun).

***Dactylonectria valentina** B.Mora-Sala, A.Cabral, Armengol & Abad-Campos, içinde: Mora-Sala, Cabral,

León, Agustí-Brisach, Armengol & Abad-Campos, Pl. Dis. 102(11): 2094 (2018). / **Şubat yelsavan**.

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantaron-*Hypericum perforatum*; Samsun).

***Dactylonectria vitis** (A.Cabral, Rego & Crous) L.Lombard & Crous, içinde: Lombard, van der Merwe, Groenewald & Crous, Phytopathol. Mediterr. 53(3): 528 (2014). / **Asma yelsavan**.

Sin.: *Ilyonectria vitis* A.Cabral, Rego & Crous, Mycol. Progr. 11(3): 684 (2012).

Kayıt: 2024: Kılıçoğlu ve Ark. (bitki-kantaron-*Hypericum perforatum*; Samsun).

Fam.: OPHIOSTOMATACEAE / DAMARTIKAYANGİLLER.

SPOROTHRIX / KELEDEN.

***Sporothrix pallida** (Tubaki) Matsush., Icon. Microfung. Matsush. Lect. (Kobe): 143 (1975). / **Zar keleden**.

Sin.: *Calcarisporium pallidum* Tubaki, Nagaoa 5: 13 (1955).

Kayıt: 2024: Karışık ve Erler (hayvan-*Frankliniella occidentalis*; Antalya).

Fam.: PESTALOTIOPSIDACEAE / BIYIKLICAGİLLER.

***NEOPESTALODIOPSIS** Maharachch., K.D.Hyde & Crous, içinde: Maharachchikumbura, Hyde, Groenewald, Xu & Crous, Stud. Mycol. 79: 135 (2014). / **YAPRAKKIRAN.**

Tip tür: *N. protearum* (Crous & L.Swart) Maharachch., K.D.Hyde & Crous 2014.

***Neopestalotopsis rosae** Maharachch., K.D.Hyde & Crous, içinde: Maharachchikumbura, Hyde, Groenewald, Xu & Crous, Stud. Mycol. 79: 147 (2014). / **Al yaprakkıran**.

Kayıt: 2024: Çalış ve Ark. (bitki-*Persea americana*-avokado; Antalya).

Fam.: *PODOSPORACEAE X.Wei Wang & Houbraken, içinde: Wang, Bai, Bensch, Meijer, Sun, Han, Crous, Samson, Yang & Houbraken, Stud. Mycol. 93: 223 (2019). / **TOYNAĞANGİLLER.**

***PODOSPORA** Ces., Hedwigia 1(15): 103 (1856). / **TOYNAĞAN.**

Tip tür: *P. fimiseda* (Ces. & De Not.) Niessl 1883.

Sin: *Pleurage* Fr., Summa veg. Scand., Sectio Post. 418 (1849).

Philocopra Speg., Anal. Soc. cient. argent. 9(4): içinde: tabula [facing p. 192] (1880).

Andreanszkyia Tóth, Sydowia 20: 173 (1968).

****Podospora flexuosa*** (Madrid, Cano, Gené & Guarro) S.K.Huang & K.D.Hyde, içinde: Huang, Hyde, Mapook, Maharachchikumbura, Bhat, McKenzie, Jeewon & Wen, Fungal Div.: 10.1007/s13225-021-00488-4, [72] (2021). / **Esnek toynağan.**

Sin.: *Cladorrhinum flexuosum* Madrid, Cano, Gené & Guarro, Mycologia 103(4): 801 (2011).

Kayıt: 2024: Avan ve Kaya (bitki-*Beta vulgaris*-pancar; Konya).

Fam.:SACCHAROMYCETACEAE / BİRAMAYASIGİLLER.

****MAUDIOZYMA*** Q.M.Wang, Yurkov & Boekhout, içinde: Liu, Hu, Yurkov, Chen, Bao, Ma, Zhao, Pan, Zhao, Liu, Wang & Boekhout, Persoonia 52: 17 (2024). / **DESENLIŞAL.**

Tip tür: *M. humilis* (E.E.Nel & Van der Walt) Q.M.Wang, Yurkov & Boekhout 2024.

****Maudiozyma exigua*** (Kurtzman) Q.M.Wang, Yurkov & Boekhout, içinde: Liu, Hu, Yurkov, Chen, Bao, Ma, Zhao, Pan, Zhao, Liu, Wang & Boekhout, Persoonia 52: 17 (2024). / **Zahir desenlişal.**

Sin.: *Saccharomyces exiguus* Reess ex E.C.Hansen, C.r. Trav. Laboratoire D. Carlsberg 2: 146 (1888).

Torulaspora exigua Kock.-Krat., Kvasinky a Kvasinkovitě Mikroorganizmy: 1-483 (1982).

Kazachstania exigua (Kock.-Krat.) Kurtzman, FEMS Yeast Res. 4(3): 238 (2003).

Kayıt: 2024: Sevgili ve Erkmén (hamur mayası; Türkiye).

PICHIA / PİKİYA.

****Pichia kluyveri*** Bedford ex Kudryavtsev, Bot. Mater. Otd. Sporov. Rast. Bot. Inst. Komarova Akad. Nauk S.S.S.R. 13: 145 (1960). / **Batı Pikiya.**

Sin.: *Pichia belgica* var. *microspora* Negroni & I.Fisch., Rev. Inst. Bact., B. Aires 10: 337 (1941).

P. kluyveri Bedford, Mycologia 34(6): 641 (1942).

Hansenula kluyveri Kudryavtsev, Sistematika Drozhzhei 278 (1954).

H. kluyveri Kudryavtsev, Bot. Mater. Otd. Sporov. Rast. Bot. Inst. Komarova Akad. Nauk S.S.S.R. 13: 145 (1960).

Kayıt: 2023: Yurt ve Ark. (gıda-peynir; Konya).

****ZYGOSACCHAROMYCES*** B.T.P.Barker, Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ser. B, Biolog. Sci. 194: 482 (1901). / **KARATÜP.**

Tip tür: *Z. barkeri* Sacc. & P.Syd. 1901.

Sin.: *Zygosaccharomycodes* Nishiw., Centbl. Bakt. ParasitKde, Abt. II 78: 409 (1929).

Zygosaccharis Clem. & Shear, Gen. Fung., Edn 2 (Minneapolis): 48 (1931).

****Zygosaccharomyces favi*** G.Péter, Čadež & Dlauchy, içinde: Čadež, Fülöp, Dlauchy & Péter, Antonie van Leeuwenhoek 107(3): 651 (2015). / **Yaygın karatüp.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

****Zygosaccharomyces siamensis*** Saks., M. Suzuki, Chantaw., Ohkuma & Lumyong, Fungal Div. 52(1): 133 (2012). / **Tay karatüp.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

Fam.:SCLEROTINIACEAE / BEYAZLEKEGİLLER.

MONILINIA / KIRKÇEMBER.

****Monilinia baccarum*** (J.Schröt.) Whetzel, Mycologia 37(6): 672 (1945). / **Arka kırkçember.**

Sin.: *Rutstroemia baccarum* J.Schröt., Hedwigia 18: 177 (1879).

Sclerotinia baccarum (J.Schröt.) Rehm, içinde: Winter, Hedwigia 24(1): 9 (1885).

Stromatinia baccarum (J.Schröt.) Boud., Hist. Class. Discom. Eur. 109 (1907).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

****Monilinia ssiori*** Y.Harada, M.Sasaki & T.Sano, içinde: Harada, Sasaki, Sasaki, Ichihashi & Sano, Mycoscience 46(6): 376 (2005). / **Yol kırkçember.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

Fam.: TAPHRINACEAE / TAFRİNAGİLLER.

TAPHRINA / TAFRİNA.

****Taphrina tosquetii*** (Westend.) Magnus, Hedwigia 29: 25 (1890). / **Kızıl tafrina.**

Sin.: *Ascomyces tosquetii* Westend., Bull. Acad. R. Sci. Belg., Cl. Sci., sér. 2 11(6): 655 (1861).

Exoascus tosquetii (Westend.) Sacc., Michelia 1(4): 433 (1878).

Lalaria tosquetii R.T.Moore, Mycotaxon 38: 326 (1990).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

Fam.: THYRIDIAACEAE / PERIBACASIGİLLER.**THYRIDIUM / GÖZLEKESİ.**

***Thyridium curvatum** (W.Gams & W.B.Cooke) R.Sugita & Kaz. Tanaka, MycoKeys 86: 165 (2022). / **Eğik gözlekesi.**

Sin.: *Phialemonium curvatum* W.Gams & W.B.Cooke, içinde: Gams & McGinnis, Mycologia 75(6): 980 (1983).

Phialemoniopsis curvata (W.Gams & W.B.Cooke) Perdomo, Dania García, Gené, Cano & Guarro, Mycologia 105(2): 410 (2013).

Kayıt: 2024: Yıldırım ve Ark. (bitki; Ordu).

Fam.: VENTURIAACEAE / KARALEKEMANTARIGİLLER.

***RHIZOSPHAERA** L.Mangin & Har., Bull. Soc. Mycol. Fr. 23(1): 56 (1907). / **TOPRAKİPİ.**

Tip tür: *R. abietis* L.Mangin & Har. 1907.

Sin.: *Ectosticta* Speg., Anal. Mus. Nac. Hist. Nat. B. Aires 23: 107 (1912).

Rhizophoma Petr. & Syd., Beih. Reprium Nov. Spec. Regni Veg. 42(1): 472 (1927).

Gelatosphaera Bat. & H.Maia, içinde: Batista, Anais Soc. Biol. Pernambuco 16: 144 (1959).

***Rhizosphaera macrospora** Gourb. & M.Morelet, Revue Mycol. 43(1): 89 (1979). / **Toprakipi.**

Kayıt: 2023: Çakar ve Ark. (bitki-*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*-Kazdağı göknarı; Bolu).

INCERTAE SEDIS (ASCOMYCOTA) / FAMILYASI BİLİNMEYEN KESELİ MANTARLAR**ACRODONTIUM / TİTREKŞAMDAN.**

***Acrodontium neolitseae** Crous & Summerell, içinde: Crous et al., Persoonia 32: 209 (2014). / **Kıyı şamdani.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongata*; Sivas).

CANDIDA / KANDİDA.

***Candida boidinii** C.Ramírez ['boidini' olarak], Microbiol. Esp. 6(3): 251 (1953). / **Bağ pamukcuk.**

Sin.: *Candida koshuensis* Yokots. & Goto, J. Agr. Chem. Soc. Japan 29: 132 (1955).

C. olivaria Santa María, Arq. Hig. Pat. Exot. 18(38): 312 (1958).

C. methanolica Oki & Kouno, içinde: Oki et al., J. Gen. Appl. Microbiol. 18(4): 298 (1972).

C. methylica Y.A.Trots. & Bykovsk., içinde: Trotsenko et al., Mikol. Fitopatol. 8(4): 323 (1974).

C. alcomigas Urakami, Chemical Abstracts 83: 76993k (1975).

Hansenula alcolica Urakami, Trav. Sous-Sect. Troitzk.-Khiakta, Sect. Pays d'Amour Soc. Imp. Russe Géogr.: 1 (1975).

Kloeckera boidinii Kozlova & Meisel, Mikrobiol. 45: 1113 (1976).

Candida queretana T.Herrera & Ulloa, Atti Ist. Bot. Univ. Pavia, sér. 5 12: 14 (1978).

C. silvicola var. *melibiosica* Nowak.-Waszcz. & Pietka, Acta Microbiol. Pol. 32(1): 84 (1983).

C. ootensis Kumam. & Seriu, içinde: Kumamoto, Yamamoto, Seriu, Kouno, Okamoto, Ishikura & Takamatsu, Trans. Mycol. Soc. Japan 27(4): 392 (1987).

Kayıt: 2024: Demiray ve Ark. (şeker fabrikası atıkları; Ankara)

***SEIFERTIA** Partr. & Morgan-Jones, Mycotaxon 83: 348 (2002). / **DİKKÜF.**

Tip tür: *S. azaleae* (Peck) Partr. & Morgan-Jones 2002.

***Seifertia azalea** (Peck) Partr. & Morgan-Jones, Mycotaxon 83: 350 (2002). / **Dikküf.**

Sin.: *Periconia azaleae* Peck, Bull. Buffalo Soc. Nat. Sci. 1(2): 69 (1873).

Sporocybe azaleae (Peck) Sacc., Syll. Fung. 4: 608 (1886).

Cephalotrichum azaleae (Peck) Kuntze, Revis. Gen. Pl. 3(3): 453 (1898).

Briosia azaleae (Peck) Dearn., Mycologia 33(4): 365 (1941).

Pycnostysanus azaleae (Peck) E.W. Mason, Annot. Acct Fungi rec'd Imp. Mycol. Inst. 2(Fasc. 3): 130 (1941).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(a) (bitki-*Rhododendron ponticum*-kumar; Bolu).

Divizyo: BASIDIOMYCOTA/TOPUZLU MANTARLAR.

Fam.: *BULLERACEAE Xin Zhan Liu, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, içinde: Liu, Wang, Göker, Groenewald, Kachalkin, Lumbsch, Millanes, Wedin, Yurkov, Boekhout & Bai, Stud. Mycol. 81: 128 (2015). / **SOYMAYAGİLLER.**

***GENOLEVURIA.** Xin Zhan Liu, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, içinde: Liu, Wang, Göker, Groenewald, Kachalkin, Lumbsch, Millanes, Wedin, Yurkov, Boekhout & Bai, Stud. Mycol. 81: 129 (2015). / **SOYMAYA.**

Tip tür: *G. amylolytica* (Á.Fonseca, J.Inácio & Spenc.-Mart.) X.Z.Liu, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout 2015.

***Genolevuria tibetensis** (F.Y.Bai & Q.M.Wang) Xin Zhan Liu, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, içinde: Liu, Wang, Göker, Groenewald, Kachalkin, Lumbsch, Millanes, Wedin, Yurkov, Boekhout & Bai, Stud. Mycol. 81: 129 (2015). / **Tibet soymayası.**

Sin.: *Cryptococcus tibetensis* F.Y.Bai & Q.M.Wang, içinde: Wang, Wang, Jia & Bai, J. Gen. Appl. Microbiol. 53(5): 282 (2007).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

Fam.: CERATOBASIDIACEAE /
DALİNDİRENGİLLER.

RHIZOCTONIA / DALİNDİREN.

***Rhizoctonia fragariae** S.S.Husain & W.E.McKeen, Phytopathol. 53: 533 (1963). / **İnce dalındiren.**

Sin.: *Ceratorhiza fragariae* (S.S.Husain & W.E.McKeen) R.T.Moore, Mycotaxon 29: 94 (1987).

Kayıt: 2023: Demir ve Ark. (bitki-*Fragaria* sp.-çilek).

Fam.: *CHRYSOZYMACEAE Q.M.Wang, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, Stud. Mycol. 81: 183 (2015). /
AKARDAMLAGİLLER.

***BANNOZYMA** Q.M.Wang, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, Stud. Mycol. 81: 183 (2015). /
AKARDAMLA.

Tip tür: *B. yamatoana* (Nakase, M.Suzuki & Itoh) Q.M.Wang, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout 2015.

***Bannozya yamatoana** (Nakase, M.Suzuki & Itoh) Q.M.Wang, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, Stud. Mycol. 81: 183 (2015). / **Akardamla.**

Sin.: *Sporobolomyces yamatoanus* Nakase, M.Suzuki & Itoh, J. Gen. Appl. Microbiol. 33(5): 446 (1987).

Bensingtonia yamatoana (Nakase, M.Suzuki & Itoh) Nakase & Boekhout, J. Gen. Appl. Microbiol. 34(3): 435 (1988).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

Fam.: FILOBASIDIACEAE / YÜRÜKENGİLLER.

***FILOBASIDIUM** L.S.Olive, J.Elisha Mitchell Scient. Soc. 84: 261 (1968). / **KATAN.**

Tip tür: *F. floriforme* L.S.Olive 1968.

***Filobasidium chernovii** (Á.Fonseca, Scorzetti & Fell) Xin Zhan Liu, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, içinde: Liu, Wang, Göker, Groenewald, Kachalkin, Lumbsch, Millanes, Wedin, Yurkov, Boekhout & Bai, Stud. Mycol. 81: 118 (2015). / **Baş katan.**

Sin.: *Cryptococcus chernovii* Á.Fonseca, Scorzetti & Fell, Can. J. Microbiol. 46(1): 20 (2000).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

***Filobasidium wieringae** (A.Fonseca, Scorzetti & Fell) Xin Zhan Liu, F.Y.Bai, M. Groenew. & Boekhout, içinde: Liu, Wang, Göker, Groenewald, Kachalkin, Lumbsch, Millanes, Wedin, Yurkov, Boekhout & Bai, Stud. Mycol. 81: 118 (2015). / **Set katan.**

Sin.: *Cryptococcus wieringae* A.Fonseca, Scorzetti & Fell, Can. J. Microbiol. 46(1): 25 (2000).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

Fam.: *IRPICACEAE Spirin & Zmitr., içinde: Spirin, Mycena 3: 48 (2003). / **DALGALIPORGİLLER.**

CERIPORIA / DALGALIPOR.

***Ceriporia purpurea** (Fr.) Donk, Proc. K. Ned. Akad. Wet., Ser. C, Biol. Med. Sci. 74(1): 28 (1971). / **Eflatunpor.**

Sin.: *Polyporus purpureus* Fr., Syst. Mycol. 1: 379 (1821).

Physisporus purpureus (Fr.) Gillet, Hymenomycetes (Alençon): 698 (1878).

Poria purpurea (Fr.) Cooke, Grevillea 14(72): 112 (1886).

P. purpurea var. *roseolilacina* Bres., Annls Mycol. 1(1): 76 (1903).

P. vinaceorosea Rodway & Cleland, Pap. Proc. R. Soc. Tasm.: 78 (1930).

Merulioporia purpurea (Fr.) Bondartsev & Singer, Annls Mycol. 39(1): 48 (1941).

M. purpurea (Fr.) Bondartsev & Singer, içinde: Bondarcev, Trut. Grib Evrop. Chasti SSSR Kavkaza [Bracket Fungi Europ. U.S.S.R. Caucasus] (Moscow-Leningrad): 595 (1953).

M. purpurea var. *roseolilacina* (Bres.) Bondartsev ['roseo-lilacina' olarak], Trut. Grib Evrop. Chasti SSSR Kavkaza [Bracket Fungi Europ. U.S.S.R. Caucasus] (Moscow-Leningrad): 596 (1953).

Meruliopsis purpurea (Fr.) Bondartsev, içinde: Parmasto, Eesti NSV Tead. Akad. Toim., Biol. seer 8(4): 274 (1959).

Ceriporia purpurea (Fr.) Komarova ['Ceraporia' olarak], Opredelitel' trutovykh gribov Belorussii: 49 (1964).

Gloeoporus purpureus (Fr.) Zmitr. & Spirin, içinde: Zmitrovich, Malysheva & Spirin, Mycena 6: 36 (2006).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

Fam.: MICROBOTRYACEAE /
SÜRMECİKGİLLER.

MICROBOTRYUM / SÜRMECİK.

***Microbotryum betonicae** (Beck) R.Bauer & Oberw., içinde: Bauer, Oberwinkler & Vánky, Can. J. Bot. 75(8): 1309 (1997). / **Koca sürmecik.**

Sin.: *Ustilago betonicae* Beck, Verh. Kaiserl.-Königl. Zool.-Bot. Ges. Wien 30: 10 (1881).

Bauhinus betonicae (Beck) Denchev, Mycotaxon 65: 421 (1997).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

Fam.: *MRAKIACEAE Xin Zhan Liu, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, içinde: Liu, Wang, Göker, Groenewald, Kachalkin, Lumbsch, Millanes, Wedin, Yurkov, Boekhout & Bai, Stud. Mycol. 81: 113 (2015). / **TOMARGİLLER.**

***MRAKIA** Y.Yamada & Komag., J. Gen. Appl. Microbiol. 33(5): 456 (1987). / **İNGİN.**

Tip tür: *M. frigida* (Fell, Statzell, I.L.Hunter & Phaff) Y.Yamada & Komag. 1987.

Sin.: *Mrakiella Margesin* & Fell, Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 58(12): 2980 (2008).

***Mrakia aquatica** (E.B.G.Jones & Slooff) Xin Zhan Liu, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, içinde: Liu, Wang, Göker, Groenewald, Kachalkin, Lumbsch, Millanes, Wedin, Yurkov, Boekhout & Bai, Stud. Mycol. 81: 115 (2015). / **Sucul ingin.**

Sin.: *Candida aquatica* E.B.G.Jones & Slooff, Antonie van Leeuwenhoek 32: 223 (1966).

Vanrija aquatica (E.B.G.Jones & Slooff) R.T. Moore, Bot. Mar. 23(6): 367 (1980).

Cryptococcus aquaticus (E.B.G.Jones & Slooff) Rodr. Mir. & Weijman, içinde: Weijman, Rodrigues de Miranda & van der Walt, Antonie van Leeuwenhoek 54(6): 550 (1988).

Mrakiella aquatica (E.B.G.Jones & Slooff) Margesin & Fell, Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 58(12): 2981 (2008).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

***Mrakia frigida** (Fell, Statzell, I.L.Hunter & Phaff) Y.Yamada & Komag., J. Gen. Appl. Microbiol. 33(5): 457 (1987). / **Kısır ingin.**

Sin.: *Candida curiosa* Komag. & Nakase, J. Gen. Appl. Microbiol. 11: 256 (1965).

C. frigida Di Menna, Antonie van Leeuwenhoek 32: 27 (1966).

C. gelida Di Menna, Antonie van Leeuwenhoek 32: 26 (1966).

C. nivalis Di Menna, Antonie van Leeuwenhoek 32: 25 (1966).

Leucosporidium frigidum Fell, Statzell, I.L. Hunter & Phaff, Antonie van Leeuwenhoek 35(4): 450 (1970).

L. gelidum Fell, Statzell, I.L. Hunter & Phaff, Antonie van Leeuwenhoek 35(4): 452 (1970).

L. nivale Fell, Statzell, I.L.Hunter & Phaff, Antonie van Leeuwenhoek 35(4): 455 (1970).

L. stokesii Fell, Statzell, I.L.Hunter & Phaff, Antonie van Leeuwenhoek 35(4): 457 (1970).

Vanrija frigida (Di Menna) R.T.Moore, Bot. Mar. 23(6): 367 (1980).

V. gelida (Di Menna) R.T.Moore, Bot. Mar. 23(6): 368 (1980).

V. nivalis (Di Menna) R.T.Moore, Bot. Mar. 23(6): 368 (1980).

V. curiosa (Komag. & Nakase) R.T.Moore, Bibliotheca Mycol. 108: 170 (1987).

Mrakia gelida (Fell, Statzell, I.L.Hunter & Phaff) Y.Yamada & Komag., J. Gen. Appl. Microbiol. 33(5): 457 (1987).

M. nivalis (Fell, Statzell, I.L. Hunter & Phaff) Y.Yamada & Komag., J. Gen. Appl. Microbiol. 33(5): 457 (1987).

M. stokesii (Fell, Statzell, I.L.Hunter & Phaff) Y.Yamada & Komag., J. Gen. Appl. Microbiol. 33(5): 457 (1987).

Cryptococcus curiosus (Komag. & Nakase) Rodr. Mir. & Weijman, içinde: Weijman, Rodrigues de Miranda & van der Walt, Antonie van Leeuwenhoek 54(6): 550 (1988).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongate*; Sivas).

***VUSTINIA** A.V.Kachalkin, Turchetti & Yurkov, içinde: Kachalkin, Turchetti, Inacio, Carvalho, Mašínová, Pontes, Röhl, Akulov, Baldrian, Begerow, Buzzini, Sampaio & Yurkov, Mycol. Progr. 18(7): 956 (2019). / **TOMAR.**

Tip tür: *V. terrae* Kachalkin, Turchetti & Yurkov 2019.

***Vustinia terrae** A.V.Kachalkin, Turchetti & Yurkov, içinde: Kachalkin, Turchetti, Inacio, Carvalho, Mašínová, Pontes, Röhl, Akulov, Baldrian, Begerow, Buzzini, Sampaio & Yurkov, Mycol. Progr. 18(7): 957 (2019). / **Yer tomari.**

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongata*; Sivas).

Fam.: *OXYPORACEAE Zmitr. & Malysheva, Mikol. Fitopatol. 48(3): 169 (2014). / **KAVAKKERTİĞİGİLLER.**

OXYPORUS / KAVAKKERTİĞİ.

Tip tür: *O. populinus* (Schumach.) Donk1933.

Sin.: *Coriolus* sect. *Oxyporus* Bourdot & Galzin, Bull. Trimest. Soc. Mycol. Fr. 41(1): 139 (1925).

Emmia Zmitr., Spirin & Malysheva, içinde: Zmitrovich, Malysheva & Spirin, Mycena 6: 33 (2006).

***Oxyporus corticola** (Fr.) Ryvarden, Persoonia 7(1): 19 (1972). / **Ak soyuntu.**

Sin.: *Polyporus corticola* var. *quercinus* Fr., Elench. Fung. (Greifswald) 1: 124 (1828).

P. reticulatus var. *corticola* (Fr.) P.Kumm., Führ. Pilzk. 59 (1871).

P. salviae Berk. & M.A.Curtis, Grevillea 1(4): 54 (1872).

P. rostafinskii P.Karst., Bidr. Känn. Finl. Nat. Folk 25: 274 (1876).

Physisporus corticola (Fr.) Gillet, Hymenomycetes (Alençon): 696 (1878).

Polyporus corticola Fr., Syst. Mycol. 1: 385 (1821).

Physisporus rostafinskii (P.Karst.) P.Karst., Rev. Mycol. 3(9): 18 (1881).

Poria corticola (Fr.) Sacc., Grevillea 14(72): 113 (1886).

P. rostafinskii (P.Karst.) Cooke, Grevillea 14(72): 110 (1886).

P. salviae (Berk. & M.A. Curtis) Sacc., Syll. Fung. 6: 311 (1888).

Physisporus confusus subsp. *rostafinskii* (P.Karst.) P.Karst., Finl. Basidsvamp. (11): 132 (1889).

P. Tener Har. & P.Karst., Rev. Mycol. 12(47): 128 (1890).

Poria tenera (Har. & P.Karst.) Sacc., Syll. Fung. 9: 190 (1891).

Muciporus corticola (Fr.) Juel, Bih. K. svenska VetenskAkad. Handl., Afd. 3 23(10): 23 (1897).

Coriolus corticola (Fr.) Pat., Essai Tax. Hyménomyc. (Lons-le-Saunier): 94 (1900).

Poria separans Murrill, Mycologia 12(6): 305 (1920).

P. vicina Bres., Mycologia 17(2): 76 (1925).

Chaetoporus corticola (Fr.) Bondartsev & Singer, Annls Mycol. 39(1): 51 (1941).

Rigidoporus corticola (Fr.) Pouzar, Folia Geobot. Phytotax. Bohemoslov. 1(4): 368 (1966).

Kayıt: 2024: Karaceylan ve Ark. (hayvan-*Ips sexdendatus*-on iki dişli çam kabuk böceği; Antalya, Burdur ve Isparta).

Fam.: SPORIDIOLACEAE / **ALEV MAYASIGİLLER.**

***RHODOSPORIDIOLUS** Q.M.Wang, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, Stud. Mycol. 81: 181 (2015). / **KIYILAN.**

Tip tür: *R. nylandii* (M.Takash. & Nakase) Q.M.Wang, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout 2015.

***Rhodosporidiobolus colostri** (T.Castelli) Q.M.Wang, F.Y.Bai, M.Groenew. & Boekhout, Stud. Mycol. 81: 182 (2015). / **Top kıyılan.**

Sin.: *Mycotorula colostri* T. Castelli, Giorn. Biol. App. Alla Indust. Chim. Ad Alm. 2(4): 1 (1932).

Rhodotorula colostri (T.Castelli) Lodder, Verh. K. Akad. Wet., eerste sectie 32: 122 (1934).

Kayıt: 2024: Doğan ve Ark.(c) (hayvan-*Xiphidria prolongata*; Sivas).

Fam.:TULASNELLACEAE / **MORÇATLAKGİLLER.**

TULASNELLA / MORÇATLAK.

***Tulasnella calospora** (Boud.) Juel, Bih. K.Svenska VetenskAkad. Handl., Afd. 3 23(10): 23 (1897). / **Tırtıl morçatlık.**

Sin.: *Prototremella calospora* Boud., J. Bot. 10: 85 (1896).

Gloeotulasnella calospora (Boud.) D.P.Rogers, Ann. Mycol. 31(3): 201 (1933).

Kayıt: 2024: Akın Mutlu ve Özkoç (bitki-*Bletia punctata*; Samsun).

***Tulasnella deliquescens** (Juel) Juel, Ark. Bot. 14(1): 8 (1914). / **Sulu morçatlık.**

Sin.: *Muciporus deliquescens* Juel, Bih. K.Svenska VetenskAkad. Handl., Afd. 3 23(10): [3] (1897).

Rhizoctonia repens N.Bernard, Annls Sci. Nat., Bot., sér. 9 9: 31 (1909).

Tulasnella rosella Bourdot & Galzin, Bull. Soc. Mycol. Fr. 39(4): 263 (1924).

Epulorhiza repens (N.Bernard) R.T.Moore, Mycotaxon 29: 95 (1987).

Kayıt: 2024: Akın Mutlu ve Özkoç (bitki-*Spiranthes sinensis-incisalebi*; Samsun).

Divizyo: MYXOMYCOTA CIVİK MANTARLAR.

Fam.: PHYSARACEAE / CIVİKSARANGİLLER.

PHYSARUM / CIVİKSARAN.

***Physarum bethelii** T.Macbr. ex G.Lister, Monogr. Mycetozoa, Edn 2 (London): 57 (1911). / **Zeytin Cıvıksaran.**

Sin.: *Physarum viride* var. *bethelii* (T.Macbr. ex G.Lister) Sturgis, Colorado Coll. Stud. Sci. Ser. 12: 439 (1913).

Kayıt: 2024: Baba ve Sevindik (cansız materyaller-yaprak, ağaç kabuğu, çürümüş ve çürümemiş bitki materyalleri; Hatay).

***Physarum melleum** (Berk. & Broome) Massee, Monogr. Myxogastr. (London): 278 (1892). / **Direk cıvıksaran.**

Sin.: *Didymium melleum* Berk. & Broome, J. Linn. Soc., Bot. 14(74): 83 (1873).

Physarum schumacheri var. *melleum* (Berk. & Broome) Rostaf., Śluzowce monogr., Suppl. (Paryz): 7 (1876).

Cytidium melleum (Berk. & Broome) Morgan, J. Cincinnati Soc. Nat. Hist. 19(1): 11 (1896).

Kayıt: 2024: Baba ve Sevindik (cansız materyaller-yaprak, ağaç kabuğu, çürümüş ve çürümemiş bitki materyalleri; Hatay).

Divizyo: OOMYCOTA / SUKÜFLERİ.

Fam.: PERONOSPORACEAE /
HAVLİMİLDİYÖGİLLER.

PERONOSPORA. / HAVLİMİLDİYÖ.

***Peronospora belbahrii** Thines, Mycol. Res. 113(5): 536 (2009). / **Fesleğen mildiyösü.**

Kayıt: 2024: Günaçtı (bitki-*Ocimum basilicum*-fesleğen; Antalya).

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 (Yazarlar).

Teşekkür

Fungal kayıtlar için verilen Türkçe isimlerin eşsiz olması, uygunluğu ve diğer organizmalar için kullanılıp kullanılmadığının kontrolü için İstanbul NGBB (Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi) isim kütüklerinden yararlanılmıştır. İstanbul NGBB Müdürü Prof Dr. Adil Güner başta olmak üzere, Ramazan Yalçınkaya, Burçin Cıngay ve İstanbul NGBB'de bu sürece katkıda bulunan tüm uzmanlara teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aday Kaya, A.G., Karaman, A. (2024). Occurrence of fungi, with emphasis on *Diplodia pinea*, in pine seeds from forest nurseries of Turkey. *Kuwait J. Sci.* 50: 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2023.02.001>
- Akdeniz, F., Sert, H.B. (2023). First report of *Clasterosporium pistaciae* in Türkiye. *J. New Results in Eng. Nat. Sci.* 19: 64-68.
- Akın Mutlu, V., Özkoç, İ. (2024). Variation of fungal partners colonizing the roots of *Spiranthes spiralis* L. *Iğdır Üniv. Fen Bil. Enst. Derg.* 14 (1): 52-65. <https://doi.org/10.21597/jist.1403162>
- Asan, A. (2004). *Aspergillus*, *Penicillium* and related species reported from Turkey. *Mycotaxon* 89 (1): 155-157 (Last updated: May 27, 2023).
- Asan, A. (2011). Checklist of *Fusarium* species reported from Turkey. *Mycotaxon*. 116 (1): 479-479. (Last updated at journal web site: 14 May 2023).
- Asan, A. (2015). Checklist of *Alternaria* species reported from Turkey. *Mantar Derg.* 6 (2): 43-57.
- Asan, A., Karabiyik, H., Giray, G. (2024a). Türkiye Mantarları Listesi'ne Eklentiler-2 (New Additions to the list of Fungi of Türkiye-2). *Bağbahçe Bilim Dergisi*. 11 (1): 25-43. <https://doi.org/10.35163/bagbahce.1375946>
- Asan, A., Karabiyik, H., Giray, G. (2024b). New additions to the list of fungi of Türkiye-3. (Türkiye mantarları listesi'ne yeni ilaveler-3). *Anatolian J. Bot.* 8 (2): 114-127. <https://doi.org/10.30616/ajb.146098>
- Asan, A., Selçuk, F., Giray, G., Aydoğdu, H., Ulukapı, M., Ceylan, M.F. (2022). Türkiye Mantarları Listesi'ne İlaveler-1. *Bağbahçe Bilim Derg.* 9 (3): 65-89. <https://doi.org/10.35163/bagbahce.1130135>
- Avan, M., Kaya, R. (2024). Isolation and identification of *Podospira flexuosa* (syn. *Cladorrhinum flexuosum*), a potential biocontrol agent detected in sugar beet cultivation areas in Türkiye. *Mustafa Kemal Üniv. Tarım Bil. Derg.* 29 (1): 242-249. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1385507>
- Baba, H., Sevindik, M. (2024). Myxobiota of the Iskenderun Gulf (Mediterranean Sea/Türkiye) and its Environment. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Tarım Doğa Derg.* 27 (6): 1289-1297. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1327321>
- Bayrakal, G.M., Ekici, G., Akkaya, H., Sezgin, F.H., Dümen, E. (2020). Detection and molecular examination of pathogens in honeys and bees in the Northern Marmara Region, Turkey. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* 26 (3): 313-319. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2019.22845>
- Bhunjun, C.S., Chen, Y.J., Phukhamsakda, C., Boekhout, T., Groenewald, J.Z., McKenzie, E.H.C., Francisco, E.C., Frisvad, J.C., Groenewald, M., Hurdeal, V.G., Luangsa-ard, J., Perrone, G., Visagie, C.M., Bai, F.Y., Błaszkowski, J., Braun, U., de Souza, F.A., de Queiroz, M.B., Dutta, A.K., Gonkhom, D., Goto, B.T., Guarnaccia, V., Hagen, F., Houbaken, J., Lachance, M.A., Li, J.J., Luo, K.Y., Magurno, F., Mongkolsamrit, S., Robert, V., Roy, N., Tibpromma, S., Wanasinghe, D.N., Wang, D.Q., Wei, D.P., Zhao, C.L., Aiphuk, W., Ajayi-Oyetunde, O., Arantes, T.D., Araujo, J.C., Begerow, D., Bakhshi, M., Barbosa, R.N., Behrens, F.H., Bensch, K., Bezerra, J.D.P., Bilański, P., Bradley, C.A., Bubner, B., Burgess, T.I., Buyck, B., Čadež, N., Cai, L., Calaça, F.J.S., Campbell, L.J., Chaverri, P., Chen, Y.Y., Chethana, K.W.T., Coetzee, B., Costa, M.M., Chen, Q., Custódio, F.A., Dai, Y.C., Damm, U., de Azevedo Santiago, A.L.C.M., De Miccolis Angelini, R.M., Dijksterhuis, J., Dissanayake, A.J., Doilom, M., Dong, W., Alvarez-Duarte, E., Fischer, M., Gajanyake, A.J., Gené, J., Gomdola, D., Gomes, A.A.M., Hausner, G., He, M.Q., Hou, L., Iturrieta-González, I., Jami, F., Jankowiak, R., Jayawardena, R.S., Kandemir, H., Kiss, L., Kobmoo, N., Kowalski, T., Landi, L., Lin, C.G., Liu, J.K., Liu, X.B., Loizides, M., Luangharn, T., Maharachchikumbura, S.S.N., Makhathini, Mkhwanazi, G.J., Manawasinghe, I.S., Marin-Felix, Y., McTaggart, A.R., Moreau, P.A., Morozova, O.V., Mostert, L., Osiewacz, H.D., Pem, D., Phookamsak, R., Pollastro, S., Pordel, A., Poyntner, C., Phillips, A.J.L., Phonemany, M., Promputtha, I., Rathnayaka, A.R., Rodrigues, A.M., Romanazzi, G., Rothmann, L., Salgado-Salazar, C., Sandoval-Denis, M., Saupe, S.J., Scholler, M., Scott, P., Shivas, R.G., Silar, P., Souza-Motta, C.M., Silva-Filho, A.G.S., Spies, C.F.J., Stchigel, A.M., Sterflinger, K., Summerbell, R.C., Svetasheva, T.Y., Takamatsu, S., Theelen, B., Theodoro, R.C., Thines, M., Thongklang, N., Torres, R., Turchetti, B., van den Brule, T., Wang, X.W., Wartchow, F., Welti, S., Wijesinghe, S.N., Wu, F., Xu, R., Yang, Z.L., Yilmaz, N., Yurkov, A., Zhao, L., Zhao, R.L., Zhou, N., Hyde, K.D., Crous, P.W. (2024). What are the 100 most cited fungal genera? *Stud. In Mycol.* 108: 1-411. <https://doi.org/10.3114/sim.2024.108.01>
- Bradshaw, M., Braun, U., Götz, M., Dogan, G., Erdogdu, M., Ates, M.A., Pastircakova, K., Pastircak, M., Fernandez-Pavia, S., Takamatsu, S., Abbasi, M., Moparthi, S., Gafforov, Y., Chinan, V.C., Kummer, v., Kruse, j., Pfister, D.H.. (2024). Contributions to the knowledge of the phylogeny and taxonomy of the Erysiphaceae (powdery mildews)-part 2. *Sydowia*. 76: 113-145. <https://doi.org/10.12905/0380.sydowia76-2024-0113>
- Çakar, D. (2024). Significance of *Gnomoniopsis smithogilvyi* as kernel rot of sweet chestnut in Turkey. *J. Phytopathol.* 172: e13293. <https://doi.org/10.1111/jph.13293>
- Çakar, D., Şimşek, S.A., Çömez, A., Maden, S. (2023). Causal agents of current season needle necrosis on Trojan Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) growing in the Aladağ mountain range in Bolu Province. *Australasian Plant Pathol.* 52: 317-326. <https://doi.org/10.1007/s13313-023-00921-z>
- Çakar, D., Şimşek, S.A., Maden, S. (2024). Fungi associated with necrotic and asymptomatic galls of *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) and the adults of its parasitoid *Torymus sinensis* in chestnut growing areas of Turkey. *Forest Pathology*. 54: e12871.

- Çalış, Ö., Çelik, S., Fidan, H., Tek, M.I., Shah, M., Tozlu, I., Wani, S.H. (2024). Emerging pathogens and disease dynamics threatening avocado production in southern Türkiye. *J. Plant Dis. Protect.* <https://doi.org/10.1007/s41348-024-00954-6> (Baskıda-In Press).
- Demir, S., Durak, E.D., Güneş, H., Boyno, G., Mulet, J.M., Rezaee Danesh, Y., Porcel, R. (2023). Biological control of three fungal diseases in strawberry (*Fragaria × ananassa*) with arbuscular mycorrhizal fungi. *Agronomy*. 13: 2439. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092439>
- Demiray, E., Karatay, S.E., Dönmez, G. (2024). Response surface methodology-based optimization studies about bioethanol production by *Candida boidinii* from pumpkin residues. *Biotech. Studies*. 33 (1): 43-51. <https://doi.org/10.38042/biotechstudies.1442102>
- Doğan, G., Erdoğan, M., Aytaç, Z., Ertuğrul, T., Karayel, A.İ. (2024a). *Seifertia*, a new genus record for Turkish Mycobiota. *Mantar Dergisi*. 15 (1): 7-11. <https://doi.org/10.30708.mantar.1367177>
- Doğan, G., Erdoğan, M., Aytaç, Z., Karayel, A. İ., Ertuğrul, T., Suludere, Z. (2024b). Phytopathogenic Hyphomycetes determined in Yedigöller National Park, Bolu Province. *Artvin Çoruh Üniv. Orman Fak. Derg.* 25 (1): 72-80. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1377363>
- Doğan, Ö., Korkmaz, E.M., Budak, M. (2024c). The mycobiome of the gut of willow wood borer, *Xiphydria prolongata* (Hymenoptera: Xiphydriidae): A rich source of rare yeasts. *Yuzuncu Yıl Univ. J. Inst. Natural Appl. Sci.* 29 (1): 45-52. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1373533>
- Günaçtı, H. (2023). Investigation, identification and pathogenicity assessment of leaf and soil-borne fungal diseases causing yield reduction in vegetables in Antalya. *J. Agricultural Fac. Gaziosmanpaşa Univ. (JAFAG)*. 40 (3): 135-140. <https://doi.org/10.55507/gopzfd.1380489>
- Güner, A., Akyıldırım, B., Alkayış, M.F., Çingay, B., Kanoğlu, S.S., Özkan, A.M., Öztekin, M. ve Tuğ, G.N. (2012). Türkçe bitki adları. Şu eserde: Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M.T., (edlr.), (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). XXI + 1290 Sayfa. Nezahat Gökyiğit Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.
- Karışık, M., Erler, F. (2024). Isolation and molecular identification of entomopathogenic fungi from the Western flower thrips [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)], and evaluation of their efficacy against the pest. *J. Plant Dis. Protect.* 131: 719-730. <https://doi.org/10.1007/s41348-024-00881-6>
- Kılıçoğlu, M.C., Baialieva, G., Ozkoc, I. (2024). Molecular characterization of fungal endophytes associated with *Hypericum perforatum* in Samsun, Turkey. *World News of Natural Sciences*. 54: 58-69. Link: <http://www.worldnewsnaturalsciences.com/article-in-press/view-articles-2024/54-2024/> (Erişim: 19.6.2024). (DOI no ulaşılamadı).
- Menemen Y, Aytaç Z, Kandemir A (2021). Türkçe bilimsel bitki, mantar, suyunu ve bakteri adları yönergesi. *Bağbahçe Bilim Dergisi*. 8 (3): 188-195. <https://doi.org/10.35163/bagbahce.1030948>
- Nisan Ozan, G., Çaplık, D., Bayraktar, H. (2024). First report of *Paecilomyces maximus* causing dieback on cherry in Türkiye. *J. Plant Pathol.* (Baskıda). <https://doi.org/10.1007/s42161-024-01717-w>
- Phukhamsakda, C., Nilsson, R.H., Bhunjun, C.S., Farias, A.R.G., Sun, Y.R., Wijesinghe, S.N., Raza, M., Bao, D.F., Lu, L., Tibpromma, S., Dong, W., Tennakoon, D.S., Tian, X.G., Xiong, Y.R., Karunarathna, S.C., Cai, L., Luo, Z.L., Wang, Y., Manawasinghe, I.S., Camporesi, E., Kirk, P.M., Promputtha, I., Kuo, C.H., Su, H.Y., Doilom, M., Li, Y., Fu, Y.P. ve Hyde, K.H. (2022). The numbers of fungi: contributions from traditional taxonomic studies and challenges of metabarcoding. *Fungal Div.* 114: 327-386. <https://doi.org/10.1007/s13225-022-00502-3>.
- 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.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., Türkel, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, 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/>
- Sevgili, A., Erkmen, O. (2024). Yeasts microbiota and map of sourdoughs from Turkey: A review. *Çukurova Tarım ve Gıda Bil. Derg.* 39 (1): 45-55. <https://doi.org/10.36846/CJAFS.2024.132>
- Silfani, N., Satria, R., Handayani, D. (2024). Preliminary checklist of macro fungi along hiking trails of Mount Sago using hotographical Approach Inventarisasi Jamur Makro di Sepanjang Jalur Pendakian Gunung Sago dengan Pendekatan Fotografi. *J. Pendidikan Tambusai*. 8 (1): 16437-16442. <https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.14735>
- URL1. (2024). <http://www.indexfungorum.org> [erişim: 14.10.2024].
- URL2. (2004). www.mycobank.org [erişim: 25.6. 2024].
- URL3. (2024). <https://fungi genera.org> [erişim: 14.7.2024].
- Yavuz, M., Avcı, H.R. (2024). Research advances of deciphering Shalgam microbiota profile and dynamics. *Biotech Stud.* 33 (1): 13-22. <https://doi.org/10.38042/biotechstudies.1422918>
- Yıldırım, N., Oz, Y., Yaz, Y.A., Sahin, A. (2024). A case of *Phialemoniopsis curvata* keratitis and literature review. *Indian J. Ophthalmol. Case Rep.* 4 (2): 458-460. https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_2501_23
- Yurkov, A., Alves, A., Bai, F.Y., Boundy-Mills, K., Buzzini, P., Cadez, N., Cardinali, G., Casaregola, S., Chaturvedi, V., Collin, V., Fell, J.W., Girard, V., Groenewald, M., Hagen, F., Hittinger, C.T., Kachalkin, A.V., Kostrzewa, M., Kouvelis, V., Libkind, D., Liu, X., Maier, T., Meyer, W., Péter, G., Piątek, M., Robert, V., Rosa, C.A., Sampaio, J.P., Sipiczki,

- M., Stadler, M., Sugita, T., Sugiyama, J., Takagi, H., Takashima, M., Turchetti, B., Wang, Q.M., Boekhout, T. (2021). Nomenclatural issues concerning cultured yeasts and other fungi: Why it is important to avoid unneeded name changes. *IMA Fungus*. 12 (1): 18. <https://doi.org/10.1186/s43008-021-00067-x>
- Yurt, M.N.Z., Ersoy Omeroglu, E.E. Tasbasi, B.B., Acar, E.E., Altunbas, O., Ozalp, V.C., Sudagidan, M. (2023). Bacterial and fungal microbiota of mould-ripened cheese produced in Konya. *Int. J. Dairy Technol.* 76 (3): 627-637. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12944>
- Zeynep Karaceylan, Z., Ceyda Beram, R., Gürbüz, M.F. (2024). Fungal symbiotic interactions of *Ips sexdentatus* (Boerner, 1767) in *Pinus nigra* Arn. in the Western Mediterranean Region of Türkiye. *Eur. J. Plant Pathol.* <https://doi.org/10.1007/s10658-024-02934-w> (Baskıda).
- Zotti, M. (2024). Checklist of macrofungi associated with nine different habitats of Taburno-Camposauro Massif in Campania, Southern Italy. *J. Fungi*. 10: 275. <https://doi.org/10.3390/jof10040275>



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Bayramoğlu, S., Ağırtmış, Z., Erol, S. S. (2025). Mantar Miselinden Kompozit Malzeme Üretimi: Potansiyel Uygulamalar, Mantar Dergisi, 16(1)26-33

Geliş(Received) :17.10.2024

Kabul(Accepted) :25.11.2024

Araştırma Makalesi

Doi: 10.30708/mantar.1568967

Mantar Miselinden Kompozit Malzeme Üretimi: Potansiyel Uygulamalar

Süleyman BAYRAMOĞLU^{1*}, Zehra AĞİRTMIŞ²
Selime Semra EROL³

*Sorumlu yazar:pexa@pexa.com.tr

¹PEXa Boru Sanayi A.Ş., İstanbul, /Türkiye /pexa@pexa.com.tr 

²PEXa Boru Sanayi A.Ş., İstanbul, /Türkiye / zehraagirtmis@gmail.com 

³Yalova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji AD., Yalova, Türkiye /
semra.erol@yalova.edu.tr 

Öz: Miselyum kompozitleri, geleneksel inşaat malzemelerine sürdürülebilir bir alternatif sunar. Miselyumu kenavir odunu ile birleştirerek güçlü, hafif ve yangına dayanıklı bir malzeme yapılabilir. Bu kompozit malzeme çevre dostu olup, tarımsal atıklardan faydalanmakta ve karbon ayak izini azaltmaktadır. Miselyum bazlı kompozitlerin çok yönlülüğü, küçük nesnelerden inşaat malzemelerine kadar çok çeşitli uygulamalara olanak tanır. Biopex, Türkiye'de miselyum ve kenavir odunu kullanılarak gerekli tüm testlerden başarıyla geçen, kalitesini ve daha geniş kullanım potansiyelini teyit eden bir biyokompozit boru dağıtım paneli geliştirdi. Bu makalede Biopex kompozit malzemeler ve dünyada üretilen diğer kompozit malzeme örnekleri açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Misel, Kompozit malzeme, Yalıtım, Kenavir odunu

The Production of Mycelium-Based Composite Materials: Potential Applications

Abstract: Mycelium composites offer a sustainable alternative to traditional building materials. Combining mycelium with hemp wood, a strong, lightweight and fire resistant material can be produced. This composite material is environmentally friendly, utilizing agricultural waste and reducing the carbon footprint. The versatility of mycelium-based composites allows for a wide range of applications, from small objects to construction materials. Biopex has developed a biocomposite pipe distribution panel using mycelium and hemp wood in Turkey that has successfully passed all necessary tests, confirming its quality and potential for wider use. This article describes Biopex composite materials and other examples of composite materials produced around the world.

Keywords: Mycelia, Composite material, Insulation, Hemp wood



Giriş

Günümüzde hızla artan nüfusla paralel olarak artış gösteren çevre sorunlarının azaltılması için pek çok alanda çeşitli çözümler uygulanmaktadır. Enerji ve doğal kaynakların korunması, atıkların azaltılması gibi sürdürülebilir kalkınmanın temel unsurlarını içeren bu uygulamalar, çağdaş mimarlığın da odak noktalarından biri haline gelmiştir (İpekçi ve ark., 2017). Mimaride sıklıkla yalıtım malzemesi olarak kullanılan geleneksel adıyla strafor, genişletilebilir polistiren (EPS) adı verilen bir tür plastikten üretilir, düşük yoğunluğu ve büyük hacmi nedeniyle plastik atık yönetiminde zorluk yaratan bir malzemedir (Hidalgo-Crespo ve ark., 2022). Plastik atıkların deniz ve kara üzerindeki etkileri, çevresel kirliliği artırmakta ve bu durum ekosistemler ve insan sağlığı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır (Vijayalakshmi ve ark., 2022). EPS'nin çevresel etkilerini değerlendirmek için karbon ayak izi (CF) ve su ayak izi (WF) gibi sürdürülebilirlik göstergeleri kullanılır. Yüksek enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları EPS'nin karbon ayak izini artırırken, üretim ve atık yönetimi süreçlerinde kullanılan su miktarı su ayak izini yükseltir (Hidalgo-Crespo ve ark., 2022).

Artan çevresel sorunlara ve kirliliğe çözüm arayışında, sürdürülebilir malzeme üretimi büyük önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, geleneksel malzemelerin çevresel etkilerini azaltmak ve yenilikçi, sürdürülebilir alternatifler geliştirmek zorunlu hale gelmiştir (Vijayalakshmi ve ark., 2022). Strafor gibi geleneksel yapı malzemelerine alternatif olarak, mantar miselinden üretilen kompozit malzemeler, çevre dostu ve sürdürülebilir bir çözüm olarak dikkat çekmektedir. Miselyum malzemelerinin düşük maliyetli üretimi, yüksek akustik emilim kapasitesi, düşük ısı iletkenliği ve yangına dayanıklılık özellikleri, onları termal ve akustik yalıtım panellerinin geliştirilmesinde umut vadeden bir seçenek haline getirmekte ve bu nedenle inşaat sektöründe çeşitli faydalı uygulamalara olanak tanımaktadır (Manana ve ark., 2021).

2007 yılında genç bir makine mühendisliği öğrencisi tarafından mantar miselyumları kullanılarak plastik malzeme gibi işlev gören çevre dostu malzemeler geliştiren bir şirket kurulmuştur. Bu mantar bazlı ambalaj ve diğer malzemeler, yenilenebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir olup, yerel çiftliklerden getirilen tarım atıklarıyla üretilir (Ecovative Design, 2024). (Ecovative: Mycelium-based biomaterials. <https://www.ecovative.com>). Ecovative mobilya, otomotiv ve inşaat sektörlerinde mantar bazlı malzemeler kullanarak geliştirilen yenilikçi çözümler üretmektedir. Mobilya sektöründe, "MycoBoard" ürünü (Şekil 1) ile mobilya tasarımcısı Gunlocke için sandalye sırtlıkları ve iç mekân akustik panelleri üretmiştir. Otomotiv

sektöründe ise, yüksek plastik talebine alternatif olarak araç gövdeleri ve iç mekanlar için ses emici akustik paneller geliştirmiş, bu panellerin akustik emilimde başarılı olduğunu göstermiştir (Mojumdar ve ark., 2021).

Ecovative, 2014 yılında New York'taki Modern Sanat Müzesi'nde David Benjamin tarafından tasarlanan Hy-Fi pavilyonunun (Şekil 2) üstü özel bir kaplama ile kaplanmış, kenevir betonu tuğlalar ise tekrar kullanılabilir zemin vidaları ile desteklenmiştir. Mantar tuğlaların organik yapısı ve yapının doğal klima sistemi, içerideki sıcak havayı dışarı çekip daha serin hava getirerek nem ve sıcaklığı düzenler (Patel ve Sharma, 2023).



Şekil 1. Myco Board (Mojumdar ve ark., 2021)

MycoWorks, San Francisco merkezli bir girişimdir ve mantar bazlı bir deri alternatifi üretmektedir. Bu malzeme, geleneksel deriye benzer görünüm ve his sağlar, ancak üretim süreci çevre ve sağlık açısından çok daha az tehlike içerir. Malzeme, mantar miselyumu ve pamuk selülozunun bir bileşenidir, bu da onun biyolojik olarak parçalanabilir olmasını sağlar ve hayvanların deri üretimi için yetiştirilmesiyle ilgili endişeleri ortadan kaldırır. (MycoWorks, 2024). (MycoWorks: Grown materials for a better world. <https://www.mycoworks.com>).



Şekil 2. Hy-Fi (Patel ve Sharma, 2023)

MycoWorks'ün malzemesi, geleneksel derinin birçok özelliğini paylaşmakta ve çantalar, cüzdanlar ve telefon kılıfları gibi ürünlerde kullanılmaktadır. Hayvan derisinin çok yönlülüğüne ulaşabilmek için güç, esneklik

ve dayanıklılık gibi birkaç önemli hedef üzerinde çalışılmaktadır (Deeg ve ark., 2017).

Montalti, İtalya merkezli Mogu adlı bir şirket kurdu. Ürünlerinden biri "Foresta" adlı akustik paneldir. Bu ürün, test edilip kullanıma uygun olarak sertifikalandırılmış ve Avrupa pazarına girmeye başlamıştır. Ecovative'in daha önceki Greensulate ürünü gibi, Foresta da benzer sentetik ürünlere sürdürülebilir bir alternatiftir (McGaw ve ark., 2022).

Tekstil ve moda endüstrisinde son yıllarda yeni malzeme ve ürünlerin tanıtılması açısından oldukça yenilikçi gelişmeler yaşanmıştır. Farklı malzemelerden üretilen kumaşlar ve iplikler ortaya çıkmakta; pinatex, MycoTEX, okalıptüs ipliği gibi farklı kaynaklardan elde edilen ürünler sunulmaktadır. MycoTEX, biyoçözünür, miselyum bazlı bir malzemedir, NEFFA, bu malzemeyi kullanarak üç boyutlu modelleme ile bir kumaş geliştirmiştir (Kaya, 2021).

Bu çalışma, inşaat sektöründe sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak amacıyla, geleneksel sentetik izolasyon malzemelerinin çevresel etkilerini minimize edebilecek alternatifler arayışında, biyolojik kökenli izolasyon malzemeleri, özel olarak da Biopex, üzerine odaklanmaktadır. Çalışmanın temel amacı, Biopex'in potansiyelini derinlemesine analiz ederek, bu malzemenin kullanımını teşvik edecek bilimsel veriler sunmak ve gelecekteki araştırmalar için yeni hedefler belirlemektir.

Materyal ve Metot

Çalışmada, substrat olarak sürdürülebilir bir alternatif olan kenevir odunu; bağlayıcı olarak ise, biyolojik etkinliği yüksek ve hızlı miselyum oluşturabilen bir makromantar türü olan *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. (Reyşi) (Sesli ve ark., 2020) miselyumu kullanılmıştır. Miselyum kültür ortamı hazırlamada Patates Dekstroz Agar (PDA), miselyumları çoğaltmak için ise hububat olarak buğday kullanılmıştır. Ayrıca Biopex firması tarafından özel olarak üretilen, farklı ebatlarda polikarbon ve alüminyum malzemelerden oluşan kalıplar kullanılmıştır.

Çalışmada, fungal hiflerin optimal büyümesini sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılan bir besiyeri olan (Merck 1.10130) kodlu Merck marka Patates Dekstroz Agar (PDA) tercih edilmiştir. Besiyeri, üretici firmanın talimatlarına uygun olarak hazırlanmış, otoklavda sterilize edilmiş ve steril petri kutularına aktarılmıştır.

Çalışmada kullanılan *G. lucidum* kültürleri Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden ticari ürün olarak satın alınmıştır. Bu kültürlerden, steril koşullarda 0,5 cm çapında misel parçaları alınarak, PDA (Patates Dekstroz Agar) besiyeri içeren petri kutularına

ekilmiştir. Petri kutuları, kontaminasyonu önlemek amacıyla parafilmle kapatılarak etiketlenmiş ve 25-28 °C'de inkübe edilmiştir. Misel gelişiminin düzenli olarak takip edildiği bu süreçte, 200+ petri kutusunda yeterli miktarda misel elde edilmiştir. Bu sayede, sonraki aşama olan spawn üretimi için gerekli misel materyali sağlanmıştır.

Spawn Üretimi

Spawn üretimi için; buğday tohumları, bir gece suda bekletilerek hidratlanıp yumuşadıktan sonra alçı ile karıştırılarak steril cam kavanozlara aktarılmıştır. Kavanozlar, otoklavda 121°C'de 90 dakika sterilize edilmiştir. Otoklavda steril hale getirilen kavanozlar, soğuma işleminden sonra biyogüvenlik kabini içinde UV lambası altında ek bir dezenfeksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra, kültür çalışmasında PDA ortamında çoğaltılan *Ganoderma lucidum* miselleri, aseptik koşullar altında kavanozlara aktarılmıştır. Misellerin substrat ile homojen bir şekilde karışması sağlandıktan sonra, kavanozlar misel gelişimi için 28±2°C'de, %85 nem içeren ortamda inkübasyona bırakılmıştır.



Şekil 3. *Ganoderma lucidum* spawnları

Substrat Hazırlığı

Liflerine ayrıştırılarak yaklaşık 1 cm'den küçük parçacıklara ayrılan kenevir odunu, yabancı maddelerden arındırmak amacıyla elenmiş ve dezenfekte edilmiştir. Daha sonra, 90°C'de 60-90 dakika homojen bir şekilde kurutulmuştur.



Şekil 4. Kenevir odunu hazırlığı (Bayramoglu 2023)

Ortam sterilizasyonu yapıldıktan sonra; %90 oranında kenevir odunu ve %9 oranında buğday unu, %1 oranında alçı ile karıştırılarak hazırlanmış ve nem oranı %80±5 olacak şekilde ayarlanmıştır. Hazırlanan substrat karışımı otoklavda 121°C'de 90 dakika sterilize edilmiş ve hazırlanan substrat, misel ekimi için uygun hale getirilmiştir.

Hamurun Kalıplara Dökülmesi ve Oksijen Alımının Sağlanması

Substrat hazırlığında elde edilen karışım, ağırlığının %50'sini geçmeyecek şekilde su ile homojen bir kıvama gelinceye kadar yoğrulmuştur. Oluşan hamur, hava sirkülasyonunu sağlayan kontrollü deliklere sahip kalıplara yerleştirilmiştir. Bu sayede, hamurun iç kısmındaki oksijen ihtiyacı karşılanırken, dış ortamla olan temas en aza indirgenerek kontaminasyon riski azaltılmıştır. (Şekil 5).



Şekil 5. Hamurun kalıplara dökülmesi (Bayramoglu 2024)

Biyokompozit Malzemenin Büyütülmesi

Hamur, yaklaşık 26-27 °C sıcaklığında ve yaklaşık %60 oranında bağıl neme sahip bir ortamda bekletilmiştir (Şekil 6). Bu süreçte, biyokompozit malzeme ipliksi dokulara sahip olacak şekilde büyüyerek istenilen boru dağıtım paneli kalıplarını kaplamıştır (Şekil 7).



Şekil 6. Biyokompozit Malzemenin Büyütülmesi (Bayramoglu 2024)



Şekil 7. Biyokompozit malzemenin büyümesiyle oluşan ipliksi dokular (Bayramoglu 2024)

Biopex Dağıtım Panellerinin Kurutulması

Elde edilen Biopex dağıtım panelleri kurutulmuş ve hava ile teması kesilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir (Şekil 8).

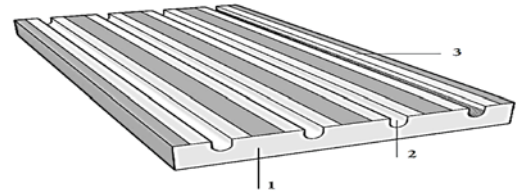


Şekil 8. 40X60X3,5 ölçülerinde Biopex Panel (Bayramoglu 2024)

Bulgular

Mantar miselinden elde edilen kompozit malzeme ile nihai ürünümüz Biopex üretilmiştir (Şekil 9). Biopex geleneksel yalıtım malzemelerinin yerine iklimlendirme amacıyla sistemlerde kullanılmaktadır.

MBC'ler, fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik özellikleri, çeşitli işlevsel uygulamalarda kullanım potansiyelini belirler. Düşük yoğunluklu MBC'ler (örneğin, kenevir odunu, yulaf kabukları) bazı sentetik köpüklerle rekabet edebilir. MBC'ler, yangın güvenliği açısından sentetik köpüklere kıyasla daha avantajlıdır ve silika ilavesiyle yangın direnci artırılabilir. (Aiduang ve ark., 2022)



Şekil 9. 29/09/2023 tarihinde alınan Biopex patenti (Bayramoglu, 2023)

Biopex'in yangına direncini ölçmek amacıyla testler yapılmıştır. Biopex üzerine belirli bir süre boyunca kontrollü bir alev uygulanmış ve malzemenin yanma davranışı gözlemlenmiştir.

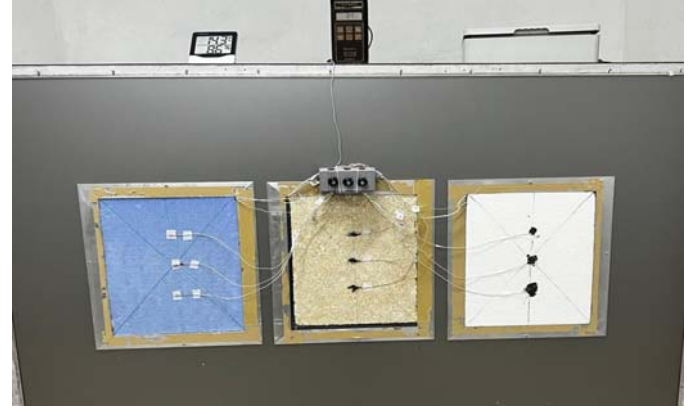
Miselyum ve kenevir odunu gibi doğal selülozdan elde edilen biyokompozit malzemeye yapılan yanmazlık testi, malzemenin yangına karşı oldukça dayanıklı olduğunu kanıtlamıştır. Test sonuçları, biyokompozitin yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında bile alev almadan dayanabileceğini ve bu sayede inşaat sektöründe güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 10. Yanmazlık deneyi (Bayramoglu, 2023)

Akustik yalıtımda, MBC'ler daha düşük ısı iletkenliği ve iyi ses emilimi sunar; bu, onları sentetik köpüklerden ve ahşap ürünlerden üstün kılar. MBC'ler, mekanik özellikler açısından, polistiren ve poliüretan köpüklerle karşılaştırıldığında genellikle benzer performans gösterir (Aiduang ve ark., 2022).

Bu ölçümün amacı Biopex'in ısı iletkenliği performansının yaygın kullanıma sahip olan ısı yalıtım malzemelerine kıyasla değerlendirilmesidir. Bu testte numuneler toplam 18 sensör + cihazın içinde ve dışında 2 sensör ile ölçülmüştür.



Şekil 11. Ölçüm cihazı dış görüntüsü (Bayramoglu 2023)

Tablo 1. EPS ve XPS ile Biopex karşılaştırmalı ölçüm raporu.

BİOPEX TEST SONUÇ TABLOSU (22/MART/2023)

	PANEL ADI	XPS BLUE						BIOPEX						EPS WITE					
		DIŞ SENSÖRLER			İÇ SENSÖRLER			İÇ SENSÖRLER			DIŞ SENSÖRLER			DIŞ SENSÖRLER			İÇ SENSÖRLER		
	İÇ/DİŞ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	SENSÖR NUMARASI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	8,00	18,00	18,60	18,00	55,00	56,00	56,00	41,70	47,00	45,00	18,00	18,30	18,50	19,00	20,00	20,00	57,00	59,00	59,00
	İÇORT-DİŞORT-FARK	40,00	14,00	26,00	18,20	55,67	37,47				44,57	18,27	26,30				19,67	58,33	38,67
2	9,00	17,60	17,60	17,60	35,00	35,10	35,00	34,00	34,60	34,00	17,10	17,10	17,30	17,30	17,30	17,30	33,00	32,00	31,00
	İÇORT-DİŞORT-FARK	34,00	14,00	20,00	17,60	35,03	17,43				34,20	17,17	17,03				17,30	32,00	14,70
3	10,00	18,20	18,00	18,10	34,30	33,90	33,00	31,20	31,20	31,00	17,10	17,00	17,00	17,50	17,80	17,60	29,20	29,10	29,00
	İÇORT-DİŞORT-FARK	39,40	15,00	23,60	18,10	33,73	15,63				31,13	17,03	14,10				17,63	29,10	11,47
4	11,00	17,80	17,60	17,50	29,60	29,50	29,70	29,10	29,10	29,00	17,70	17,60	17,80	17,20	17,20	17,10	32,60	33,00	36,00
	İÇORT-DİŞORT-FARK	39,30	15,30	24,00	17,63	29,60	11,97				29,07	17,70	11,37				17,17	33,87	16,70
5	12,00	17,80	17,70	17,80	29,80	29,80	28,80	29,60	29,50	29,50	18,00	18,30	18,00	17,30	17,80	17,70	34,10	35,80	35,80
	İÇORT-DİŞORT-FARK	34,70	15,50	19,20	17,77	29,47	11,70				29,53	18,10	11,43				17,60	35,23	17,63
6	13,00	18,10	18,00	18,00	30,20	30,10	30,00	30,10	30,00	30,00	18,10	18,00	18,30	17,30	17,70	17,50	29,30	28,60	28,30
	İÇORT-DİŞORT-FARK	34,40	15,30	19,10	18,03	30,10	12,07				30,03	18,13	11,90				17,50	28,73	11,23
7	14,00	18,10	18,00	17,80	31,10	31,00	30,00	31,40	31,30	31,20	18,00	17,90	17,80	17,10	17,10	17,20	29,30	29,00	29,00
	İÇORT-DİŞORT-FARK	34,70	15,50	19,20	17,97	30,70	12,73				31,30	17,90	13,40				17,13	29,10	11,97
8	15,00	17,50	17,30	17,30	28,20	28,30	29,10	30,00	32,60	32,30	18,30	18,00	18,10	17,40	17,90	18,00	35,30	37,30	37,20
	İÇORT-DİŞORT-FARK	35,10	15,80	19,30	17,37	28,53	11,17				31,63	18,13	13,50				17,77	36,60	18,83
9	16,00	18,30	18,10	17,90	30,20	30,00	30,00	29,60	29,70	29,60	18,30	18,20	18,20	16,90	16,90	17,40	34,40	37,00	36,70
	İÇORT-DİŞORT-FARK	35,00	15,50	19,50	18,10	30,07	11,97				29,63	18,23	11,40				17,07	36,03	18,97
10	17,00	18,20	18,00	18,00	35,00	34,80	35,00	33,40	33,30	33,00	18,20	18,10	18,20	17,30	17,40	17,60	31,80	31,80	30,50
	İÇORT-DİŞORT-FARK	33,20	15,40	17,80	18,07	34,93	16,87				33,23	18,17	15,07				17,43	31,37	13,93
				20,77		15,90							14,55						17,41

Biopex, EPS (Expanded Polystyrene) ve XPS (Extruded Polystyrene) ısı iletkenlik değerlerini karşılaştırılması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Paneller ve ısı iletkenlik değerleri.

PANEL	ISIL İLETKENLİK
BİOPEX	0,032 W/mK
EPS (Expanded Polystyrene)	0.036 W/mK
XPS (Extruded Polystyrene)	0.039 W/mK

Paneller ve ısı iletkenlik verilerine göre Biopex, EPS ve XPS birbirlerine çok yakın değerlere sahiptir ve bu üç panelde ısı yalıtım malzemesi olarak kullanıma uygundur.

Tartışma

Son yıllarda bilim insanları, insan kaynaklı iklim değişikliğinin gezegenin geleceğini tehdit ettiğini ve birçok ekosistemin yıkımına yol açabileceğini ortaya koymuştur. Bu yıkımı önlemek için 2015'te Birleşmiş Milletler üyeleri tarafından kabul edilen 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi, kritik bir küresel eylem planı olarak öne çıkmaktadır (Aghamohammadi ve Shahmohammadi, 2023). İnşaat sektörü, küresel enerji tüketiminin %40'ını ve karbon emisyonlarının %33'ünü oluşturarak çevresel etkilere önemli katkıda bulunmaktadır. Çimento üretimi, yüksek karbondioksit salınımına neden olurken, sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi hedeflerine ulaşmak için inşaat sektörüne büyük sorumluluk düşmektedir. Bu nedenle, geleneksel yapı malzemeleri yerine mühendislik ürünü kompozit malzemelere yönelim artmıştır (Zhang, 2023). Çevre dostu alternatiflerin bulunması bu açıdan büyük önem taşımaktadır. Biyobazlı malzemeler, binalarda çevresel ve ekonomik açıdan olumlu etkiler sağlayabilecek önemli bir potansiyele sahiptir ve bu malzemelerin sektördeki sürdürülebilirlik hedeflerine katkısı üzerinde durulmalıdır (Aghamohammadi ve Shahmohammadi, 2023).

MBC'ler, geleneksel inşaat malzemelerine kıyasla birçok avantaj sunmaktadır. Bu kompozitler, miselyumun doğal büyüme özellikleri ve selülozun mekanik dayanıklılığı sayesinde güçlü, hafif ve yangına dayanıklı malzemeler olarak öne çıkmaktadır (Sariay ve ark., 2023). Jones ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptıkları bir çalışmaya göre MBC'ler, yangına karşı sentetik malzemelere kıyasla çok daha iyi performans gösterdiği gösterilmiştir (Jones ve ark., 2020). Bu kompozitler, yangında tüm malzemelerin aynı anda tutuştuğu kritik bir

an olan "flashover" süresine 311-370 saniyede ulaşırken, bu süre XPS için 61 saniye, yonga levha için ise 173 saniyedir. Ayrıca, miselyum kompozitlerinin ısı salınım oranları (33-42 kW/m²) sentetik malzemelere göre (XPS: 114 kW/m², yonga levha: 134 kW/m²) oldukça düşüktür. Yangınlar sırasında en büyük tehlike ısı değil, karbon monoksit (CO) gibi zehirli gazlardır. Miselyum kompozitleri, XPS ve yonga levhaya göre çok daha az CO ve CO₂ salınımı yapar ve daha az duman üretir. Bu sayede yangın güvenliği açısından daha güvenli bir seçenek haline gelirler (Jones ve ark., 2020). Biopex yalıtım paneli, yangına dayanıklılık testlerinde başarılı sonuçlar elde etmiştir. Deney sonuçlarına göre, MBC'lerin alevle karşılaştıklarında genellikle düşük yayılma hızı gösterdiği ve yanmanın hızlı bir şekilde kontrol altına alındığı gözlemlenmiştir. Yanmazlık performansı, yangın güvenliği açısından uygun bir tercih olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, Biopex'in özellikle bina yalıtımında yangına dayanıklı bir malzeme olarak kullanım potansiyelini artırmaktadır.

MBC'lerin en büyük dezavantajı kontaminasyon ve böceklenme sorunudur. Sciaridae ailesine ait olduğu düşünülen bir çift kanatlı böcek, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. ve *Ganoderma lucidum* gibi mantarların yetiştirildiği bir çiftlikte istila oluşturmuştur; bu sorun ve verim ile kalite kaybına sebep olmaktadır (Ohimain ve Bawo, 2021). Mantar yetiştirme ortamları, serin, nemli ve gölgeli koşullarıyla böceklerin üremesi ve istilasına uygun hale gelebilir. Geleneksel böcek ilaçlarının kullanımı toksisite riski nedeniyle güvenli değildir. Bu sorunu çözüm amacıyla Biopex'in son aşamasında alüminyum kaplama uygulanarak oksijenle teması kesilir, böcek ve benzeri organizmaların üremesini engellenir.

Aiduang ve arkadaşlarının (2024) çalışmasında vurguladığı gibi, MBC üretiminde istenmeyen mikrobiyal kontaminasyonu önlemek için etkili sterilizasyon protokollerinin yanı sıra temiz ve kirlenmemiş bir ortam sağlamak hayati önem taşır. Üretim sürecinde aseptik tekniklerin uygulanması, kirleticilerin ortamına girişi riskini en aza indirir bunun yanında sıcaklık, nem ve hava kalitesi gibi çevresel faktörlerin kontrolü, mikrobiyal kontaminasyonu önlemek için oldukça önemlidir. Bu amaçla kullanılan yaygın sterilizasyon yöntemleri arasında otoklavlama, ultraviyole ışık kullanımı ve kimyasal sterilizasyon gibi yöntemler yer alır. Ayrıca, üretim ortamının sürekli olarak izlenmesi ve temizlenmesi, hava filtreleme sistemlerinin kullanılması gibi önlemler de kontaminasyon riskini azaltmada kritik rol oynar. Sterilizasyon süreçlerinin yanı sıra, kullanılan malzemelerin de hijyenik koşullarda saklanması ve işlenmesi gerekir. Miselyum bazlı kompozit üretiminde, kontaminasyonun önlenmesi hem malzemenin mekanik

özelliklerinin korunması hem de üretim sürecinin verimliliği açısından büyük bir öneme sahiptir.

Yang ve arkadaşlarının 2021'de gerçekleştirdiği çalışmasında vurguladığı gibi, miselyum kompozitlerinin mekanik özelliklerini optimize etmek için çeşitli zorluklar hâlâ çözülmeyi beklemektedir. Bunların başında, farklı substrat türlerinin belirli mantar türlerine göre nasıl özelleştirileceği ve üretim sürecinin nasıl otomatikleştirileceği gelmektedir. Substratın kimyasal ve fiziksel özellikleri, mantarın büyüme şekli ve malzemenin nihai yapısal özellikleri üzerinde doğrudan etkili olduğundan, bu unsurların doğru bir şekilde yönetilmesi, istenen mekanik performansın elde edilmesinde kritik rol oynar. (Yang ve ark., 2021). Biopex gibi MBC'ler, inşaat sektörünün çevresel etkilerini azaltmak ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemli bir inovasyon sunmaktadır. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen bu biyobazlı malzemeler, düşük karbon ayak izi, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve düşük enerji tüketimi gibi avantajlar sağlarken, özellikle bina yalıtımında enerji verimliliğini artırarak hem ekonomik hem de ekolojik faydalar sağlamaktadır. Bu sayede Biopex, çevre dostu

ve sürdürülebilir bir yalıtım çözümü olarak inşaat sektörünün iklim değişikliği ile mücadelesinde kritik bir rol oynar.

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 (Süleyman BAYRAMOĞLU, Zehra AĞIRTMİŞ, Selime Semra EROL)

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, kenevir odununun temin edilmesi ve araştırma sürecinde sağladıkları değerli katkılar için Aslışah Sakallı 'ya teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca, araştırma geliştirme sürecinde verdikleri destek ve rehberlik için Abdurrahim Bayramoğlu'na da büyük bir minnet borçluyuz. Yardımları ve özverili çalışmaları, bu projenin başarıyla ilerlemesinde önemli rol oynamıştır.

Kaynaklar

- Aghamohammadi, N., and Shahmohammadi, M. (2023). Towards sustainable development goals and role of bio-based building materials. In *Bio-Based Materials and Waste for Energy Generation and Resource Management* (pp. 243-279). Elsevier.
- Aiduang, W., Chanthaluck, A., Kumla, J., Jatuwong, K., Srinuanpan, S., Waroonkun, T., Oranratmanee, R., Lumyong, S., and Suwannarach, N. (2022). Amazing fungi for eco-friendly composite materials: A comprehensive review. *Journal of Fungi*, (Basel, Switzerland), 8(8), 842.
- Aiduang, W., Jatuwong, K., Luangharn, T., Jinanukul, P., Thamjaree, W., Teeraphantuvat, T., T., Waroonkun, T., and Lumyong, S. (2024). A Review Delving into the Factors Influencing Mycelium-Based Green Composites (MBCs) Production and Their Properties for Long-Term Sustainability Targets. *Biomimetics*, (Basel, Switzerland), 9(6), 337.
- Deeg, K., Gima, Z., Smith, A., Stoica, O., and Tran, K. (2017). Greener Solutions: Improving performance of mycelium-based leather. Final Report to MycoWorks, 1-24.
- Hidalgo-Crespo, J., Soto, M., Amaya-Rivas, J. L., and Santos-Méndez, M. (2022). Carbon and water footprint for the recycling process of expanded polystyrene (EPS) post-consumer waste. *Procedia CIRP*, 105, 452-457.
- İpekçi, C. A., Coşgun, N., and Karadayı, T. T. (2017). İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10(2), 43-50.
- Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., and John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials and Design*, 187,(United Kingdom), 108397.
- Kaya, Ö. (2021). Innovative fabrics and products that can create a revolution in fashion. In XV. *International Turkic Culture, Art and Protection of Cultural Heritage Symposium/Art Activity* (Turkey).
- Manan, S., Ullah, M. W., UI-Islam, M., Atta, O. M., and Yang, G. (2021). Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(1), 1-10.
- McGaw, J., Andrianopoulos, A., and Liuti, A. (2022). Tangled tales of mycelium and architecture: learning from failure. *Frontiers in Built Environment*, 8, 805292.
- Mojumdar, A., Behera, H. T., & Ray, L. (2021). Mushroom mycelia-based material: An environmentally friendly alternative to synthetic packaging. In M. K. Tripathy & P. M. Mohapatra (Eds.), **Microbial polymers: Applications and ecological perspectives* (pp. 131-141). Springer.
- Ohimain, E. I., and Bawo, D. D. S. (2021). Preliminary Studies of Ganoderma lucidum and Pleurotus ostreatus Trapping of a Sciarid Insect. *EC Microbiology*, 17, 29-34.
- Patel, J., and Sharma, J. (2023). A Review of Mycelium-Based Bio-Composites and Their Possible Application in Architecture. In *International Conference on Emerging Trends in Design and Arts* (Vol. 4, No. 2SE, pp. 213-225).
- Sarıay, E., Cörüt, A., ve Büyükakıncı, B. Y. Miselyum Kompozitlerinin Sürdürülebilir Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 196-207.
- Sesli, E., Asan, A., ve 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., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Y. ve Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi* (The Checklist of Fungi of Turkey). Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını. İstanbul. 1177 sayfa.
- Vijayalakshmi, A., Meena, M., Mageswari, S. U., Priya, M. A. P., and Vijayakumar, G. N. S. (2022). An Ecovative Alternative For Plastic: An Overview. Plastic Waste Management: Turning Challenges into Opportunities, (Bharti Publications), 8.
- Yang, L., Park, D., and Qin, Z. (2021). Material function of mycelium-based bio-composite: A review. *Frontiers in Materials*, 8, 737377.
- Zhang, D. (2023). Fire-Safe Biobased Composites: Enhancing the Applicability of Biocomposites with Improved Fire Performance. *Fire*, 6(6), 229.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Karaca, K., İphar, M., Eltem, R. (2025). Çeşitli *Trichoderma* İzolatlarının Bazı İnsan ve Bitki Patojeni Bakteriler Üzerindeki Antibakteriyel Etkisinin *in vitro* Koşullarda Taranması, Mantar Dergisi, 16(1)34-41

Geliş(Received) :24.12.2024

Kabul(Accepted) :09.01.2025

Araştırma Makalesi

Doi: 10.30708/mantar.1606682

Çeşitli *Trichoderma* İzolatlarının Bazı İnsan ve Bitki Patojeni Bakteriler Üzerindeki Antibakteriyel Etkisinin *in vitro* Koşullarda Taranması

Kemal KARACA^{1*}, Melise İPHAR², Rengin ELTEM³

*Sorumlu yazar: kemalkaraca1@gmail.com

¹ Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı, 35100, İzmir, Türkiye / kemalkaraca1@gmail.com 

² Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye / melisekkaya@gmail.com 

³ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye / rengin.eltem@ege.edu.tr 

Öz: Küresel çapta antibakteriyel direncin giderek artması büyük bir halk sağlığı sorununu oluşturmaktadır. Dolayısıyla bakteriyel enfeksiyonların tedavi edilmesi ve önlenmesi için etkili yeni antibakteriyel bileşiklere duyulan ihtiyaç büyük ölçüde artmaktadır. Bu noktada devreye biyolojik mücadele kavramı girmektedir. Özellikle *Trichoderma* Pers. türü funguslar bu biyolojik mücadelede büyük rol oynamaktadırlar. Tarımsal üretimde ve insan enfeksiyonlarında patojenlerle mücadele ile hastalık kontrolünü sağlamada *Trichoderma* spp. gibi biyolojik mücadele etmenlerinin etkilerinin incelenmesi önemli bir alanı oluşturmaktadır. Çalışmanın amacı bazı bitki ve insan patojeni bakterilere karşı daha önceki çalışmalar kapsamında izole edilmiş yerel ve özgün *Trichoderma* izolatlarının metabolitlerinin *in vitro* koşullarda antibakteriyel etkilerinin belirlenmesidir. *Trichoderma* izolatları (n=30) arasından antibakteriyel etkiye sahip *Escherichia coli*'ye karşı 11, *Staphylococcus aureus*'a karşı 6, *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı 18, *Pseudomonas cichorii*'ye karşı 5 ve *P. syringae* pv. *tomato*'ya karşı 20 adet izolat tespit edilmiştir. Çalışmamız *Trichoderma* izolatlarından elde edilecek antibakteriyel metabolitlerin patojenler ile mücadelede potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Trichoderma*, Antibakteriyel etki, Fitopatojen, İnsan patojeni

Screening of Antibacterial Effects of Various *Trichoderma* Isolates on Some Human and Plant Pathogenic Bacteria Under *in vitro* Conditions

Abstract: The increasing global antibacterial resistance constitutes a major public health issue. Consequently, there is a substantial growing need for effective new antibacterial compounds for the treatment and prevention of bacterial infections. This is where the concept of biological control comes into play. In particular, fungi of the *Trichoderma* Pers. species play a significant role in this biological control. Investigating the effects of biological control agents such as *Trichoderma* spp. in combating pathogens and controlling diseases in both agricultural production and human infections represents an important area of research. The aim of this study is to determine the antibacterial effects of metabolites from previously isolated local and unique *Trichoderma* isolates against some plant and human pathogenic bacteria under *in vitro* conditions. Among the *Trichoderma* isolates (n=30) tested, 11 showed antibacterial activity against



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.

Escherichia coli, 6 against *Staphylococcus aureus*, 18 against *Pseudomonas aeruginosa*, 5 against *Pseudomonas cichorii*, and 20 against *P. syringae* pv. *tomato*. Our study shows that antibacterial metabolites obtained from *Trichoderma* isolates have the potential to control of pathogens.

Keywords: *Trichoderma*, Antibacteria effect, Phytopathogen, Human pathogen

Giriş

Bakteriyel enfeksiyonlar ve enfeksiyon kaynaklı hastalıklarla mücadelede, antimikrobiyal direnç yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkili Dünya çapında bir sorundur. Hayvanlar, insanlar ve bitkilerde çeşitli enfeksiyonlara neden olan çoklu ilaç dirençli (Multidrug Resistant, MDR) patojenlerin gelişmesi problemi yanlış antibiyotik kullanımı, mevcut etkili ilaç kıtlığı ve iklim değişikliği ile ortaya çıkmaktadır. Çoklu ilaca dirençli gram pozitif ve negatif bakteriler konvansiyonel antimikrobiyallerle tedavi edilmesi zor ve hatta tedavi edilemeyen enfeksiyonlarla sonuçlanmaktadır. Bu patojenler ile mücadelede yeni tedavi seçeneklerinin ve alternatif antimikrobiyal tedavilerin geliştirilmesini amaçlı yeni terapötik bileşiklerin araştırılması için mikrobiyal kaynaklar öne çıkmaktadır (Frieri ve ark., 2017; Saravanakumar ve ark., 2018). Mikroorganizmalar arasında funguslar ve özellikle yeşilküf olarak bilinen *Trichoderma* Pers. türlerinin antibakteriyel, antiviral, antitümör, antikanser, antioksidan ve antifungal aktivitelere sahip metabolitleri ürettiği iyi bilinmektedir (Saravanakumar ve ark., 2018; Sesli ve ark., 2020; Dang ve ark., 2022; Maral Gül ve Eltem, 2022). Farklı ekolojik koşullara uyum sağlama kapasiteleri ile Dünyada çeşitli habitatlarda yaygın olarak bulunan *Trichoderma* türleri çok çeşitli alanlarda geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. *Trichoderma* türleri özellikle peptit zinciri, peptaiboller, terpenler, lakkaz, selüloz, butenolidler, epipolitiiodoksopiperazinler, tiosilvatinler, pironlar, soricillinoidler, terpenoidler, gliotoksin, gliovirin, poliketidler gibi çeşitli bileşik sınıfına ait sekonder metabolitler ve enzimlerin üretimi ile birçok önemli bakteri, maya ve filamentli fungusa karşı antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Zhang ve ark., 2017; Leylaie ve Zafari, 2018; De Tommaso ve ark., 2020; Baazeem ve ark., 2021; Dang ve ark., 2022).

Staphylococcus aureus, bağışıklık sisteminden kaçma yeteneğine sahip, enfeksiyonu sonucu yüzeysel deri lezyonlarından derin yerleşimli apselere ve yaşamı tehdit eden sepsise neden olmasıyla bilinen fırsatçı bir insan ve hayvan patojenidir (Genç ve Kaya, 2015; Pollitt ve ark., 2018). *Pseudomonas aeruginosa*, konağın savunmasını zayıflattıktan sonra kalıcı olabilmek için adapte olarak gelişen kronik bakteriyel enfeksiyonların başında gelen fırsatçı bir insan ve hayvan patojenidir. Antibiyotik direnci *P. aeruginosa*'da yatay gen transferi yoluyla dirençli genlerin kazanılmasından ziyade

mutasyonel olaylar tarafından gerçekleşir (Garcia-Clemente ve ark., 2020). *Escherichia coli*, insanlarda ve hayvanlarda ciddi enfeksiyonlara neden olabilmesi ve aynı zamanda farklı konakçıların yerli mikrobiyotasının önemli bir bölümünü temsil etmesi nedeniyle mikrobiyoloji dünyasında özel bir yere sahip bir bakteridir. Son yıllarda *E. coli* izolatlarında artan sayıda direnç geni tanımlanmış ve bu direnç genlerinin birçoğu yatay gen transferi ile elde edilmiştir. Genel olarak, *E. coli*'deki antimikrobiyal direnç, dünya çapında hem insanlarda hem de hayvanlarda en büyük zorluklardan biri olarak kabul edilmektedir (Poirel ve ark., 2018). *Pseudomonas cichorii*, domates ve marul da dahil olmak üzere ekonomik açıdan önemli birçok bitkiyi enfekte ettiği bilinen ilk kez hindibada hastalık etmeni olarak bildirilmiş olan gram negatif, bitki patojenik bir bakteridir (Liyama ve ark., 2021). *P. syringae* pv. *tomato*, domateste bakteriyel benek hastalığına neden olan bitki artıklarında, toprakta ve yaprak yüzeylerinde bulunan bir saprofittir ancak diğer *P. syringae* suşlarına kıyasla zayıf bir epifittir (Cerna-Vargas ve ark., 2019).

Literatür incelendiğinde *Trichoderma* türlerinin çeşitli patojen bakterilere karşı antibakteriyel özelliklerine dair çok az çalışmaya rastlanmaktadır. Yapılan çalışma kapsamında yerel kaynaklardan izole edilmiş 30 adet özgün *Trichoderma* izolatlarının kültür sıvısından etil asetat ile elde edilen ekstraktların yaygın hastalık etmeni insan patojeni *E. coli*, *P. aeruginosa* ve *S. aureus* test bakterileri ile ekonomik değere sahip bitkileri enfekte eden bitki patojeni *P. cichorii* ve *P. syringae* pv. *tomato* test bakterileri üzerindeki antibakteriyel aktiviteleri agar kuyucuk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir.

Materyal ve Metot

Kullanılan mikroorganizmalar

Bu çalışmada Ege Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü "Endüstriyel Mikrobiyoloji Fungus Kültür Koleksiyonunda" bulunan daha önceki çalışmalar kapsamında farklı bölgelerdeki toprak ve şapkalı mantar kompostlarından izole edilmiş 30 adet *Trichoderma* izolatu test bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite tayininde kullanılmıştır (Pehlivan ve ark., 2021; Turgay ve ark., 2023). Test bakterileri olarak bu çalışmada iki adet bitki patojeni *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* ve *P. cichorii* ile insan patojeni *Escherichia coli*, *P. aeruginosa* ATCC 19142 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 33592 kullanılmıştır.

Test bakterilerinin aktivasyonu ve bakteri süspansiyonlarının hazırlanması

Aktifleştirilip saflık kontrolü gerçekleştirilen test bakterileri Nutrient Agar besiyeri içeren petri plakalarına çizgi ekim tekniği ile ekilerek insan patojeni bakteriler 37°C'de, bitki patojeni bakteriler ise 28°C'de 48 saat inkübe edilmişlerdir. İnkübasyon sonunda her bir test bakterisinin saf kolonilerinden bir öze dolusu örnek alınarak 10 ml Nutrient Broth içeren test tüplerine inoküle edilmiştir. İnsan ve bitki patojeni bakteriler sırasıyla 37°C ve 28°C'de inkübatörde bir gece inkübe edilmiştir (Phupiewkham ve ark., 2015; Anwar ve Iqbal, 2017). İnkübasyon sonrası sıvı bakteri kültürleri 9000 rpm'de 5 dakika santrifüjlenerek süpernatant atılmış ve pelet üzerine 10 ml fosfat tampon tuz çözeltisi (Phosphate-Buffered Saline, PBS) eklenip vortekslenerek peletin PBS içinde çözünmesi sağlanmıştır. Süspansiyon tekrar 9000 rpm 'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. PBS ile santrifüjlenerek yıkama işlemi 3 kez tekrarlanmıştır. Bakteri süspansiyonu hazırlarken istenen bakteri sayısını elde edebilmek için McFarland 0.5 Bulanıklık Standardı kullanılmıştır. 10^8 koloni oluşturan birim (kob)/ml yoğunlukta süspansiyonlar elde edildikten sonra, bunlardan seri seyreltmeler gerçekleştirilerek 10^6 kob/ml yoğunlukta süspansiyonlar elde edilmiştir (Kalyoncu ve ark., 2010; Afandi ve Doğruman-Ala, 2019).

Trichoderma izolatlarının aktivasyonu ve metabolitlerin ekstraksiyon ile eldesi

Trichoderma izolatları Patates Dekstroza Agar (PDA) ortamı içeren petri plakalarında 5-7 gün süresince 28°C'de inkübe edilerek aktifleştirilmiştir. Aktifleştirilen *Trichoderma* izolatlarından alınan agar diskler 250 ml'lik erlenler içerisindeki 50 ml Sabouraud Dextrose Broth (SDB) besiyerine inoküle edilerek 180 rpm karıştırma hızında 28°C'de 7 gün boyunca çalkalanmalı inkübatörde inkübe edilmişlerdir (Sargin ve ark., 2013; Saleh ve ark., 2011). Yedi günlük inkübasyonu tamamlanan *Trichoderma* izolatlarının kültür sıvıları hücrelerden vakum filtrasyon yöntemiyle ayrılmıştır. Vakum filtrasyonun ardından toplanan süpernatantlara iki farklı ekstraksiyon metodu uygulanmıştır. Her iki yöntemde de ilk olarak süpernatantlara %10 oranında metanol eklenerek hafif bir şekilde çalkalanmıştır. Daha sonra etil asetat ekstraksiyon metodu için 1:1 oranında etil asetat eklenerek 5 dk boyunca çalkalanmıştır. Diğer metot olan metanol ekstraksiyonu için de 1:1 oranında metanol eklenerek 5 dakika çalkalama gerçekleştirilmiştir. Çalkalama sonunda ayırma hunileri muslukları kapalı konumda faz ayırımı oluşması için 5 dk boyunca sabitlenmiştir. Faz ayırımı gerçekleştirildikten sonra ekstraktları içeren üst faz toplanmış ve falkonlara alınmıştır. Son olarak toplanan ekstraktlar 0.45 µm steril şırınga filtresinden geçirilerek steril falkonlara alınmış ve

çalışmalarda kullanılmak üzere +4°C'de saklanmıştır (Kalyoncu ve ark., 2010; Sharma ve ark., 2016; Saravanakumar ve ark., 2018).

Ekstraktların antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesi

Trichoderma izolatlarının ekstraktlarının antibakteriyel aktivitelerini belirlemek için agar kuyucuk difüzyon yöntemi kullanılmıştır. Bakteri süspansiyonları Mueller Hinton Agar besiyeri bulunan petri plakalarına 100 µl aktarılarak steril eküvyon çubuğu yardımıyla petri plakanın tüm yüzeyine dağıtılmıştır. Aseptik koşullarda cam çubuk yardımıyla agar yüzeyinde birbirine eşit uzaklıkta 4 adet 8 mm çapında içi boş kuyucuklar açılmıştır. Açılan kuyucuklara 100 µl *Trichoderma* izolatına ait steril ekstraktlar eklenmiştir. Pozitif kontrol olarak 50 mg/L konsantrasyonunda amfisilin, negatif kontrol olarak ise steril PBS, etil asetat ve metanol kullanılmıştır. Kuyucuklara yüklemeler tamamlandıktan sonra insan patojeni içeren petri plakaları 37°C'de, bitki patojeni içeren petri plakaları ise 28°C'de 24-48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda kuyucuklar etrafında oluşan inhibisyon zonlarının çap ölçümleri gerçekleştirilmiş ve kaydedilmiştir (Kalyoncu ve ark., 2010; Anwar ve Iqbal, 2017; Aytar ve ark., 2019; Baazeem ve ark., 2021).

İstatistiksel analizler

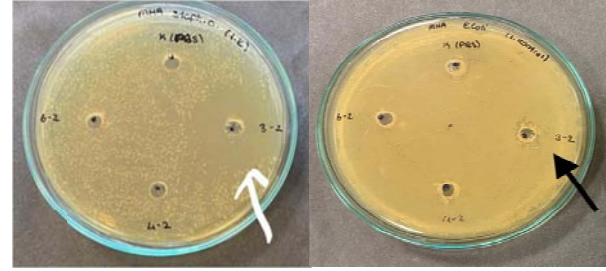
İstatistik analizler PASW Statistic paket programı kullanılarak Tukey testine ($P < 0.05$) göre varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Antimikrobiyal direncin oluşması mikroorganizmaların doğası gereği doğal bir süreçtir ve tedavi süreçlerinin zorlaşmasına neden olmaktadır. Artan antimikrobiyal direnç problemi yeni antimikrobiyal bileşiklerin arayışını ortaya çıkarmıştır (Shruthi ve Sangeetha, 2022). Mikroorganizma kaynaklı antimikrobiyal bileşiklerin sentezi, ekstraksiyonu ve kullanımına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. *Trichoderma* türlerinin metabolitlerinin patojen bakteri, küf ve mayalar inhibe ettiği bilinmektedir ancak bunlar henüz klinik uygulamalarda kullanılmamıştır (Saravanakumar ve ark., 2018; Baazeem ve ark., 2021). Çalışmamızda yerel kaynaklardan izole edilen *Trichoderma* izolatların ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri yaygın insan ve hayvan hastalık etmeni patojen bakteriler ve önemli mahsullerin hastalık etmeni bitki patojen bakteriler üzerinde test edilmiştir. *Trichoderma* izolatlarının üretim sonrası ekstraksiyon aşamasında iki farklı çözgen kullanılmıştır. Çalışmada metanol ve etil asetat ile ekstraksiyon metotlarından elde edilen ekstraktların kullanıldığı agar kuyucuk difüzyon petri plakalarında metanol ile ekstrakte edilmiş olanlarda inhibisyon zonu

gözlenmezken, etil asetat ile ekstrakte edilenlerde inhibisyon zonu gözlenmiştir. *Trichoderma* izolatlarından etil asetat ile elde edilen ekstraktların agar kuyucuk difüzyon metodu sonucu insan patojenleri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ATCC 33592 ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı oluşturduğu inhibisyon zonlarına ait çap ölçüm değerleri Tablo 1.'de verilmiştir. *Trichoderma* izolatlarından etil asetat ile elde edilen ekstraktların aktibakteriyel etkileri incelendiğinde gram negatif bakteriler üzerinde daha fazla etkili olduğu görülmektedir. Gram negatif bakterilerden *E. coli* ve *P. aeruginosa*'ya karşı sırasıyla 11 ve 18 adet izolat

etkiliyken, gram pozitif bakteri olan *S. aureus*'a karşı ise 6 adet izolat etkilidir. (Tablo 2).



Şekil 1. İnhibisyon zon görüntüleri a) *S. aureus*, b) *E. coli*

Tablo 1. *Trichoderma* izolatlarından etil asetat ile elde edilen ekstraktların insan patojen bakterilerine karşı oluşturduğu inhibisyon zon sonuçları

<i>Trichoderma</i> spp.	İnsan Patojeni Test Bakterileri		
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>
Pozitif Kontrol (Amfisiilin)	21.0±1.0 mm	23.5±0.5 mm	24.0±1.0 mm
Negatif Kontrol (PBS)	-	-	-
Negatif Kontrol (Etil asetat)	-	-	-
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 3-2	14.0±2.0 mm ^a	31.0±1.0 mm ^a	-
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 4-2	-	-	-
<i>Trichoderma harzianum</i> 6-2	-	-	-
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 6-5	-	-	-
<i>Trichoderma virens</i> 7-2	-	-	8.0±2.0 mm ^{efgh}
<i>Trichoderma afroharzianum</i> 7-4	-	-	-
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 8-3	-	-	-
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 8-7	-	-	-
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 11-2	-	-	12.0±0.5 mm ^{bcd}
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 12-2	5.0±1.0 mm ^e	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 13-2	-	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 13-7	-	9.0±1.0 mm ^{bc}	10.0±1.6 mm ^{cdef}
<i>Trichoderma</i> sp. 13-16	8.0±0.5 mm ^{cd}	10.0±0.5 mm ^b	-
<i>Trichoderma</i> sp. 14-1	-	-	9.0±1.0 mm ^{defg}
<i>Trichoderma harzianum</i> 14-3	9.0±1.0 mm ^{bcd}	-	13.0±1.0 mm ^{bc}
<i>Trichoderma</i> sp. 14-7	7.0±1.0 mm ^{de}	-	10.0±1.6 mm ^{cdef}
<i>Trichoderma</i> sp. 14-9	8.0±0.5 mm ^{cd}	10.0±0.5 mm ^b	10.0±0.5 mm ^{cdef}
<i>Trichoderma</i> sp. 14-16	-	-	12.0±0.5 mm ^{bcd}
<i>Trichoderma</i> sp. 15-1	-	-	7.0±1.0 mm ^{fgh}
<i>Trichoderma</i> sp. 15-8	9.0±1.0 mm ^{bcd}	-	9.0±2.5 mm ^{defg}
<i>Trichoderma</i> sp. 16-1	7.0±1.0 mm ^{de}	-	12.0±0.5 mm ^{bcd}
<i>Trichoderma</i> sp. 16-3	11.0±1.0 mm ^b	-	15.0±3.5 mm ^{ab}
<i>Trichoderma</i> sp. 17-6	10.0±0.5 mm ^{bc}	-	6.0±0.5 mm ^{gh}
<i>Trichoderma</i> sp. 18-1	10.0±0.5 mm ^{bc}	-	5.0±0.5 mm ^h
<i>Trichoderma</i> sp. 18-6	-	-	11.0±1.0 mm ^{cde}
<i>Trichoderma</i> sp. 18-10	-	8.0±0.5 mm ^c	17.0±3.0 mm ^a
<i>Trichoderma</i> sp. 19-3	-	-	12.0±0.5 mm ^{bcd}
<i>Trichoderma</i> sp. 19-4	-	8.0±2.0 mm ^c	8.0±0.5 mm ^{efgh}
<i>Trichoderma</i> sp. 19-5	-	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 20	-	-	-

*Değerler standart sapmalı 3 tekrarın ortalamasıdır. Her bir sütun için aynı harfle gösterilenler arasında Tukey testi (P>0,05) anlamlı bir farklılık yoktur.

* - İnhibisyon zonu görülmemiştir.

Tablo 2. İnsan patojen bakterilerine karşı antagonistik aktivite gösteren *Trichoderma* izolat sayıları

İnsan patojeni test bakterileri	Etkili <i>Trichoderma</i> izolat sayısı	Etkili <i>Trichoderma</i> izolat yüzdesi (%)	İnhibisyon zonu (mm)
<i>Escherichia coli</i>	11	36.7	5-14
<i>Staphylococcus aureus</i>	6	20.0	8-31
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	18	60.0	5-17

P. cichorii ve *P. syringae* pv. *tomato* patojen bakterilerine karşı *Trichoderma* izolatlarının etil asetat ile elde edilen ekstraktlarının oluşturduğu antagonistik etki sonucu gözlenen inhibisyon zonlarına ait çap ölçüm değerleri Tablo 3.'de verilmiştir.



Şekil 2. *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* karşı oluşturulan inhibisyon zon görüntüleri

Tartışma

Saleh ve ark. (2011), çalışmalarında farklı *Trichoderma* türlerinin katı kültür fermentasyonu sonucu elde edilen ham ekstraktların çeşitli insan patojen bakterileri üzerindeki antibakteriyel aktivitelerini agar kuyucuk difüzyon yöntemi ile incelemişlerdir. Hep yeşilküf *T. viride* suşu ile sırasıyla *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 29213 ve *P. aeruginosa* ATCC 27853'e karşı 20 mm, 28 mm ve 22 mm inhibisyon zonu elde etmişlerdir (Sesli ve ark., 2020). Saravanakumar ve ark. (2018), koyu yeşilküf *Trichoderma atroviride* KNUP001 suşunun metanol ile ekstrakte edilmiş intraselüler metabolitlerin farklı konsantrasyonlarını kullanarak antibakteriyel aktivitesini disk difüzyon yöntemi ile *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis* ve *Enterobacter aerogenes* test bakterileri üzerinde incelemişlerdir (Sesli ve ark., 2020). *E. coli*'ye karşı 14.25 mm, *P. mirabilis*'e karşı 10.4 mm ve *E. aerogenes*'e karşı 5.6 mm maksimum inhibisyon zonuna ulaşmışlardır. Çalışmamızda ise *T. pleuroticola* 3-2 suşu ile *S. aureus* ve *E. coli*'ye karşı sırasıyla 31±1 mm ve 14±2 mm çapında maksimum inhibisyon zonu elde edilmiştir. *Pseudomonas aeruginosa*'da *Trichoderma* sp. 18-10 izolatu 17±3 mm'lik çapa sahip en yüksek inhibisyon zonu elde edilmiştir. *S. aureus*'a karşı ulaşılan 31 mm'lik zon diğer çalışmalara göre daha yüksek bir değere sahip olduğu görülmektedir. *P. aeruginosa* ve *E. coli*'ye karşı gerçekleştirilen agar kuyucuklarda literatür ile benzer sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 1). Baazeem ve ark. (2021), çalışmalarında çengel yeşilküf *T. hamatum* FB10 suşunu kullanarak antibakteriyel aktiviteye sahip sekonder metabolit üretiminde Patates Dekstroz Broth ortamını kullanmışlardır (Sesli ve ark., 2020). Sekonder metabolit analizi için kültür sıvısından 1:1 oranında etil asetat ile elde edilen ekstrakt, GS-MS analizi ile tayin edilmiştir. Heksadekanoik asit, etanoik asit, 1-hidroksi-2-propanon, bütirik asit gibi farklı bileşiklere ulaşılmış olsa

da ana bileşik olarak 6-pentil-alfa-piron'u belirlemişlerdir. Sharma ve ark. (2016), çalışmalarında fungal sekonder metabolitlerin ekstraksiyonu için metanol ve etil asetat ile ayrı ayrı ekstraksiyon gerçekleştirmişlerdir. *S. aureus*, *E. coli*, *Bacillus subtilis* ve *Salmonella typhimurium*'a karşı metanol ile yapılan ekstraksiyonlarda sırasıyla 14.5 mm, 14.0 mm, 11.0 mm ve 13.0 mm; etil asetat ile yapılan ekstraksiyonlarda sırasıyla 12 mm, 15.0 mm, 12.5 mm ve 10,0 mm inhibisyon zonu elde etmişlerdir. Etil asetat ile ekstraksiyon *E. coli* ve *S. aureus*'a karşı daha etkiliyken; metanol ile yapılan ekstraksiyon *B. subtilis* ve *S. typhimurium*'a karşı daha etkili olmuştur. Çalışmamızda kültür sıvılarından antibakteriyel özelliğe sahip sekonder metabolit elde etmek için hem etil asetat hem de metanol ile ekstraksiyon denemeleri yapılmıştır ancak metanol ile inhibisyon zonu elde edilememiştir.

P. cichorii'de *Trichoderma* sp. 15-1 izolatu 13±1 mm, *P. syringae* pv. *tomato*'da yeşilküf *T. virens* 7-2 suşu 18 mm'lik çapa sahip en yüksek inhibisyon zonlarını oluşturmuşlardır (Bkz. Tablo 3) (Sesli ve ark., 2020). *P. syringae* pv. *tomato*'ya karşı etkili *Trichoderma* sayısı 20 iken *P. cichorii*'ye karşı sadece 5 izolat etki göstermiştir. Aynı genusa ait olan bakteri türleri olsalar da *Trichoderma* izolatlarının ekstraktlarının oluşturduğu etkiler farklılık göstermektedir. Karabüyük ve Aysan (2019), çalışmalarında *P. syringae* pv. *tomato* patojenine karşı farklı bitkilerden elde edilen ekstraktların antibakteriyel aktivitelerini incelemişler. Pozitif kontrol olarak streptomisin kullanarak 9.2 mm ve ekstraktları kullanarak 3.0 – 13.6 mm arasında inhibisyon zonları elde etmişlerdir. Çalışmamızda *T. virens* 7-2 suşuyla elde edilen 18.0 mm'lik inhibisyon zonu ile bitki ekstraktları ve streptomisin ile elde edilen değerlerin üstünde bir değer elde edilmiştir.

Bakteriyel kaynaklı hastalıkların mücadelesinde antibiyotik kullanımı uzun yıllardır yaygın olsa da gelişen antibiyotik direnci küresel bir sorun haline gelmiştir (Frieri ve ark., 2017; Urban-Chmiel ve ark., 2022). Bu sebeple antimikrobiyal özellik gösteren mikroorganizma kaynaklı metabolitlerin araştırılmasına yönelik çalışmalara ilginin artmasına neden olmuştur. Çalışmamızda yerli kaynaklardan izole edilen *Trichoderma* izolatlarından elde edilen ekstraktların antibakteriyel özellikleri çeşitli insan ve bitki hastalık etmeni patojenler üzerinde taranarak inhibisyon zonu elde edilen izolatlar ile bakteriyel hastalıkların mücadelesinde ümit var olduğu düşünülmektedir. Elde edilen ekstraktların içerdiği metabolitler ve bu metabolitlerin miktarları kromatografik yöntemler ile belirlenerek test bakterileri üzerinde MIC testinin gerçekleştirilmesi çalışmanın devamı için önemlidir. Sonuçlarımız literatür ile karşılaştırılarak fungal kaynaklardan elde edilen antimikrobiyal bileşiklerin değerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3. *Trichoderma* izolatlarından etil asetat ile elde edilen ekstraktların bitki patojen bakterilerine karşı oluşturduğu inhibisyon zon sonuçları

<i>Trichoderma</i> spp.	Bitki Patojeni Test Bakterileri	
	<i>Pseudomonas cichorii</i>	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>
Pozitif Kontrol (Amfisilin)	30.0±1.0 mm	18.0±2.0 mm
Negatif Kontrol (PBS)	-	-
Negatif Kontrol (Etil asetat)	-	-
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 3-2	-	-
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 4-2	-	-
<i>Trichoderma harzianum</i> 6-2	-	14.0±0.5 mm ^{bc}
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 6-5	-	10.0±0.5 mm ^{def}
<i>Trichoderma virens</i> 7-2	-	18.0±0.5 mm ^a
<i>Trichoderma afroharzianum</i> 7-4	7.0±1.0 mm ^c	-
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 8-3	-	9.0±1.0 mm ^{ef}
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 8-7	9.0±1.0 mm ^b	12.0±0.5 mm ^{cde}
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 11-2	-	8.0±0.5 mm ^f
<i>Trichoderma pleuroticola</i> 12-2	12.0±0.5 mm ^a	12.0±2.0 mm ^{cde}
<i>Trichoderma</i> sp. 13-2	-	10.0±2.0 mm ^{def}
<i>Trichoderma</i> sp. 13-7	-	16.0±0.5 mm ^{ab}
<i>Trichoderma</i> sp. 13-16	9.0±1.0 mm ^b	16.0±0.5 mm ^{ab}
<i>Trichoderma</i> sp. 14-1	-	14.0±4.0 mm ^{bc}
<i>Trichoderma harzianum</i> 14-3	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 14-7	-	10.7±2.5 mm ^{cdef}
<i>Trichoderma</i> sp. 14-9	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 14-16	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 15-1	13.0±1.0 mm ^a	-
<i>Trichoderma</i> sp. 15-8	-	10.0±0.5 mm ^{def}
<i>Trichoderma</i> sp. 16-1	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 16-3	-	12.0±0.5 mm ^{cde}
<i>Trichoderma</i> sp. 17-6	-	16.0±0.5 mm ^{ab}
<i>Trichoderma</i> sp. 18-1	-	14.0±0.5 mm ^{bc}
<i>Trichoderma</i> sp. 18-6	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 18-10	-	12.0±1.6 mm ^{cde}
<i>Trichoderma</i> sp. 19-3	-	14.0±0.5 mm ^{bc}
<i>Trichoderma</i> sp. 19-4	-	13.0±1.0 mm ^{bcd}
<i>Trichoderma</i> sp. 19-5	-	10.0±0.5 mm ^{def}
<i>Trichoderma</i> sp. 20	-	-

*Değerler standart sapmalı 3 tekrarin ortalamasıdır. Her bir sütun için aynı harfle gösterilenler arasında Tukey testi (P>0,05) anlamlı bir farklılık yoktur.

* - İnhibisyon zonu görülmemiştir.

Tablo 4. Bitki patojen bakterilerine karşı antagonistik aktivite gösteren *Trichoderma* izolat sayıları

Test bakterileri	Etkili <i>Trichoderma</i> izolat sayısı	Etkili <i>Trichoderma</i> izolat yüzdesi (%)	İnhibisyon zonu (mm)
<i>Pseudomonas cichorii</i>	5	16.7	7-13
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	20	66.7	8-18

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 (Kemal KARACA, Melise İPHAR, Rengin ELTEM)

Teşekkür

Gerçekleştirilen çalışma “2209-B Üniversite Öğrencileri Sanayi Yönelik Araştırma Projeleri Destekleme Programı” 1139B412100971 nolu proje ile desteklenmiştir. Tübitak BİDEB birimine mali destekleri için teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Afandi, A. ve Doğruman-Ala, F., (2019). Investigation of the effectiveness of igY antibodies obtained from chickens where immunized with *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa* by ELISA. *Turk Hij ve Deney Biyol Derg.* 76(4):379–90.
- Anwar, J. ve Iqbal, Z., (2017). Effect of Growth Conditions on Antibacterial Activity of *Trichoderma harzianum* against Selected Pathogenic Bacteria. *Sarhad J Agric.* 33(4).
- Aytar, M., Oryaşın, E., Başbülbul, G. ve Bozdoğan, B., (2019). Standardization Study for Agar Well Diffusion Method. *Bartın Univ Int J Nat Appl Sci.* 2(2):138–45.
- Baazeem, A., Almana, A., Manikandan, P., Alorabi, M., Vijayaraghavan, P. ve Abdel-Hadi, A., (2021). In vitro antibacterial, antifungal, nematocidal and growth promoting activities of *Trichoderma hamatum* fb10 and its secondary metabolites. *J Fungi.* 7(5):1–13.
- Cerna-Vargas, J.P., Santamaría-Hernando, S., Matill, M.A., Rodríguez-Herva, J.J., Daddaou, A., Rodríguez-Palenzuela, P., Krell, T. ve Lopez-Solanilla, E., (2019). Chemoperception of specific amino acids controls phytopathogenicity in *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. *MBio.* 10(5).
- Dang, H., Kong, Q., Winchester, W., Wan, X., Lei, Y., Zhang, H., Zhao, Y., Liu, X., Xu, B.B., Zhang, B. ve Wang, Z., (2022). Isolation, Identification and Pathogenic Effects of *Trichoderma* spp. from *Auricularia auricula*. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 6(3), 96.
- De Tommaso, G., Salvatore, M.M., Nicoletti, R., DellaGreca, M., Vinale, F., Bottiglieri, A., Staropoli, A., Salvatore, F., Lorito, M., Iuliano, M. ve Adolphi, A., (2020). Bivalent metal-chelating properties of harzianic acid produced by *Trichoderma pleuroticola* associated to the gastropod *Melarhaphe neritoides*. *Molecules.* 25(9).
- Frieri, M., Kumar, K. ve Boutin, A., (2017). Antibiotic resistance. *Journal of infection and public health*, 10(4), 369-378.
- Garcia-Clemente, M., de la Rosa, D., Máiz, L., Girón, R., Blanco, M., Oliveira, C., Canton, R. ve Martinez-Garcia, M.A., (2020). Impact of *Pseudomonas aeruginosa* infection on patients with chronic inflammatory airway diseases. *J Clin Med.* 9(12):1–32.
- Genç, F. ve Kaya, O., (2015). Subklinik Mastitisli Sığırlardan *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis* ve *Streptococcus dysgalactiae* Etkenlerinin İzolasyonu ve Antibiyotiklere Duyarlılıklarının Belirlenmesi. *Animal Health Production and Hygiene*, 4(2), 415-419.
- Liyama, K., Tani, S., Yagi, H., Hashimoto, S., Suga, Y., Tsuchiya, K. ve Furuya, N., (2021). D-Tartrate utilization correlates with phylogenetic subclade in *Pseudomonas cichorii*. *FEMS Microbiol Lett.* 4:368(2).
- Kalyoncu, F., Oskay, M. ve Kalmış, E., (2010). Bazı Yabani Makrofungus Misellerinin Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Mantar Dergisi.* 1(1):1–8.
- Karabüyük, F. ve Aysan, Y., (2019). Antibacterial effects of some plant extracts against tomato bacterial speck disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. *J Tekirdag Agric Fac.* 16(2):231–43.
- Leylaie, S. ve Zafari, D., (2018). Antiproliferative and antimicrobial activities of secondary metabolites and phylogenetic study of endophytic *Trichoderma* Species From Vinca Plants. *Front Microbiol.* 9(JUL):1–16
- Maral Gül, D. ve Eltem, R., (2022). Bazı Gübre ve Fungisitlerin *Trichoderma* Türlerinin Büyümesine Etkisinin in vitro Koşullarda İncelenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derg.* 0225(2):167–81.
- Urban-Chmiel, R., Marek, A., Stępień-Pyśniak, D., Wiecezorek, K., Dec, M., Nowaczek, A. ve Osek, J., (2022). Antibiotic resistance in bacteria—A review. *Antibiotics*, 11(8), 1079.
- Pehlivan, N., Gedik, K., Eltem, R. ve Terzi, E., (2021). Dynamic interactions of *Trichoderma harzianum* TS 143 from an old mining site in Turkey for potent metal (oid) s phytoextraction and bioenergy crop farming. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123609.
- Phupiewkham, W., Sirithorn, P., Saksirirat, W. ve Thammasirirak, S., (2015). Antibacterial agents from *Trichoderma harzianum* strain T9 against pathogenic bacteria. *Chiang Mai J Sci.* 42(2):304–16.
- Poirel, L., Madec, J-Y., Lupo, A., Schink, A-K., Kieffer, N., Nordmann, P. ve Schwarz, S., (2018). Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli*. Aarestrup FM, Schwarz S, Shen J, Cavaco L, editors. *Microbiol Spectr.* 27;6(4):979–80.
- Pollitt, E.J.G., Szkuta, P.T., Burns, N. ve Foster, S.J., (2018). *Staphylococcus aureus* infection dynamics. *PLoS Pathog.* 14(6):1–27.
- Saleh, R.M., Kabli, S.A., Al-Garni, S.M. ve Mohamed, S.A., (2011). Screening and production of antibacterial compound from *Trichoderma* spp. against human-pathogenic bacteria. *African J Microbiol Res.* 5(13):1619–28.
- Saravanakumar, K., Chelliah, R., Ramakrishnan, S.R., Kathiresan, K., Oh, D.H. ve Wang, M.H., (2018). Antibacterial, and antioxidant potentials of non-cytotoxic extract of *Trichoderma atroviride*. *Microb Pathog.* 115,338–42.
- Sargın, S., Gezgin, Y., Eltem, R. ve Vardar, F., (2013). Micropropagule production from *Trichoderma harzianum* EGE-K38 using solid-state fermentation and a comparative study for drying methods. *Turkish J Biol.* 37(2):139–46.
- 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., Kırbacı, 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.

- Sharma, D., Pramanik, A. ve Agrawal, P.K., (2016). Evaluation of bioactive secondary metabolites from endophytic fungus *Pestalotiopsis neglecta* BAB-5510 isolated from leaves of *Cupressus torulosa* D.Don. *3 Biotech.* 6(2):1–14.
- Shruthi, S. ve Sangeetha, K., (2022). Comparison of Antibacterial Activity of Ethyl Acetate Fractions Separated from *Trichoderma* with Commercial Antibiotic Methicillin Against Drug-Resistant Bacteria using Minimum Inhibitory Concentration Method. *Cardiometry.* (25):1101–7.
- Turgay, G., Eren, E., Eltem, R., Çakır, D. ve Aydemir, B. Ç., (2023). Molecular characterization of *Trichoderma* spp. isolates in mushroom-growing farms in Turkey and their effects on *Agaricus bisporus* production. *Plant Pathology*, 72(7), 1272-1282.
- Zhang, J.C., Chen, G.Y., Li, X.Z., Hu, M., Wang, B.Y., Ruan, B.H., Zhou, H., Zhao, L.X., Zhou, J., Ding, Z.T. ve Yang, Y.B., (2017). Phytotoxic, antibacterial, and antioxidant activities of mycotoxins and other metabolites from *Trichoderma* sp. *Nat Prod Res.*31(23):2745–52.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Sadullahoğlu, C., Kesici, S., Uzun, Y., Akçay, M.E. (2025). Hakkâri Yöresinden Türkiye Mikobiyotası için İki Yeni *Galerina* Kaydı, Mantar Dergisi, 16(1)42-48

Geliş(Received) :15.01.2025

Kabul(Accepted) :19.02.2025

Araştırma Makalesi

Doi: 10.30708/mantar.1620464

Hakkâri Yöresinden Türkiye Mikobiyotası için İki Yeni *Galerina* Kaydı

Cemil SADULLAHOĞLU^{1*}, Sedat KESİCİ²
Yusuf UZUN³, Mustafa Emre AKÇAY⁴

*Sorumlu yazar: csadullahoglu@yandex.com

¹ Şırnak Üniversitesi, İdil Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü,

/csadullahoglu@yandex.com

² Hakkari Üniversitesi Yüksekova Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,

/sedatkesici@hakkari.edu.tr

³ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Meslek Bilimleri Bölümü,

/yusufuzun2004@yahoo.com

⁴ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, /memreakcay@yyu.edu.tr

Öz: *Galerina* Earle cinsi, dünya genelinde 300'den fazla türü bulunan, küçük, kahverengi sporlu ve saprotrofik bir cins olarak tanımlanmaktadır. Bu cins, özellikle halüsinojenik *Psilocybe* türleri ile karıştırılmaktadır. Türkiye'de bugüne kadar 15 türü tespit edilmiştir. 2020 yılında Hakkâri merkez ve Çukurca ilçesinden toplanan makromantar örnekleri üzerinde yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda, *Galerina calyptrata* P.D. Orton ve *Galerina tibiicystis* (G.F. Atk.) Kühner türlerinin Türkiye mikobiyotası için yeni kayıt olduğu belirlenmiştir. Bu yeni kayıtlarla birlikte, Türkiye'deki *Galerina* türlerinin sayısı 17'ye ulaşmıştır. Yeni kayıtlarla ilgili makroskopik ve mikroskopik veriler, makro ve mikro-morfolojilerine ilişkin görseller eşliğinde sunulmuş ve kısaca tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Galerina*, Mikobiyota, Yeni kayıt, Hakkâri, Türkiye.

Two New *Galerina* Records for Türkiye Mycobiota from Hakkâri Region

Abstract: *Galerina* Earle is defined as a genus with over 300 species worldwide, characterized by small, brown spores and saprotrophic nature. This genus is most commonly confused with hallucinogenic *Psilocybe* species. To date, 15 species have been identified in Turkey. In 2020, macrofungi samples, collected from the central and Çukurca districts of Hakkâri, were identified through field and laboratory studies, revealing that *Galerina calyptrata* P.D. Orton and *Galerina tibiicystis* (G.F. Atk.) Kühner are new records for the mycobiota of Türkiye. With these new records, the number of *Galerina* species in Turkey has reached 17. Macroscopic and microscopic data related to these new records, and visual representations of their macro- and micro-morphologies have been presented and briefly discussed.

Keywords: *Galerina*, Mycobiota, New record, Hakkâri, Türkiye

Giriş

Galerina Earle (*Basidiomycota*, *Agaricales*) cinsi *Hymenogasteraceae* Vittad. familyasında yer almakta (Matheny ve ark. 2006) ve ağırlıklı olarak Kuzey

Yarımküre'den tanımlanan 300'den fazla türle temsil edilmektedir (Horak 1994). Dünya genelinde yaygın olarak bulunan ve çeşitli ekosistemlerde önemli roller oynayan *Galerina* cinsi türlerinin dağılımı, iklim ve



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

çevresel koşullara bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, Türkiye'de bu cinse ait türler, özellikle Karadeniz ve Marmara bölgelerinde yaygın olarak yetişmektedir (Sesli ve ark., 2020, Solak ve Türkoğlu, 2022).

Galerina cinsine mensup türler, özellikle ormanlık alanlarda ve çürüyen odun üzerinde sıkça görülürler (Smith ve Singer, 1964). Türlerin çoğunluğu, canlı briyofitlerle ilişkili, muhtemelen ölü kısımlarda saprofit olarak bazidiyokarplara sahipken, diğerleri odunsu malzeme veya diğer bitki artıkları ile sınırlıdır. *Galerina* türlerinin bazidiyokarpları genellikle küçük ve kırılğan olmakla birlikte, bazen biraz daha etli olabilir ve bazı türlerde sap üzerinde zarımsı bir halka yapısı (annulus) görülebilir. Türleri ayıran önemli makro-morfolojik karakterler arasında, ekoloji, fruktifikasyon organı boyutları, velum özellikleri, şapkanın yüzey özellikleri, lamellerin yapısı ve sıklığı, renk, tat ve koku özelliklerine

dikkat edilir. Farklı şekil ve konumlardaki zengin sistit çeşitleri ve spor karakterleri çeşitli *Galerina* türlerinin tanımlanması açısından önemli mikroskopik verilerdir. Bu durumda bile tanımlamalar şüpheli kalabilmektedir (Gulden ve ark., 2005).

Ülkemizde şimdiye kadar yapılan makromantar yayınlarına (Sesli ve ark., 2020, Solak ve Türkoğlu, 2022) ve son çalışmalara (Acar ve Karabıyık, 2024; Acar ve Uzun, 2024; Acar ve ark., 2024; Keleş ve ark., 2024; Dalkıran ve ark., 2024; Kesici ve ark., 2024; Uzun ve ark., 2024; Uzun Ya, 2024) bakıldığında daha önce 15 *Galerina* türünün tanımlandığı görülmektedir (Tablo 1). Bu çalışmada yeni kayıt olarak belirlenen *Galerina calyptrata* P.D. Orton ve *Galerina tibiicystis* (G.F. Atk.) Kühner türleri ile birlikte ülkemizdeki *Galerina* tür sayısı 17'ye çıkartılarak Türkiye'nin makromantar çeşitliliğinin artırılması amaçlanmıştır.

Tablo 1. Türkiye'de tespit edilen *Galerina* türleri

Sıra	Tür İsmi	Kaynak
1.	<i>Galerina ampullaceocystis</i> P.D. Orton	Sesli ve ark., 2020, Solak ve Türkoğlu, 2022
2.	<i>Galerina atkinsoniana</i> A.H. Sm.	Kaşık ve ark., 2010; Öztürk ve ark., 2003
3.	<i>Galerina badipes</i> (Pers.) Kühner	Öztürk ve ark., 2003; Kaşık ve ark., 2010; Adanacioğlu ve ark., 2016; Allı ve ark., 2017; Altuntaş ve ark., 2017; Doğan ve ark., 2021
4.	<i>Galerina cinctula</i> P.D. Orton	Kaya, 2009
5.	<i>Galerina clavata</i> (Velen.) Kühner	Akata ve ark., 2014
6.	<i>Galerina graminea</i> (Velen.) Kühner	Uzun ve Kaya, 2020
7.	<i>Galerina marginata</i> (Batsch) Kühner	Öztürk ve ark., 2003; Türkeul ve Işık, 2016, Akata, 2017; Allı, 2017; Altuntaş ve ark., 2017; Akata ve ark., 2018; Kaya ve ark., 2019; Uzun ve Kaya, 2022
8.	<i>Galerina pseudomycenopsis</i> Pilát	Güngör ve ark., 2016
9.	<i>Galerina mycenoides</i> (Fr.) Kühner	Aktaş ve ark., 2006
10.	<i>Galerina paludosa</i> (Fr.) Kühner	Alkan ve ark., 2010
11.	<i>Galerina pumila</i> (Pers.) Singer	Çevik ve ark., 2021
12.	<i>Galerina sideroides</i> (Bull.) Kühner	Polat ve Keleş 2022; Doğan ve Kurt, 2016
13.	<i>Galerina sphagnum</i> (Pers.) Kühner	Alkan ve ark., 2010
14.	<i>Galerina stylifera</i> (G.F. Atk.) A.H. Sm. & Singer	Altuntaş ve ark., 2017
15.	<i>Galerina venenata</i> A.H. Sm.,	Çelik ve ark., 2024

*09.01.2025 tarihi Index Fungorum veritabanına göre *Galerina clavus* Romagn. türünün geçerli isminin *Romagnesiella clavus* (Romagn.) Contu, Matheny, P.-A. Moreau, Vizzini & A. de Haan olarak ve *Galerina moelleri* Bas türünün ise geçerli isminin *Galerina pseudomycenopsis* Pilát olarak güncellendiği tespit edilmiştir.

Materyal ve Metot

Çalışma materyalini 2020 yılında Hakkâri merkez ve Çukurca ilçesinde doğal olarak yetişip toplanan makromantar örnekleri oluşturmaktadır. Örneklerin doğal habitatlarında fotoğraflarının çekiminde Nikon D5100 dijital fotoğraf makinesi ve Tokina 100mm f/2.8 Makro AT-X Pro D makro lens, coğrafi konumlarını belirlemek amacıyla Garmin GPSmap 76CSX GPS cihazı, örneklerle ait mikroskopik yapıların incelenmesi ve spor boyutlarının ölçümü için Leica DM500 ışık mikroskobu, mikroskoba bağlı Leica ICC50 HD kamera ve laboratuvar bilgisayarına yüklenmiş Leica LAS EZ (versiyon 3.4) yazılımı kullanılmıştır.

Örneklerin teşhisinde ise ilgili literatür (Smith ve Singer, 1964; Watling, 1982; Gulden ve Halling, 1995; Breitenbach ve Kränzlin, 2000) ile mikroskopik ve mikroskopik yapılarıdaki renk değişimlerini inceleyebilmek ve yine bazı mikroskopik yapıların daha net görüntülenmesini sağlayabilmek için KOH, Congo red, Melzer ayırıcı ve distile su kullanılmıştır.

Ayrıca makromantar örneklerini korumak ve muhafaza etmek amacıyla kurutma kâğıdı, kurutma dolabı, derin dondurucu, kilitli polietilen poşetler, fungaryum etiketi ve plastik saklama kapları kullanılmıştır.

Bulgular*Fungi* R.T. Moore*Basidiomycota* R.T. Moore*Agaricales* Underw*Hymenogastraceae* Vittad.*Galerina* Earle**1. *Galerina calyprata*** P.D. Orton (Şekil 1.)Sinonim: [*Galerina cerina* var. *calyprata* (P.D. Orton) Arnolds]

Makroskobik karakterler:

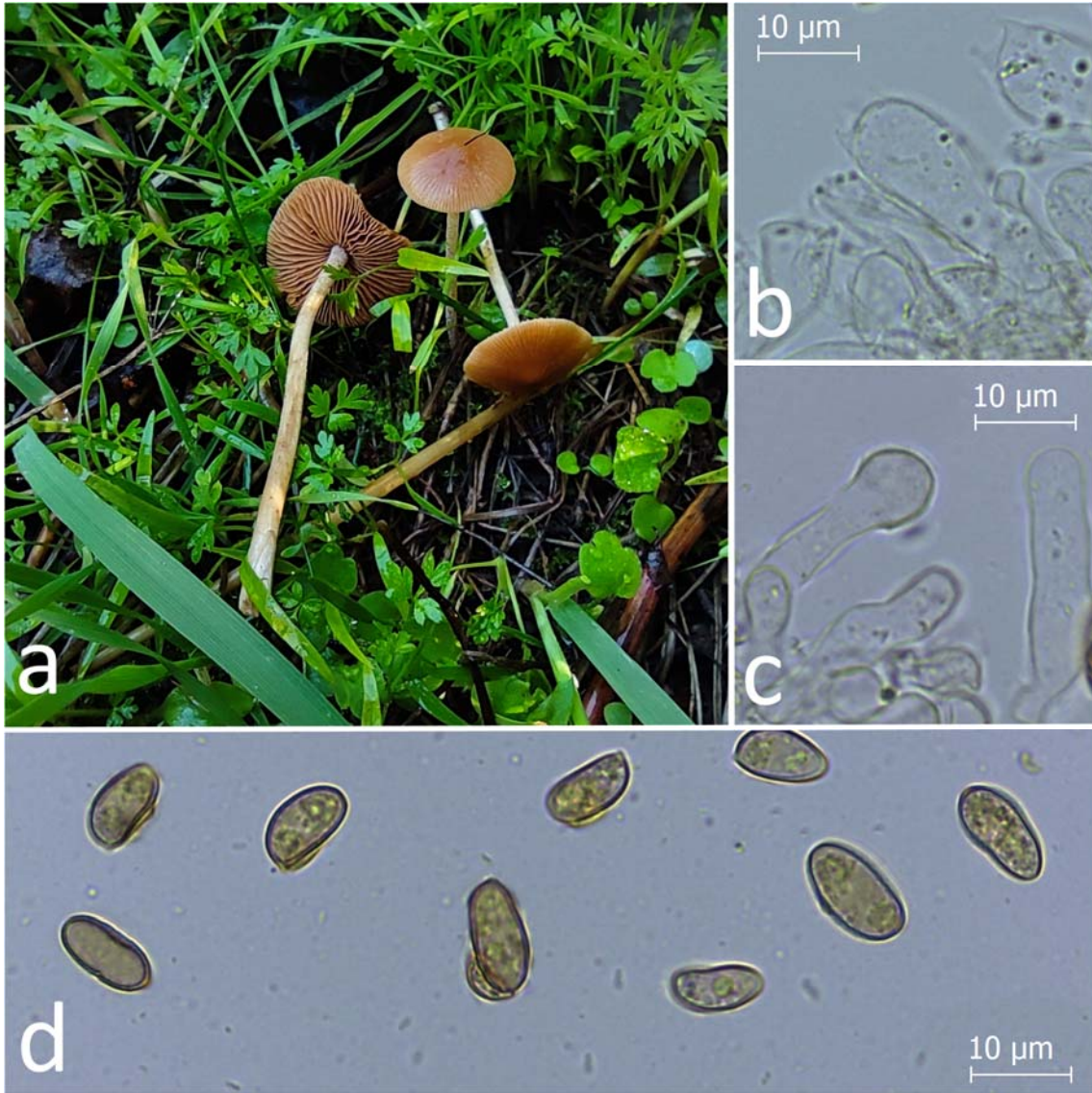
Şapka, 5-12 (15) mm çapında, konik, kampanulat ya da konveks, nemli iken yüzeyi mat, merkezin yarısına kadar şeffaf çizgili ve koyu toprak renginde kurduğunda ise çizgisiz ve krem toprak renginde, kenarları keskin, hafifçe dişli ve beyazımsıdır. **Etli kısım**, açık toprak ve kahverengi renkte, süt tadında ve unumsu bir kokusu vardır. **Lameller**, gençken, sarı ve kahverengi renkte daha sonra toprak veya sarımsı renkte, sapa genişçe

bağlanır ve kenarları beyaz yünlüdür. **Sap**, 15-30 x 0,5-1 mm çapında, silindirik, tabanda bazen şişkin, esnek, içi boş, yüzeyi düz, parlak, dağılmış ince velum çizgileri ile kaplı ve açık toprak rengindedir.

Mikroskopik karakterler:

Sporlar, 9-12 x 5-8 µm boyutlarında, düz veya nadiren pürüzlü, bazıları hafif kanatlı, açık toprak renginde oval ya da badem şeklindedir. **Bazidyumlar**, 21-30 x 7-10 µm boyutlarında, silindirik ya da klavat, 2 veya 4 sterigmalı, tabanda klamlıdır. **Keliyosistitler**, 30-50 x 5-10 µm boyutlarında, silindirik, kıvrımlı bazen ucu çok az da olsa şişkindir.

Lokalite: Hakkâri merkez, Kırıkdağ köyü, meşe (*Quercus* sp.) ağaçları açıklığı, çayırılık alan, toprak üzeri, 37°36.763 K, 43°51.165 D, 1305m, 15.11.2020. VANF 7894.



Şekil 1. *Galerina calyprata*'nın a) bazidiyokarp, b) bazidiyum, c) sistit d) bazidiyosporları.

2. *Galerina tibiicystis* (G.F. Atk.) Kühner (Şekil 2)

Sinonim: *Galera tibiicystis* (G.F. Atk.) A. Pearson;
Galerula tibiicystis G.F. Atk.

Makroskobik karakterler:

Şapka, 10-30 mm çapında, gençken yarı küresel ya da çan şeklinde, daha sonra konveks ve en sonunda düzleşir, genişçe umbolu, nemli iken kıvrık olmayan kenarlı, yağımsı, yüzeyi düz ya da mat veya saten gibi parlak, toprak renginde, kenarlara doğru şeffaf çizgili kurduğunda ise çizgisiz merkezi koyu toprak renkli, kenarları genç örneklerde kaybolan fibril artıkları ile kaplı ancak bunlar hızlıca kaybolur, keskin ve dişlidir. **Etli kısım**, toprak kahverengi renkte, baharat veya otsu kokuda ve mantarimsı veya süt tadındadır. **Lameller**, seyrekçe, gençken krem daha sonra toprak renginde, sapa genişçe bağlanır ve kenarları beyazımsıdır. **Sap**,

50-90 × 1.5-2 mm boyutlarında, silindirik, içi boş, kırılğan, yüzeyi düz, mat, yüzey boyunca ince beyaz tüylü ve bazen tabanı beyaz miselyum püskülleri ile kaplıdır.

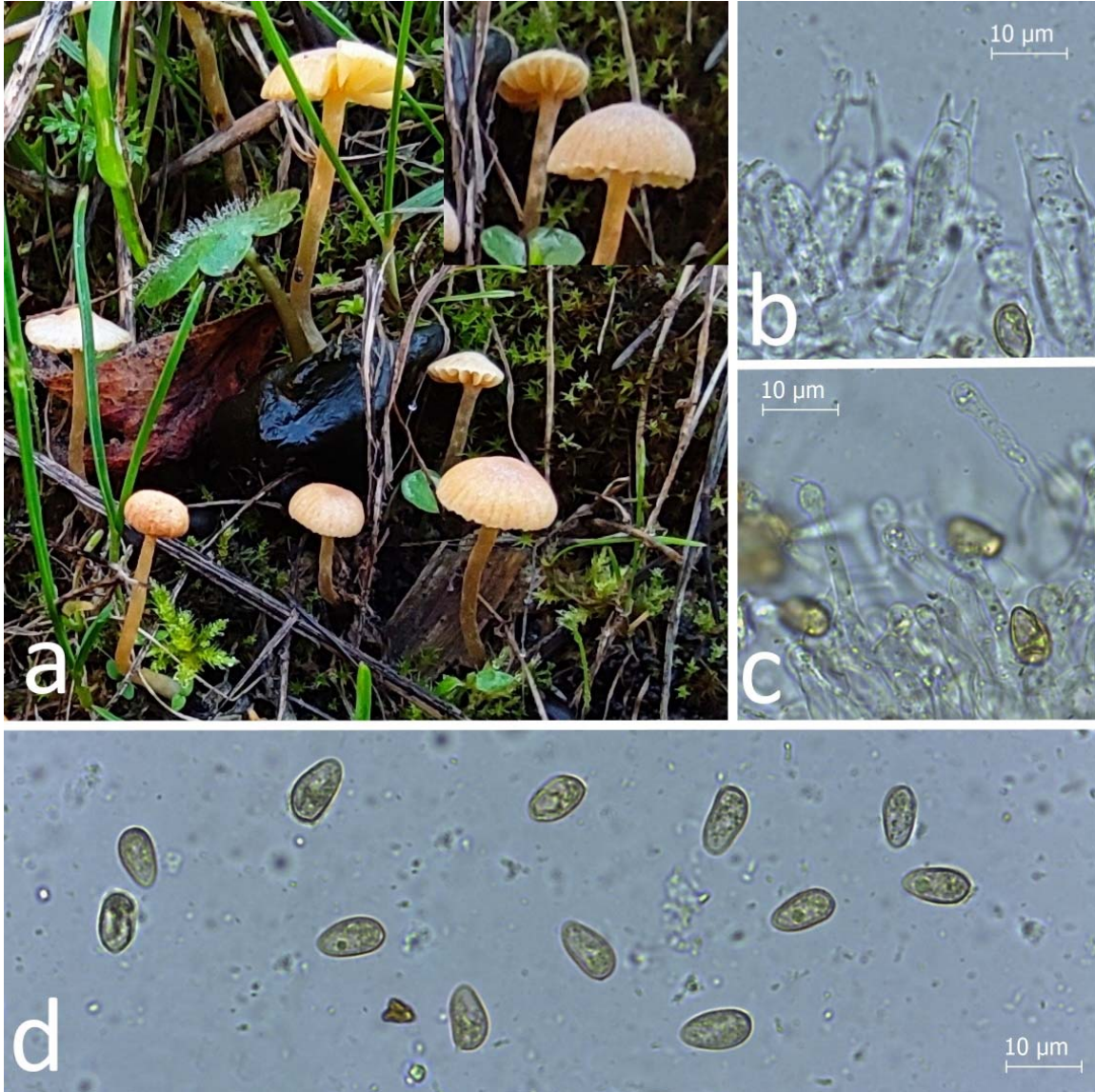
Mikroskobik karakterler:

Sporlar, 8-11 × 4,5-6 µm boyutlarında, eliptik, hafifçe siğilli, zeytinimsi kahverengi renktedir.

Bazidiyumlar, 22-30 × 8-10 µm boyutlarında, silindirik veya klavat, 4 sterigmalı ve bazal klamplıdır.

Keliyosistitler, 30-60 × 4-10 boyutlarında ve uç kısma yakın 3 µm'ye kadar daralıp tekrar genişleyerek tibiliform şeklini alır.

Lokaliite: Çukurca (Hakkâri), Narlı köyü, meşe (*Quercus* sp.) ağaçları açıklığı, kara yosunları arasında, 37°16.218 K, 43°35.334 D, 813 m, 01.12.2020. VANF 7895.



Şekil 2. *Galerina tibiicystis*'in a) bazidiyokarp, b) bazidiyum, c) sistit ve d) bazidiyosporları.

Tartışma

Galerina calyprata, küçük ila orta boyda, kahverengimsi şapka rengi, çizgili kenarları ve nemli alanlarda yetişen odunsu substrat tercihleriyle tanınır. Bu çalışmada toplanan *G. calyprata* örnekleri ise ağaçlık bir alanda ve organik madde ve odun kalıntıları bakımından oldukça zengin toprak üzerinde tespit edilmiştir. Mikroskopik olarak, sporları pürüzlü (kaliptra benzeri örtü ile kaplı), eliptik ve nispeten büyüktür. Tür, özellikle annulus taşımaması ve spor boyutlarının diğer benzer türlere göre daha büyük olmasıyla ayırt edilir. *Galerina marginata* (Batsch) Kühner ile karşılaştırıldığında, annulus bulunmaması ve daha küçük boyutlarıyla farklılık gösterir (Smith ve Singer, 1964). *Galerina vittiformis* (Fr.) Singer'ten, habitat tercihi ve daha büyük spor ölçümleriyle ayrılır (Gulden ve Halling, 1995). *Galerina sphagnorum* (Pers.) Kühner, daha küçük ve düzgün sporlara sahip olması ve *Sphagnum* yosunlarıyla ilişkili olmasıyla farklılık gösterir (Watling, 1982). *Galerina cerina* A.H. Sm. ve Singer, unumsu bir koku veya tada ve belirgin bir şekilde kapitat sistitlere sahip değildir. Yine benzer şekilde *Galerina sahleri* (Quél.) Kühner türü az da olsa kapitat sistitler görülebilir ancak unumsu bir kokudan yoksundur ve çürük konifer odunları üzerinde yetişir. *G. calyprata* türünün teşhisinde, şapka yapısı, spor morfolojisi ve

ekolojik niş gibi özelliklerin dikkatlice incelenmesi önemlidir.

Galerina tibiicystis türü, yosunlu ve bataklık alanlarda yetişen, sarıdan sarı-turuncuya kadar renklerde şapkaları olan küçük bir mantardır. Mikroskopik olarak, belirgin tibiliform (flüt şeklinde) sistitleri ve pürüzlü yüzeye sahip eliptik sporlara sahip olması ile karakterize edilir. *Sphangnum* arasında büyüyen diğer, daha yaygın *Galerina* türleri *Galerina paludosa* ve *G. sphagnorum* türleridir. *Galerina tibiicystis*ten temel olarak mikroskopik olarak tibiliform olmayan sistitleri ve neredeyse pürüzsüz ila ince verrukoz sporları ile farklılık gösterirler (Smith ve Singer, 1964; Gulden ve Vesterholt, 1999).

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.

Kaynaklar

- Acar, İ., ve Karabıyık, H. (2024). *Lasiobelonium lonicerae* (Alb. & Schwein.) Raitv.= A Novel Record for Türkiye. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 11(3), 791-796.
- Acar, İ., ve Uzun, Y. (2024). A new record of vibrissaceous fungus from Hakkari (Türkiye). *Anatolian Journal of Botany*, 8(2), 138-141.
- Acar, İ., Karabıyık, H., ve Ateş, G. Ö. (2024). Morphological and Molecular Identification of *Sepultariella semi-immersa*: New Locality Record for Türkiye. *Mantar Dergisi*, 15(2), 94-102.
- Adanacıoğlu, N., Yıldız, Ü., Oğur, E., Aykas, L., Tan, A., ve Taylan, T. (2016). Türkiye Makromantar Genetik Kaynakları I. Ege Bölgesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(1), 46-61.
- Akata, I., Uzun, Y., ve Kaya, A. (2014). Macromycetes determined in Yomra (Trabzon) district. *Turkish Journal of Botany*, 38(5), 999-1012.
- Akata, İ. (2017). Macrofungal Diversity of Belgrad Forest (İstanbul). *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 17(1), 150-164.
- Akata, İ., Kabaktepe, Ş., Sevindik, M., ve Akgül, H. (2018). Macrofungi determined in Yuvacık Basin (Kocaeli) and its close environs. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 18(2), 152-163.
- Aktaş, S., Öztürk, C., Kaşık, G., ve Doğan, H. H. (2009). New records for the Turkish macrofungi from Amasya province. *Turkish Journal of Botany*, 33(4), 311-321.
- Alkan, S., Kaşık, G., ve Aktaş, S. (2010). Macrofungi of Derebucak district (Konya, Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 34(4), 335-350.
- Allı, H., Çöl, B., ve Şen, İ. (2017). Macrofungi biodiversity of Kütahya Turkey province. *Biological Diversity and Conservation*, 10(1), 133-143.
- Altuntaş, D., Allı, H., ve Akata, I. (2017). Macrofungi of Kazdağı National Park Turkey and its close environs. *Biological Diversity and Conservation*, 10(2), 17-25.
- Breitenbach, J., ve Kränzlin, F., (2000). Fungi of Switzerland, Vol. 5. Verlag Mykologia Lucerne, İsviçre. 342.
- Çelik, A., Türkeul, İ., ve Kaygusuz, O. (2024). First record of the deadly poisonous *Galerina venenata* (Hymenogasteraceae, Agaricomycotina) from Türkiye. *Anatolian Journal of Botany*, 8(1), 34-38.
- Çevik, F. T., Uzun, Y., ve Kaya, A. (2021). Macrofungi determined in Ereğli (Konya) district. *Mantar Dergisi*, 12(2), 138-147.
- Dalkıran, A., Türkeul, İ., ve Işık, H. (2024). Macromycetes determined in Yıldız Mountain (Sivas). *Anatolian Journal of Botany*, 8(2), 128-133.
- Doğan, H., Öztürk, Ö., ve Şanda, M. A. Ş. (2021). The Mycobiota Of Samanlı Mountains In Turkey. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 22(2), 215-243.
- Doğan, H. H., ve Kurt, F. (2016). New macrofungi records from Turkey and macrofungal diversity of Pozantı-Adana. *Turkish Journal of Botany*, 40(2), 209-217.
- Gulden, G., ve Vesterholt, J. (1999). The genera *Galerina* and *Phaeogalera* (Basidiomycetes, Agaricales) on the Faroe Islands. *Nordic Journal of Botany*, 19(6), 685.
- Gulden, G., Stensrud, Ø., Shalchian-Tabrizi, K., ve Kausrud, H. (2005). *Galerina* Earle: a polyphyletic genus in the consortium of dark-spored agarics. *Mycologia*, 97(4), 823-837.
- Güngör, H., Solak, M. H., Allı, H., Işıloğlu, M., ve Kalmış, E. (2016). Contributions to the macrofungal diversity of Muğla province (Turkey). *Mycotaxon*, 131(1), 255-256.
- Horak E. (1994). Addenda ad *Galerinam*. 1. *Galerina robertii* sp. n., eine neue Art aus den franzo'sischen Alpen. *Zeitschr Mykologie* 60:85-90.
- Kaşık, G., Aktaş, S., Öztürk, C., ve Doğan, H.H. (2010). Macrofungi distribution of Gevne Valley. *Mantar Dergisi*, 1(2): 25-32.
- Kaya, A. (2009). Macromycetes of Kahramanmaraş Province (Turkey). *Mycotaxon*, 108(1), 31-34.
- Kaya, A., Uzun, Ya., Karacan, H.İ., ve Yakar, S. (2019). Contributions to the Macromycota of Gaziantep Province. *Kastamonu Üniv., Journal of Forestry Faculty*, 19(3): 329-341.
- Keleş, A., Akçay, M. E., Uzun, Y., Sadullahoğlu, C., ve Kesici, S. (2024). Macromycetes determined in Baykan (Siirt) district. *Anatolian Journal of Botany*, 8(1), 77-83.
- Kesici S., Sadullahoğlu C. Akçay M.E., ve Uzun Y.(2024). *Neocucurbitaria rhamnicola*: Türkiye İçin Yeni Bir Makromantar Kaydı, *Mantar Dergisi*, 15(2), 128-131.
- Matheny, PB., Curtis, JM., Hofstetter, V., Aime, MC., Moncalvo, J-M et al. (2006). Major clades of Agaricales: a multilocus phylogenetic overview. *Mycologia*, 98(6):982-995. doi:10.3852/mycologia.98.6. 982.

- Öztürk, C., Kaşık, G., Doğan, H. H., ve Aktaş, S. (2003). Macrofungi of Alanya district. *Turkish Journal of Botany*, 27(4), 303-312.
- Polat T ve Keleş A (2022). Macrofungal biodiversity of Kop Mount (Bayburt-Erzurum). *Anatolian Journal of Botany*, 6(2): 109- 114.
- 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., 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. *İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını*. 1117 sayfa, İstanbul.
- Smith, A. H., ve Singer, R. (1964). A Monograph on the Genus *Galerina* Earle. *Hafner Publishing Company*.
- Solak M. H., ve Türkoğlu A (2022). Macrofungi of Turkey checklist, volume 3. *İzmir: Kanyılmaz Matbaacılık*
- Türkekul, İ., ve Işık, H. (2016). Contribution to the macrofungal diversity of Yozgat Province (Turkey). *Mycotaxon*, 131(2), 483-484.
- Uzun, Ya., ve Kaya, A. (2020). The checklist of the macromycetes determined in Gaziantep province. *Anatolian Journal of Botany*, 4(2), 106-115.
- Uzun, Ya., ve Kaya, A. (2022). Macromycetes Determined in Tonya (Trabzon) District. *KSU J. Agric Nat*, 25(1):66-77.
- Uzun, Ya. (2024). The checklist of macrofungi of Karaman province. *Anatolian Journal of Botany*, 8(2), 157-167.
- Watling, R. (1982). *British Fungus Flora: Agarics and Boleti 3: Bolbitiaceae: Agrocybe, Bolbitius & Conocybe*. Royal Botanic Garden Edinburgh, Birleşik Krallık, 140 sayfa.



This article is cited as: Acar, İ., Karabiyik, H., Yaren, Z. (2025). A Rarely Documented Forest Fungus: First Record of *Dendrodochium citrinum* from Çanakkale (Türkiye), *Mantar Dergisi*, 16(1)49-54

Geliş(Received) :16.02.2025
Kabul(Accepted) :07.03.2025

Research Article
Doi: 10.30708.mantar.1640753

A Rarely Documented Forest Fungus: First Record of *Dendrodochium citrinum* from Çanakkale (Türkiye)

İsmail ACAR¹, Halide KARABIYIK^{2*}
Zafer YAREN³

* Corresponding Author: halidekarabiyik@trakya.edu.tr

¹ Van Yüzüncü Yıl University, Başkale Vocational High School, Department of Organic Agriculture, Van, Türkiye / ismailacar@yyu.edu.tr

² Trakya University, Arda Vocational School, Food Processing Department, Edirne, Türkiye / halidekarabiyik@trakya.edu.tr

³ Van Yüzüncü Yıl University, Department of Molecular Biology and Genetics, Van, Türkiye / zfryrn.65@gmail.com

Abstract: Nectrioid fungi are important for natural and human life as decomposers of plant residues, plant, insect, and human pathogens, biological control agents, and producers of enzymes, mycotoxins, or food. In this paper, macro/micro photographs, microcharacter drawings, collection place, and date, and a brief description of *Dendrodochium citrinum*, which is a new record for the mycobiota of Türkiye and which has no record of any teleomorph stage so far, are presented and discussed.

Keywords: Ascomycota, Nectrioid fungi, Saprophyte, New record, Türkiye

Nadiren Kaydedilen Bir Orman Mantarı: *Dendrodochium citrinum*'un Çanakkale (Türkiye)'den İlk Kaydı

Öz: Nektroioid mantarlar bitki artıklarının ayrıştırıcıları, bitki, böcek ve insan patojenleri, biyolojik kontrol ajanları ve enzim, mikotoksin veya gıda üreticileri olmalarından dolayı doğal yaşam ve insan yaşamı için önem arz etmektedirler. Bu makalede Türkiye mikrobiyotası için yeni kayıt olarak sunulan, nektroioid mantarlar içerisinde yer alan, şimdiye kadar hiçbir teleomorf evresi kaydı bulunmayan *Dendrodochium citrinum*'a ait makro/mikro fotoğraflar, mikro karakterlerin çizimi, toplanma yeri ve tarihi ve türün kısa tanımı verilerek, tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ascomycota, Nektroioid mantarlar, Saprofit, Yeni kayıt, Türkiye

Introduction

Sordariomycetes, one of the largest classes of *Ascomycota*, including six subclasses, 32 orders, 105 families, and 1331 genera, characterized by inoperculate unitunicate asci and mostly perithecial ascomata. The class has many habitats, including fresh and salt water, and usually contains plant pathogenic species. However, it also includes saprobes, epiphytes, endophytes, fungicol, and coprophilic, lichenised, or lichenicol taxa (Maharachchikumbura et al., 2016). *Hypocreomycetidae*, one of the six subclasses, includes *Coronophorales*,

Halosphaeriales, *Hypocreales* and *Microascales*. *Microascales* are paraphyletic, while the other three orders are monophyletic (Eriksson, 2006; Maharachchikumbura et al., 2016). *Hypocreales*, represented by the families *Bionectriaceae*, *Clavicipitaceae*, *Clavicipitaceae*, *Cordycipitaceae*, *Flammocladiaceae*, *Hypocreaceae*, *Nectriaceae*, *Niessliaceae*, *Ophiocordycipitaceae*, *Stachybotriaceae* and *Tilachlidiaceae*, are highly diverse in tropical and subtropical regions (Maharachchikumbura et al., 2016; Pöldmaa, 2011).



Bionectriaceae, which includes asexual morph taxa in *Hypocreales* and represented by 39 genera, was found to be monophyletic as a result of phylogenetic analyses (Rossman et al., 2001; Maharachchikumbura et al., 2015). The sexual stage of the family has uniloculate, perithecial, rarely cleistothecial, subglobose or pyriform ascomata in pale tan, white, yellow, orange, reddish brown, greenish or purple to violet, or brown colours, usually not changing colour in KOH or lactic acid (Maharachchikumbura et al., 2016; Rossman et al., 2001). In the asexual reproductive stage, they have gliocladium, acremonium or hypomycetous-like structure. Conidiophores are dimorphic or monomorphic and usually sporodococcal or synnematus. Conidiophores are glassy, subhyaline, blackish brown, or brownish and may have thin echinulate or smooth walls. Conidiogenous cells are phialidic and mostly cylindrical or flask-shaped. Conidia are unicellular or multicompartmental and may be ellipsoidal, spindle-shaped, or semi-spindle-shaped. The tips are papillate or truncate, hyaline, greenish hyaline or olive-grey, with smooth or striated walls (Maharachchikumbura et al., 2016). Previously, the

teleomorph and anamorph stages of a fungus, both within the aforementioned order and others, had different names; however, according to the decision taken at the International Botanical Congress held in Melbourne

(Australia) in July 2011, it was decided to use only one scientific name regardless of the unique morphs of fungi (McNeill et al., 2012) and the single-name nomenclature system was explained in the declaration published under the title 'The Amsterdam Declaration on Fungal Nomenclature' (Hawksworth et al., 2011) published under the title 'The Amsterdam Declaration on Fungal Nomenclature' (Asan et al., 2019; Rossman et al., 2013).

When the fungal list of Turkey (Sesli et al., 2020) and some recent studies on *Ascomycota* (Acar, 2023; Acar et al., 2020; Acar & Karabıyık, 2024a,b; Berber et al., 2021; Dizkirici & Acar, 2022; Doğan et al., 2024; Kesici et al., 2024; Terman et al., 2024; Uzun & Kaya, 2021) were checked, it was determined that *Dendrodochium citrinum* Grove is a new record. This study aims to present *D. citrinum*, a nectrioid species with no teleomorph stage record so far, as a new record and to contribute to the distribution of *Bionectriaceae* in Türkiye and the mycobiota of the country.

Material and Method

The present study material was determined on a *Pinus brutia* L. branch fragment (Figure 1) near Serçiler (Çanakkale) village on 28.01.2025 and photographed from different angles in its natural habitat.

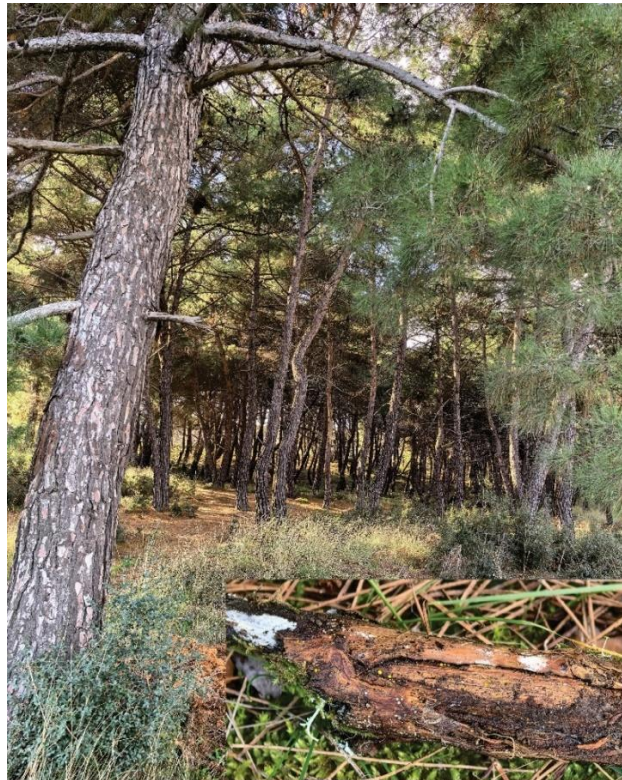


Figure 1. Research area (*Pinus brutia* L. trees)

The necessary information about the sample (date, place of collection, substrate, macroscopic characteristics) was recorded. The collected specimens were transported to the laboratory. The fruit bodies were removed from the substrate under the stereomicroscope, dried, placed in polyethylene bags, labelled, and then prepared as fungarium material for further examination. The Leica DM500 light microscope was used for the microscopic examinations to identify the fungus. Micromorphological characters such as conidiophores and conidia were photographed under the microscope, and after clarification, different photographs were taken for each character. The largest and smallest sizes of the photographed microstructures were measured at least 30 times using the Leica Application Suite (version 3.4.0) programme to ensure reliable ranges. *Dendrodochium citrinum* was identified following the methods described by Ellis & Ellis, 1997 and Torrejón, 2013. For clarity, the micromorphological characters of *D. citrinum* were drawn using CorelDRAW (64-bit) software. After the species identification process was completed, *D. citrinum* was preserved as fungarium material in Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Science, Department of Biology (VANF) fungarium under appropriate conditions.

Result

Examination of the samples obtained from the field revealed that the taxon is *Dendrodochium citrinum*, which is a new record for Türkiye. A brief description of the new record *Dendrodochium citrinum* (*Bionectriaceae*), photographs taken in its natural habitat, microscopic images, and drawings of microcharacters are presented.

Ascomycota Caval.-Sm.

Sordariomycetes O.E. Erikss. & Winka

Hypocreales Lindau

Bionectriaceae Samuels & Rossman

Dendrodochium Bonord.

Dendrodochium citrinum Grove (Figure 2–3)

Fructifications 0.4–1.5 mm, pustuliform, cupulate, then discoid, bright lemon yellow, some with a thin fringe of white hairs. **Conidia** 1.4–2.1 μm , hyaline, arising from a conidiophore branched in a palisade.

Habitat: on dead branches and pine cones of *Pinus* spp. (Ellis and Ellis, 1997; Torrejón, 2013)

Specimens examined: Türkiye, Çanakkale, Around Serçiler village, 40° 03'02"N, 26° 35'35"E, 115 m, on branch of *Pinus brutia*, 28.01.2025, Acar 2054.



Figure 2. *Dendrodochium citrinum* a–b. Fructifications in natural habitat

Scale bar: 1 mm for (a)

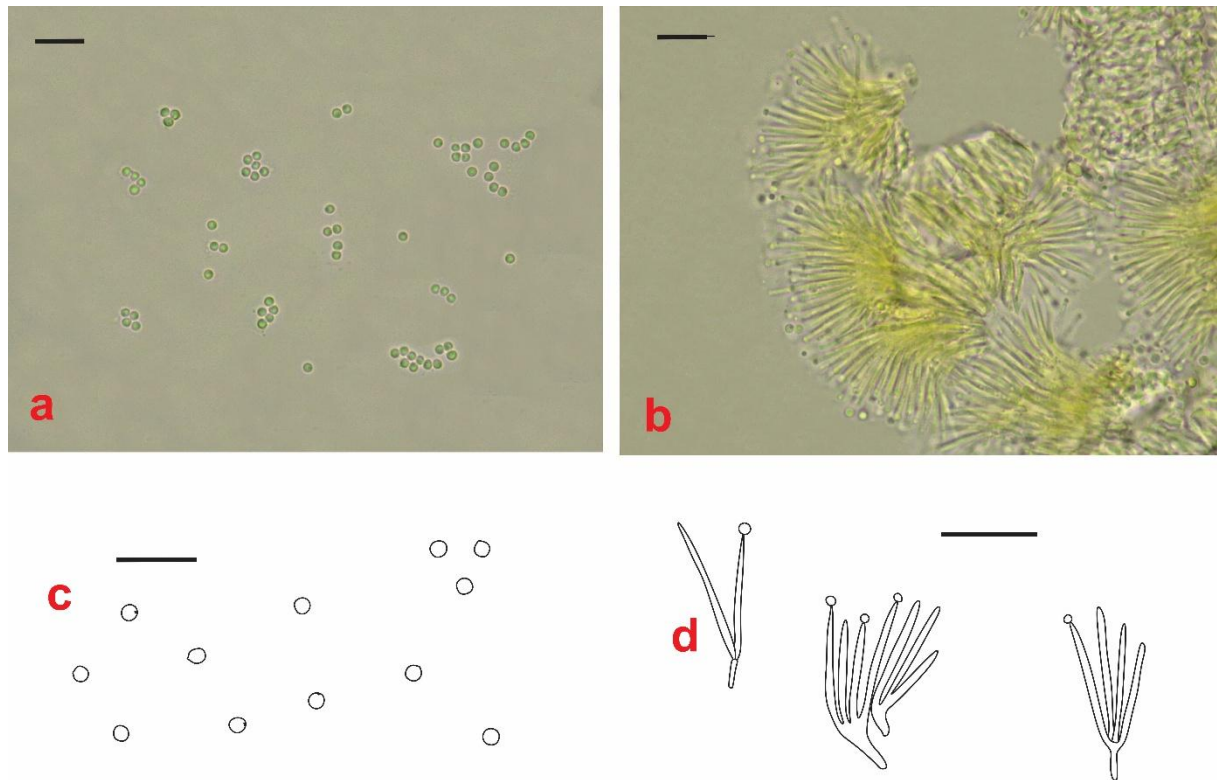


Figure 3. *Dendrodochium citrinum* a–c. Conidia, b–d. Conidiophore

Scale bar: 10 µm

Discussions

Dendrodochium citrinum, which has no known teleomorph stage, can rarely be confused with *Calycina claroflava* (Grev.) Kuntz and *C. citrina* (Hedw.) Gray in the field. *Calycina citrina* has larger fruiting body and differences in microscopic characters among the confusable species. When the micromorphological characters of both species are examined, they can easily be distinguished from *D. citrinum* (Beug et al., 2014; Kuo, 2021).

In previous studies, *Dendrodochium rubellum* Sacc. on dead and broken branches of *Castanea sativa* Mill. (chestnut) and *D. gelatinosum* (Fuckel) Höhn. on branches of *Juglans regia* L. (walnut) trees belonging to the genus *Dendrodochium* from our country (Selçuk et al., 2014; Selçuk and Cebeci, 2016).

This study determined that *D. citrinum*, identified through analyses using macro/micro characters, is a new

record for Türkiye. Thus, a new record belonging to the family Bionectriaceae, which is positioned within the Hypocreales order, was reported, contributing to the distribution of *Hypocreales* in Türkiye and to the country's mycobiota.

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 (İsmail Acar, Halide Karabıyık, Zafer Yaren).

References

- Acar, A., Uzun, Y. and Akata, I. (2020). Some Macrofungi Determined in Şemdinli and Yüksekova Districts (Hakkâri-Turkey). *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 23 (1) 157–167.
- Acar, İ. (2023). A New Locality Record from the Order of Helotiales; *Cistella grevillei*. *Mantar Derg.*, 14 (2) 78-81.
- Acar, İ. and Karabıyık, H. (2024a). *Lasiobelonium loniceræ* (Alb. & Schwein.) Raitv.= A Novel Record for Türkiye. *TURKJANS*, 11 (3) 791-796.
- Acar, İ. and Karabıyık, H. (2024b). *Brunnipila calyculiformis* (Schumach.) Baral: A Novel Record for Türkiye. *Cumhuriyet Sci. J.*, 45 (3) 486-489.
- Asan, A., Giray, G., Demirel, R. and Aydoğdu, H. (2019). Single Name Nomenclature of Fungi and its Some Reflections Since 2011 especially in Turkey. *Mantar Dergisi*, 10 (3) 50-59.
- Berber, O., Uzun, Y. and Kaya, A. (2021). First report of *Octospora neerlandica* from Asian Continent. *Mantar Derg.*, 12 (1) 61-64.
- Beug, M.W., Bessette, A.E. and Bessette, A.R. (2014). *Ascomycete Fungi of North America: a mushroom reference guide*. University of Texas Press, 488 p., Austin.
- Dizkirci, A. and Acar İ. (2022). *Hymenoscyphus conscriptus* & *H. fucatus*, Newly Recorded from Turkey. *Mycotaxon*, 137 (3) 555-567.
- Doğan, H. H., Şen, İ. and Allı, H. (2024). *Tuber magnatum* Picco: A New Record for the Turkish mycobiota. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 25 (2), 203-210.
- Ellis M.B. and Ellis P. (1997). *Microfungi on Land Plants. New enlarged edition*. The Richmond Publishing, 868 p., Slough, England.
- Eriksson, O.E. (2006). Outline of Ascomycota - 2006. *Myconet* 12 1–82.
- Hawksworth, D. L., Crous, P. W., Redhead, S. A., Reynolds, D. R., Samson, R. A., Seifert, K. A., Taylor, J. W., Wingfield, M. J., Abaci, Ö., Aime, C., Asan, A., Bai, F. Y., de Beer, Z. W., Begerow, D., Berikten, D., Boekhout, T., Buchanan, P. K., Burgess, T., Buzina, W., Cai, L., Cannon, P. F., Crane, J. L., Damm, U., Daniel, H. M., van Diepeningen, A. D., Druzhinina, I., Dyer, P. S., Eberhardt, U., Fell, J. W., Frisvad, J. C., Geiser, D. M., Geml, J., Glienke, C., Gräfenhan, T., Groenewald, J. Z., Groenewald, M., de Gruyter, J., Guého-Kellermann, E., Guo, L. D., Hibbett, D. S., Hong, S. B., de Hoog, G. S., Houbraken, J., Huhndorf, S. M., Hyde, K. D., Ismail, A., Johnston, P. R., Kadaifciler, D. G., Kirk, P. M., Kõljalg, U., Kurtzman, C. P., Lagneau, P. E., Lévesque, C. A., Liu, X., Lombard, L., Meyer, W., Miller, A., Minter, D. W., Najafzadeh, M. J., Norvell, L., Ozerskaya, S. M., Öziç, R., Pennycook, S. R., Peterson, S. W., Pettersson, O. V., Quaedvlieg, W., Robert, V. A., Ruibal, C., Schnürer, J., Schroers, H. J., Shivas, R., Slippers, B., Spierenburg, H., Takashima, M., Taşkın, E., Thines, M., Thrane, U., Uztan, A., van Raak, M., Varga, János, V., Aida, V., Gerard, V., Sandra I. R., de Vries, R. P., Weir, B. S., Yilmaz, N., Yurkov, A., Zhang, N. (2011). The Amsterdam declaration on fungal nomenclature. *IMA Fungus*, 2, 105-111.
- Kesici, S., Sadullahoğlu, C., Akçay, M. E., and Uzun, Y. (2024). *Neocucurbitaria rhamnicola*: Türkiye İçin Yeni Bir Makromantar Kaydı. *Mantar Dergisi*, 15 (2) 128-131.
- Kuo, M. (2021). *Bisporella citrina*. Retrieved from the MushroomExpert.Com Web site: http://www.mushroomexpert.com/bisporella_citrina.html Access date: 10.02.2025.
- Maharachchikumbura, S. S., Hyde, K. D., Jones, E. G., McKenzie, E. H., Huang, S. K., Abdel-Wahab, M. A., Daranagama, D. A., Dayarathne, M., D'souza, M. J., Goonasekara, I. D., Hongsanan, S., Jayawardena, R. S., Kirk, P. M., Konta, S., Liu, J. K., Liu, Z. Y., Norphanphoun, C., Pang, K. L., Perera, R. H., Senanayake, I., C., Shang, Q.J., Shenoy, B. D., Xiao, Y., Bahkali, A. H., Kang, J., Somrothipol, S., Suetrong, S., Wen, T. and Xu, J. (2015). Towards a Natural Classification and Backbone Tree for Sordariomycetes. *Fungal Divers.* 72, 199-301.
- Maharachchikumbura, S. S., Hyde, K. D., Jones, E. G., McKenzie, E. H. C., Bhat, J. D., Dayarathne, M. C., Huang S.K., Norphanphoun C., Senanayake I.C., Perera R.H., Shang, Q. J., Xiao, Y., D'souza, M. J., Hongsanan, S., Jayawardena, R. S., Daranagama, D. A., Konta, S., Goonasekara, I. D., Zhuang, W. Y., Jeewon, R., Phillips, A. J. L., Abdel-Wahab, M. A., Al-Sadi, A. M., Bahkali, A. H., Boonmee, S., Boonyuen, N., Cheewangkoon, R., Dissanayake, A. J., Kang, J., Li, Q. R., Liu, J. K., Liu, X. Z., Liu, Z. Y., Luangsa-ard, J. J., Pang, K. L., Phookamsak, R., Promputtha, I., Suetrong, S., Stadler, M., Wen, T., Wijayawardene, N. N. (2016). Families of Sordariomycetes. *Fungal Divers.*, 79, 1-317.
- McNeill, J., Barrie, F.F., Buck, W.R., Demoulin, V., Greuter, W., Hawksworth, D.L., Herendeen, P.S., Knapp, S., Marhold, K., Prado, J., Prud'homme, van Reine W.F., Smith, G.F., Wiersema, J., Turland, N.J. (eds.) (2012). *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne Code)*. Königstein: Koeltz Scientific Books. 208 p., Germany.
- Pöldmaa, K. (2011). Tropical Species of *Cladobotryum* and *Hypomyces* Producing Red Pigments. *Studies Mycol.*, 68 (1) 1-34.
- Rossman, A. Y., McKemy, J. M., Pardo-Schultheiss, R. A. and Schroers, H. J. (2001). Molecular studies of the Bionectriaceae using large subunit rDNA sequences. *Mycologia*, 93 (1) 100-110.
- Rossman, A. Y., Seifert, K. A., Samuels, G. J., Minnis, A. M., Schroers, H. J., Lombard, L., Crous, P. W., Pöldmaa, K., Cannon, P. F., Summerbell, r. C., Geiser, D. M., Zhuang, W. Y., Hirooka, Y., Herrera, C., Salgado-Salazar, C. and

- Chaverri, P. (2013). Genera in *Bionectriaceae*, *Hypocreaceae*, and *Nectriaceae* (*Hypocreales*) Proposed for Acceptance or Rejection. *IMA Fungus*, 4, 41-51.
- Selçuk, F., Huseyin, E., Sahin, A., and Cebeci, C. C. (2014). Hyphomycetous Fungi in Several Forest Ecosystems of Black Sea Provinces of Turkey. *Mycosphere* 5 (2) 334-344.
- Selçuk, F. and Cebeci, C. C. (2016). New Records for Micromycota of *Juglans regia* L. on Level of Genera and Species. International Forestry Symposium (IFS 2016), 07-10 December 2016, Proceedings, (ss. 72-75) Kastamonu-Türkiye.
- Sesli, E., Asan, A., and 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.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 (The Checklist of Fungi of Turkey)*. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını, 1177 sayfa, İstanbul.
- Terman, Ş. A., Akçay, M. E. and Dizkırıncı, A. (2024). First Record of *Helvella capucina* in Türkiye: Morphological and Molecular Characterization. *Mantar Dergisi*, 15 (Özel Sayı) 66-72.
- Torrejón, M. (2013). Fungi of Cyprus: new data on micro-and macrofungi. *Acta Mycol.*, 48 (2).
- Uzun, Y. and Kaya, A. (2021). First Record of *Elaphomyces decipiens* for the Mycobiota of Turkey. *Mantar Dergisi*, 12 (2) 134-137.



This article is cited as: Hancı, H., İgan, H. (2025). Fungal Diversity of Hairdressers and Turkish Baths in Erzurum (Türkiye), Mantar Dergisi, 16(1)55-60

Geliş(Received) :18.02.2025

Kabul(Accepted) :24.03.2025

Research Article

Doi: 10.30708/mantar.1642204

Fungal Diversity of Hairdressers and Turkish Baths in Erzurum (Türkiye)

Hayrunisa HANCI^{1*}, Hakan İGAN²

* Corresponding Author: hayrunisa.hanci@hotmail.com

¹Ataturk University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Microbiology, Erzurum, TÜRKİYE hayrunisa.hanci@hotmail.com

²Health Sciences University, Erzurum City Hospital, Department of Medical Microbiology, Erzurum, TÜRKİYE /hakan_igan@hotmail.com

Abstract: The purpose of this study is to investigate fungal contamination in some hairdressers and Turkish baths in Erzurum/Türkiye. For the study, swab samples were collected from various materials used in hairdressers (n:407) and multiple areas of Turkish baths (n:435). The specimens were inoculated into suitable media for the fungus, and then the isolated fungi were identified. Fungal growth was detected in 107 (26.28%) hairdresser samples and 238 (54.71%) of the Turkish bath samples. Hairbrushes used in hairdressers and nail files were the materials with which fungi were most isolated. It was determined that the most fungal growth in the samples taken from Turkish baths was on the floor of the dressing rooms and slippers. While *Aspergillus* sp was the most isolated fungus genus in the hairdresser samples, *Candida* sp. was the most isolated fungus genus in the Turkish bath samples. The results of our study demonstrate that although these environments are generally risky in terms of fungal infections, the contamination rates were lower compared to previous studies.

Keywords: Fungal colonization, Fungal contamination, Hairdressers, Turkish baths

Erzurum (Türkiye)'daki Kuaför ve Hamamlarda Fungal Çeşitlilik

Öz: Bu çalışmanın amacı Erzurum ilindeki bazı kuaför ve hamamlarda fungal kontaminasyonu araştırmaktır. Çalışma için kuaförlerde kullanılan çeşitli materyallerden (n:407) ve hamamların çeşitli alanlarından (n:435) sürüntü örnekleri toplandı. Örnekler mantar için uygun besiyerlerine ekildi ve daha sonra izole edilen mantarlar identifikasyona tabi tutuldu. Kuaför örneklerinin 107 (%26.28)'sinde, hamam örneklerinin ise 238 (%54.71)'inde fungal üreme tespit edildi. En fazla fungal üreme kuaförlerde kullanılan saç fırçaları ve tırnak törpülerinde saptandı. Hamamlardan alınan örneklerde fungal üreme en fazla soyunma odası zemininde ve terliklerde tespit edildi. Kuaför örneklerinde en fazla izole edilen fungal cins *Aspergillus* sp. iken, hamam örneklerinde en fazla izole edilen fungal cins *Candida* sp. oldu. Çalışmamızın sonuçları, bu ortamların genel olarak fungal enfeksiyonlar açısından riskli olmasına rağmen kontaminasyon oranlarının önceki çalışmalara göre daha düşük olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Fungal kolonizasyon, Fungal kontaminasyon, Kuaförler, Hamamlar,



Introduction

The worldwide incidence of fungal infections is increasing and posing a serious threat to global public health. While most of these infections are superficial infections affecting the hair, skin, and nails, some types can cause life-threatening illness (Lockhart and Guarner, 2019; Strickland and Shi, 2021). Dermatophytosis, one of the most common infectious diseases worldwide, is an infection of the superficial epidermal layers caused by dermatophyte fungi, as well as keratinised tissues such as hairs and nails (Hayette and Sacheli, 2015; Ramaraj et al., 2016; Faway et al., 2018). An increase in the incidence of dermatophytosis has been noted, especially in developing countries. Factors such as geographical location, climatic characteristics, hygiene habits, socioeconomic status, health services, and age of the person are significant factors affecting the epidemiology of dermatophyte infections, and children are more prone to dermatophyte infections (Araya et al., 2020). The dissemination of dermatophytes between humans can occur contact with infected patients or animals, or through contact with contaminated materials, thanks to the long-term survival of fungal arthroconidia. For example, insufficient disinfection of the tools used for haircuts in hairdressers contributes to the spread of dermatophytes (Faway et al., 2018; Coulibaly et al., 2015). Since hairdressers and beauty salons are one of the sectors where many materials are used jointly, the possibility of infectious diseases occurring in these environments is high (Vurucuoglu et al., 2018). If the hairdressers and beauty salons do not comply with the hygiene rules, many diseases, including fungal infections, can be transmitted to customers and employees (Ozaras et al., 2013).

Turkish baths (in other words, Turkish hammams) are environments temperature with high humidity at 35–45 °C. Traditional Turkish baths have an important place in social and cultural life as in cleaning and health in Turkish society and many other societies (Erdogan and Arslan, 2015; Tanis, 2021). However, many studies report that Turkish baths can be a source for fungal and bacterial infection agents (Erdogan and Arslan, 2015; Tanis, 2021; Benammar et al., 2017; El Ouardi et al., 2013; Savci and Sahin, 2019).

This study aims to investigate fungal contamination in some hairdressers and Turkish baths in Erzurum/Türkiye.

Material and Metod

Fungal Isolation from hairdressers

For the study, swab samples were taken from the materials used in 28 different hairdressers. Swab samples were collected from the from combs, hairbrushes, clippers, nail files, tweezers, nail clippers

and towels by using sterile cotton swabs moistened with sterile saline suspension. While taking the samples, special attention was paid to contact at least 5 cm²-10 cm² in diameter areas of the materials that come into contact with hair, skin or nails.

Fungal Isolation from hammams

Samples from 10 different Turkish baths were collected for this study. Swab samples were collected from the walls of the bath, the navel stone used in many of the bath rituals and located in the center of the bath, the floor of the bath, the basins (marble basin in which the bathing water is filled), slippers, the floor of the dressing areas, special clothes (loincloth-pestemal) used in the bath by using sterile cotton swabs moistened with sterile saline suspension. While taking the sample, special attention was paid to circulate the swaps in an area of at least 10 cm².

Identification of Fungi

The samples were inoculated on Sabouraud dextrose agar, Potato dextrose agar and mycobiotic agar media. Two media were used for each sample. One of the cultured medium pairs was incubated at room temperature (26 °C) and the other in an oven (37 °C). The cultures, which were incubated for four weeks, were checked for fungal growth twice a week. The fungal agents grown as a result of the culture were identified macroscopically and microscopically by conventional methods (gram stain, lactophenol cotton blue preparation, urease test).

Results

For this study, a total of 407 swab samples from various materials used in hairdressers and 435 swab samples were taken from various areas of the Turkish baths. Fungal growth was detected in 107 (26.28%) of the hairdresser samples and 238 (54.71%) of the Turkish bath samples.

Hair brushes and nail files in hairdressers were the materials with which fungi were isolated the most. In general, it was determined that the most frequently isolated fungus was *Aspergillus* sp. mold. Distribution of fungi isolated from the hairdresser samples is shown in Table 1 (Sesli et al., 2020).

It was determined that the most fungal growth in the samples taken from Turkish baths was on the floor of the dressing rooms and slippers. No fungal growth was detected in the navel stone, basin and loincloth (pestemal) samples. Yeast of the genus *Candida* sp. was the most commonly isolated fungus (15.17%) in the Turkish bath samples. Distribution of fungi isolated from Turkish bath samples is shown in Table 2 (Sesli et al., 2020). Fungal diversity of hairdressers and Turkish baths is shown in Figure 1.

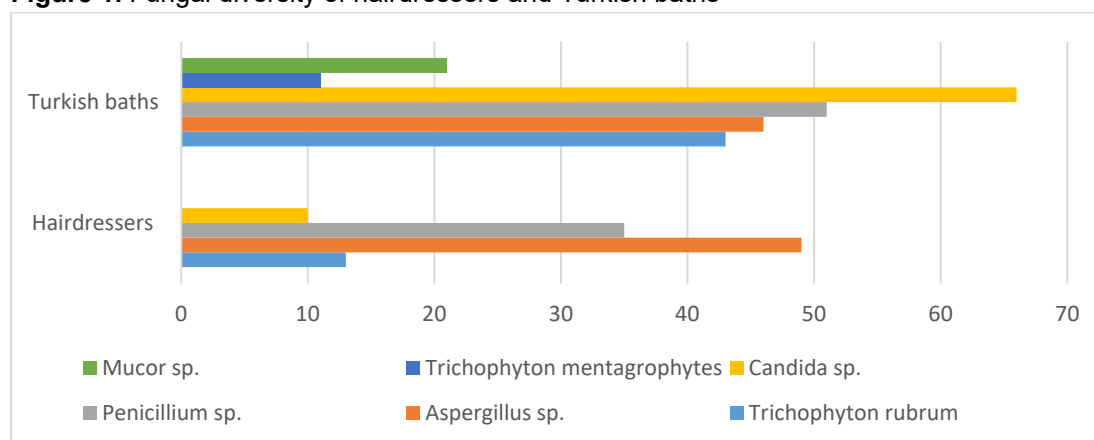
Table 1. Distribution of fungi isolated from the hairdressers samples

Fungi	Sampled Surfaces (number)							Total %
	Coombs (n:82)	Hairbrushes (n:97)	Clippers (n:44)	Nail files (n:38)	Tweezers (n:54)	Nail clippers (n:32)	Towels (n:60)	
Trichophyton rubrum (Castell.) Sabour. (In Turkish: Atletayak)	0	4	0	9	0	0	0	3.19
Aspergillus sp. (P.Micheli) (In Turkish: Asper)	9	15	0	14	0	0	11	12.03
Penicillium sp. (Link) (In Turkish: Penisilyum)	2	17	1	8	0	0	7	8.59
Candida sp. (Berkhout) (In Turkish: Kandida)	0	1	2	7	0	0	0	2.45

Table2. Distribution of fungi isolated from the Turkish bath samples

Fungi	Sampled surfaces (number)							Total %
	Walls (n:86)	Navel stone (n:37)	Hammam floor (n:94)	Basins (n:30)	Slippers (n:126)	Dressing areas floor (n:28)	Loinclothes (n:34)	
Trichophyton rubrum	0	0	0	0	24	19	0	9.88
Trichophyton mentagrophytes (C.P. Robin) sabour (In Turkish: Kasık atletayağı)	0	0	0	0	11	0	0	2.52
Aspergillus sp.	12	0	4	0	13	17	0	10.57
Penicillium sp.	5	0	6	0	27	13	0	11.72
Mucor sp. (P.Micheli) (In Turkish: Ekmekküfü)	1	0	3	0	9	8	0	4.82
Candida sp.	7	0	13	0	21	25	0	15.17

Figure 1. Fungal diversity of hairdressers and Turkish baths



Discussions

Mycoses are fungal infections that can occur in humans, ranging from simple infections such as tinea

pedis or athlete's foot to deep infections associated with morbidity and mortality (Hay, 2006). The incidence of fungal infections is increasing worldwide. The increase in

the number of individuals with weakened immune systems for various reasons has brought along an increase in the number of individuals at risk for fungal infections (Lockhart and Guarner, 2019). Fungal infections are named according to the area where they appear on the body. For example, tinea capitis is an infection of the scalp and hair caused by dermatophyte fungi, while onychomycosis is an infection of the nails (Uslu et al., 2008; Ghannoum and Isham, 2014). Contact with pathogenic fungi has an important role in increasing the prevalence of superficial fungal infections (Gräser et al., 2018). The fact that fungal arthroconidia remains contagious for more than 1 year in inanimate environments increases the possibility of dermatophyte infections. Fungal spores can be transmitted from person to person with common objects such as combs, brushes, towels and slippers that are contaminated with the skin or hair of infected people (Faway et al., 2018; Winge et al., 2009).

Hairdressers are one of the occupational groups with the lowest awareness about health issues, which are a serious threat to public health, and which have the risk of contagious diseases (Vurucuoglu et al., 2018). If hygiene rules are not followed adequately, hairdressers and Turkish baths can be risky areas in terms of fungal infections like many infections. Moreover, there are many studies reporting that fungal agents are common in hairdressers and Turkish baths (Ozaras et al., 2013; Erdogan and Arslan, 2015; Tanis, 2021; Benammar et al., 2017; El Ouardi et al., 2013; Savci and Sahin, 2019; Uslu et al., 2008; Goksugur et al., 2006; Soyinka, 1978).

Müller et al. (2021), reported that tinea capitis and/or barbae developed in 18 young men who received service from the same hairdresser and found that these infections were caused by inadequate disinfection of hair cutting tools. Coulibaly et al. (2015), investigated dermatophyte contamination in the tools used in hairdressing salons and found that the contamination was seriously high. Uslu et al. (2008), investigated fungal contaminations in different barber materials and reported that non-dermatophytic molds such as *Aspergillus* sp. (40.2%) and *Penicillium* sp. (21.8%) were isolated at a very high rate. In the same study, it was reported that *Trichophyton rubrum* was isolated at a rate of 5.7% and *Candida* sp. at a rate of 4.5%. In our study, 3.19% of *Trichophyton rubrum*, 8.59% *Penicillium* sp., 12.03% of *Aspergillus* sp., and finally 2.45% of *Candida* sp. were found in hairdresser samples. It is understood that fungal isolation rates were lower in our study. In terms of preventing the risk of contamination in hairdressers, it is very important for employees to be aware of the transmission routes of fungi. In a study on this subject (Ozaras et al., 2013), it was seen that the rate of those

who know that nail fungus can be transmitted from person to person by close contact is only 27%. However, the increase in compliance with the hygiene rules in general with the Covid-19 pandemic may have contributed to the creation of more hygienic environments in hairdressers. This may have contributed to our isolation of fungi at a lower rate.

Despite the opinion that Turkish baths are not suitable for fungal colonization due to their high temperature and humid environment, there are publications stating the opposite (Tanis, 2021; Goksugur et al., 2006). Benammar et al. (2017), reported that baths are environments that threaten public health in terms of the risk of pathogenic fungal contamination. In related studies, *Penicillium* sp. and *Aspergillus* sp. positivity are reported at high rates in general (Tanis, 2021; Benammar et al., 2017; Goksugur et al., 2006). For example, Goksugur et al. (2006), reported *Penicillium* sp. and *Aspergillus* sp. positivity at a rate of 25% in their study.

Microorganisms are an indicator of indoor air quality. At this point, fungal spores in the air pose a health threat. For example, most *Penicillium* species can produce multiple mycotoxins, and the type and amount of mycotoxin produced can be affected by factors such as ambient temperature and humidity (Koteswara et al., 2016). A study on this topic reported that the most isolated fungus from the air and surfaces in traditional public baths was *Penicillium* (Tabatabaei et al., 2020). *Aspergillus* sp., one of the saprophytic fungi, is a genus of fungi that can adapt to variable temperatures, pH, water and nutritional conditions. A range of clinically relevant consequences, from asymptomatic colonization to invasive infection, can occur when humans acquire *Aspergillus* spores (Thompson and Young, 2021). In our study, it was determined that *Penicillium* sp. and *Aspergillus* sp. isolation rates in both Turkish baths and hairdressers were quite low compared to similar studies.

In our study, one of the most frequently isolated fungi, especially in Turkish baths, is *Candida* species. *Candida* species, a normally non-pathogenic commensal yeast, are opportunistic fungal pathogens and cause superficial and invasive infections associated with significant morbidity and mortality, especially in immunocompromised individuals (Wang et al., 2016). Our study results show that the frequency of *Candida* sp. isolation is also lower than other studies. Similarly, another type of fungus that we isolate from hammams and hairdressers at a lower rate than other studies are dermatophyte fungus species (Tanis, 2021; Benammar et al., 2017; Uslu et al., 2008; Goksugur et al., 2006).

When the results are evaluated, it is understood that the riskiest environments for both *Candida* sp. and

dermatophyte fungi are slippers, dressing room floors and nail files.

The results of our study in which we examined fungal contamination in Turkish baths and hairdressing salons demonstrate that although it is understood that these environments are risky in terms of fungal infections, the contamination rates are lower compared to previous studies. As the cause for this situation, the first probability that comes to mind is the global positive effect of the Covid-19 pandemic on personal and general hygiene habits. However, the minimization of the existing risk can be possible with raising the awareness of the public and the workers of the aforementioned sectors regarding the transmission of infections and maintaining hygiene.

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 (Hayrunisa HANCI, Hakan IGAN)

References

- Araya, S., Tesfaye, B. and Fente, D., (2020). Epidemiology of Dermatophyte and non-dermatophyte fungi infection in Ethiopia. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.* 8(13) 291-297.
- Benammar, L., Menasria, T., Chergui, A. And Benfiala, S., (2017). Indoor fungal contamination of traditional public baths (Hammams). *Int. Biodeterior. Biodegradation.* 117 115-122.
- Coulibaly, O., Thera, M.A., Piarroux, R., Doumbo, O.K. and Ranque, S., (2015) High dermatophyte contamination levels in hairdressing salons of a West African suburban community. *Mycoses.* 58(2) 65-68.
- El Ouardi, A., Senouci, S., El Habib, F. and Ennaji, M., (2013). *Pseudomonas aeruginosa* in water of hamam or Turkish bath: Serotyping and antibiotic susceptibility. *Middle-East. J. Sci. Res.* 15(4) 487-492.
- Erdogan, H. and Arslan, H., (2015). Colonization of *Legionella* species in Turkish baths in hotels in Alanya, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 187(5) 235.
- Faway, É., Lambert de Rouvroit, C. and Poumay, Y., (2018). In vitro models of dermatophyte infection to investigate epidermal barrier alterations. *Exp. Dermatol.* 27(8) 915-922.
- Ghannoum, M. and Isham, N., (2014). Fungal nail infections (onychomycosis): a never-ending story? *PLoS. Pathog.* 10(6) e1004105.
- Goksugur, N., Karabay, O. And Kocoglu, E., (2006). Mycological flora of the Hammams, traditional Turkish bath. *Mycoses.* 49(5) 411-414.
- Gräser, Y., Monod, M., Bouchara, J.P., Dukik, K., Nenoff, P., Kargl, A., Kupsch, C., Zhan, P., Packeu, A., Chaturvedi, V., de Hoog, S., (2018). New insights in dermatophyte research. *Med. Mycol.* 56(1) 2-9.
- Hay, R.J., (2006). Fungal infections. *Clin. Dermatol.* 24 201-212.
- Hayette, M.P. and Sacheli, R., (2015). Dermatophytosis, trends in epidemiology and diagnostic approach. *Curr. Fungal. Infect. Rep.* 9(3) 164.
- Koteswara Rao, V., Girisham, S. and Madhusudhan Reddy, S., (2016). Prevalence of toxigenic *Penicillium* species associated with poultry house in Telangana, India. *Arch. Environ. Occup. Health.* 71(6) 353-361.
- Lockhart, S.R. and Guarner, J., (2019). Emerging and reemerging fungal infections. *Semin. Diagn. Pathol.*, 36(3) 177-181.
- Müller, V.L., Kappa-Markovi, K., Hyun, J., Georgas, D., Silberfarb, G., Paasch, U., Uhrhah, S., Nenoff, P., Schaller, J., (2021). Tinea capitis et barbae caused by *Trichophyton tonsurans*: A retrospective cohort study of an infection chain after shavings in barber shops. *Mycoses.* 64(4) 428-436.
- Ozaras, F., Caliskan, E. and Ozturk, C.E., (2013). The review of knowledge level about hygiene/infectious diseases and the investigation of blood-transmitted diseases and onychomycosis of the ladies hairdresser and beauty center workers. *Viral. Hepat. J.* 19 (3) 115-118.
- Ramaraj, V., Vijayaraman, R.S., Rangarajan, S. and Kindo, A.J., (2016). Incidence and prevalence of dermatophytosis in and around Chennai, Tamilnadu, India. *Int. J. Res. Med. Sci.* 4(3) 695700.
- Savcı, U. and Sahin, M., (2019). Investigation of fungal flora in hammams, Turkish baths: A field study. *J. Surg. Med.* 3(9) 640-643.
- 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.
- Soyinka, F., (1978). Epidemiologic study of dermatophyte infections in Nigeria (clinical survey and laboratory investigations). *Mycopathologia.* 63(2) 99-103.
- Strickland, A.B., Shi, M., (2021). Mechanisms of fungal dissemination. *Cell. Mol. Life. Sci.*, 78(7) 3219-3238.
- Tabatabaei, Z., Rafiee, A., Abbasi, A., Mehdizadeh, A., Morovati, R. and Hoseini, M., (2020). Investigation of fungal contamination in indoor air and on surfaces of traditional public baths in a historical city. *J Environ Health Sci Eng.* 18 (2): 925-932.
- Tanis, H., (2021). Pathogenic fungal flora of the Turkish hammams (Bath). *Rev. Argentina. de Clin. Psicol.* 30(2) 60-64.
- Thompson, G.R.3rd. and Young, J.H., (2021). *Aspergillus* Infections. *N. Engl. J. Med.* 385(16) 1496-1509.
- Uslu, H., Uyanik, M. and Ayyildiz, A., (2008). Mycological examination of the barbers' tools about sources of fungal infections. *Mycoses.* 51(5) 447-450.
- Vurucuoglu, A., Özdemir Güngör, D., Camuz Berber, İ. and Kidak, L.B., (2018). Information levels of hairdresser and beauty centre workers about infectious diseases and applied protection methods. *Izmir Democracy University Health Sciences Journal.* 1(1) 27-38.
- Wang, X., van de Veerdonk, F.L. and Netea, M.G., (2016). Basic Genetics and immunology of *Candida* infections. *Infect. Dis. Clin. North. Am.* 30(1) 85-102.
- Winge, M.C., Chrysanthou, E. and Wahlgren, C.F., (2009). Combs and hair-trimming tools as reservoirs for dermatophytes in juvenile tinea capitis. *Acta. Derm. Venereol.* 89(5) 536-537.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Ürün, K., Güneş, E., Alkan, S. (2025). Bazı Doğal Mantarların Etanol Ekstraktlarının Anti-MRSA ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Değerlendirilmesi, *Mantar Dergisi*, 16(1)61-70

Geliş(Received) :17.03.2025

Kabul(Accepted) :17.04.2025

Araştırma Makalesi

Doi: 10.30708/mantar.1659753

Bazı Doğal Mantarların Etanol Ekstraktlarının Anti-MRSA ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Değerlendirilmesi

Kumru ÜRÜN¹, Erdoğan GÜNEŞ², Sinan ALKAN^{3*}

*Sorumlu yazar: sinanalkan42@gmail.com

¹Konya Spor Lisesi, Selçuklu Konya / orucurun42@gmail.com 

²Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü/ erdogangunes@selcuk.edu.tr 

³Selçuk Üniversitesi, Çumra UBYO, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü/
sinanalkan@selcuk.edu.tr 

Öz: Bu çalışmanın amacı, *Hydnum repandum*, *Tricholoma fracticum* ve *Russula emetica* mantarlarının etanol ekstraktlarının bazı standart patojen mikroorganizmalara antimikrobiyal ve klinik kaynaklı Metisilin Dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) suşlarına karşı anti-MRSA aktivitesinin belirlenmesidir. Antimikrobiyal aktiviteyi belirlemek için sıvı mikrodilüsyon metodu kullanılmıştır. *Hydnum repandum*'un etanol ekstraktı standart mikroorganizmalar üzerine 0.02 – 3.12 mg/ ml dozlarında antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu, en yüksek aktivitenin 0.02 mg/ml Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MİK) değeriyle Gram pozitif *Bacillus cereus* suşuna karşı tespit edilmiştir. Ayrıca *Candida albicans*'a karşı belirlenen 1.56 mg/ml MİK değeriyle antifungal bir aktiviteye sahip olduğu da saptanmıştır. *H. repandum*'un etanol ekstraktının denenen klinik kaynaklı MRSA suşlarının hepsine 0.39 – 3.12 mg/ml arasında değişen dozlarda anti- MRSA aktivite gösterdiği belirlenmiştir. *Tricholoma fracticum*'un etanol ekstraktının en yüksek antibakteriyel aktivitesinin benzer şekilde 0.39 mg/ml dozla *B. cereus* suşuna karşı tespit edilmiş olup çalışılan diğer suşların bazılarında düşük bir aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Bu türün ayrıca antifungal bir aktiviteye sahip olmadığı saptanmıştır. Sadece dört MRSA suşuna karşı da zayıf bir anti-MRSA aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. *Russula emetica*'nın etanol ekstraktının ise sadece *Salmonella enteritidis*'e 3.12 mg/ml dozunda zayıf bir etki, *B. cereus*'a 0.39 mg/ml dozunda ise orta derecede bir etki gösterdiği saptanmıştır. Çalışılan diğer standart suşlara ve *C. albicans*'a karşı da herhangi bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca çalışılan klinik kaynaklı MRSA suşlarının üzerine anti-MRSA aktivitesinin olmadığı saptanmıştır. Diğer türlerle kıyaslandığında *H. repandum*'un etanol ekstraktının standart patojen mikroorganizmalara ve klinik kaynaklı MRSA suşlarına karşı daha yüksek oranda antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal, Anti-MRSA aktivite, Mantar, *Staphylococcus aureus*

Assessment of the Antimicrobial and Anti-MRSA Activities of Ethanol Extracts of Some Natural Mushrooms

Abstract: The aim of this study was to determine the antimicrobial activity of ethanol extracts of *Hydnum repandum*, *Tricholoma fracticum* and *Russula emetica* mushrooms against some standard pathogenic microorganisms and anti-MRSA activity against clinically originated Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) strains. Broth microdilution method was used to determine the antimicrobial activity. Ethanol extract of *H. repandum* had antimicrobial



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.

activity against standard microorganisms at doses of 0.02 – 3.12 mg/ml, the highest activity was found against Gram positive *Bacillus cereus* strain with a Minimum Inhibitory Concentration (MIC) value of 0.02 mg/ml. It was also found to have antifungal activity against *Candida albicans* with a MIC value of 1.56 mg/ml. It was determined that the ethanol extract of *H. repandum* showed anti-MRSA activity against all clinically sourced MRSA strains at doses ranging from 0.39 to 3.12 mg/ml. The highest antibacterial activity of the ethanol extract of *Tricholoma fracticum* was similarly determined against *B. cereus* at a dose of 0.39 mg/ml, while it was observed to have low activity against some of the other strains studied. It was also found that this species did not have antifungal activity. It was seen that it had weak anti-MRSA activity only against four MRSA strains. It was determined that the ethanol extract of *Russula emetica* had only a weak effect against *Salmonella enteritidis* at a dose of 3.12 mg/ml, and a moderate effect against *B. cereus* at a dose of 0.39 mg/ml. It was found that it did not have any antimicrobial activity against other standard strains and *C. albicans*. It was also seen that it did not have anti-MRSA activity against clinically sourced MRSA strains. It was concluded that the ethanol extract of *H. repandum* had higher antimicrobial activity against standard pathogenic microorganisms and clinically sourced MRSA strains compared to other species.

Keywords: Antimicrobial, Anti-MRSA activity, Mushroom, *Staphylococcus aureus*

Giriş

Günümüzde enfeksiyon hastalıkları insan sağlığı için en büyük tehditlerden biri olmaya devam etmektedir. Patojenik mikroorganizmaları etkili bir şekilde öldürmek için kullanılan antibiyotikler tıbbi bilimler alanında bir devrimi temsil etmiştir. 20. yüzyılda antibiyotiklerin keşfi ve kullanımı bakteriyel enfeksiyonların neden olduğu morbidite ve mortaliteyi önemli ölçüde azaltmıştır (Chopra ve ark., 1997). Son yıllarda insan tıbbında muazzam bir ilerleme kaydedilmiş olmasına rağmen; bakteriyel, fungal ve viral hastalıklar gelişmekte olan ülkelerde hala halk sağlığını tehdit etmektedir. Bu ülkelerdeki en büyük sorun yalnızca ilaçların göreceli olarak bulunamaması değil, aynı zamanda bu mikroorganizmalarda kullanımdaki antibiyotiklere karşı her geçen gün artmakta olan ilaç direncidir (Cos ve ark., 2006; Okeke ve ark., 2005). Çoklu ilaç direncine sahip bakteriler, bir veya daha fazla antimikrobiyal ajana dirençli mikroorganizmalardır. Genellikle piyasada bulunan bir veya iki antimikrobiyal ajan hariç hepsine dirençlidirler. Metisiline dirençli *S. aureus* (MRSA), çoklu ilaç direncine sahip bakterilerin önde gelenidir ve bu bakterinin neden olduğu enfeksiyonların tedavisi oldukça zordur. MRSA suşları kullanımda olan çoğu antimikrobiyal ajana dirençli olduğundan, bu sorunu aşmak için yeni anti-enfeksiyon ajanları araştırmak gerekli hale gelmiştir (Ogbole ve ark., 2019). Patojen mikroorganizmalarda görülen bu direnç artışına kullanımdaki kemoterapötiklerin yetersiz kalması, araştırmacıları tıbbi bitkiler ve ayrıca mantarlar gibi çeşitli kaynaklardan yeni antimikrobiyal maddeler arayışına sevk etmiştir (Nair ve Chanda, 2007; Nwachukwu ve Uzoeto, 2010). Bu hususta özellikle son yıllarda ülkemizde ve dünyada araştırmacılar mantarlar üzerine yoğunlaşmışlardır. Gerek yenebilen gerek yenilemeyen mantarlarla yapılan çalışmalarda farklı antimikrobiyal aktivitelerin bildirildiği çok sayıda çalışma dikkati

çekmektedir (Bains ve ark., 2023; Canpolat ve Canpolat, 2023; Dinçer ve ark., 2023; Gargano ve ark., 2025; İnci ve Kırbağ, 2024; Kim ve ark., 2022; Mkhize ve ark., 2022; Önay ve Güneş, 2024; Sevindik ve Bal, 2021; Soyuçok ve ark., 2022; Thanh ve ark., 2022; Waithaka ve ark., 2022).

Mantarlar, insan sağlığı açısından birçok önemli fayda sunan doğal organizmalardır. Mantarlar, vitaminler (özellikle B vitamini), mineraller (çinko, selenyum), lif ve antioksidanlar açısından zengindir. Düşük kalorili bir besin olarak sağlıklı bir diyetin parçası olabilirler. Bazı mantar türleri, bağışıklık sistemini güçlendiren beta-glukanlar gibi bileşenler içerir. Bu, vücudun enfeksiyonlarla savaşmasına yardımcı olabilir. Mantarlar, serbest radikalleri etkisiz hale getiren ve hücre hasarı önleyen antioksidanlar barındırır. Bu özellikleri sayesinde kanser ve yaşlanma ile ilişkili hastalıkların riskini azaltabilirler. Mantarlar, çeşitli sağlık faydaları sunan ve diyetimize zenginlik katan önemli bir besin kaynağıdır. Ancak, mantar tüketmeden önce hangi türlerin güvenli olduğunu bilmek önemlidir.

Yapılan çalışmada, *Hydnum repandum*, *Tricholoma fracticum* ve *Russula emetica* mantarlarının etanol ekstraktlarının bazı standart patojen mikroorganizmalara antimikrobiyal ve klinik kaynaklı MRSA suşlarına karşı anti-MRSA aktivitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Mantar Örneği ve ekstraksiyon

Çalışma kapsamında kullanılan mantar örnekleri yapılan arazi çalışmaları sırasında Konya-Kadınhanı ilçesine bağlı Kestel bölgesinde bulunan çam ormanlarından toplanmıştır. Toplama sırasında mantar örneklerinin zarar görmemesi ve teşhislerini kolaylaştırmak için özel toplama teknikleri kullanılmıştır.

Öncelikle arazide lokasyonlar belirlenmiş ve bulunan örneklerin ayrıntılı olarak resimleri çekilmiştir. Tespit edilen her mantarın sap, şapka ve hymenyum özellikleri yanı sıra habitat özelliklerini de yansıtacak şekilde ayrıntılı 2-3 adet resimleri çekilmiştir. Toplanan her örneğin ekolojik ve morfolojik özellikleri not edildikten sonra toplama numarası da verilerek mantarlar alüminyum folyo içine sarılmıştır. Örnekler zarar görmeden uygun kasalar içerisinde taze olarak fungaryum laboratuvarına getirilmiştir. Alüminyum folyo sayesinde mantarların su ve nem kaybı aza indirilerek ve dışarıdan alacakları darbeleri de en aza indirerek zarar görmeden laboratuvara getirilmeleri sağlanmıştır. Laboratuvara getirilen mantarlar alüminyum folyo içerisinden çıkarılıp sap ve şapkaları üzerindeki bitki ve toprak kalıntıları temizlendikten sonra özel olarak yaptırılmış kurutma fırınları içinde kurutulmuşlardır. Kuruyan örnekler uygun büyüklükteki kilitli buzdolabı poşetleri içerisine konularak teşhisleri yapılmıştır. Teşhis işlemi sırasında mantarların makro ve mikro yapısal özellikleri kameralı görüntüleme sistemleri (Leica EZ4D ve Leica DM 750 mikroskopları) ile tespit edilerek uygun resimli ve teşhis anahtarlı kitaplar ve bunlarla birlikte literatür kontrol edilmiştir (Breitenbach ve Kränzlin, 1986, 1991; Ellis ve Ellis, 1990; Kränzlin, 2005). Yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda mantar örneklerinin Türkçe ve Latince bilimsel adları literatüre göre tespit edilmiştir (Fungorum, 2015; Sesli ve ark., 2020). Çalışma sırasında toplanan örnekler ve literatür taraması sonucunda üç mantar örneğinin basidiokarpları bu çalışmamızın temel materyallerini oluşturmaktadır. Bu tespit edilen örneklerin aşağıda sırasıyla sistematik kategorileri verilmiştir. Ayrıca her bir örneğin Latince ismi,

türün yazar ismi, Türkçe ismi, lokalitesi, koordinatları, yüksekliği ve toplama tarihi aşağıda sırasıyla verilmiştir. Bununla birlikte mantara ait makroskobik ve mikroskobik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Fungi

Basidiomycota

Agaricomycetes

Cantharellales

Hydnaceae

Hydnum repandum L. (Türkçe Bilimsel İsmi:

siğirdilimantarı)

Kestel, 38° 07' 31" K – 32° 16' 03" D Yükseklik

1464m, 05.10.2024.

Fungi

Basidiomycota

Agaricomycetes

Russulales

Russulaceae

Russula emetica (Schaeff.) Pers. (Türkçe

Bilimsel İsmi: ağulu kirmir)

Kestel, 38° 07' 21" K – 32° 16' 04" D Yükseklik

1507m, 05.10.2024.

Fungi

Basidiomycota

Agaricomycetes

Agaricales

Tricholomataceae

Tricholoma fracticum (Britzelm.) Kreisel

(Türkçe Bilimsel İsmi: halkalıkarakız)

Kestel, 38° 08' 21" K – 32° 15' 24" D Yükseklik

1354m, 05.10.2024.

Tablo-1: Mantar örneklerinin makroskobik ve mikroskobik özellikleri

Tür	Habitat	Spor	Basidium	Makroskobisi
<i>Hydnum repandum</i> L.	Sert odunlu ve kozalaklı ormanlarda	Hyalin, oval ya da yarı oval 6-8×5-6.5µm	Silindirik klavat 35-50×6-8µm, 4 sterigmali. Sistidia yok.	Şapka içe doğru kıvrık, krem ya da toprak renginde, hymeniofor iğneli
<i>Russula emetica</i> (Schaeff.) Pers.	Genellikle toplu olarak kozalaklı ormanlarda, yaygın	Yarı oval, eliptik, 7.4-10.3×6.5-8.5µm, belirgin süslü	Klavat, 38-50×11-13µm, 4 sterigmali, sistidia var.	Şapka kiraz kırmızısı, sap beyaz, lamelli, kokusu meyveli
<i>Tricholoma fracticum</i> (Britzelm.) Kreisel	Kozalaklı ormanlarda, genellikle kalkerli topraklarda, çok yaygın değil.	Yuvarlağa yakın, pürüzsüz, renksiz, büyük yağ damlalı, 4.6-6.4×4-5.6µ	Klavat 35-42×7-8µ, 4 sterigmali, Sistidia yok.	Şapka açık kahveden koyu kahve rengine kadar, sap silindirik, lamelli, tek ya da grup halinde.

(Kaynak: Breitenbach ve Kränzlin, 1986,1991; Kränzlin, 2005)

Mantar örneklerinin teşhis işleminden sonra ekstraksiyon işlemleri başlamıştır (Güneş ve Alkan, 2024). Araziden toplanıp uygun şekilde laboratuvar

kurutulan örneklerin öğütülmeden önce dokularındaki nemi tamamen atabilmek için ekstraksiyon işleminden bir gün önce 24 saat boyunca etüvde 45-50°C de

dehidrasyon işlemine tabii tutulmuştur. Etüvde bekletilen her bir türe ait örnekler mekanik öğütücüde toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür. Her bir taksondan ayrı ayrı 10'ar g tartılarak soxhlet ekstraksiyon kartuşları içerisine yerleştirilmiştir. Kartuşlar uygun şekilde soxhlet cihazına yerleştirildikten sonra 110 ml etanol (C₂H₆O) soxhlet cihazının alt hanesinde bulunan balon jojelere ilave edilerek aynı anda ekstraksiyon işlemi başlatılmıştır. Yaklaşık olarak 8 saat kadar ekstraksiyon işlemi yapıldıktan sonra kartuşların içerisinde mantar tozlarının bulunduğu haznede bulunan çözücünün şeffaflaştığı tespit edilir edilmez özüt çıkarma işlemi sonlandırılmıştır. Çözücü ile birlikte mantar özütü Rotary Evaporatörde 70°C de 1.5 atm basınç altında birbirinden ayrıştırılmıştır. Bu işlem sonucunda elde edilen ekstraktlarda kalan çözücülerin tamamen özütlerin içerisinde uzaklaştırılması için özütler steril petri kapları içerisinde 45°C sıcaklığa ayarlanmış etüvde içerisinde bir gün daha bekletilerek çözücü kimyasaldan özütler tamamen ayrıştırılmıştır.

Kullanılan mikroorganizma suşları

Çalışma kapsamındaki mantar türlerinin etanol ekstraktının antimikrobiyal aktivitesini belirlemek için; *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC, 27853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70603, Metisilin Dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) ATCC 43300, *Salmonella enteritidis* ATCC 13076, *Sarcina lutea* ATCC 9341, *Bacillus cereus* ATCC 11778, standart bakteri suşları ve *Candida albicans* NRLL Y-417 maya suşu kullanılmıştır. Ayrıca anti-MRSA aktiviteyi belirlemek için de klinik örneklerden izole edilen 14 adet MRSA suşu kullanılmıştır. Bu suşlar Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Mikrobiyoloji Araştırma Laboratuvarından temin edilmiştir.

Antimikrobiyal aktivite

Mantar ekstraktlarının antimikrobiyal ve anti-MRSA aktivitelerinin belirlenmesi için CLSI (Clinical and Laboratory of Standards Institute) (2011) önerileri doğrultusunda bazı modifikasyonlarla sıvı mikrodilüsyon metodu kullanılmıştır (Zengin ve ark., 2014). Etanol ekstraktlarının patojen standart bakterilere, maya ve klinik kaynaklı MRSA suşlarına karşı Minimum İnhibisyon Konsantrasyonları (MİK) belirlenmiştir. Stok halde bulunan tüm mikroorganizma suşları Brain Hearth İnfüzyon besiyerine ekilerek taze kültürleri hazırlanmıştır. Mikroorganizma kültürlerinin yoğunluğu çalışma esnasında 0.5 McFarland standart bulanıklığına (10⁸ Kob/ml) eşit olacak şekilde hazırlandı ve daha sonra her kuyucuktaki inokulumun son konsantrasyonu 5x10⁵ Kob/ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Steril 96 kuyucuklu

pleyitin her bir kuyucuğuna çok kanallı otomatik pipet vasıtasıyla 100 µl Müller Hinton Broth besiyeri ilave edilmiştir. Başlangıçta 50 mg/ml konsantrasyonda hazırlanan mantar ekstrakt solüsyonları, mikroyektlerin ilk kuyucuklarına 100 µl olarak eklenmiş ve kalan kuyucuklara ekstraktların iki kat dilüsyonu (12,5-0,006 mg/ml) yapılmıştır. Daha sonra her kuyucuğa 100 µl kültür süspansiyonu inoküle edildi. Negatif kontrol olarak DMSO ve pozitif kontrol olarak Gentamisin kullanılmıştır. Son olarak pleytler 37°C'de 18-24 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda kuyucuklara 20 µl 2,3,5-trifeniltetrazolyum klorit eklenerek ve 30 dakika daha inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda pleytlerde gözle görülür bir üremenin olmadığı yani pembe veya kırmızı renkte olmayan son kuyucuk ise MİK olarak belirlenmiştir.

Bulgular

Yapılan çalışmada, sıvı mikrodilüsyon yöntemiyle *Hydnum repandum*, *Tricholoma fracticum* ve *Russula emetica* mantarlarının etanol ekstraktlarının standart patojen mikroorganizmalara ve klinik kaynaklı MRSA suşlarına karşı elde edilen Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MİK) değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Hydnum repandum mantarının etanol ekstraktından elde edilen sonuçlara baktığımızda standart mikroorganizmalar üzerine 0.02 – 3.12 mg/ ml dozlarında antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır. Gram pozitif *B. cereus* suşuna karşı 0.02 mg/ml MİK değeriyle oldukça yüksek antibakteriyal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Aynı şekilde gram pozitif *S. lutea* suşuna karşı da 0.39 mg/ml dozunda orta derecede antibakteriyal aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. *S. enteritidis*'e karşı 1.56 mg/ml, *P. aeruginosa* ve Metisilin Dirençli *S. aureus*'a 3.12 mg/ml dozlarında antibakteriyal aktivite saptanmıştır. Gram negatif *E. coli* ve *K. pneumoniae* bakterilerine karşı herhangi bir antibakteriyal etki görülmemiştir. Ayrıca *H. repandum*'un etanol ekstraktının *C. albicans*'a karşı belirlenen 1.56 mg/ml MİK değeriyle antifungal bir aktiviteye sahip olduğu da tespit edilmiştir (Tablo 2).

Yaptığımız çalışmada *H. repandum*'un etanol ekstraktının denen klinik kaynaklı MRSA suşlarının hepsine 0.39 – 3.12 mg/ml dozlarında anti- MRSA aktivite gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek aktivite 13 ve 14no'lu MRSA suşlarına karşı (0.39 mg/ml) saptanmıştır. MRSA 5 ve 6no'lu suşlara 3.12 mg/ ml MİK değeri, 2, 7 ve 8no'lu suşlara 1.56 mg/ml MİK değeri ve geriye kalan 1, 3, 4, 9, 10, 11 ve 12no'lu suşlara karşıda 0.78 mg/ml MİK değeri tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Sıvı Mikrodilüsyon yöntemiyle mantarların etanol ekstraktlarından elde edilen MİK değerleri

Test Mikroorganizmaları	Etanol ekstraktlarının MİK değerleri (mg/ml)			Gentamisin (µlg/ml)	Oksasilin (µlg/ml)
	<i>Hydnum repandum</i>	<i>Tricholoma fracticum</i>	<i>Russula emetica</i>		
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	-	-	-	2.44	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	3.12	-	-	9.76	
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 70603	-	-	-	2.44	
Metisilin dirençli <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA) ATCC 43300	3.12	6.25	-	78.12	
<i>Salmonella enteritidis</i> ATCC 13076	1.56	3.12	3.12	4.88	
<i>Sarcina lutea</i> ATCC 9341	0.39	-	-	4.88	
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	0.02	0.39	0.39	2.44	
<i>Candida albicans</i> NRRL Y-417	1.56	-	-	312.5	
MRSA suşu 1 (ES 16)	0.78	-	-	156.25	16
MRSA suşu 2 (ES 25)	1.56	-	-	312.5	≥128
MRSA suşu 3 (ES 29)	0.78	-	-	312.5	32
MRSA suşu 4 (ES 67)	0.78	-	-	156.25	32
MRSA suşu 5 (ES 68)	3.12	-	-	156.25	≥128
MRSA suşu 6 (ES 69)	3.12	3.12	-	312.5	≥128
MRSA suşu 7 (ES 75)	1.56	-	-	156.25	≥128
MRSA suşu 8 (ES 93)	1.56	-	-	78.12	≥128
MRSA suşu 9 (ES 100)	0.78	6.25	-	78.12	≥128
MRSA suşu 10 (ES 107)	0.78	6.25	-	156.25	8
MRSA suşu 11 (ES 110)	0.78	6.25	-	156.25	≥128
MRSA suşu 12 (ES 123)	0.78	-	-	78.12	16
MRSA suşu 13 (ES 124)	0.39	-	-	78.12	≥128
MRSA suşu 14 (ES 128)	0.39	-	-	156.25	≥128

Tricholoma fracticum'un etanol ekstraktı sonuçlarını değerlendirdiğimizde; yine en yüksek antibakteriyal etkinin 0.39 mg/ml dozunda *B. cereus* suşuna karşı tespit edildiği saptanmıştır. *S. enteritidis* bakterisine karşı 3.12 mg/ml MİK değeri, metisiline dirençli *S. aureus* standart suşuna karşı da 6.25 mg/ml MİK değeri ile zayıf antibakteriyal etki belirlenmiştir. *E. coli*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae* ve *S. lutea* suşlarına karşı herhangi bir antibakteriyal etki tespit edilmemiştir. Ayrıca *Tricholoma fracticum*'un etanol ekstraktının *C. albicans* standart maya suşuna karşı da herhangi bir antifungal aktiviteye sahip olmadığı görülmüştür (Tablo 2).

Tricholoma fracticum'un etanol ekstraktının Klinik kaynaklı MRSA suşlarına karşı zayıf antibakteriyel etki

gösterdiği saptanmıştır. Bu suşlardan 9, 10 ve 11 no'lu MRSA suşların karşı belirlenen MİK değeri 6.25 mg/ml, 6 no'lu suşa karşı ise 3.12 mg/ml olarak bulunmuştur. Diğer MRSA suşlarına karşı herhangi bir aktivite belirlenmemiştir (Tablo 2).

Yapılan bu çalışmada *Russula emetica*'nın etanol ekstraktının *S. enteritidis*'e 3.12 mg/ml dozunda zayıf bir etki, *B. cereus*'a 0.39 mg/ml dozunda ise orta derecede bir etki gösterdiği saptanmıştır. Çalışılan diğer standart suşlara karşı herhangi bir antibakteriyal aktive görülmemiştir. Yine *C. albicans* standart maya suşuna karşı da herhangi bir antifungal aktiviteye sahip olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca çalışılan klinik kaynaklı MRSA suşlarının üzerine anti-MRSA etki göstermediği saptanmıştır (Tablo 2).

Çalışmadan elde edilen verilere göre üç mantar türü içerisinde *Hydnum repandum* mantarının etanol ekstraktının diğer türlere kıyasla standart mikroorganizmalara ve klinik kaynaklı MRSA suşlarına daha yüksek oranda antimikrobiyal etki gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Tartışma

Günümüzde, çoklu ilaca dirençli mikroorganizmalar günden güne artmakta ve bu durum giderek artan sayıdaki bulaşıcı hastalıkların tedavisini tehlikeye atmaktadır. Sonuç olarak, mevcut antibiyotik dirençli patojenlere karşı yeni ve etkili ilaçların geliştirilmesine acil ihtiyaç duyulmaktadır (Otieno ve ark., 2015). Mantar türlerinin yüksek terapötik değere sahip biyoaktif bileşiklerin olağanüstü potansiyel kaynakları olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca bu türler en zengin sekonder metabolit kaynakları arasındadırlar (Kalaw ve Albinto, 2014). Yapılan bu çalışmada, *Hydnum repandum*, *Tricholoma fracticum* ve *Russula emetica* mantarlarından elde edilen etanol ekstraktlarının sıvı mikrodilüsyon yöntemiyle bazı standart patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal ve klinik kaynaklı MRSA suşlarına karşı da anti-MRSA aktivitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yaptığımız çalışmada *H. repandum*'un etanol ekstraktının en yüksek antibakteriyal aktivitesinin 0.02 mg/ml MİK değeriyle *B. cereus* bakterisine karşı olduğu görülmüştür. Tubic ve ark. (2019)'nın aynı türün aseton ekstraktını denedikleri çalışmalarında da benzer şekilde 0.01mg/ml MİK değeriyle bu suşa karşı güçlü antibakteriyal aktivite tespit etmişlerdir. Araştırmacıların elde ettikleri bulgularda *C. albicans* mayasına karşı 5 mg/ml MİK değeriyle türün antifungal bir etkiye sahip olduğunun bildirilmesi, yaptığımız çalışmada da bu maya suşuna karşı tespit ettiğimiz 1.56 mg/ml MİK değeriyle örtüşmektedir. Ayrıca araştırmacıların *S. aureus* bakterisine karşı ise aseton ekstraktının güçlü antibakteriyal etkisinin tespiti çalışmamızda denenen etanol ekstraktının standart *S. aureus* ve klinik kaynaklı MRSA suşlarının hepsine karşı tespit edilen anti-MRSA aktivitesiyle uyumludur. Karakaş ve ark. (2023)'nin *H. repandum* türünün metanol ekstraktıyla yaptıkları çalışmada gram pozitif *S. aureus*'a karşı aktivite tespit edilirken gram negatif *E. coli*, *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa* bakterilerine karşı aktivite tespit edememişlerdir. Etanol ekstraktını denediğimiz çalışmada ise araştırmacıların bulgularına benzer olarak *E. coli* ve *K. pneumoniae* bakterilerine karşı aktivite tespit edilmemiş farklı olarak *P. aeruginosa* bakterisine karşı türün 3.12 mg/ml dozda aktivite gösterdiği saptanmıştır. Metanol ve aseton ekstraktının denendiği farklı bir çalışmada çalışmamıza uyumlu olarak *S. aureus* ve *P. aeruginosa*'ya karşı türün

antibakteriyal etki gösterdiği, *E. coli* ve *K. pneumoniae*'ya karşı ise etkisiz olduğu bildirilmiştir (Özcan ve Ertan, 2018). Araştırmacıların bildirdiği sonuçlardan farklı olarak denediğimiz etanol ekstraktının *C. albicans*'a karşı antifungal etki gösterdiği saptanmıştır. Dizeci ve Ark. (2021)'nin etanol ekstraktıyla yaptıkları çalışmalarında çalışmamıza benzer şekilde metisiline dirençli *S. aureus* ve *P. aeruginosa* standart suşların karşı aktivite bildirmişlerdir. Yamaç ve Bilgili (2006), kloroform ekstraktının *S. aureus* ve *B. subtilis* üzerine etkili olduğunu, Kurman ve ark. (2025) ise etanol ekstraktının *P. aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *E. coli* ve *C. albicans* mikroorganizmalarına özellikle de *S. aureus* bakterisine karşı etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızda *T. fracticum*'un etanol ekstraktının standart patojen bakterilerden *S. aureus*'a 6.25 mg/ml, *S. enteritidis*'e 3.12 mg/ml ve *B. cereus*' a ise 0.39 mg/ml dozlarından antibakteriyal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiş olup denenen diğer standart mikroorganizmalara etki tespit edilmemiştir. Sadi ve ark. (2015)'nin yaptıkları çalışmalarında *T. fracticum*'un aseton ekstraktının *S. aureus* ve iki *Bacillus* türü bakteriye etkili olduğunu belirlerken *E. coli*'ye etkisiz olduğunu rapor etmeleri bulduğumuz sonuçları destekler niteliktedir. *T. fracticum*'un farklı ekstraktlarının antibakteriyel aktivite açısından incelendiği farklı bir çalışmada kloroform ekstraktının *P. aeruginosa* ve *S. aureus* suşuna karşı antimikrobiyal aktivite sahip olduğu rapor edilirken, çalışmamız sonuçlarıyla uyumlu olarak *C. albicans* maya suşuna karşı antifungal bir aktivite bildirilmemiştir. Araştırmacılar çalışmalarında aynı zamanda *T. auratum*'un beş farklı ekstraktını incelemişler ve bu ekstraktların tümünün *S. aureus* ve *B. subtilis* bakterilerine antibakteriyal aktivite gösterdiğini belirlerken, *C. albicans* maya suşuna karşı antifungal bir etki saptamamışlardır (Yamaç ve Bilgili, 2006). Araştırmacıların rapor ettikleri bu sonuçlar çalışmamızdan elde ettiğimiz verilerle örtüşmektedir. *T. portentosum* mantarı üzerinde yapılan farklı bir çalışmada, bu türün *B. cereus*, *B. subtilis*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* ve *C. neoformans*'a karşı 100-300 mg/ml arasında değişen oranlarında MİK değerleri bildirilmiştir (Barros ve ark., 2007). Araştırmacıların bulgularından farklı olarak çalışmamızda *E. coli*, *P. aeruginosa* ve *C. albicans*'a karşı herhangi bir antimikrobiyal aktivite tespit edilmemiştir. *T. bufonium*'un etanol ekstraktının denendiği bir çalışmada çalışmamızla uyumlu olarak patojen standart bakterilerden *B. cereus* (MİK 0,13 mg/ml) ve bazı stafilokok türlerine (MİK 0.06-4.33 mg/ml) aktivite tespit edilirken *E. coli*, *P. aeruginosa* ve *C. albicans*'a karşı aktivite bildirmemişlerdir. Araştırmacılar aynı zamanda türün etanol ekstraktının klinik kaynaklı MRSA suşuna karşı da (MİK 0.13 mg/ml) aktivite gösterdiğini rapor etmişlerdir (Benek ve ark., 2024).

Bildirilen bu sonuç çalışmamızda denediğimiz klinik kaynaklı MRSA suşlarından bazılarına karşı tespit ettiğimiz anti-MRSA aktiviteyi destekler niteliktedir. Ogbole ve ark. (2019)'nın yaptıkları çalışmada ise *Tricholoma spp*'nin metanol ekstraktının farklı konsantrasyonlarının 7 farklı klinik kaynaklı MRSA suşu üzerine anti-MRSA aktivitesini inceledikleri çalışmalarında ekstraktın denenen suşlardan 4'ü üzerine konsantrasyona bağlı anti-MRSA aktivitesi bildirmişlerdir. Klinik kaynaklı 14 MRSA suşuyla yaptığımız çalışmada ise sadece *T. fracticum*'un etanol ekstraktının 4 MRSA suşuna karşı anti-MRSA aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada *R. emetica*'nın etanol ekstraktı çalışılan standart mikroorganizmalardan sadece *S. enteritidis* (MİK 3.12 mg/ml) ve *B.cereus* (MİK 0.39mg/ml) standart bakterilerine karşı aktivite gösterdiği tespit edilmiş ve ayrıca anti-MRSA aktivitesi göstermediği belirlenmiştir. *Russula* türlerinin antimikrobiyal aktivitesiyle ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda; Tabbouche ve ark. (2017)'nin süperkritik akışkan ekstraksiyonu ile hazırladıkları *R. delica* ekstraktının çalışmalarında denedikleri *E. coli*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *S. aureus* ve *C. albicans* mikroorganizmalarının hiç birine aktivite göstermediğini rapor etmeleri, yaptığımız çalışma sonucu elde ettiğimiz verilerle örtüşmektedir. *R. delica*'nın etanol ekstraktıyla ilgili yapılan farklı bir çalışmada ise bulgularımıza benzer şekilde *S. enteritidis* ve *B. cereus* bakterilerine karşı aktivite tespit edilmiş olup, ayrıca yapılan çalışmada elde ettiğimiz verilerden farklı olarak *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* standart bakterilerine karşı da aktivite bildirilmiştir (Yaltırak ve ark., 2009). *R. cyanoxantha*'nın aseton ve metanol ekstraktının denendiği farklı bir çalışmada ise her iki ekstraktın, elde ettiğimiz bulgulardan farklı olarak *E. coli*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *S. aureus* ve *C. albicans* mikroorganizmalarına karşı 2.5-10 mg/ml arasında değişen oranlarda MİK değerleri bildirilmiştir (Kosanovic ve ark., 2013).

Yaptığımız çalışmada ve daha önce mantarlarla ilgili yapılan antimikrobiyal çalışmalarda aynı mantar cinsinin farklı türleri arasında ve hatta aynı mantar türleri arasında bile antimikrobiyal aktivite yönünden farklılıklar görülmektedir. Rapor edilen bu farklılıkların nedenleri arasında mantarların yetiştiği ortam ve iklim koşulları gibi çevresel faktörler sebebiyle özütlerdeki antimikrobiyal aktiviteye sahip bileşenlerin değiştiği belirtilmektedir. Dahası seçilen antimikrobiyal aktivite testleri, kullanılan çözücünün türü, özütleme teknikleri ve test mikroorganizmalarının seçimi de farklı sonuçların görülmesi için bir etken olabileceği belirtilmiştir (Janssen ve ark., 1987).

Sonuç olarak yenilebilen *H. repandum* türünün test edilen mantarlar içerisinde daha iyi bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu görüldü. Özellikle klinik kaynaklı MRSA suşlarının hepsine karşı anti-MRSA aktivite göstermesi, hastane enfeksiyonlarının başında gelen metisiline dirençli *S. aureus* enfeksiyonlarının tedavisinde yeni antibiyotiklerin geliştirilmesi için umut vadeci olduğu düşünüldü. Çalışılan mantarların belirli antimikrobiyal bileşik sınıflarının kimyasal karakterizasyonu ve ayrıca gıda ve ilaç endüstrilerinde kullanımlarına yönelik olası mekanizmaların anlaşılması yönünden daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

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 (Kumru ÜRÜN, Erdoğan GÜNEŞ, Sinan ALKAN)

Kaynaklar

- Bains, A., Chawla, P., ve Inbaraj, B. S. (2023). Evaluation of in vitro antimicrobial, antioxidant, and anti-quorum sensing activity of edible mushroom (*Agrocybe aegerita*). *Foods*, 12(19), 3562.
- Barros, L., Calhella, R. C., Vaz, J. A., Ferreira, I. C., Baptista, P., ve Estevinho, L. M. (2007). Antimicrobial activity and bioactive compounds of Portuguese wild edible mushrooms methanolic extracts. *European Food Research and Technology*, 225, 151-156.
- Benek, A., Turu, D., ve Canli, K. (2024). Determination of Biological Activity and Biochemical Content of Ethanol Extract from Fruiting Body of *Tricholoma bufonium* (Pers.) Gillet. *Journal of Fungi*, 10(11), 761.
- Breitenbach, J., ve Kränzlin, F. (1986). Fungi of Switzerland, vol. 2. *Non-gilled fungi, Heterobasidiomycetes, Aphyllophorales, Gasteromycetes*. Verlag Mykologia. Lucerna, Switzerland.
- Breitenbach, J., ve Kränzlin, F. (1991). Fungi of Switzerland, Vol: 3, Boletes And Agarics 1. Part. Verlag Mykologia CH6000 Luzern, 9.
- Canpolat, Ş., ve Canpolat, E. (2023). Antioxidant and antimicrobial activity of a medicinal mushroom, *ganoderma lucidum*. *Journal of Advances in Biology ve Biotechnology*, 26(11), 60-67.
- Chopra, I., Hodgson, J., Metcalf, B., ve Poste, G. (1997). The search for antimicrobial agents effective against bacteria resistant to multiple antibiotics. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 41(3), 497-503.
- Cos, P., Vlietinck, A. J., Vanden Berghe, D., ve Maes, L. (2006). Anti-infective Potential of Natural Products: How to Develop A Stronger In Vitro 'Proof-of-Concept'. *Journal of ethnopharmacology*, 106(3), 290-302.
- Dinçer, E., Işık, H., Hepokur, C., Tutar, U., ve Çelik, C. (2023). Cytotoxic, antioxidant, antibiofilm, and antimicrobial activities of mushroom species from Turkey. *International journal of medicinal mushrooms*, 25(6).
- Dizeci, N., Karaca, B., Onar, O., Cihan, A. C., Akata, I., ve Yildirim, O. (2021). The remarkable antibiofilm activity of the sweet tooth mushroom, *Hydnum repandum* (Agaricomycetes), displaying synergetic interactions with antibiotics. *International journal of medicinal mushrooms*, 23(10).
- Ellis, M. B., ve Ellis, J. P. (1990). *Fungi Without Gills (Hymenomycetes And Gasteromycetes): An Identification Handbook*. Springer Science ve Business Media.
- Fungorum, I. (2015). URL: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>. Дата обращения, 3.
- Gargano, M. L., Balenzano, G., Venturella, G., Cavalluzzi, M. M., Rotondo, N. P., Lentini, G., Cirlincione, F., Mirabile, G., Zopora, E., ve Wołkowicki, M. (2025). Nutritional contents and antimicrobial activity of the culinary-medicinal mushroom *Leccinum scabrum*. *Mycology*, 16(1), 402-412.
- Güneş, E., ve Alkan, S. (2024). *Ramaria aurea* Ekstraktlarının Anti-MRSA ve Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi. *Mantar Dergisi* 15(2), 79-86.
- İnci, Ş., ve Kırbağ, S. (2024). *Lactarius controversus* (Pers.) Pers.'in antimikrobiyal etkisinin belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1), 1-5.
- Janssen, A., Scheffer, J., ve Svendsen, A. B. (1987). Antimicrobial Activity of Essential Oils: A 1976-1986 Literature Review. Aspects of the Test Methods. *Planta medica*, 53(05), 395-398.
- Kalaw, S., ve Albinto, R. (2014). Functional activities of Philippine wild strain of *Coprinus comatus* (OF Müll.: Fr.) Pers and *Pleurotus cystidiosus* OK Miller grown on rice straw based substrate formulation. *Mycosphere*, 5(5), 646-655.
- Karakas, F. P., Turker, A. U., ve Bozat, B. G. (2023). Phenolic content, antibacterial and antioxidant potential of several edible Agaricomycetes mushrooms sold in public bazaar in Bolu, Turkey. *International journal of medicinal mushrooms*, 25(1).
- Kim, J. H., Tam, C. C., Chan, K. L., Mahoney, N., Cheng, L. W., Friedman, M., ve Land, K. M. (2022). Antimicrobial efficacy of edible mushroom extracts: assessment of fungal resistance. *Applied Sciences*, 12(9), 4591.
- Kosanac, M., Rankovic, B., ve Dasic, M. (2013). Antioxidant And Antimicrobial Properties of Mushrooms. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(5), 1040-1046.
- Kränzlin, F. (2005). *Fungi of Switzerland: English Translation: Virginia L. Waters: A Contribution to the Knowledge of the Fungal Flora of Switzerland. Vol. 6, Russulaceae*. Mykologia.
- Kurman, Y., Dülger, G., Nazlı, H., Gedik, G., Dülger, B., ve Musatat, A. B. (2025). Phytochemical profiling, anticancer effects on hepatocellular carcinoma and antimicrobial activities of four edible fungi: Unraveling mechanisms by molecular docking studies. *Food Bioscience*, 105945.
- Mkhize, S. S., Cedric Simelane, M. B., Mongalo, I. N., ve Pooe, O. J. (2022). The effect of supplementing mushroom growing substrates on the bioactive compounds, antimicrobial activity, and antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus*. *Biochemistry Research International*, 2022(1), 9436614.
- Nair, R., ve Chanda, S. (2007). Antibacterial Activities of Some Medicinal Plants of the Western Region of India. *Turkish Journal of Biology*, 31(4), 231-236.
- Nwachukwu, E., ve Uzoeto, H. O. (2010). Antimicrobial Activity of Some Local Mushrooms on Pathogenic Isolates. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(23), 2460-2465.
- Ogbole, O. O., Adebisi, P., ve Segun, P. A. (2019). Medicinal Mushrooms With Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) Inhibitory Activity. *Journal of Pharmacy ve Bioresources*, 16(1), 41-46.

- Okeke, I. N., Laxminarayan, R., Bhutta, Z. A., Duse, A. G., Jenkins, P., O'Brien, T. F., Pablos-Mendez, A., ve Klugman, K. P. (2005). Antimicrobial Resistance In Developing Countries. Part I: Recent Trends And Current Status. *The Lancet Infectious Diseases*, 5(8), 481-493.
- Otieno, O. D., Onyango, C., Onguso, J. M., Matasyoh, L. G., Wanjala, B. W., Wamalwa, M., ve Harvey, J. J. (2015). Genetic diversity of Kenyan native oyster mushroom (Pleurotus). *Mycologia*, 107(1), 32-38.
- Önay, A. O., ve Güneş, E. (2024). Kırklareli İli'nden Toplanan Bazı Yenen Mantarlarının Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Mantar Dergisi*, 15(2), 103-109.
- Özcan, Ö., ve Ertan, F. (2018). Beta-glucan content, antioxidant and antimicrobial activities of some edible mushroom species. *Food Science and Technology*, 6(2), 47-55.
- Sadi, G., Emsen, B., Kaya, A., Kocabaş, A., Çınar, S., ve Kartal, D. İ. (2015). Cytotoxicity of some edible mushrooms extracts over liver hepatocellular carcinoma cells in conjunction with their antioxidant and antibacterial properties. *Pharmacognosy magazine*, 11(Suppl 1), S6.
- 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.
- Sevindik, M., ve Bal, C. (2021). Antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activities of wild mushroom, *Laeticutis cristata* (Agaricomycetes), from Turkey. *International journal of medicinal mushrooms*, 23(11).
- Soyuçok, A., Doğan, M., Yavuz, O., Küçükiğci, C. B., ve Kıyak, A. (2022). *Suillus granulatus*' tan elde edilen etanolik ekstraktın antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *MAE Vet Fak Derg*, 7(1), 7-12.
- Tabbouche, S. A., Gürgen, A., Yıldız, S., Kiliç, A. O., ve Sökmen, M. (2017). Antimicrobial and antiquorum sensing activity of some wild mushrooms collected from Turkey. *MSU J Sci*, 5(2), 453-457.
- Thanh, T. H., Anh, D. T. H., Linh, N. M., Nhan, V. D., ve Kiet, T. T. (2022). Antimicrobial and antioxidant activity of the polypore mushroom *Lentinus arcularius* (Agaricomycetes) isolated in Vietnam. *International journal of medicinal mushrooms*, 24(3).
- Tubic, J., Grujicic, D., Jakovljević, M., Ranković, B., Kosanić, M., Stanojković, T., Cirić, A., ve Milošević-Djordjević, O. (2019). Investigation of biological activities and secondary metabolites of *Hydnum repandum* acetone extract. *Farmacia*.
- Waithaka, P. N., Gathuru, E. M., Githaiga, B. M., ve Onkoba, K. M. (2022). Antimicrobial Activity of Mushroom (*Agaricus Bisporus*) and Fungi (*Trametes Gibbosa*) Extracts from Mushrooms and Fungi of Egerton Main Campus, Njoro Kenya.
- Wayne, P. (2011). Clinical And Laboratory Standards Institute. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing.
- Yaltırak, T., Aslim, B., Ozturk, S., ve Alli, H. (2009). Antimicrobial and antioxidant activities of *Russula delica* Fr. *Food and chemical toxicology*, 47(8), 2052-2056.
- Yamaç, M., ve Bilgili, F. (2006). Antimicrobial Activities of Fruit Bodies And/or Mycelial Cultures of Some Mushroom Isolates. *Pharmaceutical biology*, 44(9), 660-667.
- Zengin, G., Uysal, A., Güneş, E., ve Aktumsek, A. (2014). Survey of Phytochemical Composition And Biological Effects of Three Extracts From A Wild Plant (*Cotoneaster nummularia* Fisch. et Mey.): A Potential Source For Functional Food Ingredients And Drug Formulations. *PloS one*, 9(11), e113527.



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Yücel, H.ve Ekinci, K. (2025). Python Tabanlı Bulanık Mantık Modeli ile Rumen Fungal Ksilanaz Enzim Aktivitesinin Tahmini: Mikrobiyal Üretim Koşullarının Analizi, Mantar Dergisi, 16(1)71-80.

Geliş(Received) :12.02.2025

Kabul(Accepted) :23.04.2025

Araştırma Makalesi

Doi: 10.30708/mantar.1638343

Python Tabanlı Bulanık Mantık Modeli ile Rumen Fungal Ksilanaz Enzim Aktivitesinin Tahmini: Mikrobiyal Üretim Koşullarının Analizi

Halit YÜCEL¹, Kübra EKİNCİ^{2*}

*Sorumlu yazar: kubraekinci@atauni.edu.tr

¹ Zootehni Bölümü, Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye/ halit_ksu@hotmail.com 

² Zootehni Bölümü, Ziraat Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye / kubraekinci@atauni.edu.tr 

Öz: Rumen fungal enzim ailesine ait olan ksilanaz enzimi, lignoselülozik yapının parçalanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, bu enzim günümüzde çeşitli canlı gruplarından izole edilerek endüstriyel alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak enzim aktivitesinin çevresel koşullara duyarlılığı, optimum üretim ve uygulama koşullarının belirlenmesini zorlaştırmakta ve bu noktada hesaplamalı yaklaşımlara olan ihtiyaç artmaktadır. Bu çalışmada, ksilanaz enziminin aktivitesini tahmin etmek ve modellemek amacıyla yapay zekâ destekli bir yaklaşım benimsenmiş; bu bağlamda, veri analizi ve algoritmik modelleme açısından geniş olanaklar sunan Python programlama dili tercih edilmiştir. Çalışmada progama dilinin ayrıntılı bir şekilde verilmesi başka bir ifade ile verilen komutların görevlerinin açıklanması gelecekte yapılacak olan rumen mikrobiyal temmelli enzim analizlerinin daha iyi bir şekilde anlaşılması hedeflenmiştir. Python'un bilimsel hesaplamalara yönelik güçlü kütüphaneleri (örneğin NumPy, Pandas, Scikit-Fuzzy, Matplotlib) aracılığıyla, biyolojik sistemlerin belirsiz ve doğrusal olmayan doğasını modellemeye elverişli bir yöntem olan bulanık mantık yaklaşımı uygulanmıştır. Modelleme sürecinde, ksilanaz enziminin aktivitesini etkileyen temel çevresel parametreler olarak sıcaklık, pH ve substrat konsantrasyonu seçilmiştir. Bu değişkenler, klasik keskin sınırlarla tanımlanmak yerine, bulanık kümeler aracılığıyla "düşük", "orta" ve "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır. Belirlenen üyelik fonksiyonları yardımıyla, sistemin bu parametrelere karşı verdiği tepkiler bulanık mantık kuralları doğrultusunda analiz edilmiştir. Böylece, yalnızca optimum koşulları değil, aynı zamanda sınır koşullarındaki varyasyonları da değerlendirebilen esnek bir model ortaya konmuştur. Sonuç olarak, Python destekli bulanık mantık modeli sayesinde, ksilanaz enziminin farklı çevresel koşullardaki aktivite düzeyleri başarıyla öngörülmüş; bu enzimin optimal etkinlik gösterdiği pH aralığının 5.5-6.5, sıcaklık aralığının 50-60 °C ve substrat konsantrasyonunun yaklaşık 5 U/mL aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında bulanık mantığın, mikrobiyal enzim üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesi ve optimizasyonunda alternatif bir yol olarak kullanılabileceği önerilmiştir. Elde edilen bulgular, biyoteknolojik süreçlerin modellenmesinde bulanık mantığın, özellikle biyolojik verilerin doğasında bulunan belirsizlikleri anlamlandırma noktasında önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Ksilanaz, Python, Fuzzy, Bulanık Mantık, *Neocallimastix*



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.

Prediction of Rumen Fungal Xylanase Enzyme Activity with Python Based Fuzzy Logic Model: Analysis of Microbial Production Conditions

Abstract: The xylanase enzyme, belonging to the rumen fungal enzyme family, plays a crucial role in the degradation of lignocellulosic structures. Moreover, this enzyme has been effectively utilized in various industrial applications after being isolated from a wide range of organisms. However, the sensitivity of enzyme activity to environmental conditions complicates the determination of optimal production and application parameters, thereby increasing the need for computational approaches. In this study, an artificial intelligence-assisted approach was adopted to predict and model the activity of xylanase. In this study, it was aimed to give the programming language in a differentiated way, in other words, to explain the tasks of the commands given in order to better understand the rumen microbial based enzyme analyses to be performed in the future. In this context, the Python programming language was selected due to its extensive capabilities in data analysis and algorithmic modeling. Through the use of Python's powerful scientific libraries (such as NumPy, Pandas, Scikit-Fuzzy, and Matplotlib), a fuzzy logic method—well-suited to modeling the uncertain and nonlinear nature of biological systems—was implemented. During the modeling process, temperature, pH, and substrate concentration were selected as the key environmental parameters affecting xylanase activity. Instead of being defined with traditional sharp boundaries, these variables were classified into "low", "medium", and "high" categories using fuzzy sets. With the help of predefined membership functions, the system's responses to these parameters were analyzed through fuzzy logic rules. In this way, a flexible model capable of evaluating not only the optimal conditions but also variations under boundary conditions was developed. As a result, the Python-based fuzzy logic model successfully predicted the activity levels of xylanase under different environmental conditions. It was determined that the enzyme exhibited optimal activity within the pH range of 5.5–6.5, the temperature range of 50–60 °C, and at a substrate concentration of approximately 5 U/mL. When compared with the literature, these findings suggest that fuzzy logic can serve as an alternative method in the digitalization and optimization of microbial enzyme production processes. In conclusion, the fuzzy logic approach supported by Python demonstrates significant potential in modeling biotechnological processes, particularly in interpreting the uncertainties inherent in biological data. This study thus provides a valuable reference for future computational modeling applications in enzyme technology and bioprocess engineering.

Keywords: Xylanase, Python, Fuzzy, Fuzzy Logic, *Neocallimastix*

Giriş

Rumen içerisindeki metabolik süreçler, geviş getiren hayvanların beslenmesinde hayati bir rol oynamakta olup, bu süreçler aracılığıyla konakçı organizmaya enerji ve temel besin maddeleri sağlanmaktadır. Yem bitkilerinin hücre duvarları, bitkinin türüne ve gelişim evresine bağlı olarak değişen oranlarda selüloz, hemiselüloz, pektin, lignin gibi yapısal karbonhidratlar ve mineraller içermektedir (Jung & Casler, 2006). Bu yapısal bileşenlerin geviş getiren hayvanlar tarafından sindirilebilmesi, büyük ölçüde rumende yer alan mikrobiyal toplulukların ürettiği enzimlerin eşzamanlı ve sinerjik faaliyetlerine bağlıdır (Wang & McAllister, 2002). Ancak, ruminantların bu yapıların parçalanmasındaki fizyolojik kapasitesi sınırlı olup, ideal koşullarda dahi bu verimliliğin %65'in altında kaldığı bildirilmektedir. Bu nedenle, rumen mikrobiyotası, ruminant beslenmesi üzerine yapılan araştırmalarda öncelikli bir odak alanı haline gelmiştir.

Rumen mikrobiyotası; bakteriler, protozoalar, arkeler, funguslar ve virüsler gibi farklı mikrobiyal

gruplardan oluşan karmaşık bir ekosistemdir. Bu mikrobiyal topluluk içerisinde yer alan anaerobik funguslar, geviş getiren hayvanların gastrointestinal sisteminde komensal olarak bulunmakta ve özellikle ön mide bölgelerinde yoğun olarak yerleşmektedir (Jung ve Casler, 2006). Anaerobik funguslar, karbonhidrat aktif enzimleri (CAZymes) olarak bilinen geniş enzim repertuarları aracılığıyla lignoselülozik bitki materyallerinin etkin bir şekilde parçalanmasına katkı sağlarlar. Bu enzimler, selülozom adı verilen kompleks protein yapılarına entegre olur ve rizoidal uzantılar vasıtasıyla bitki hücre duvarlarına fiziksel olarak nüfuz ederek lif sindirime doğrudan etki ederler (Papa ve ark., 2012; Cai ve ark., 2010). Bitki hücre duvarlarının yapısında bulunan lignoselülozik biyokütle, bileşimindeki yapısal heterojenlik nedeniyle çok sayıda enzimin koordineli işlevini gerektiren karmaşık bir matristir. Bu yapı içerisinde önemli bir yer tutan ksilan, hemiselülozun temel bileşeni olup, doğada selülozdan sonra en yaygın ikinci polisakkarit olarak kabul edilmektedir. Ksilan, toplam biyokütlenin yaklaşık %20–30'unu oluşturarak

lignoselülozik materyallerin yapısal bütünlüğünde belirleyici bir rol üstlenmektedir (Çalışkan ve ark., 2014).

Rumen mikrobiyotası tarafından üretilen ksilanaz enzimleri, lignoselülozik substratların parçalanmasında anahtar rol oynamakta ve bu süreçlerin etkinliğini önemli ölçüde artırmaktadır (Zhang ve ark., 2024). Ksilanaz (EC 3.2.1.8), ksilan polimerindeki β -1,4-glikozidik bağları kırarak ksiloz ve düşük moleküler ağırlıklı ksilo-oligosakkaritlere dönüştüren bir glikozid hidrolazdır (Dos Santos ve ark., 2018). Bu yönüyle ksilanaz, hemiselülozun yıkımında temel enzim olarak öne çıkmakta; ayrıca lignoselülozik yapıların içine entegre edilmesiyle selüloza erişimi kolaylaştırarak selülozların hidrolitik etkinliğini de artırmaktadır (Hu ve ark., 2011).

Ksilanaz enziminin doğada geniş bir dağılıma sahip olması, endüstriyel kullanım potansiyelini de beraberinde getirmiştir. Gıda, tekstil, kâğıt ve biyoyakıt endüstrileri başta olmak üzere, pek çok sektörde ksilanazın kullanımı yaygınlaşmakta ve her geçen gün farklı özellikler gösteren yeni enzim izolatları keşfedilerek ticari değeri artırılmaktadır. Bu bağlamda, çevresel örneklerden ksilanaz pozitif mikroorganizmaların taranması, lignoselülozik materyaller üzerinde aktivitelerinin test edilmesi ve seçilen mikroorganizmaya ait ksilanazın kısmi karakterizasyonu, uygulamalı mikrobiyoloji açısından büyük önem arz etmektedir (Kocabaş ve ark., 2017).

Yapısal olarak, ksilanlar en basit haliyle, β -1,4-glikozidik bağlarla bağlanmış D-ksiloz monomerlerinden oluşan lineer homopolimerlerdir (Motta ve ark., 2013). Ksilanazlar ise, bu polimerlerin hidrolitik yıkımını katalize eden enzimler olup; kâğıt üretiminde hamurun ağartılması, hayvan yemlerinin sindirilebilirliğinin artırılması ve meyve sularının berraklaştırılması gibi birçok spesifik endüstriyel uygulamada yer bulmaktadır. Ayrıca, kahve, bitkisel yağ ve nişasta özütlerinin elde edilmesi gibi işlemlerde de kullanılmakta, tarımsal silaj ve tahıl yemlerinin besin değerlerinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Ksilanın enzimatik olarak parçalanması sonucunda elde edilen ksiloz, ksilobioz ve ksilo-oligomerler gibi şekerler, fermentatif biyoteknolojide önemli ara ürünler olup, lignoselülozların fermente edilebilir şekerlere biyolojik dönüşümü ekonomik açıdan yüksek öneme sahiptir (Butt ve ark., 2008).

Bulanık mantık (FL), kümeler teorisi çerçevesinde geliştirilmiş ve ilk defa Kaliforniya Üniversitesi bilgisayar bilimleri profesörü Lotfi Zadeh tarafından (1965) ortaya atılmıştır. Bu mantık, belirsiz veya kesin olmayan ifadelerle mantıksal akıl yürütmeyi modellemek için tasarlanmıştır (Cintula ve ark., 2016). Temelde, bulanık mantık, doğru/yanlış, evet/hayır, yüksek/düşük gibi geleneksel değerlendirmelerin ötesinde ara değerlerin tanımlanmasına olanak tanır. Uzun veya hızlı gibi kavramlar matematiksel olarak formüle edilebilir ve

bilgisayarlar tarafından işlenebilir hale gelir, böylece insan benzeri düşünme biçimleri bilgisayar programlamasında uygulanabilir (Zadeh, 1984).

Bulanık mantık, bilgisayar bilimleri (Daradkeh & Tvoroshenko, 2020; Thakkar ve ark., 2023; Balovsyak ve ark., 2024), mühendislik (Ross, 2005; Fayek, 2020; Abdoli, 2022; Siqueira ve ark., 2024), matematik (Sharma & Obaid, 2020; Siddique & Biswas, 2024), fizik ve astronomi (Shamir & Nemiroff, 2005; Pawlicki ve ark., 2023; Helmy ve ark., 2024; Cruz, 2024), biyokimya, genetik ve moleküler biyoloji (Saha ve ark., 2012; Nobile ve ark., 2020; Mathur & Singh, 2023), tarım ve biyolojik bilimler (Abu & Yacob, 2013; Kurniasih ve ark., 2018; Meena ve Agilandeewari, 2020; Osman & Salim, 2021; Putra & Nopriadi, 2022; Nazareno ve ark., 2024), sağlık (Jayalakshmi ve ark., 2021; Mittal ve ark., 2023; Suzuki ve Negishi, 2024) gibi birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Python, geniş bir uygulama alanına sahip olan ve yorumlayıcı tabanlı, yüksek seviyeli bir programlama dilidir. Esnekliği, kullanım kolaylığı ve çok yönlülüğü ile dikkat çeker. Python, veri analizi gibi karmaşık problemlere yönelik algoritmaların çözülmesinde kullanılabilir ve aynı zamanda çok sayıda kütüphane ile bilimsel hesaplamalar için güçlü bir araçtır (Sanner, 1999; Sharma ve ark., 2020). Python, yorumlanan, etkileşimli ve nesne yönelimli bir dil olarak, ticari kullanım için ücretsizdir ve neredeyse her modern bilgisayar ortamında çalıştırılabilir. Bu dil, veri analizi ve bilimsel hesaplamalarda daha az kod ile daha fazla iş yapma imkânı sunar.

Bu çalışmanın amacı, yapay zekâ destekli bulanık mantık yöntemi kullanılarak rumen fungal enzimlerinden biri olan Ksilanaz enziminin *Neocallimastix* sp. baz alınarak optimum çalışma koşullarını tahmin etmek ve bu koşulları optimize etmektir.

Materyal ve Metot

Bulanık mantık denetleyicisinin kararı, veritabanında önceden depolanmış veriler kullanılarak verilir (Raja ve ark., 2023). Rumen fungal enzimleri arasında oldukça önemli bir görevi olan ksilanaz enzimin bulanık mantık modellemesi gerçekleştirilmiş ve bu modelleme yapılırken hem biyoinformatik hem de Bulanık Mantık Yazılımı için Python programlama dili ile scikit-fuzzy kütüphanesi tercih edilmiştir (Spolaor ve ark., 2020). Bu bağlamda, *Neocallimastix* sp. 'ye ait ksilanaz enzim aktivitesini etkileyen çevresel faktörler arasında üç ana parametre seçilmiştir. Bu parametreler, sırasıyla sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), pH ve substrat konsantrasyonu (mg/mL) olarak belirlenmiştir (Pant ve ark., 2024). Bu çalışmanın modellemesinde bulanık mantık sistemi için girdi değişkenleri olarak sıcaklık, pH ve substrat

konsantrasyonları tercih edilmiştir. Çıkış değişkeni olarak Enzim aktivitesi U/mg cinsinden değerlendirilmiştir. Üyelik fonksiyonu olarak sıcaklık için düşük, orta, yüksek, pH için asidik, nötr ve bazik, substrat konsantrasyonu için düşük, orta, yüksek ve aktivite olarak ise düşük orta yüksek olarak değerlendirilmiştir. Girdi değişkenleri (sıcaklık, pH ve substrat konsantrasyonu) ve çıkış değişkeni (enzim

aktivitesi) arasındaki ilişkileri göstermektedir (Tablo 1, Hellmann, 2001). Kural tabanı yönünden KURAL 1 olarak eğer sıcaklık orta, pH nötr ve substrat konsantrasyonu orta ise enzim aktivitesi yüksek. KURAL 2 ise eğer sıcaklık yüksek, pH bazik ve konsantrasyon düşük olursa aktivite orta olarak kural tabanları belirtilmiştir.

Tablo 1. Bulanık mantık sistemine dayalı olarak girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişki

Sıcaklık	pH	Substrat Konsantrasyonu	Enzim Aktivitesi
Düşük	Asidik	Düşük	Düşük
Düşük	Asidik	Orta	Orta
Düşük	Asidik	Yüksek	Yüksek
Düşük	Nötr	Düşük	Düşük
Düşük	Nötr	Orta	Orta
Düşük	Nötr	Yüksek	Yüksek
Düşük	Bazik	Düşük	Düşük
Düşük	Bazik	Orta	Orta
Düşük	Bazik	Yüksek	Yüksek
Orta	Asidik	Düşük	Düşük
Orta	Asidik	Orta	Orta
Orta	Asidik	Yüksek	Yüksek
Orta	Nötr	Düşük	Düşük
Orta	Nötr	Orta	Yüksek
Orta	Nötr	Yüksek	Yüksek
Orta	Bazik	Düşük	Orta
Orta	Bazik	Orta	Yüksek
Orta	Bazik	Yüksek	Yüksek
Yüksek	Asidik	Düşük	Düşük
Yüksek	Asidik	Orta	Orta
Yüksek	Asidik	Yüksek	Yüksek
Yüksek	Nötr	Düşük	Düşük
Yüksek	Nötr	Orta	Orta
Yüksek	Nötr	Yüksek	Yüksek
Yüksek	Bazik	Düşük	Orta
Yüksek	Bazik	Orta	Orta
Yüksek	Bazik	Yüksek	Yüksek

Oluşturulan modelleme sonucu veri değerlendirilmesi için grafik temelli bir çıktı elde edilmiştir. Python programlama dilinde kütüphanelerin import edilmesi için gerekli komut satırı şekil 1 de gösterildiği gibi colab veri tabanına girişi yapılmıştır.

Python veri girişi sırasında matematiksel hesaplama ve dizileme için 'numpy' (Harris ve ark., 2020; Gilmiyarov ve ark., 2023), bulanık modellemesi için 'skfuzzy' veri kütüphanesine erişim için 'scikit-fuzzy' (Samsingh ve ark., 2021), veri çıktıların grafik olarak değerlendirilmesi için 'matplotlib' komut satırı kullanılmıştır (Cao ve ark., 2021; May ve ark., 2022).

```
try:
    import skfuzzy as fuzz
    from skfuzzy import control as ctrl
    import matplotlib.pyplot as plt
except ModuleNotFoundError:
    !pip install scikit-fuzzy matplotlib
    import skfuzzy as fuzz
    from skfuzzy import control as ctrl
    import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

# Girdi değişkenleri
```

Şekil 1. Colab veri tabanına kütüphane import giriş kodları

Giriş ve Çıkış değişkenlerinin değerlendirilmesi veya tanımlanması Python komut satırına sırasıyla girdi değişkenlerini ifade etmek için 'Antecedent' ve çıkış değişkenleri için 'Consequent' komut satırı tercih edilmiştir (Dong ve ark., 2023; Daole ve ark., 2023). Ek olarak girdi değişkenleri olarak sıcaklık, pH ve substrat konsantrasyonu tercih edilirken, çıkış değişkeni ise aktivite olarak U/mg cinsinden tahmini beklenmiş ve bu kodlama basamağı şekil 2'de gösterilmiştir.

Üyelik fonksiyonun tanımlanması için sıcaklık (temperature), pH ve substrat konsantrasyonu (substrate_concentration) komut satırları yazılımı

sırasında sıcaklık low (düşük), medium (orta) ve high (yüksek) olacak şekilde değerlendirilmesi için 'trimf' komut satırı girişi yapılmış (Jianling ve ark., 2023; Chuensiri ve ark., 2024) ve bu satır genel olarak veri girişinde kullanılan üç farklı üyenin fonksiyonunu tanımlamak için kullanılmıştır. Bu komut satırı her veri üyesi için tekrar yazılmıştır.

Ek olarak çıkış üyelik fonksiyonun aktivite olarak değerlendirilmesi yapılırken bu değerlendirme sıcaklık veri girişinde olduğu gibi düşük, orta ve yüksek olacak şekilde ayarlanmıştır. Komut satırı şekil 3'de gösterilmiştir

```
import numpy as np

# Girdi değişkenleri
temperature = ctrl.Antecedent(np.arange(30, 71, 1), 'Temperature')
pH = ctrl.Antecedent(np.arange(5, 10, 0.1), 'pH')
substrate_concentration = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 11, 0.1), 'Substrate Concentration')

# Çıkış değişkeni
activity = ctrl.Consequent(np.arange(0, 101, 1), 'Activity')

# Üyelik fonksiyonları
temperature['Low'] = fuzz.trimf(temperature.universe, [30, 30, 50])
temperature['Medium'] = fuzz.trimf(temperature.universe, [40, 50, 60])
temperature['High'] = fuzz.trimf(temperature.universe, [50, 70, 70])

pH['Acidic'] = fuzz.trimf(pH.universe, [5, 5, 7])
pH['Neutral'] = fuzz.trimf(pH.universe, [6, 7, 9])
pH['Basic'] = fuzz.trimf(pH.universe, [8, 10, 10])
```

Şekil 2. Veri girdi ve çıkış değişkenlerin komut satırında gösterilmesi. Girdi değişkenleri Temperature (Sıcaklık), pH ve Substrate Concentration (Substrat konsantrasyonu) olarak ifade edilirken Activity (Aktivite) satırı ise çıkış değişkenidir

```
# Üyelik fonksiyonları
temperature['Low'] = fuzz.trimf(temperature.universe, [30, 30, 50])
temperature['Medium'] = fuzz.trimf(temperature.universe, [40, 50, 60])
temperature['High'] = fuzz.trimf(temperature.universe, [50, 70, 70])

pH['Acidic'] = fuzz.trimf(pH.universe, [5, 5, 7])
pH['Neutral'] = fuzz.trimf(pH.universe, [6, 7, 9])
pH['Basic'] = fuzz.trimf(pH.universe, [8, 10, 10])

substrate_concentration['Low'] = fuzz.trimf(substrate_concentration.universe, [0, 0, 5])
substrate_concentration['Medium'] = fuzz.trimf(substrate_concentration.universe, [3, 5, 8])
substrate_concentration['High'] = fuzz.trimf(substrate_concentration.universe, [5, 10, 10])

activity['Low'] = fuzz.trimf(activity.universe, [0, 0, 50])
activity['Medium'] = fuzz.trimf(activity.universe, [30, 50, 70])
activity['High'] = fuzz.trimf(activity.universe, [50, 100, 100])
```

Şekil 3. Üyelik fonksiyonlarının komut satırı gösterilmiştir. Sıcaklık aralığı olarak 30°C- 70°C aralığı, pH olarak 5-10 aralığı ve substrat konsantrasyonu olarak 0-100U/mg aralığı tercih edilmiştir.

Çalışmamızda bulanık mantık modellemesi için kural tabanı oluştururken her veri seti etkisinin değerlendirilmesi için bulanık mantık kuralları tanımlanmıştır ve bu tanımlanma yapılırken 'ctrl.Rule' komut satırı kullanılmıştır. Ayrıca veri girişinde kullanılan kurallara dayalı bulanık mantık kontrol sistemi için 'ControlSystem ([rule1, rule2, rule3]) ve sistemin simülasyonu için 'ControlSystemSimulation (activity)' komut satırı girişi sonrasında (Gajare ve ark., 2021; Ma ve ark., 2024) ayrı ayrı olacak şekilde sıcaklık, pH ve substrat konsantrasyon veri satırı 'activity_simulation .ln

put' giriş komutu yardımıyla kodlama yapıldıktan sonra, 'activity_simulation.compute()' komut satırı ile sistemin aktifleşmesi ve tahmini aktivitenin tespiti gerçekleştirilmiş (Htun ve ark., 2024) ve şekil 4'de komut satırları gösterilmiştir.

Bulanık mantık temelli tahmini enzim aktivitesinin ve veri girişinde kullanılan üyelik fonksiyonları sonuçlarının grafik olarak gösterilmesi için Python kodu 'activity.view' olarak tercih edilmiş (Steubing ve ark., 2020; Grum ve ark., 2021) ve şekil 5'de gösterilmiştir

```
# Kural tabanı
rules = [
    ctrl.Rule(temperature['Medium'] & pH['Neutral'] & substrate_concentration['Medium'], activity['High']),
    ctrl.Rule(temperature['High'] & pH['Basic'] & substrate_concentration['Low'], activity['Medium']),
    ctrl.Rule(temperature['Low'] & pH['Acidic'] & substrate_concentration['High'], activity['Low']),
]

# Kontrol sistemi
activity_control = ctrl.ControlSystem(rules)
activity_simulation = ctrl.ControlSystemSimulation(activity_control)

# Örnek bir veri seti
activity_simulation.input['Temperature'] = 50
activity_simulation.input['pH'] = 7
activity_simulation.input['Substrate Concentration'] = 5
activity_simulation.compute()
```

Şekil 4. Kural tabanı, Kontrol sistemi ve örnek bir veri seti oluşturma komut satırları gösterilmiştir.

```
# Örnek bir veri seti
activity_simulation.input['Temperature'] = 50
activity_simulation.input['pH'] = 7
activity_simulation.input['Substrate Concentration'] = 5
activity_simulation.compute()

# Çıktıyı görselleştirme
print(f"Predicted Activity: {activity_simulation.output['Activity']:.2f} U/mg")

activity.view(sim=activity_simulation)
plt.show()
```

Şekil 5. Veri çıktısının görselleştirilmesi ve grafik oluşturulması için kullanılan komut satırı.

Bulgular ve Tartışım

Bulanık mantık modelleme yöntemleri, deneysel veri setlerinde oluşabilecek eksik veri girişleri ya da kullanılan biyolojik materyalin etkinliği üzerindeki belirsizlik gibi çeşitli olumsuz koşullarda güvenilir veri çıktıları sunabilmektedir (Singhala ve ark., 2024). Bu bağlamda, çalışmada fungal ksilanaz enzimine ilişkin belirsiz çevresel koşullar tespit edilerek, bu enzime ait kinetik verilerin daha net bir biçimde ortaya konması hedeflenmiştir. Python tabanlı yapay zekâ destekli bir

yazılım kullanılarak geliştirilen bulanık mantık modeli sayesinde, rumen fungal kökenli ksilanaz enziminin aktivitesini etkileyen çevresel parametrelerin optimizasyonu başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, sıcaklık, pH ve substrat konsantrasyonu gibi enzim aktivitesini doğrudan etkileyen temel çevresel faktörler değerlendirilmiş ve bu parametrelerin her biri için uygun üyelik fonksiyonları tanımlanarak bulanık kümeler oluşturulmuştur. Bulanık mantık kuralları doğrultusunda yapılan algoritmik

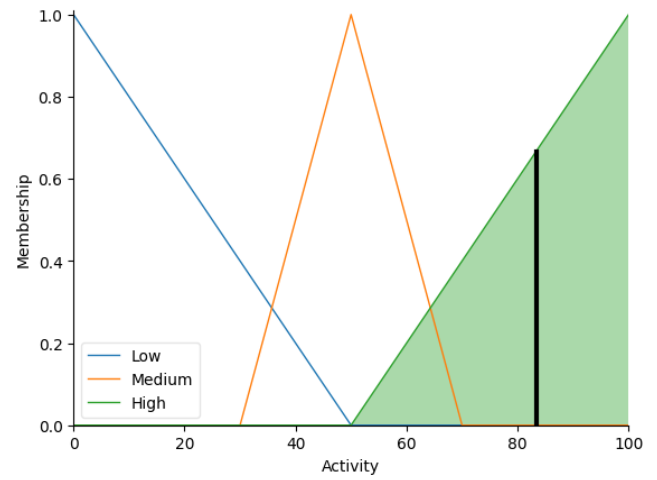
analizler sonucunda, özellikle pH ve sıcaklık değişkenleri arasında güçlü bir korelasyonun bulunduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ksilanaz enziminin optimal aktivite gösterdiği pH aralığı 5.5–6.5, sıcaklık aralığı ise 50–60 °C olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, daha önce yapılan çalışmalarla yüksek oranda örtüşmektedir (Zhang ve ark., 2019; Liu ve ark., 2024; Zhu ve ark., 2020; Stabel ve ark., 2021).

Substrat konsantrasyonu açısından değerlendirildiğinde, 0–3 mg/mL aralığında ksilanaz enziminin yeterli düzeyde aktivite göstermediği, ancak substrat konsantrasyonunun 5 mg/mL seviyesine ulaştığında enzimatik etkinliğin maksimum düzeye çıktığı saptanmıştır. Bu bulgu, enzimin substrat doygunluğuna ulaştıktan sonra yapılan substrat ilavelerinin enzim aktivitesini artırmadığını ortaya koymaktadır (Deng ve ark., 2017). Bu durum, enzim-substrat etkileşim dinamiklerinin belirli bir eşik değerin ötesinde sabit kaldığını ve bu sınırın bulanık mantık modelleme ile etkin bir biçimde tanımlanabileceğini göstermektedir.

Modelde kullanılan üyelik fonksiyonları ile enzimatik aktivite arasında farklı koşullarda pozitif korelasyonların tespit edilmesi, literatürdeki verilerle tutarlıdır ve bulanık mantık yaklaşımının biyolojik verilerdeki belirsizliklerin açıklanmasında etkin bir yöntem olduğunu desteklemektedir. Bu çalışmada, Python ortamında 'Scikit-Fuzzy' kütüphanesi aracılığıyla geliştirilen bulanık mantık modelinin, *Neocallimastix* sp. kaynaklı ksilanaz enziminin optimum çalışma koşullarını değerlendirmede etkili olduğu görülmüştür. Özellikle ortam sıcaklığının 30 °C'nin altına düştüğünde enzim aktivitesinin azaldığı; 50 °C sıcaklıkta ise optimum düzeye ulaştığı belirlenmiştir. Bu bulgu, Comlekçioğlu ve ark. (2012) tarafından yürütülen ve *Neocallimastix* sp. ile *Orpinomyces* sp. türlerinin enzim üretim kapasitelerinin karşılaştırıldığı çalışmadaki sonuçlarla da paralellik göstermektedir. Söz konusu çalışmada, farklı karbon kaynaklarının kullanıldığı fermantasyon koşullarında ksilanaz aktivitesinin 40 °C'de gerçekleştiği deneysel olarak gösterilmiştir.

Orpinomyces sp. tarafından sentezlenen ksilanaz enziminin termostabilitesini iyileştirmeye yönelik yapılan çalışmalarda ise, bu enzimin nötral veya asidik pH koşullarında optimum aktivite gösterdiği ve 60 °C sıcaklıkta, pH 5–7 aralığında maksimum düzeyde çalıştığı raporlanmıştır (Trevizano ve ark., 2012). *Neocallimastix frontalis* ile gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, en uygun pH değeri 5.5, en uygun inkübasyon sıcaklığı ise 55 °C olarak bildirilmiştir (Mountfort & Asher, 1989). Literatürdeki bu veriler, bulanık mantık modellemede elde edilen sonuçların güvenilirliğini ve doğruluğunu pekiştirmektedir.

Ek olarak, Comlekçioğlu ve arkadaşları (2012), yaptıkları çalışmada ksilanaz enziminin uygun pH'ını 6,0 olarak belirtmiş; Kar & Torcan (2023) ise *Neocallimastix* sp. ile yürüttükleri araştırmada optimum sıcaklık aralığını 40–50 °C ve pH aralığını 6,0–6,5 olarak bildirmiştir. Bu değerler, çalışmamızda bulanık mantık modellemenin ortaya koyduğu aralıklarla oldukça örtüşmektedir. Sonuç olarak, Python tabanlı yapay zekâ modeli ile oluşturulan bulanık mantık sistemi sayesinde, ksilanaz enziminin çevresel koşullara bağlı aktivite profili hem teorik hem de deneysel veriler ışığında anlamlı ve tutarlı bir biçimde ortaya konmuştur. Bu değerlendirme aynı zamanda grafiksel olarak da sunulmuş olup, Şekil 6'da detaylandırılmıştır.



Şekil 6. Rumen Fungal Ksilanaz Enziminin bulanık modellemesi sonucu elde edilen grafik değerlendirilmesi (y eksen: üyelik derecesi, x eksen: aktivite düzeyi)

Sonuç

Bu çalışma kapsamında geliştirilen Python tabanlı yapay zekâ destekli bulanık mantık modelleme yaklaşımı, rumen fungal kökenli ksilanaz enziminin çevresel koşullara bağlı aktivitesinin tahmin edilmesinde etkili bir yöntem olarak ortaya konmuştur. Sıcaklık, pH ve substrat konsantrasyonu gibi enzim aktivitesini doğrudan etkileyen parametreler, bulanık mantık yaklaşımı ile bulanık kümeler aracılığıyla değerlendirilmiş; biyolojik sistemlerin doğasında bulunan doğrusal olmayan ve belirsiz yapılar başarıyla modellenmiştir. Model çıktıları, literatürde yer alan deneysel verilerle yüksek oranda uyum göstermiş ve kullanılan yaklaşımın güvenilirliğini ortaya koymuştur.

Python programlama dili ile geliştirilen her bir kod bloğu, biyolojik sistemlerin karmaşık yapısının modellenmesinde önemli katkılar sağlamış; özellikle Scikit-Fuzzy kütüphanesi aracılığıyla oluşturulan üyelik fonksiyonları ve kural tabanları, elde edilen verilerin analitik yorumlanmasına olanak tanımıştır. Ancak mevcut modelin daha yüksek duyarlılıkla çalışabilmesi için veri

setinin genişletilmesi, üyelik fonksiyonlarının yeniden tanımlanması ve kural tabanlarının detaylandırılması önerilmektedir.

Elde edilen sonuçlar, ksilanaz enziminin optimum koşullar altında 5.5–6.5 pH aralığında, 50–60 °C sıcaklıkta ve yaklaşık 5 mg/mL substrat konsantrasyonunda en yüksek aktiviteyi gösterdiğini ortaya koymuş; bu değerlerin literatür ile tutarlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, substrat doygunluğuna ulaşıldıktan sonra yapılan substrat ilavesinin enzim aktivitesi üzerinde anlamlı bir artış sağlamadığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, enzime ait kinetik sınırların bulanık mantık modeli ile etkin biçimde tanımlanabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, rumen fungal ksilanaz enziminin yapay zekâ destekli bulanık mantık temelli modellemesinin yapılmasına olanak sağlamış ve bu yaklaşımın gelecekte mikrobiyal enzimlerin optimizasyon çalışmalarında potansiyel bir araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Özellikle endüstriyel öneme sahip ksilanaz gibi enzimlerin farklı çevresel koşullarda gösterdiği aktivitenin daha geniş ve çeşitli veri

setleriyle değerlendirilmesi hem modelin güvenilirliğini artıracak hem de diğer mikroorganizmalar tarafından sentezlenen enzimlerle karşılaştırmalı analiz yapılmasına olanak tanıyacaktır. Bu bağlamda, bulanık mantık tabanlı modelleme çalışmalarının, biyoteknolojik süreçlerin dijitalleştirilmesi ve hassas kontrolü açısından önemli katkılar sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

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 (Halit YÜCEL, Kübra EKİNCİ).

Kaynaklar

- Badar, M., Ahmad, I., Mir, A. A., Ahmed, S., and Waqas, A. (2022). An autonomous hybrid DC microgrid with ANN-fuzzy and adaptive terminal sliding mode multi-level control structure. *Control Engineering Practice*, 121, 105036.
- Cai, S., Li, J., Hu, F. Z., Zhang, K., Luo, Y., Janto, B., ... & Dong, X. (2010). Cellulosilyticum ruminicola, a newly described rumen bacterium that possesses redundant fibrolytic-protein-encoding genes and degrades lignocellulose with multiple carbohydrate-borne fibrolytic enzymes. *Applied and environmental microbiology*, 76(12), 3818-3824.
- Çalışkan, R., Yağcı, S., & Kocabaş, D. S. (2014). Lignoselülozik biyokütleinin ekstrüzyon ile ön işlemi ve enzimatik yolla ksilooligosakkarit üretimi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 156-171.
- Cao, S., Zeng, Y., Yang, S., and Cao, S. (2021). Research on Python data visualization technology. In *Journal of physics: Conference series* (Vol. 1757, No. 1, p. 012122). IOP Publishing.
- Chuensiri, S., Katchasuwanmanee, K., Wisessint, A., Jotisankasa, A., Soralump, C., Siriyakorn, V., ... and Sanposh, P. (2024). Implementation of Adaptive Network-Based Fuzzy Inference for Hybrid Ground Source Heat Pump. *IEEE Access*.
- Comlekcioglu, U., FC, Y., Keser, S., BM, K., Battaloglu, G., & Ozkose, E. (2012). Neocallimastix sp. ve Orpinomyces sp.'nin Enzim Üretimleri Üzerine Karbon Kaynaklarının Etkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(5).
- Daole, M., Schiavo, A., Bárcena, J. L. C., Ducange, P., Marcelloni, F., and Renda, A. (2023). OpenFL-XAI: Federated learning of explainable artificial intelligence models in Python. *SoftwareX*, 23, 101505.
- Daway, H. G., Daway, E. G., and Kareem, H. H. (2020). Colour image enhancement by fuzzy logic based on sigmoid membership function. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 13(5), 238-246.
- Deng, J., and Deng, Y. (2021). Information volume of fuzzy membership function. *International Journal of Computers Communications & Control*, 16(1).
- Deng, Z., Wang, Y., Mao, J., and Ye, M. (2017). Investigating the Relationship between the Substrates' Consumption and Their Abundances in a Complex Enzymatic System. *Analytical chemistry*, 89(20), 10644-10648.
- Dong, Y., Li, G., Jiang, X., and Jin, Z. (2023). Antecedent Predictions Are More Important Than You Think: An Effective Method for Tree-Based Code Generation. In *ECAI 2023* (pp. 565-574). IOS Press.
- Dos Santos, J. P., da Rosa Zavareze, E., Dias, A. R. G., & Vanier, N. L. (2018). Immobilization of xylanase and xylanase- β -cyclodextrin complex in polyvinyl alcohol via electrospinning improves enzyme activity at a wide pH and temperature range. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118, 1676-1684.
- Gajare, A., Tembe, Y., Sawant, S., and Mangala, R. (2021, October). CircuitScribe: Block Diagram based Circuit Simulation Application. In *2021 IEEE Mysore Sub Section International Conference (MysuruCon)* (pp. 492-497). IEEE.
- Gilmiyarov, R. V., Galimzyanova, L. I., Porshnev, S., and Chernova, O. (2023, May). Comparative Quality Analysis of Random Number Generators in MATLAB and NumPy packages. In *2023 IEEE Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT)* (pp. 293-297). IEEE.
- Grum, M., Kotarski, D., Ambros, M., Biru, T., Krallmann, H., and Gronau, N. (2021). Managing Knowledge of Intelligent Systems: The Design of a Chatbot Using Domain-Specific Knowledge. In *Business Modeling and Software Design: 11th International Symposium, BMSD 2021, Sofia, Bulgaria, July 5–7, 2021, Proceedings 11* (pp. 78-96). Springer International Publishing.
- Harris, C. R., Millman, K. J., Van Der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., ... and Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585(7825), 357-362.
- Htun, S. N. N., Egami, S., and Fukuda, K. (2024). Activity scenarios simulation by discovering knowledge through activities of daily living datasets. *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, 17(1), 87-105.
- Hu, J., Arantes, V., & Saddler, J. N. (2011). The enhancement of enzymatic hydrolysis of lignocellulosic substrates by the addition of accessory enzymes such as xylanase: is it an additive or synergistic effect?. *Biotechnology for biofuels*, 4, 1-14.
- Jianling, W., Xian, Y., Nan, L., and Detong, C. (2023, July). Fuzzy Control Strategy for Energy Allocation Optimization in Extended Range Mode. In *2023 8th International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)* (pp. 847-852). IEEE.
- Jung, H. G., & Casler, M. D. (2006). Maize stem tissues: impact of development on cell wall degradability. *Crop science*, 46(4), 1801-1809.
- Kar, B., & Torcan, B. (2023). Isolation, morphological identification, and xylanase characteristics of anaerobic gut fungi Neocallimastix from Anatolian wild goat. *Journal of Basic Microbiology*, 63(3-4), 377-388.
- Khandeparker, R., & Numan, M. T. (2008). Bifunctional xylanases and their potential use in biotechnology. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35(7), 635-644.
- Lin, Y. H., Yu, C. M., and Wu, C. Y. (2021). Towards the design and implementation of an image-based navigation system of an autonomous underwater vehicle combining a color recognition technique and a fuzzy logic controller. *Sensors*, 21(12), 4053.
- Liu, J. C., Cheng, H. L., Lai, Y. H., Hu, C. Y., and Chen, Y. C. (2024). A fragment of the β -glucosidase gene from the rumen fungus Neocallimastix patriciarum J11 encodes a recombinant protein that exhibits activities in β -glucosidase and β -glucanase. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 732, 150406.

- Ma, H., Zheng, W., Wang, T., and Zhang, P. (2024, May). Performance improvement for Python-based Dynamic System Simulation. In *2024 3rd International Conference on Energy, Power and Electrical Technology (ICEPET)* (pp. 1432-1435). IEEE.
- May, R. M., Goebbert, K. H., Thielen, J. E., Leeman, J. R., Camron, M. D., Bruick, Z., ... and Marsh, P. T. (2022). MetPy: A meteorological Python library for data analysis and visualization. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103(10), E2273-E2284.
- Mountfort, D. O., & Asher, R. A. (1989). Production of xylanase by the ruminal anaerobic fungus *Neocallimastix frontalis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(4), 1016-1022.
- Raja, K. (2023). Python-based fuzzy logic in automatic washer control system. *Soft Computing*, 27(10), 6159-6185.
- Pant, S., Prakash, A., Vundavilli, P. R., Khadanga, K. C., Kuila, A., Aminabhavi, T. M., and Garlapati, V. K. (2024). Concomitant inhibitor-tolerant cellulase and xylanase production towards sustainable bioethanol production by *Zasmidiumcellare* CBS 146.36. *Fuel*, 375, 132593.
- Papa, G., Varanasi, P., Sun, L., Cheng, G., Stavila, V., Holmes, B., ... & Singh, S. (2012). Exploring the effect of different plant lignin content and composition on ionic liquid pretreatment efficiency and enzymatic saccharification of *Eucalyptus globulus* L. mutants. *Bioresource Technology*, 117, 352-359.
- Samsingh, V., Ramachandran, A., Selvam, A., and Subramanian, K. (2021). Python implementation of fuzzy logic for artificial intelligence modelling and analysis of important parameters in drilling of hybrid fiber composite (HFC). In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1012, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
- Singhala, P., Shah, D., and Patel, B. (2014). Temperature control using fuzzy logic. arXiv preprint arXiv:1402.3654.
- Spolaor, S., Fuchs, C., Cazzaniga, P., Kaymak, U., Besozzi, D., and Nobile, M. S. (2020). Simpful: a user-friendly Python library for fuzzy logic. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 13(1), 1687-1698.
- Stabel, M., Hagemeister, J., Heck, Z., Aliyu, H., and Ochsenreither, K. (2021). Characterization and Phylogenetic Analysis of a Novel GH43 β -Xylosidase From *Neocallimastix californiae*. *Frontiers in fungal biology*, 2, 692804.
- Steubing, B., de Koning, D., Haas, A., and Mutel, C. L. (2020). The Activity Browser—An open source LCA software building on top of the brightway framework. *Software Impacts*, 3, 100012.
- Trevizano, L. M., Ventrone, R. Z., de Rezende, S. T., Junior, F. P. S., & Guimarães, V. M. (2012). Thermostability improvement of *Orpinomyces* sp. xylanase by directed evolution. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 81, 12-18.
- Tura, A. D., Lemu, H. G., Mamo, H. B., and Santhosh, A. J. (2023). Prediction of tensile strength in fused deposition modeling process using artificial neural network and fuzzy logic. *Progress in Additive Manufacturing*, 8(3), 529-539.
- Wang, Y., & McAllister, T. A. (2002). Rumen microbes, enzymes and feed digestion-a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(11), 1659-1676.
- Zhang, M., Qiu, Q., Zhao, X., Ouyang, K., & Liu, C. (2024). Characterization of Novel Multifunctional Xylanase from Rumen Metagenome and Its Effects on In Vitro Microbial Fermentation of Wheat Straw. *Fermentation*, 10(11), 574.
- Zhang, Y., Yang, H., Yu, X., Kong, H., Chen, J., Luo, H., ... and Yao, B. (2019). Synergistic effect of acetyl xylan esterase from *Talaromyces leycettanus* JCM12802 and xylanase from *Neocallimastix patriciarum* achieved by introducing carbohydrate-binding module-1. *AMB Express*, 9, 1-12.
- Zhu, D., Liu, X., Xie, X., Yang, S., Lin, H., and Chen, H. (2020). Characteristics of a XIP-resistant xylanase from *Neocallimastix* sp. GMLF 1 and its advantage in barley malt saccharification. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5), 2152-2160.



This article is cited as: Özcan Ateş, G. ve Hanedan T. (2025). Assessing Antifungal Resistance and Biofilm-Forming Capacity of *Candida parapsilosis* Isolates from Makeup Sponges, *Mantar Dergisi*, 16(1)81-89.

Geliş(Received) :12.03.2025
Kabul(Accepted) :24.04.2025

Research Article
Doi: 10.30708/mantar.1656079

Assessing Antifungal Resistance and Biofilm-Forming Capacity of *Candida parapsilosis* Isolates from Makeup Sponges

Gülçin ÖZCAN ATEŞ^{1*}, Tuğba HANEDAN²

*Corresponding Author: gulcinozcan@comu.edu.tr

¹ Department of Medical Services and Techniques, Vocational School of Health Services, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, TÜRKİYE/ gulcinozcan87@gmail.com

² Department of Plant Protection, Institute of Science, Hatay Mustafa Kemal University, Hatay, TÜRKİYE/ tugba.hanedan33@gmail.com

Abstract: *Candida parapsilosis* is an opportunistic pathogen that can colonize human mucous membranes and skin and develop resistance to antifungal treatments due to its ability to form biofilms. This study investigated the biofilm formation capacities and antifungal resistance of *Candida parapsilosis* isolates obtained from makeup sponges. The biofilm formation capacities among 46 *Candida parapsilosis* isolates were determined using the crystal violet quantitative method. Amphotericin B resistance in the isolates was evaluated with the agar disk diffusion method. The antifungal resistances of biofilm-producing species were assessed using the gradient test method. The crystal violet analysis revealed that most isolates were weak biofilm producers, with 17 exhibiting moderate biofilm production. It was determined that the isolates gave inhibition zones between 19.73 ± 1.54 mm and 23.71 ± 0.70 mm against amphotericin B by the agar disk diffusion method. It was concluded that 17 isolates with moderate biofilm production were susceptible to the antifungal agents clotrimazole, fluconazole, itraconazole, amphotericin B, and nystatin. The study emphasizes that makeup sponges may serve as reservoirs for *Candida parapsilosis* and highlights the importance of evaluating the antifungal susceptibility of biofilm-forming isolates. These findings are significant for the hygienic use of personal care products and implementing infection control measures.

Keywords: *Candida parapsilosis*, Makeup sponge, Antifungal resistance, Biofilm.

Makyaj Süngerlerinden İzole Edilen *Candida parapsilosis* İzolatlarının Antifungal Dirençliliği ve Biyofilm Oluşturma Kapasitelerinin Belirlenmesi

Öz: *Candida parapsilosis*, insan derisini ve mukoza zarlarını kolonize edebilen, biyofilm oluşturma yeteneği nedeniyle antifungal tedavilere direnç geliştirebilen fırsatçı bir patojendir. Bu çalışmada makyaj süngerlerinden izole edilen *Candida parapsilosis* izolatlarının antifungal dirençlilikleri ve biyofilm oluşturma kapasiteleri araştırılmıştır. 46 *Candida parapsilosis* izolatı arasındaki biyofilm oluşturma kapasiteleri kristal viyole kantitatif yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. İzolatlardaki amfoterisin B direnci agar disk difüzyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Biyofilm üreten türlerin antifungal dirençlilikleri ise gradyan test yöntemi ile değerlendirilmiştir. Kristal viyole analizi sonucunda, izolatların çoğunun zayıf biyofilm üreticisi olduğu 17 izolatın ise orta düzeyde biyofilm üreticisi olduğu belirlendi. Agar disk difüzyon yöntemiyle amfoterisin B'ye karşı izolatların $19,73 \pm 1,54$ mm ile $23,71 \pm 0,70$ mm arasında inhibisyon zonu verdiği tespit edildi. Orta düzeyde biyofilm üreticisi olan 17 izolatın ise flukonazol,



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.

itrakonazol, klotrimazol, amfoterisin B ve nistatin antifungallerine duyarlı olduğu belirlendi. Çalışmada, makyaj süngerlerinin *Candida parapsilosis* için rezervuar görevi görebileceğini ve biyofilm oluşturan izolatların antifungal duyarlılığının değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Bu bulgular, kişisel bakım ürünlerinin hijyenik kullanımı ve enfeksiyon kontrol önlemlerinin uygulanması açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Candida parapsilosis*, Makyaj süngeri, Antifungal direnç, Biyofilm

Introduction

The genus *Candida* is a natural component of the human microbiota and is commonly found in the gastrointestinal tract, mucosal membranes, and skin. However, these organisms are opportunistic pathogens, and the infections they cause are called candidiasis (Branco et al., 2023). *Candida* species can lead to mucosal, cutaneous, and deep-seated organ infections, as well as nosocomial fungal systemic bloodstream infections. Although *Candida albicans* is the most frequent cause of diseases, the incidence of invasive infections caused by non-*Candida albicans* (NAC) species, including *Candida auris*, *Candida parapsilosis*, *Candida tropicalis*, *Candida krusei*, and *Candida glabrata* has steadily increased over the past two decades (Tóth et al., 2019; Branco et al., 2023; Govrins and Lass-Flörl, 2024).

Candida parapsilosis is a member of the human microbiota that effectively colonizes human skin and mucous membranes. However, it has been isolated from various non-human sources, including domestic animals, insects, marine, and soil environments, and is widely found in nature (Branco et al., 2023). *Candida parapsilosis*, *Candida metapsilosis*, and *Candida orthopsilosis* are part of the *Candida parapsilosis* complex, also referred to as *Candida parapsilosis sensu lato*. Species within *Candida parapsilosis sensu lato* can be rapidly and reliably identified using MALDI-TOF MS (Matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry) (Govrins and Lass-Flörl, 2024).

Biofilms, which are mixed communities of microorganisms formed by the adhesion of microorganisms to surfaces through an extracellular matrix, are linked to high levels of antifungal resistance (Silva et al., 2017). The biofilm-forming ability of the *Candida parapsilosis* contributes to the microorganism's persistence on host surfaces and medical devices and its resistance to antifungal agents (Branco et al., 2023). In recent years, the capacity of the *Candida parapsilosis* strain to develop resistance to antifungal drugs and its biofilm-forming ability have emerged as significant research topics in infection control (Branco et al., 2023; Govrins and Lass-Flörl, 2024).

Recent studies (Bashir and Lamber, 2020; Agi et al., 2023; Ogbonna et al., 2024), including experiments

conducted on social media, have shown that personal care products and cosmetics are susceptible to microbial contamination. Makeup sponges, which are made from various materials with differing pore structures, can create an ideal environment for the growth of microorganisms due to a combination of cosmetic products, user practices, and environmental factors. As these applicators are used repeatedly daily, makeup sponges foster conditions conducive to the adhesion and spread of microorganisms. However, only two studies in the literature address the antifungal resistance profiles of microorganisms found in these sponges (Akgül and Bakan, 2021; Ogbonna et al., 2024), and no studies have examined their ability to form biofilms. Therefore, this study aimed to evaluate the antifungal susceptibility profiles and biofilm formation capabilities of *Candida parapsilosis* strains isolated from makeup sponges.

Material and Metod Isolates

In the study, isolates obtained from an investigation into microbial contamination of makeup sponges, supported by the code ÇÖMÜ BAP-FLÖAP-2022-3934 and with permission from the ÇÖMÜ LEE Ethics Committee were used. These sponges were collected from 26 female researchers aged 18-26, literate, using make-up, residing in Çanakkale, who agreed to participate in the study between 01/03/2022 and 31/12/2022. This study used 46 *Candida parapsilosis* isolates isolated from makeup sponges and identified by MALDI-TOF MS. The isolates, stored in Sabouraud Dextrose Agar (SDA) (Biolife, Italy) at +4°C, were first revived in SDA medium. Subsequently, the purity of the isolates was verified in HiCrome™ *Candida* Differential Agar (Himedia, India) medium before initiating the analyses. A standard culture of *Candida parapsilosis* (ATCC 22019) was used as a control for the antifungal sensitivity tests.

Determination of Biofilm Formation Potential of Isolates

Quantitative assessment of biofilm formation was conducted using the crystal violet method described by Özcan Ateş and Otkun (2023). *Candida parapsilosis* isolates were revived overnight at 37°C in Sabouraud Dextrose Broth (SDB) (Biolife, Italy). The density of these

cultures was then adjusted to $OD_{600} = 1.0$ in SDB medium containing 8% glucose. 200 μ L of the cell suspension was added to the wells of 96-well flat-bottom microplates. After 48 h incubation at 37°C, the wells were washed three times with SPS (Sterile Physiological Saline, 0.85% NaCl w/v) to remove planktonic cells. Then, 99% methanol (Merck, Germany) was added to fix the cells and waited for 15 minutes. Afterward, 1% (v/v) crystal violet dye was added to make the fixed biofilm visible. Waited for 15 minutes, excess dye was washed with sterile distilled water. Then microplates were dried. Finally, 33% acetic acid (Merck, Germany) was added to each well and measurements were made at a wavelength of 570 nm using a microplate (Thermo Multiscan FC) reader.

Biofilm formation was assessed based on the following criteria (Stepanovic et al., 2007):

- No biofilm production: If the optical density (OD_s) is equal to or less than that of the negative control ($OD_s \leq OD_{nc}$).
- Weak biofilm production: If the OD_s are greater than but no more than twice the negative control ($OD_{nc} < OD_s \leq 2 \times OD_{nc}$).
- Moderate biofilm production: If the OD_s are greater than but no more than four times the negative control ($2 \times OD_{nc} < OD_s \leq 4 \times OD_{nc}$).
- Strong biofilm production: If the OD_s exceed four times the negative control ($4 \times OD_{nc} < OD_s$).

Antifungal Susceptibility Testing

The resistance of the all isolates to amphotericin B (20 IU, 21.19 mcg) antifungal was evaluated using the CLSI M44-A agar disk diffusion method (CLSI, 2004). The isolates revived in SDA were initially adjusted to a 0.5 McFarland standard with SPS. After adjusting the inoculum suspension, it was inoculated evenly onto the 2% Glucose + 0.5 μ g/ml Methylene Blue containing Mueller-Hinton Agar (M1825, Himedia, India) medium with a cotton swab. Following incubation (at 37°C for 24-48 hours), zone diameters were measured using a digital caliper. The study was conducted twice (Özcan Ateş and Otkun, 2023).

In determining the MIC values of antifungals, 17 isolates that were intermediate level biofilm producers

were selected. MIC values of the isolates against five antifungals (amphotericin B (0.002-32 mcg/mL), clotrimazole (0.002-32 mcg/mL), fluconazole (0.016-256 mcg/mL), nystatin (0.002-32 mcg/mL and itraconazole (0.002-32 mcg/mL) (Himedia, India) were determined using the gradient test method specified in CLSI M27-A2 (CLSI, 2002). RPMI 1640 agar (M1972, Himedia, India), containing 2% glucose and 0.165 M MOPS, was utilized in this study. After adjusting the cell suspension to 0.5 McFarland with SPS, it was evenly distributed on the surface of the medium, and gradient test strips were placed on the agar surface. The plates were then incubated at 37°C for 24-48 hours. This study was conducted twice (Özcan Ateş and Otkun, 2023).

Statistical Analysis

The biofilm study was conducted with three repetitions, and mean values were calculated for each data set. Inhibition zones were determined as mean (M) $\pm$ standard deviation (SD) using the SPSS Package Program (v23.0, IBM Corp).

Results

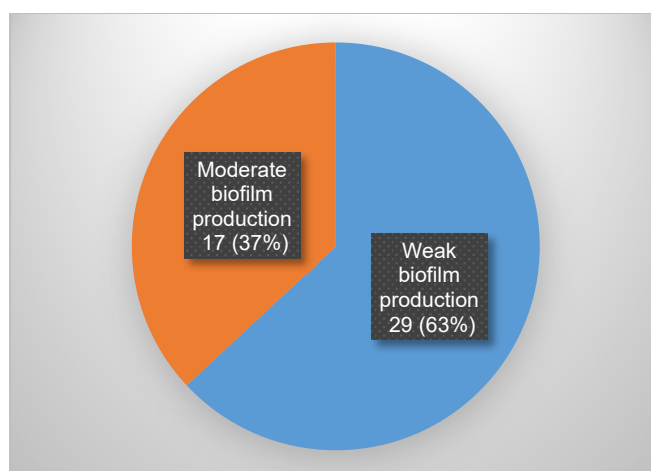
Crystal violet staining, a quantitative method, was employed to assess the biofilm formation potential of *Candida parapsilosis* isolates obtained from makeup sponges. Based on the absorbance values determined in the microplate reader for 46 isolates, the difference between the highest and lowest OD_s/OD_{nc} was determined at 2.61 (Table 1). Seventeen isolates were identified as moderate biofilm producers, while the remaining isolates were classified as weak biofilm producers (Figure 1).

In the initial stage of assessing antifungal resistance, the agar disk diffusion method was employed to evaluate the resistance of the isolates against the antifungal amphotericin B. The results indicated that the isolates displayed a minimum inhibition zone of 19.73 ± 1.54 mm and a maximum of 23.71 ± 0.70 mm for amphotericin B (Table 1). The inhibition zone for the standard *Candida parapsilosis* ATCC 22019 culture was measured at 15.10 ± 0.39 mm..

Table 1. Biofilm formation potential and amphotericin B inhibition zones of isolates

Isolate No	OD_s/OD_{nc}	Biofim Production	Inhibition zone (amphotericin B) (M $\pm$ sd)
1	1.84	Weak	22.63 ± 2.47
2	1.55	Weak	21.32 ± 2.09
3	1.41	Weak	22.35 ± 2.07
4	1.21	Weak	22.13 ± 1.25
5	1.48	Weak	20.77 ± 1.82
6	1.85	Weak	21.42 ± 1.73

7	2.50	Moderate	21.31 ± 0.63
8	2.41	Moderate	21.87 ± 0.09
9	2.02	Moderate	23.71 ± 0.70
10	1.78	Weak	22.63 ± 0.47
11	1.57	Weak	21.78 ± 0.33
12	1.68	Weak	21.22 ± 0.62
13	2.78	Moderate	22.15 ± 0.53
14	3.18	Moderate	21.33 ± 2.10
15	2.72	Moderate	22.83 ± 0.30
16	1.84	Weak	20.77 ± 0.87
17	1.49	Weak	22.11 ± 1.29
18	2.18	Moderate	20.87 ± 1.89
19	3.62	Moderate	22.31 ± 1.12
20	3.13	Moderate	21.72 ± 1.19
21	2.99	Moderate	21.70 ± 0.28
22	2.07	Moderate	21.15 ± 0.69
23	1.63	Weak	22.61 ± 1.01
24	2.15	Moderate	20.66 ± 1.27
25	2.55	Moderate	22.58 ± 0.23
26	3.06	Moderate	22.60 ± 1.32
27	2.71	Moderate	22.48 ± 1.52
28	1.99	Weak	22.67 ± 0.46
29	1.88	Weak	21.18 ± 0.49
30	1.75	Weak	22.68 ± 0.90
31	2.26	Moderate	22.66 ± 1.37
32	3.17	Moderate	22.10 ± 0.78
33	1.41	Weak	22.22 ± 1.20
34	1.47	Weak	20.91 ± 0.26
35	1.76	Weak	21.64 ± 0.86
36	1.98	Weak	20.74 ± 0.62
37	1.74	Weak	20.69 ± 0.70
38	1.85	Weak	22.18 ± 0.54
39	1.01	Weak	22.69 ± 0.42
40	1.61	Weak	22.33 ± 1.67
41	1.44	Weak	22.36 ± 0.28
42	1.56	Weak	22.33 ± 0.84
43	1.37	Weak	21.69 ± 0.43
44	1.46	Weak	21.59 ± 2.56
45	1.53	Weak	21.16 ± 0.45
46	1.50	Weak	19.73 ± 1.54
Candida			
parapsilosis			
ATCC 22019		-	15.10 ± 0.39

Figure 1. Biofilm formation capacity *Candida parapsilosis* isolates

In the susceptibility tests, 17 isolates determined as moderate biofilm producers were found to be susceptible

to amphotericin b, clotrimazole, fluconazole, nystatin. and itraconazole (Table 2).

Table 2. MIC values of isolates that are moderate biofilm producers (in µg/ml)

Isolates No	Amphotericin B	Clotrimazole	Fluconazole	Nystatin	Itraconazole
7	1	0.032	0.50	2	0.25
8	1	0.032	0.50	2	0.25
9	1	0.032	0.50	2	0.25
13	1	0.032	0.50	2	0.25
14	1	0.032	0.50	2	0.25
15	0.75	0.012	0.50	2	0.25
18	0.75	0.012	0.50	2	0.25
19	0.75	0.016	0.75	2	0.125
20	1	0.012	0.50	2	0.125
21	0.75	0.012	0.50	2	0.125
22	0.75	0.012	0.50	2	0.125
24	0.75	0.012	0.50	2	0.125
25	0.75	0.012	0.50	2	0.125
26	0.75	0.012	0.50	2	0.125
27	0.75	0.012	0.50	2	0.125
31	0.75	0.012	0.50	2	0.125
32	0.75	0.012	0.50	2	0.125
C. parapsilosis ATCC 22019	2	0.125	0.25	6	0.19

Discussions

In this study, we evaluated the biofilm formation capacity and antifungal susceptibility profiles of *Candida parapsilosis* isolates obtained from makeup sponges. Our findings revealed that the biofilm formation ability of these isolates varied, with the majority being weak biofilm producers. Similarly, a study conducted by Melo et al. (2011) reported that the biofilm formation ability of

Candida parapsilosis isolates differed among strains. However, other studies indicated that these isolates were generally strong biofilm producers, although biofilm production varied according to the strain (Treviño-Rangel et al., 2015; Modiri et al., 2019). Biofilm formation occurs when microorganisms adhere to surfaces and are surrounded by an extracellular matrix, posing a significant challenge in treating infections (Silva et al., 2017). The

biofilms formed by *Candida parapsilosis* are clinically significant due to their potential to develop resistance to antifungal agents (Govrins and Lass-Flörl, 2024). In our study, we found that 17 isolates formed moderate biofilms.

Antifungal susceptibility tests revealed that the isolates were responsive to amphotericin B, fluconazole, itraconazole, clotrimazole, and nystatin. The Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) and the European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) did not determine the inhibition zone diameter to evaluate the susceptibility of *Candida parapsilosis* isolates to amphotericin B. Regarding the inhibition zone, the manufacturer of the antifungal disk has reported the diameter between 10 and 17 mm for *Candida parapsilosis* ATCC 22019. In both CLSI and EUCAST, MIC values for amphotericin B are reported as Susceptible (S): MIC $\leq$ 1 mg/L and Resistant (R): MIC $>$ 2 mg/L. S or R breakpoints for nystatin are not specified. The MIC values of the isolates against amphotericin B ranged from 0.75–1 μ g/ml and are susceptible to polyene antifungals. This result suggests that environmentally sourced isolates may be susceptible to polyenes. However, previous studies have shown that biofilm production may reduce the efficacy of polyene antifungals (Tumbarello et al., 2007; Ramage et al., 2002). Additionally, there are (MIC) breakpoints determined by CLSI and EUCAST in the susceptibility assessment of *Candida* species for fluconazole and itraconazole. For fluconazole, CLSI reported S: MIC $\leq$ 2 μ g/mL, Susceptibility-Dose Dependent (SDD): MIC = 4 μ g/mL, and R: MIC $\geq$ 8 μ g/mL, while EUCAST reported S: MIC $\leq$ 2 mg/L and R: MIC $>$ 2 mg/L. The constant MIC value observed for fluconazole in all isolates (0.50 μ g/ml) is consistent with the ranges generally reported for *Candida parapsilosis* (0.25–2 μ g/ml) (Pfaller et al., 2010). However, it is also known that fluconazole resistance is increasing in some regions, and that this resistance is mostly associated with mutations in the ERG11 gene (Grossman et al., 2015). Although no resistance was detected in this study, molecular monitoring of isolates is important since resistance development may be observed in areas where fluconazole is used intensively. For itraconazole, according to CLSI, S: MIC $\leq$ 0.12 μ g/mL, SDD: MIC = 0.25–0.5 μ g/mL and R: MIC $\geq$ 1 μ g/mL were reported, while according to EUCAST, S: MIC $\leq$ 0.06 mg/L and R: MIC $>$ 0.06 mg/L were reported. Also, for clotrimazole, S or R breakpoints have not been specified. Particularly, clotrimazole and itraconazole from the azole group of agents attracted attention with their very low MIC values. This finding suggests that these drugs have high efficacy against non-clinical *Candida parapsilosis* isolates. Similarly, in the literature, it has been reported that the development of resistance against azoles is lower

in environmental isolates compared to clinical isolates (Colombo et al., 2017; Arastehfar et al., 2020). The results obtained in the study are compatible with the susceptibility limits determined by CLSI and EUCAST. The literature has reported that some *Candida parapsilosis* strains showed reduced susceptibility to antifungals such as fluconazole and itraconazole (Tóth et al., 2019). However, no resistant isolate was detected in this study. Although many studies have examined the antifungal resistance of *Candida parapsilosis* in clinical samples (Miranda-Cadena et al., 2018; Daneshnia et al., 2023; Önal et al., 2024) and hospital environments (Sabino et al., 2011; de Paula Menezes et al., 2020), specific data on antifungal resistance in *Candida parapsilosis* isolates isolated from non-clinical, i.e., environmental and other environments, are very limited. Nevertheless, it should be kept in mind that such isolates may also develop resistance mechanisms and spread in various environments.

Previous studies also support that makeup sponges provide a suitable growth environment for microorganisms (Bashir & Lambert, 2020; Agi et al., 2023). While two studies (Akgül & Bakan, 2021; Ogbonna et al., 2024) have been identified in the literature regarding the antibiotic resistance of bacteria isolated from makeup products, no research has been found on the isolation of *Candida* species from makeup sponges, nor on their biofilm formation capacity and antifungal resistance. Thus, this study significantly contributes to filling this gap in literature.

This study has some limitations. First, biofilm formation was assessed using only a quantitative method, crystal violet staining. Future studies should incorporate qualitative analyses, in-depth investigations into how biofilm structure is formed, and examinations of genetic mechanisms in assessing biofilm formation. Additionally, increasing the sample size and evaluating more isolates may provide more comprehensive results regarding biofilm formation profiles and antifungal resistance.

This study has demonstrated that microbial contamination in makeup sponges poses a risk to public health and that *Candida parapsilosis* can spread through cosmetic products. Contaminated cosmetic products can lead to mucosal, eye, and skin infections, particularly in individuals with weakened immune systems. Furthermore, antimicrobial resistance in these microorganisms can complicate treatment and pose serious health risks. Consequently, the hygienic use of makeup products, the significance of personal hygiene, and regular cleaning of makeup products are crucial to minimizing infection risks. In conclusion, these findings may help establish hygiene recommendations to minimize microbial contamination of makeup sponges,

develop antimicrobial products, and determine strategies against microorganisms' antimicrobial resistance.

Author contributions

1. Author: Designed the study, performed laboratory analyses, interpreted the results, wrote and edited the article.
2. Author: Conducted laboratory analyses and prepared the draft of the article.

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 (Gülçin ÖZCAN ATEŞ, Tuğba HANEDAN)

Acknowledgement

Identification studies of the isolates with MALDI-TOF MS were conducted in the Hatay Mustafa Kemal University Centre for Implementation and Research of Plant Health Clinic. We thank Dr. Aysun UYSAL for her contributions.

References

- Agi, V. N., Ollor, O. A., Azike, C. A., and Onwuasoanya, C. V. (2023). Isolation and identification of microorganisms from makeup brushes in Rivers State University Nigeria and its environs. *J Adv Microbiol*, 23(3), 41-50. DOI: 10.9734/JAMB/2023/v23i3715
- Akgül, Ö., and Bakan, K. (2021). The aerobic bacteria isolated from used cosmetic products and evaluation of antibiotic resistance. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 45(2), 156-168. <https://doi.org/10.33483/jfpau.850561>
- Arastehfar, A., Daneshnia, F., Najafzadeh, M. J., Hagen, F., Mahmoudi, S., Salehi, M., Zarrinfar, H., Namvar, Z., Zarehshahrabadi, Z., Khodavaisy, S., Zomorodian, K., Pan, W., Theelen, B., Kostrzewa, M., Boekhout, T., and Lass-Flörl, C. (2020). Evaluation of molecular epidemiology, clinical characteristics, antifungal susceptibility profiles, and molecular mechanisms of antifungal resistance of Iranian *Candida parapsilosis* species complex blood isolates. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 206. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00206>
- Bashir, A., and Lambert, P. (2020). Microbiological study of used cosmetic products: highlighting possible impact on consumer health. *Journal of Applied Microbiology*, 128(2), 598-605. <https://doi.org/10.1111/jam.14479>
- Branco, J., Miranda, I. M., and Rodrigues, A. G. (2023). *Candida parapsilosis* virulence and antifungal resistance mechanisms: a comprehensive review of key determinants. *Journal of Fungi*, 9(1), 80. <https://doi.org/10.3390/jof9010080>
- CLSI, (2002). Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeasts; Approved Standard—Second Edition. NCCLS document M27-A2 [ISBN 1-56238-469-4]. NCCLS, 940 West Valley Road, Suite 1400, Wayne, Pennsylvania 19087-1898 USA.
- CLSI, (2004). Method for Antifungal Disk Diffusion Susceptibility Testing of Yeasts; Approved Guideline. NCCLS document M44-A [ISBN 1-56238-532-1]. NCCLS, 940 West Valley Road, Suite 1400, Wayne, Pennsylvania 19087-1898 USA.
- Colombo, A. L., de Almeida Júnior, J. N., and Guinea, J. (2017). Emerging multidrug-resistant *Candida* species. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 30(6), 528-538. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000411>
- Daneshnia, F., de Almeida Júnior, J. N., Ilkit, M., Lombardi, L., Perry, A. M., Gao, M., Nobile, C. J., Egger, M., Perlin, D.S., Zhai, B., Hohl, T. M., Gabaldón, T., Colombo, A. L., Hoenigl, M., and Arastehfar, A. (2023). Worldwide emergence of fluconazole-resistant *Candida parapsilosis*: current framework and future research roadmap. *The Lancet Microbe*, 4(6), e470-e480. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(23\)00067-8](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(23)00067-8)
- de Paula Menezes, R., de Oliveira Melo, S. G., Bessa, M. A. S., Silva, F. F., Alves, P. G. V., Araújo, L. B., Penatti, M. P. A., Abdallah, O. S., de Brito Röder, D. V. D., and dos Santos Pedroso, R. (2020). Candidemia by *Candida parapsilosis* in a neonatal intensive care unit: Human and environmental reservoirs, virulence factors, and antifungal susceptibility. *Brazilian Journal of Microbiology*, 51, 851-860. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00232-1>
- Govrins, M., and Lass-Flörl, C. (2024). *Candida parapsilosis* complex in the clinical setting. *Nature Reviews Microbiology*, 22(1), 46-59. <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00961-8>
- Grossman, N. T., Pham, C. D., Cleveland, A. A., and Lockhart, S. R. (2015). Molecular mechanisms of fluconazole resistance in *Candida parapsilosis* isolates from a US surveillance system. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 59(2), 1030-1037. <https://doi.org/10.1128/aac.04613-14>
- Melo, A. S., Bizerra, F. C., Freymüller, E., Arthington-Skaggs, B. A., and Colombo, A. L. (2011). Biofilm production and evaluation of antifungal susceptibility amongst clinical *Candida* spp. isolates, including strains of the *Candida parapsilosis* complex. *Medical mycology*, 49(3), 253-262.
- Miranda-Cadena, K., Marcos-Arias, C., Mateo, E., Aguirre, J. M., Quindós, G., and Eraso, E. (2018). Prevalence and antifungal susceptibility profiles of *Candida glabrata*, *Candida parapsilosis* and their close-related species in oral candidiasis. *Archives of Oral Biology*, 95, 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2018.07.017>
- Modiri, M., Khodavaisy, S., Barac, A., Dana, M. A., Nazemi, L., Aala, F., Salehi, M., and Rezaie, S. (2019). Comparison of biofilm-producing ability of clinical isolates of *Candida parapsilosis* species complex. *Journal de mycologie medicale*, 29(2), 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2019.02.003>
- Ogbonna, S. I., Odu, N. N., Oparaodu, U. A., Robinson, V. K., and Ebenezer, A. (2024). Antibigram of bacteria and fungi isolated from makeup kits in Port Harcourt metropolis. *Microbiol. Res. Int*, 12(2), 30-36. DOI: 10.30918/MRI.122.24.015
- Önal, P., Aygün, F. D., Sever, G. A., Eren, B. A., Kes, G., Aygün, F., Zübarioğlu, T., Beşer, Ö. F., Ocak, S., Yazgan, Z., Aktuğlu Zeybek, Ç., Aygün, G., Camcıoğlu, Y., and Çokuğraş, H. (2024). Emerging trends in pediatric candidemia: mapping the rise in *Candida parapsilosis* incidence and antifungal resistance in Turkey. *Journal of Tropical Pediatrics*, 70(5), fmae015. <https://doi.org/10.1093/tropej/fmae015>
- Özcan Ateş, G., and Otkun, M. (2023). In Vitro Evaluation of Biofilm Forming Capacity and Antifungal Resistance of Yeast Isolated from Individuals Aged 18-25 Years. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1). <https://doi.org/10.33484/sinopfb.1310745>
- Pfaller, M. A., Castanheira, M., Messer, S. A., Moet, G. J., and Jones, R. N. (2010). Variation in *Candida* spp. distribution and antifungal resistance rates among bloodstream infection isolates by patient age: report from the SENTRY Antimicrobial Surveillance Program (2008–2009). *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 68(3), 278-283. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2010.06.015>

- Ramage, G., Bachmann, S., Patterson, T. F., Wickes, B. L., and López-Ribot, J. L. (2002). Investigation of multidrug efflux pumps in relation to fluconazole resistance in *Candida albicans* biofilms. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 49(6), 973-980. <https://doi.org/10.1093/jac/dkf049>
- Sabino, R., Sampaio, P., Carneiro, C., Rosado, L., and Pais, C. (2011). Isolates from hospital environments are the most virulent of the *Candida parapsilosis* complex. *BMC microbiology*, 11, 1-10. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-11-180>
- Silva, S., Rodrigues, C. F., Araújo, D., Rodrigues, M. E., and Henriques, M. (2017). *Candida* species biofilms' antifungal resistance. *Journal of Fungi*, 3(1), 8. <https://doi.org/10.3390/jof3010008>
- Stepanović, S., Vuković, D., Hola, V., Bonaventura, G. D., Djukić, S., Ćirković, I., and Ruzicka, F. (2007). Quantification of biofilm in microtiter plates: overview of testing conditions and practical recommendations for assessment of biofilm production by staphylococci. *Apmis*, 115(8), 891-899. https://doi.org/10.1111/j.1600-0463.2007.apm_630.x
- Tóth, R., Nosek, J., Mora-Montes, H. M., Gabaldon, T., Bliss, J. M., Nosanchuk, J. D., Turner, S. A., Butler, G., Vágvölgyi, C. and Gácsér, A. (2019). *Candida parapsilosis*: from genes to the bedside. *Clinical microbiology reviews*, 32(2), 10-1128. <https://doi.org/10.1128/cmr.00111-18>
- Tumbarello, M., Posteraro, B., Trecarichi, E. M., Fiori, B., Rossi, M., Porta, R., de Gaetano Donati, K., La Sorda, M., Spanu, T., Fadda, G., Cauda, R., and Sanguinetti, M. (2007). Biofilm production by *Candida* species and inadequate antifungal therapy as predictors of mortality for patients with candidemia. *Journal of clinical microbiology*, 45(6), 1843-1850. <https://doi.org/10.1128/jcm.00131-07>
- Treviño-Rangel, R. D. J., Rodríguez-Sánchez, I. P., Rosas-Taraco, A. G., Hernández-Bello, R., González, J. G., and González, G. M. (2015). Biofilm formation and genetic variability of BCR1 gene in the *Candida parapsilosis* complex. *Revista Iberoamericana de Micología*, 32(3), 180-184. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2014.11.001>



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Sönmez, D., Koç, A. E. (2025). Ruhsal Bozuklukların Tedavisinde Psilosibin, Mantar Dergisi, 16(1)90-99

Geliş(Received) :19.08.2024

Kabul(Accepted) :20.12.2024

Derleme

Doi: 10.30708/mantar.1535344

Ruhsal Bozuklukların Tedavisinde Psilosibin

Doğancan SÖNMEZ^{1*}, Aslı Enzel KOÇ²

*Sorumlu yazar: dogancansonmezz@gmail.com

¹ Rize Devlet Hastanesi, Psikiyatri Kliniği, Rize, Türkiye/ dogancansonmezz@gmail.com 

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Psikiyatri Anabilim Dalı /

sovera972@yahoo.com 

Öz: Psilosibin, klasik bir serotonerjik psikedelik madde olup, depresyon, anksiyete, travma sonrası stres bozukluğu, obsesif kompulsif bozukluk, yeme bozuklukları ve bağımlılık gibi ruhsal bozuklukların tedavisinde umut vaat etmektedir. Bu derleme, mevcut literatürü analiz ederek, psilosibinin terapötik etkilerini, olası mekanizmalarını ve klinik kullanımına dair etik ve yasal konuları ele almaktadır. Ayrıca, psilosibin destekli terapilerin gelecekteki klinik uygulamalarına ışık tutacak öneriler sunulmaktadır. Bu makale, psilosibinin potansiyelini anlamak ve ruh sağlığı alanında yeni tedavi stratejileri geliştirmek isteyen araştırmacılar ve klinisyenler için bir kaynak olmayı amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Psikedelik, Psilosibin, Ruhsal bozukluklar, Tedavi

Psilocybin in the Treatment of Mental Disorders

Abstract: Psilocybin is a classic serotonergic psychedelic substance that has shown promise in the treatment of mental disorders such as depression, anxiety, post-traumatic stress disorder, obsessive-compulsive disorder, eating disorders, and addiction. This review analyzes the current literature, addresses the therapeutic effects of psilocybin, its possible mechanisms, and ethical and legal issues regarding its clinical use. It also provides recommendations that will shed light on the future clinical applications of psilocybin-assisted therapies. This article aims to be a resource for researchers and clinicians who want to understand the potential of psilocybin and develop new treatment strategies in the field of mental health.

Keywords: Psychedelics, Psilocybin, Mental disorders, Treatment

Giriş

Ruhsal hastalıkların patofizyolojisi, tedavisi ve rehabilitasyonunda son birkaç yılda bazı önemli ilerlemeler kaydedilmekle birlikte tedavide birtakım sınırlılıklar ve zorluklar ile karşılaşmaya devam edilmektedir. Bunlara ilaçlara düşük tolerans, uyum düşüklüğü, düşük yanıt ve remisyon oranları, süregiden kalıntı belirtiler, sık relaps ve akut kriz döneminde bile tedavi için gereken sürelerin haftaları bulabilmesi dahil

edilebilir (O'Leary ark. 2015). Artan ruhsal hastalık prevalansı ile bu durum bireysel olarak mortalitede ve toplumsal olarak da tedavi yükü maliyetlerinde artışı beraberinde getirmektedir. Ruhsal hastalıkların sağaltımında karşılaşılan güçlükler umut vadeci yeni arayışların ve bakış açılarının geliştirilmesini zorunlu kılar. Ketamin, peyote ve 3,4-metilenedioksi-N-metilamfetamin (MDMA) ile son çeyrek yüzyılda en çok araştırılan psikedelik bileşiklerden biri olan psilosibinin klinik



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.

çalışmalarda depresyon, anksiyete semptomları, bağımlılık ve terminal dönem ölüm kaygısı gibi durumlarda hızlı, etkin, güvenilir ve sürdürülebilir tedavi edici etkilerinin olduğu, bazı etkilerinin güncel kılavuzlarda yer alan psikotrop ajanlar ile kıyaslanabilir olduğu gösterilmiştir (Dos Santos ark., 2021). Psikoaktif maddelerin insan beynindeki etkilerinin anlaşılması aynı zamanda ruhsal hastalıkların tanı ve tedavisi ile ilgili temel sorunlara yanıt bulunmasına yön gösterebilir. Bu anlatısal incelemede, bir makromantar alkaloidi olan psilosibinin ruhsal hastalıkların tedavisindeki terapötik potansiyelini ve güvenilirliğini ele almak amaçlı literatürde psilosibinin ruhsal hastalıklar üzerindeki etkisini inceleyen yayınları değerlendirmeye çalıştık.

Tanım ve Tarihçe

Psikedelik' terimi 'zihni açığa çıkaran' anlamına gelmekte olup, 1957 yılında öncü klasik psikedelik araştırmacısı Humphrey Osmond tarafından literatüre kazandırılmıştır (Osmond, 1957). Bilinen en eski psikoaktif maddelerden biri olan psikedelikler yapısal benzerliklerine göre başlıca iki gruba ayrılır: psilosibin ve LSD (liserjik asit dietilamid)'nin yer aldığı indolaminler ve fenilalkilaminler (Nichols, 2012). Klasik bir psikedelik olan psilosibin (O-fosforil-4-hidroksi-N,N-dimetiltriptamin) makromantarlarda bulunan doğal bir alkaloiddir. 100'den fazla makromantar türünde tanımlanmakla birlikte en güçlü ve en yaygın olarak bilinen psilosibin içeren makromantarlar, *Psilocybe* cinsinin üyeleridir. Bu cins içerisinde *Psilocybe cubensis* (Earle) Singer, *Psilocybe semilanceata* (Fr.)P.Kumm., *Psilocybe azurescens* Stamets & Gartz ve *Psilocybe bohemica* Šebek gibi türler bulunmaktadır. Ayrıca *Panaeolus*, *Gymnopilus*, *Pluteus* cinsine ait makromantar türlerinde de psilosibin bulunur (Mahmood, 2013). Psikedelik terimi yerine bazı çevrelerde "halüsinojen" terimi kullanılmakla birlikte çok yönlü etkileri olan bu bileşikler tam anlamıyla yansıtmayabilir (Nichols, 2012). Psikedeliklerin neden olduğu halüsinasyon klasik kullanılagelen halüsinasyon kavramından daha farklı belki bazı migren türlerinde görülen görsel fenomene benzer şekilde çok renkli şekil ve desenlerde fosfenlerden oluşan "Entoptik" halüsinasyonlardır. Bu görsel varsanılar gözler açıkken de kapalıyken de ortaya çıkabilir (Stoliker ark., 2022). Ayrıca halüsinojen yapıcı etkisi kadar güçlü olan başka psikoaktif etkileri de oldukça önem kabul edilir: düşünce, duygu, kendilik algısında, zaman algısında ve genel algıdaki güçlü değişiklikler (Sayin, 2017).

İnsanlığın psikedeliklere ilgisinin antik çağlardan beri var olduğu bilinmektedir. Psikedelik makromantarların dini ritüeller ve şamanik törenlerde kullanımı Meksika'da 3000 yıl öncesine dayandığına ilişkin çok sayıda kanıt mevcuttur (Araújo ark., 2015). 1529'da Meksika'ya giden ve orada uzun yıllar etnografik

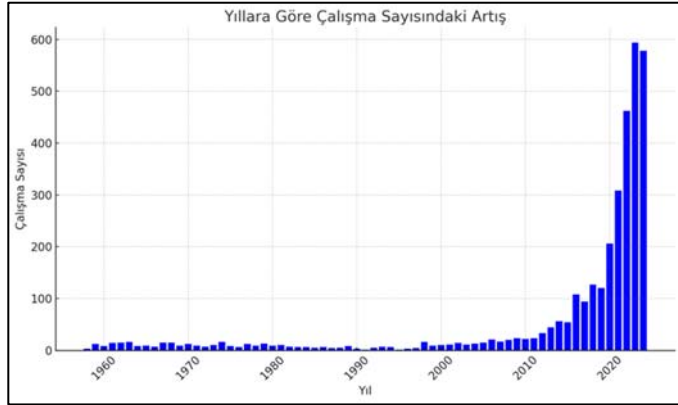
araştırmalar yapan İspanyol Bernardino de Sahagún'un en çok bilinen eseri *Florentine Codex* olarak adlandırılan "*Historia general de las cosas de la Nueva España*" da kutsal makromantarlardan sıklıkla bahsedilmektedir (Sahagún ark., 1950). Büyüsel ve doğaüstü güçler elde etmek, ruhlarla iletişim kurmak, dini bir coşku haline ulaşmak, açık bir zihinle ulaşılamaz durumda olan bilgi ve deneyimlere erişmek, iyileşmede etnofarmakolojik bir yöntem olarak ya da iyileştirme güçleri kazanmak gibi çeşitli amaçlar için kullanımından bahsedilmektedir (Sayin, 2017). *Psilocybe* makromantarlarına modern bilimin ilgisinin çekilmesi ise aynı zamanda antidepresan tedavilerin de başladığı psikofarmakolojinin altın yılları olarak tanımlanan 1950'li yıllardır.

1953-1955 yılları arasında Wasson ve ekibi, Mazatec, Chatino ve Aztek bölgelerinde yaptıkları keşif gezilerinde büyük ölçüde *Psilocybe* türüne ait makromantarları incelemiştir (Wasson, 1957). Bu makromantarların laboratuvarında yetiştirilmesi denenmiş ve özellikle *Psilocybe mexicana* Heim başarılı bir şekilde üretilmiştir. Albert Hoffmann ve arkadaşları, *Psilocybe mexicana* makromantarından psilosibini ve kimyasal olarak kararsız olan aktif metaboliti psilosini (4-hidroksi-N,N-dimetiltriptamin) izole edip sentezleyerek, alandaki araştırmaların önünü açmıştır. Ardından Sandoz AG Basel farmakoloji laboratuvarında yapılan çalışmalarda, psilosibinin serotonine karşı belirgin bir antagonistik etkisi olduğu tespit edilmiştir (Hofmann ark., 1959). Psilosibin ve onun aktif metaboliti psilosinin, serotonerjik sistem üzerindeki etkileri, antidepresanların etki mekanizmalarının anlaşılmasında önemli bir rol oynamıştır. Bununla beraber psikoterapilerde psikedeliklerin kullanımları üzerine denemeler yaygınlaşmıştır. Alana olan ilgi toplum içinde belirli gruplar arasında kullanımının yaygınlaşması ve bir başkaldırı kültürünün bir parçası olması ile uzun sürmemiş 1970'li yıllarda kullanımı kontrol altına alınarak psilosibinin insanlar üzerindeki etkilerini inceleyen deneyler sonlandırılmıştır (Nichols, 2012). Ancak 1990'lar ile birlikte modern bilimin bu konuya ilgisi yeniden canlanmış ve psilosibin üzerine yapılan çalışmalar sınırlı da olsa devam etmiştir. Psilosibin, göreceli güvenliği, nispeten uzun etki süresi ve iyi absorpsiyonu nedeniyle son yıllarda insan araştırmalarında en sık kullanılan psikedeliklerden biridir. 2019 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tedaviye dirençli majör depresyonda psilosibin destekli psikoterapiyi "önemli bir keşif/tedavi" olarak nitelendirmiştir (Heal ark., 2023). Şekil 1'de, psilosibin üzerine yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı gösterilmektedir (Pubmed, Scopus ve WoS Veritabanları). Bu veri, psilosibin araştırmalarında artan akademik ilgiyi vurgulamaktadır.

Psilosibinin Biyosentezi, Nörobiyolojisi ve Etki Mekanizmaları

Psilosibinin Biyosentezi

Halüsinojenik makromantarlar kuru ağırlıklarının 2-16 mg/g kadarı psilosibin ve 10 mg/g' kadar psilosin içerebilmektedir.

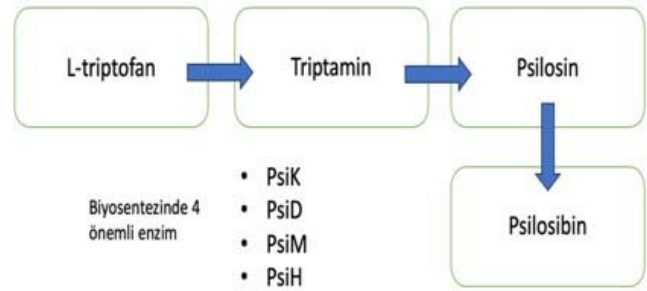
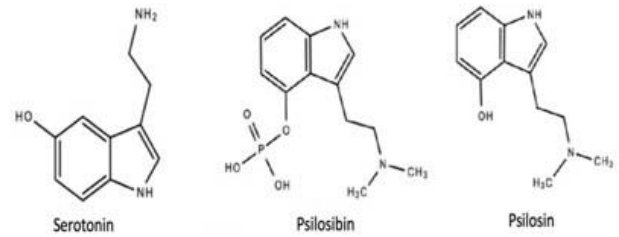


Şekil 1: Psilosibin Üzerine Yapılan Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı: Pubmed, Scopus ve WoS Veritabanları

Yapısal olarak serotonin (5-hidroksitriptamin) ve liserjik asit dietilamid (LSD) ile benzer özellikler taşıyan psilosibin, doğada makromantarlarda bulunmasının yanı sıra, kimyasal olarak da sentezlenebilmektedir. Psilosibinin biyosentezinde başlıca dört enzim rol alır psilosibin ile ilişkili triptofan dekarboksilaz (PsiD), psilosibin ile ilişkili N-metiltransferaz (PsiM), psilosibin ile ilişkili hidroksilaz (PsiH) ve psilosibin ile ilişkili kinaz (PsiK). Esansiyel bir aminoasit olan L-triptofan'ın dekarboksilasyonu ve hidroksilasyonu ile 4-hidroksitriptamin oluşur. Daha sonrasında, 5'-adenosin trifosfat (ATP) bağımlı 5-metiltioribokinaz (PsiK) 4-hidroksitriptamini fosforile eder. Biyosentez S-adenosil-L-metiyonin (SAM) aktivitesi gerektiren metiltransferaz (PsiM) ile tamamlanır. Böylece L-triptofan enzimatik olarak triptamine ve ardından S-adenosil-L-metiyonin (SAM) aktivitesi aracılığıyla psilosibine dönüşmüş olur (Demmler ark., 2020; Meyer & Slot, 2023). Bu derlemenin asıl konusu psilosibinin biyosentezindeki moleküler mekanizmalar olmamak ile birlikte yazının psilosibinin serotonin de öncülü olan L-triptofan'dan sentezine değinmesi gerektiğini düşündük. Psilosibinin moleküler yapısı serotonin ile oldukça benzerlik gösterir ve esas güçlü psikoaktif özelliklerini serotonin reseptörleri üzerindeki serotonin reseptörünün agonisti veya kısmi agonisti olarak rol aldığı düzenleyici etkileri ile gösterir (Bonnieux ark., 2023). Psilosibinin biyosentezi, triptofan ve triptamin üzerinden ilerleyen bir kimyasal süreçtir. Şekil 2'de, bu biyosentez yolunun bir şeması sunulmuş ve psilosibin üretiminde görev alan enzimler gösterilmiştir.

Psilosibinin Farmakokinetiği

Psilosibin hidrofilik yapısı nedeniyle kan- beyin bariyerinden geçemez. Bu nedenle ön ilaç olarak kabul edilir. Psilosibinin bağırsak mukozasında defosforilazasyonu ile oluşan lipofilik yapıdaki 4-hidroksidimetiltriptamin psilosibinin merkezi sinir sisteminde serotonin agonisti olarak işlev gören aktif bileşendir ve psilosibinden yaklaşık 2 kat daha potenttir (Coppola ark., 2022).



Şekil 2: Serotonin, psilosibinin, psilosinin kimyasal yapıları ve L-triptofandan psilosibin oluşumu

İnsanlarda, oral olarak 25 mg psilosibin (yüksek doz) alınımının ardından psilosin plazma konsantrasyonlarının yaklaşık 15–20 ng/mL seviyelerinde olduğu ve eliminasyon yarı ömrünün ($t_{1/2}$) 2–3 saat arasında değiştiği tespit edilmiştir (MacCallum ark., 2022). Psilosin, beyin de dahil tüm dokulara dağılarak 24 saat içinde atılır; atılımın %65'i idrar, %15-20'si ise safra ve dışkı yoluyla gerçekleşir. Psilosibinin bir kısmı glukuronidasyona uğrayarak psilocin-O-glukuronid olarak, bir kısmı diğer idrar ana metaboliti 4-hidroksiindol-3-asetaldehit (4-HIA) çevrilerek idrarla atılmaktadır. Psilosinin metabolizmadaki süreçlerine monoamin oksidaz (MAO) ve bakır taşıyan oksidaz olan seruloplazmin de dahil olmaktadır (Thomann ark., 2024).

Psilosibinin Farmakodinamiği

Psilosibin, 5-HT_{2A} reseptörleri üzerinde güçlü bir agonist, 5-HT_{1A} ve 5-HT_{2C} reseptörleri üzerinde ise orta düzeyde bir agonisttir. 5-HT_{2A} reseptörleri üzerindeki agonizması aynı zamanda halüsinasyon yapıcı etkisinden de sorumludur. Antidepresan tedavilerden seçici serotonin geri alım inhibitörleri (SSRI'lar), 5-HT_{2A} reseptörlerinin doğrudan agonistleri değildir. Buna

karşılık, psilosibin mevcut antidepresan ilaçlara alternatif olarak benzersiz bir farmakolojik profil sunar (Coppola ark., 2022). Psilosin, belirli serotonin reseptörleri üzerindeki güçlü etkilerinin yanı sıra, orta etki gücüyle serotonin taşıyıcısını (SERT) inhibe eder ve 5-HT_{2A} reseptörlerinin agonizması ile glutamat salınımına yol açar. Aynı zamanda talamik GABA seviyelerini artırarak kortekse gelen duyuşal girdinin artmasına neden olabilir. Psiloidler, hem serotonin hem de dopamin sistemleri etkilemektedir. Dopamin yolları motivasyon ve ödül düzenlemesinde önemli bir rol oynar. Psilosin dopamin reseptörleri D₁ ve D₃'e güçlü afinitesi vardır. Psilosinin D₁'e olan afinitesi dopaminin kendisinden de yüksektir. Psilosinin dopamin (DAT) veya norepinefrin taşıyıcıları (NET) üzerinde etkisi yoktur (Coppola ark., 2022; Wojtas & Gołembiowska, 2023).

Psilosibin ve Nöroplastisite

Psilosibinin nöroplastisiteyi artırarak nörojeniz, dendritogenez ve sinaptogenez süreçlerini etkileyebileceği, sinaptik aktiviteyi değiştirdiği, glutamat sinyalini artırdığına ilişkin bulgular vardır. Psikodelikler, sinaptik plastisiteyi ketaminden benzer veya daha fazla derecede artırarak nöro- ve sinaps oluşumunu teşvik ettiği ve düşük dozlarda DNA hasarına yol açmadığı belirtilmektedir (Wojtas & Gołembiowska, 2023). Deneysel araştırmalar psikodeliklerin hem in vitro hem de in vivo ortamda kortikal nöronlarda yapısal ve fonksiyonel değişiklikleri indüklediğini göstermektedir. Bu değişiklikler, 5-HT_{2A} reseptörü, tirozin reseptör kinaz B (TRKB) ve memeli rapamisin hedefi (mTOR) sinyal yollarının aktivasyonu yoluyla düzenlenen sinaptik bağlantılarda artışı da içerir. Talamokortikal sinapslarda bulunan presinaptik 5-HT_{2A} reseptörlerinin uyarılması, NMDA reseptörü bağımlı mekanizmalar aracılığıyla nöroplastisite ve ilişkilendirilmiş öğrenmeyi yönlendirmektedir (Raval ark., 2021; Vollenweider & Preller, 2020). Psilosibinin merkezi sinir sistemindeki nöroplastik etkilerinin iyi anlaşılması açısından etkilerini akut ve kronik olarak ikiye ayırmak gerekir. Psilosibinin akut etkileri anterior hipokampüste, frontal ve medial temporal kortekste glukoz metabolizmasında artış ile bağlantılı olduğu gösterilmiştir. Dinlenme halindeki fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (rsfMRI) çalışmalarında ise genel olarak fonksiyonel bağlantıda etkisi birkaç hafta süren azalma gösterilmiştir. Kısaca metabolik aktivitenin arttığı ancak bununla birlikte paradoksal olarak sinyal gücünde azalma olduğu tespit edilmiştir. Kronik etkileri, nöronal plastisiteye katkıda bulunan genlerin ifadesinde artışı içermektedir (Siegel ark., 2023).

Psilosibinin Terapötik Kullanımı

1. Depresif Bozukluklar

Majör Depresif Bozukluk (MDB) için farmakoterapi, psikoterapi ve dijital müdahaleler gibi etkili tedaviler

mevcut olmasına rağmen, bu yöntemlerin etkisi sınırlıdır. Modelleme çalışmaları, en iyi uygulamalarla bile MDB'nin hastalık yükünün yalnızca üçte bir oranında azaltılabileceğini, yüksek gelirli ülkelerde bile hastaların yalnızca %16,5'inin yeterli tedavi alabildiğini göstermektedir (Buntrock ark., 2024). Klasik bir psikodelik bileşik olan psilosibin, özellikle MDB ve tedaviye dirençli depresyon (TRD) olmak üzere depresyon tedavisinde umut vaat etmektedir. Psilosibin destekli terapi, psilosibinin kontrollü bir ortamda psikolojik destekle birlikte uygulanmasını içerir ve bunun hızlı ve sürekli antidepresan etkiler ürettiği gösterilmiştir. Çeşitli çalışmalar psilosibinin depresif semptomları azaltmadaki etkinliğini vurgulamıştır. Randomize bir klinik çalışma, iki seans psilosibinin (20 mg/70 kg ve 30 mg/70 kg) GRID-Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği (GRID-HAMD) ve Hızlı Depresif Semptomatoloji-Kendini Değerlendirme Envanteri (QIDS-SR) ile ölçülen depresyon şiddetini önemli ölçüde azalttığını bulmuştur (Davis ark., 2021). Başka bir çalışmada, tek doz psilosibinin (25 mg) Montgomery-Asberg Depresyon Derecelendirme Ölçeği (MADRS) puanlarında plaseboya kıyasla önemli bir azalmaya yol açtığı ve etkilerinin 43 güne kadar sürdüğü bildirilmiştir (Raison ark., 2023). Meta-analizler de bu bulguları desteklemiştir. Bir meta-analizde, psilosibinin plasebo veya psikoaktif olmayan karşılaştırmalara göre büyük bir etki büyüklüğüyle (Hedges' $g=1.64$) önemli bir fayda sağladığını bildirmiştir (Metaxa & Clarke, 2024). Başka bir meta-analiz, psilosibinin hem birincil hem de ikincil depresyon tedavisinde etkili olduğunu ve güçlü bir etki büyüklüğüne sahip olduğunu (Hedges' $g = -0.89$) ortaya koymuştur (Fang ark., 2024). Psilosibinin antidepresan etkilerinin, serotonin 2A reseptörlerinin (5-HT_{2AR}) aktivasyonu aracılığıyla gerçekleştiği öne sürülmektedir. Bu mekanizmanın, beyin plastisitesini ve bilişsel esnekliği artırarak olumsuz ruminasyonları azaltabileceği ve duygusal işlemeyi iyileştirebileceği düşünülmektedir (Fang ark., 2024; Nutt ark., 2024; Prouzeau ark., 2022). Özetle, psilosibin destekli terapi, majör depresif MDB ve TRD gibi ruhsal bozuklukların tedavisinde dikkate değer bir potansiyel sergilemektedir. Bununla birlikte, bu tedavi yönteminin etkinliği, güvenlik profili ve en uygun uygulama protokolleri hakkında daha kesin sonuçlara ulaşabilmek için, daha geniş örneklem boyutlarına sahip, uzun süreli takiplerin gerçekleştirildiği ileri düzey klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

2. Anksiyete Bozuklukları

Genel popülasyonun yaklaşık üçte birinin yaşamlarının bir döneminde anksiyete bozukluğu tanısı aldığı bildirilmiştir. Mevcut farmakolojik ve farmakolojik olmayan tedavi seçenekleri genellikle kolay tolere edilememekte ve yeterli etkinlik göstermemektedir.

Dahası, anksiyete bozuklukları çoğu zaman kronik bir seyir izlemektedir(Feulner ark., 2023).Yapılan araştırmalar, psilosibinin hem klinik hem de sub-klinik popülasyonlarda anksiyete semptomlarını azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Goldberg ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir meta-analiz, psilosibinin davranışsal müdahalelerle birlikte uygulandığında, etki büyüklüğünün 0.82 ila 1.47 arasında değiştiğini ve bu etkinin anksiyete semptomlarında büyük ve istatistiksel olarak anlamlı azalmalar sağladığını ortaya koymuştur (Goldberg ark., 2020). Bu bulgular, psilosibinin güçlü bir anksiyolitik etkisini desteklemektedir.

Kiraga ve arkadaşlarının doğal gözlemsel çalışması, psilosibin içeren makromantarların sağlıklı bireylerde hem duruma bağlı hem de sürekli kaygıyı anlamlı derecede azalttığını ve bu etkinin en az bir hafta boyunca sürdüğünü göstermiştir (Kiraga ark., 2022). Johnson ve Griffiths tarafından yapılan bir derlemede ise kontrollü klinik çalışmaların, psilosibinin özellikle kanserle ilişkili anksiyete semptomlarını azalttığını ve tek bir uygulama sonrasında etkilerinin altı aya kadar devam ettiğini ortaya koyduğu belirtilmiştir (Johnson & Griffiths, 2017).

Psilosibinin bu etkilerinin altında yatan mekanizmaların, 5-HT2A reseptörleri aracılığıyla serotonerjik nörotransmisyonun modülasyonu ve bu modülasyonun duygusal işleme ile ruh hali düzenlemesi üzerindeki etkileri olduğu düşünülmektedir (Kraehenmann ark., 2016).

Özetle, psilosibin, MDB ile birlikte anksiyete semptomlarının yönetiminde de kısa ve uzun vadeli etkiler sunarak dikkat çeken bir tedavi yaklaşımıdır. Ancak bu potansiyelin daha geniş örneklem grupları ve çeşitli klinik koşullarda incelenmesi, etkinlik ve güvenlik verilerini güçlendirmek açısından gereklidir.

3. Obsesif Kompulsif Bozukluk

Obsesif kompulsif bozukluk (OKB), bireylerde tekrarlayıcı ve rahatsız edici düşünceler (obsesyonlar) ile bu düşünceleri nötralize etmeye yönelik zorlayıcı davranışlarla (kompulsiyonlar) karakterize edilen kronik bir psikiyatrik bozukluktur. Geleneksel tedavi yöntemleri, özellikle seçici serotonin geri alım inhibitörleri (SSRI'lar) ve bilişsel-davranışçı terapi, her hasta için yeterince etkili olamamaktadır. Bu bağlamda, hastaların yaklaşık %40'ında mevcut tedavilere direnç gözlemlenmektedir (Owe-Larsson ark., 2024). 20. yüzyılın sonlarında, 30 yıldır şiddetli OKB semptomları olan 34 yaşındaki bir erkek hasta üzerinde yapılan klinik bir değerlendirme rapor edilmiştir. Hastanın bulaş ve düzen obsesyonları ve ritüelleşmiş kompulsiyonları olduğu; alkol ve esrarın anksiyeteyi azalttığı ancak OKB semptomlarına etkisiz kaldığı, uyarıcıların ise semptomları kötüleştirdiği belirtilmiştir. Psilosibin içeren makromantarların

kullanımıyla semptomların hafiflediği ve kronik halüsinojen kullanımının aylar süren remisyona neden olduğu bildirilmiştir (Moreno & Delgado, 1997). Aynı çalışma ekibi, psilosibinin güçlü bir 5-HT1A ve 5-HT2A/2C agonisti olarak OKB üzerindeki terapötik etkilerini daha kapsamlı bir şekilde araştırmayı hedeflemiştir. Modifiye edilmiş çift kör bir çalışmada, OKB'li dokuz hasta üzerinde yapılan değerlendirmeler, psilosibinin Yale-Brown Obsesif Kompulsif Ölçeği (YBOCS) ile ölçülen semptomlarda anlamlı bir azalma sağladığını göstermiştir. Çalışma ayrıca, psilosibinin genel olarak iyi tolere edildiğini ve sadece geçici hipertansiyonun kayda değer bir yan etki olarak bildirildiğini ortaya koymuştur (Moreno ark., 2006). Farelerde yapılan klinik öncesi çalışmalar da psilosibinin kompulsif davranışları azaltmadaki potansiyel etkinliğini desteklemiştir. Bu çalışmalar, psilosibinin kompulsiyon karşıtı etkilerinin yalnızca 5-HT2A veya 5-HT1A reseptörleri üzerinden gerçekleşmediğini ve daha karmaşık bir etki mekanizmasının söz konusu olduğunu göstermektedir (Singh ark., 2023). Buna ek olarak, bir vaka raporu, psilosibin içeren makromantarların kronik tüketiminin OKB semptomlarında uzun süreli iyileşme sağladığını ortaya koymuş ve bu bulguları desteklemek adına daha geniş ölçekli klinik çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu vurgulamıştır (Lugo-Radillo A Md & Cortes-Lopez, 2021). Özetle, psilosibin, özellikle geleneksel tedavilere dirençli OKB hastaları için, umut vadeden alternatif bir tedavi seçeneği olarak görülmektedir. Ancak, psilosibinin güvenliği, etkinliği ve optimal doz protokollerini belirlemek amacıyla daha fazla randomize kontrollü çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

4. Travma Sonrası Stres Bozukluğu (TSSB)

Travma Sonrası Stres Bozukluğu (TSSB), yeniden yaşantılama, kaçınma, bilişsel ve duygusal değişiklikler ile aşırı uyarılmışlık belirtileri ve duygu düzenleme bozukluklarıyla karakterize, kronik bir psikiyatrik bozukluktur. Sosyal ve mesleki işlevsellikte ciddi bozulmalara neden olmakta ve görülme sıklığı popülasyona göre %7–50 arasında değişmektedir. TSSB için mevcut tedaviler, genellikle yenilikçi yaklaşımlar gerektiren suboptimal sonuçlar vermektedir (Khan ark., 2022; Zaretsky ark., 2024). Klinik öncesi ve erken dönem klinik çalışmalar, psilosibinin duygusal işlemeyi güçlendirdiği ve kaçınma davranışlarını azalttığı yönündeki bulgularıyla, TSSB semptomlarının iyileşmesinde potansiyel bir terapötik rol oynayabileceğini öne sürmektedir. Psilosibin destekli psikoterapi, travma geçirmiş AIDS mağdurlarını içeren açık etiketli bir çalışmada TSSB semptomlarını, bağlanma kaygısını ve depresif yakınmaları azaltmada etkinlik göstermiştir. Ayrıca, psilosibinin hipokampal nöroplastisiteyi teşvik ederek TSSB için maruz kalma temelli terapilerde kritik bir

süreç olan korkunun yok olmasını kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir (Du ark., 2023; Zaretsky ark., 2024). Psilosibinin etkilerine serotonerjik sistemin, özellikle de duygusal düzenleme ve nöroplastisitede rol oynayan 5-HT2A reseptörlerinin aracılık ettiği düşünülmektedir. Psilosibin uygulamasının olumlu duygulanımı artırdığı ve TSSB semptomatolojisi ile ilgili olan olumsuz duygulanımı ve olumsuz uyarılara amigdala tepkisini azalttığı gösterilmiştir (Barrett ark., 2020; Du ark., 2023; Woodburn ark., 2024). Klinik çalışmalar henüz erken aşamadır ve ilk bulgular umut verici olsa da literatür yetersiz kalmaktadır. TSSB tedavisinde psilosibin kullanımının riskleri ve uzun vadeli etkileri daha fazla araştırma gerektirmektedir. Bu nedenle, psilosibin TSSB tedavisi için potansiyel yeni bir yaklaşım sunarken, etkinliğini ve güvenlik profilini kapsamlı bir şekilde ortaya koymak için daha sağlam klinik çalışmalar gereklidir.

5. Madde Bağımlılığı

Bağımlılık, küresel düzeyde yüksek bir prevalansa sahip, kronik ve tekrarlayıcı bir tıbbi durum olarak tanımlanmaktadır. Dünya genelinde yaklaşık 164 milyon kişinin bağımlılıkla mücadele ettiği tahmin edilmekte olup, mevcut tedavi ve müdahaleler sınırlı bir etkinlik göstermektedir. Bağımlılığın doğasında vardır olarak dile getirilen sık nökslerde ayrı bir sorunu oluşturmada bağımlılık tedavisi gören bireylerin yaklaşık %20'si bir ay içinde, %40'ı ise altı ay içinde nöks yaşadığı bildirilmektedir (Zafar ark., 2023). Psilosibin özellikle alkol ve tütün kullanım bozukluklarının tedavisinde potansiyel terapötik etkiler göstermiştir. Psilosibin destekli terapi yoğun içki içme günlerinde önemli azalmalar ve sigara içmeme oranlarında artış ile ilişkilendirilmiştir. Van der Meer ve ark. tarafından yapılan sistematik bir inceleme, psilosibin destekli terapinin alkol kullanım bozukluğu ve tütün kullanım bozukluğu olan hastalarda yoğun içki içme günlerinde önemli bir azalmaya ve bırakma oranlarında artışa yol açtığını göstermiştir (van der Meer ark., 2023). Başka bir klinik çalışmada, psikoterapi ile birleştirilen psilosibin, plaseboya kıyasla yoğun içki içme günlerinin yüzdesini önemli ölçüde azaltmıştır (Bogenschutz ark., 2022). Ek olarak, psilosibin düşük bir toksisite ve bağımlılık riskine sahiptir ve bu da onu kontrollü klinik koşullar altında nispeten güvenli bir seçenek haline getirir (de Veen ark., 2017). 31 yıl boyunca günlük ortalama 19 dal sigara tüketen ve daha önce altı kez bırakma girişiminde bulunan 15 katılımcı üzerinde yapılan bir çalışmada, 15 haftalık bir program kapsamında psikoterapi ile iki ila üç kez psilosibin uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 6 aylık takip sonunda katılımcıların %80'inde biyokimyasal olarak doğrulanmış sigara bırakma başarısı elde edildiği gösterilmiştir. Bu oran, mevcut davranışsal veya farmakolojik müdahalelerle sağlanan başarı oranlarına (%35'in

altında) kıyasla çok daha yüksektir (Cahill ark., 2014). Bağımlılık yalnızca tütün ve alkolle sınırlı olmayıp, opioidler, kokain, metamfetamin ve davranışsal bağımlılıklar gibi bağımlılıkların tedavisinde psilosibin üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlı olup, diğer bağımlılıklardaki etkinliğini ve güvenliğini doğrulamak için daha büyük randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu belirtmek önemlidir. Her ne kadar diğer psikedeliklerle, özellikle MDMA ve LSD ile bağımlılık tedavisine yönelik bazı çalışmalar yapılmış olsa da, psilosibin üzerine odaklanan araştırmalar sınırlıdır.

Özetle, psilosibin destekli terapinin, özellikle Alkol ve tütün kullanım bozukluğu olmak üzere bazı madde kullanım bozuklukları için umut verici bir tedavi olduğu görülmektedir; ancak klinik pratikteki rolünün belirlenmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

6. Yeme Bozuklukları

Yeme bozuklukları (YB), anormal yeme davranışlarıyla karakterize olan ve fiziksel ile ruhsal sağlığı olumsuz etkileyen ciddi rahatsızlıklar grubudur. Yetişkinlerde en yaygın görülen yeme bozuklukları arasında anoreksiya nervoza (AN), bulimiya nervoza ve tıknırcasına yeme bozukluğu yer almaktadır. AN'li hastalarının yaklaşık üçte ikisinin zamanla iyileştiği, ancak bazı hastaların yıllar hatta on yıllar boyunca hastalıkla mücadele ettiği rapor edilmiştir. Özellikle AN'nin tedavi seçeneklerinin oldukça sınırlı olduğu bildirilmiş olup, bu durum tedaviye dirençli vakalarda etkili olabilecek ve iyileşme sürecini hızlandırabilecek yeni tedavilere duyulan ihtiyacın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Psilosibin, bilişsel esneklik ve serotonerjik fonksiyon üzerindeki etkileri nedeniyle yeme bozuklukları, özellikle anoreksiya nervoza (AN) için ek bir tedavi olarak potansiyel göstermiştir. Bilişsel esneklik eksikliği, yeme bozukluklarını tedavi etmede önemli bir zorluktur ve serotonerjik bir psikedelik olan psilosibin, diğer psikiyatrik durumlarda bilişsel esnekliği artırma yeteneğini göstermiştir. Bu, psilosibinin yeme bozukluklu bireylere, özellikle katı düşünce kalıplarına ve tedaviye dirence sahip olanlara fayda sağlayabileceği potansiyel bir mekanizmayı önermektedir (Calder ark., 2023; Koning & Brietzke, 2023). Anoreksiya nervoza tanılı 10 yetişkin kadını içeren Faz 1, açık etiketli uygulanabilirlik çalışması, psikolojik destekle birlikte tek bir seans 25 mg sentetik psilosibin dozunun güvenli, tolere edilebilir ve kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Önemli bir olumsuz olay bildirilmemiş ve katılımcılar tedaviyi kabul edilebilir bulduğunu bildirmiştir. Bu çalışma, daha büyük, kontrollü denemelerde etkinliği ve güvenliği belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır (Peck ark., 2023). Ek olarak, hayvan çalışmaları psilosibinin, serotonerjik mekanizmalar aracılığıyla bilişsel esnekliği artırarak AN semptomlarını iyileştirebileceği hipotezini

desteklemiştir. Bu bulgular, bilişsel katılıkla karakterize edilen diğer psikiyatrik bozukluklarda psilosibinin gözlemlenen faydalarıyla uyumludur (Conn ark., 2024). Özetle, psilosibin yeme bozuklukları, özellikle anoreksiya nervoza için potansiyel bir tedavi olarak umut vadetse de mevcut kanıtlar ön aşamadır.

Psilosibinin Güvenlik ve Yan Etki Profili

Serotonerjik bir halüsinojen olan psilosibin, depresyon ve anksiyete başta olmak üzere çeşitli psikiyatrik hastalıklardaki tedavi edici potansiyeli açısından araştırılmıştır. Psilosibinin terapötik dozlardaki güvenlik ve yan etki profili çeşitli çalışmalarda değerlendirilmiştir. Psilosibinin yaygın akut yan etkileri arasında baş ağrısı, mide bulantısı, anksiyete, baş dönmesi ve yüksek kan basıncı bulunur. Bu etkiler genellikle geçicidir ve 48 saat içinde düzelir. Sistematik bir inceleme ve meta-analiz, bu yan etkilerin plaseboya kıyasla istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmiştir (Yerubandi ark., 2024). Psilosibinin psikiyatrik ve madde bağımlılığı durumlarındaki güvenliğine dair daha geniş bir incelemede, geçici mide bulantısı ve baş ağrısı en sık görülen tedaviye bağlı yan etkiler olarak rapor edilmiştir. Geçici anksiyete de sıklıkla bildirilmiş ve bazı durumlarda yönetim için benzodiazepinler kullanılmıştır. Kan basıncında ve kalp hızında kısmi artışlar gözlemlenmiş, nadir hipertansiyon vakaları ise antihipertansif tedavi gerektirmiştir (Kaminski & Reinert, 2024). Psilosibin de dahil olmak üzere psikedeliklerin kardiyovasküler güvenliği üzerine yapılan bir çalışmada, serotoninle ilişkili kardiyotoksikite ve sempatomimetik etkilere dair potansiyel riskler vurgulanmış; ancak klinik çalışmalar, psilosibinin sağlıklı gönüllülerde göreceli kardiyovasküler güvenliğini desteklemiştir (Wsól, 2023). Tedaviye dirençli depresyon üzerine yapılan bir klinik çalışmada ise psilosibin iyi tolere edilmiş; en yaygın yan etkiler arasında geçici anksiyete, konfüzyon, düşünce bozukluğu, hafif mide bulantısı ve baş ağrısı bildirilmiştir. Çalışmada ciddi veya beklenmeyen yan etkiler gözlenmemiştir (Carhart-Harris ark., 2016). Psilosibinin terapötik faydaları kanıtlanmış olsa da bazı klinik çalışmalarda intihar düşüncelerinde ve intihar dışı kendine zarar verme davranışlarında artış rapor edilmiştir (Sharma ark., 2023). Bu durum, intihar düşüncesi olan hastalarda psilosibin kullanımının potansiyel risklerini artırabileceğini göstermektedir. Genel olarak, psilosibin, geçici ve yönetilebilir yan etkilerle tolere edilebilir bir güvenlik profiline sahip olarak değerlendirilmektedir. Ancak, özellikle klinik ortamlarda, dikkatli izleme ve yan etkilerin etkin bir şekilde yönetimi büyük önem taşımaktadır.

Psilosibin Kullanımında Yasal ve Etik Konular

Psilosibin içeren makromantarlar ülkemizde 1982 yılında Resmî Gazete 'de yayımlanan karar ile uyuşturucu maddeler kapsamına alınmıştır. Bu makromantarların imal, ithal, ihraç eden, satan kişi veya kişiler 5237 sayılı TCK'nın 188. maddesi kapsamında değerlendirilmektedir (Aşıcıoğlu ark., 2020). Psilosibin, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Kontrollü Maddeler Yasası kapsamında

bir Çizelge I maddesi olarak sınıflandırılmıştır ve bu da yüksek bir kötüye kullanım potansiyeli ve kabul görmüş bir tıbbi kullanım olmadığını göstermektedir. Ancak Oregon ve Colorado gibi eyaletler, belirli bağlamlarda denetlenen kullanımına izin veren yasalar çıkarmıştır (Siegel ark., 2023). Avustralya, 2023 itibarıyla psilosibin ve MDMA'nın belirli tıbbi amaçlar için düzenlenmiş kullanımını onayladı. Bu düzenleyici değişiklik, katı yönergeler altında kontrollü terapötik kullanıma izin veriyor (Xenakis & Shannon, 2024). İsrail, ABD ve Avustralya'daki gelişen politikalara benzer şekilde, sıkı düzenleyici çerçeveler altında psikedeliklerin tıbbi amaçlarla kullanılmasına izin veriyor (Andrews ark., 2024). Avrupa'da, psilosibinin terapötik potansiyelini incelemek için birden fazla Faz II ve III klinik denemesi devam etmektedir. Ancak, yasal statüsü büyük ölçüde kısıtlayıcı olmaya devam etmektedir ve çoğu ülke bunu kontrollü bir madde olarak sınıflandırmaktadır (Xenakis & Shannon, 2024). Psilosibin şu anda araştırma aşamasındadır ve devam eden Faz II ve III klinik denemeleri vardır. FDA gibi kurumlardan düzenleyici onay beklenmektedir ve klinik denemeler dışında kullanımı yasadışı olmaya devam etmektedir (Barber & Dike, 2023; McGuire ark., 2024). Psilosibinin benzersiz psikoaktif özellikleri, geliştirilmiş bir bilgilendirilmiş onay sürecini gerektirir. Hastalar, ruh hali, algı ve farkındalık değişiklikleri potansiyeli ve akut anksiyete ve disfori riskleri hakkında bilgilendirilmelidir (Marks ark., 2024). Psilosibinin terapötik kullanımı, fiziksel temasın uygun kullanımı ve aktarım ve karşı aktarım sorunlarının yönetimi de dahil olmak üzere mesleki sınırlar konusunda net yönergeler gerektirir (McGuire ark., 2024). Özetle, psilosibin çeşitli psikiyatrik rahatsızlıkların tedavisinde umut vadetse de kullanımı hasta güvenliğini ve eşit erişimi sağlamak için dikkatlice yönetilmesi gereken karmaşık yasal ve etik zorluklarla doludur.

Sonuç

Psilosibin, tedaviye dirençli depresyon ve madde kullanım bozuklukları gibi ruhsal hastalıkların tedavisinde umut vadeden bir ajan olarak öne çıkmaktadır. Terapötik etkileri iyi tolere edilmekle birlikte, ciddi psikiyatrik komorbiditeler taşıyan hastalarda dikkatli değerlendirme gerekmektedir. Psilosibinin güvenliği ve etkinliğiyle ilgili daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmakta olup, dikkatli izleme altında rasyonel bir tedavi seçeneği sunma potansiyeli taşımaktadır.

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. (Doğançan Sönmez, Aslı Enzel Koç)

Kaynaklar

- Andrews, C. M., Hall, W., Humphreys, K., & Marsden, J. (2024). Crafting effective regulatory policies for psychedelics: What can be learned from the case of cannabis? *Addiction*. doi:10.1111/add.16575
- Araújo, A. M., Carvalho, F., Bastos Mde, L., Guedes de Pinho, P., & Carvalho, M. (2015). The hallucinogenic world of tryptamines: an updated review. *Arch Toxicol*, 89(8), 1151-1173. doi:10.1007/s00204-015-1513-x
- Barber, G. S., & Dike, C. C. (2023). Ethical and Practical Considerations for the Use of Psychedelics in Psychiatry. *Psychiatr Serv*, 74(8), 838-846. doi:10.1176/appi.ps.20220525
- Barrett, F. S., Doss, M. K., Sepeda, N. D., Pekar, J. J., & Griffiths, R. R. (2020). Emotions and brain function are altered up to one month after a single high dose of psilocybin. *Sci Rep*, 10(1), 2214. doi:10.1038/s41598-020-59282-y
- Bogenschutz, M. P., Ross, S., Bhatt, S., Baron, T., Forcehimes, A. A., Laska, E., Mennenga, S. E., O'Donnell, K., Owens, L. T., Podrebarac, S., Rotrosen, J., Tonigan, J. S., & Worth, L. (2022). Percentage of Heavy Drinking Days Following Psilocybin-Assisted Psychotherapy vs Placebo in the Treatment of Adult Patients With Alcohol Use Disorder: A Randomized Clinical Trial. *JAMA psychiatry*, 79(10), 953-962. doi:10.1001/jamapsychiatry.2022.2096
- Bonnieux, J. N., VanderZwaag, B., Premji, Z., Garcia-Romeu, A., & Garcia-Barrera, M. A. (2023). Psilocybin's effects on cognition and creativity: A scoping review. *J Psychopharmacol*, 37(7), 635-648. doi:10.1177/02698811231179801
- Buntrock, C., Harrer, M., Sprenger, A. A., Illing, S., Sakata, M., Furukawa, T. A., Ebert, D. D., & Cuijpers, P. (2024). Psychological interventions to prevent the onset of major depression in adults: A systematic review and individual participant data meta-analysis. *The Lancet Psychiatry*, 11(12), 990-1001. doi:10.1016/S2215-0366(24)00345-6
- Cahill, K., Stevens, S., & Lancaster, T. (2014). Pharmacological treatments for smoking cessation. *JAMA*, 311(2), 193-194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.283787>
- Calder, A., Mock, S., Friedli, N., Pasi, P., & Hasler, G. (2023). Psychedelics in the treatment of eating disorders: Rationale and potential mechanisms. *Eur Neuropsychopharmacol*, 75, 1-14. doi:10.1016/j.euroneuro.2023.05.008
- Carhart-Harris, R. L., Bolstridge, M., Rucker, J., Day, C. M. J., Erritzoe, D., Kaelen, M., Bloomfield, M., Rickard, J. A., Forbes, B., Feilding, A., Taylor, D., Pilling, S., Curran, V. H., & Nutt, D. J. (2016). Psilocybin with psychological support for treatment-resistant depression: an open-label feasibility study. *Lancet Psychiatry*, 3(7), 619-627. doi:10.1016/s2215-0366(16)30065-7
- Conn, K., Milton, L. K., Huang, K., Munguba, H., Ruuska, J., Oldfield, B. J., & Foldi, C. J. (2024). Psilocybin restrains activity-based anorexia in female rats by enhancing cognitive flexibility: contributions from 5-HT1A and 5-HT2A receptor mechanisms. *Mol Psychiatry*. doi:10.1038/s41380-024-02575-9
- Coppola, M., Bevione, F., & Mondola, R. (2022). Psilocybin for Treating Psychiatric Disorders: A Psychonaut Legend or a Promising Therapeutic Perspective? *J Xenobiot*, 12(1), 41-52. doi:10.3390/jox12010004
- Davis, A. K., Barrett, F. S., May, D. G., Cosimano, M. P., Sepeda, N. D., Johnson, M. W., Finan, P. H., & Griffiths, R. R. (2021). Effects of Psilocybin-Assisted Therapy on Major Depressive Disorder: A Randomized Clinical Trial. *JAMA psychiatry*, 78(5), 481-489. doi:10.1001/jamapsychiatry.2020.3285
- de Veen, B. T., Schellekens, A. F., Verheij, M. M., & Homberg, J. R. (2017). Psilocybin for treating substance use disorders? *Expert Rev Neurother*, 17(2), 203-212. doi:10.1080/14737175.2016.1220834
- Demmler, R., Fricke, J., Dörner, S., Gressler, M., & Hoffmeister, D. (2020). S-Adenosyl-L-Methionine Salvage Impacts Psilocybin Formation in "Magic" Mushrooms. *Chembiochem*, 21(9), 1364-1371. doi:10.1002/cbic.201900649
- Dos Santos, R. G., Bouso, J. C., Rocha, J. M., Rossi, G. N., & Hallak, J. E. (2021). The Use of Classic Hallucinogens/Psychedelics in a Therapeutic Context: Healthcare Policy Opportunities and Challenges. *Risk Manag Healthc Policy*, 14, 901-910. doi:10.2147/rmhp.S300656
- Du, Y., Li, Y., Zhao, X., Yao, Y., Wang, B., Zhang, L., & Wang, G. (2023). Psilocybin facilitates fear extinction in mice by promoting hippocampal neuroplasticity. *Chin Med J*, 136(24), 2983-2992. doi:10.1097/cm9.0000000000002647
- Fang, S., Yang, X., & Zhang, W. (2024). Efficacy and acceptability of psilocybin for primary or secondary depression: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Psychiatry*, 15, 1359088. doi:10.3389/fpsy.2024.1359088
- Feulner, L., Sermchaiwong, T., Rodland, N., & Galarneau, D. (2023). Efficacy and safety of psychedelics in treating anxiety disorders. *Ochsner Journal*, 23(4), 315-328. doi:10.31486/toj.23.0076
- Goldberg, S. B., Pace, B. T., Nicholas, C. R., Raison, C. L., & Hutson, P. R. (2020). The experimental effects of psilocybin on symptoms of anxiety and depression: A meta-analysis. *Psychiatry Res*, 284, 112749. doi:10.1016/j.psychres.2020.112749
- Heal, D. J., Smith, S. L., Belouin, S. J., & Henningfield, J. E. (2023). Psychedelics: Threshold of a Therapeutic Revolution. *Neuropharmacology*, 236, 109610. doi:10.1016/j.neuropharm.2023.109610
- Hofmann, A., Heim, R., Brack, A., Kobel, H., Frey, A., Ott, H., Petrzilka, T., & Troxler, F. (1959). Psilocybin und Psilocin, zwei psychotrope Wirkstoffe aus mexikanischen Rauschpilzen. *Helvetica Chimica Acta*, 42(5), 1557-1572. doi:10.1002/hlca.19590420518
- Johnson, M. W., & Griffiths, R. R. (2017). Potential Therapeutic Effects of Psilocybin. *Neurotherapeutics*, 14(3), 734-740. doi:10.1007/s13311-017-0542-y
- Kaminski, D., & Reinert, J. P. (2024). The Tolerability and Safety of Psilocybin in Psychiatric and Substance-Dependence Conditions: A Systematic Review. *Ann Pharmacother*, 58(8), 811-826. doi:10.1177/10600280231205645

- Khan, A. J., Bradley, E., O'Donovan, A., & Woolley, J. (2022). Psilocybin for Trauma-Related Disorders. *Curr Top Behav Neurosci*, 56, 319-332. doi:10.1007/7854_2022_366
- Kiraga, M. K., Kuypers, K. P. C., Uthaug, M. V., Ramaekers, J. G., & Mason, N. L. (2022). Decreases in State and Trait Anxiety Post-psilocybin: A Naturalistic, Observational Study Among Retreat Attendees. *Front Psychiatry*, 13, 883869. doi:10.3389/fpsyt.2022.883869
- Koning, E., & Brietzke, E. (2023). Psilocybin-Assisted Psychotherapy as a Potential Treatment for Eating Disorders: a Narrative Review of Preliminary Evidence. *Trends Psychiatry Psychother*. doi:10.47626/2237-6089-2022-0597
- Kraehenmann, R., Schmidt, A., Friston, K., Preller, K. H., Seifritz, E., & Vollenweider, F. X. (2016). The mixed serotonin receptor agonist psilocybin reduces threat-induced modulation of amygdala connectivity. *Neuroimage Clin*, 11, 53-60. doi:10.1016/j.nicl.2015.08.009
- Lugo-Radillo A Md, P., & Cortes-Lopez, J. M. (2021). Long-term Amelioration of OCD Symptoms in a Patient with Chronic Consumption of Psilocybin-containing Mushrooms. *J Psychoactive Drugs*, 53(2), 146-148. doi:10.1080/02791072.2020.1849879
- Mahmood, Z. A. (2013). Bioactive Alkaloids from Fungi: Psilocybin 18. *Hand Book of Natural Products*.
- Marks, M., Brendel, R. W., Shachar, C., & Cohen, I. G. (2024). Essentials of Informed Consent to Psychedelic Medicine. *JAMA psychiatry*, 81(6), 611-617. doi:10.1001/jamapsychiatry.2024.0184
- MacCallum, C. A., Lo, L. A., Pistawka, C. A., & Deol, J. K. (2022). Therapeutic use of psilocybin: Practical considerations for dosing and administration. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 1040217.
- McGuire, A. L., Cohen, I. G., Sisti, D., Baggott, M., Celidwen, Y., Devenot, N., Gracias, S., Grob, C., Harvey, I., Kiou, B., Marks, M., Mithoefer, M., Nielson, E., Öngür, D., Pallas, A., Peterson, A., Schenberg, E. E., Summergrad, P., Waters, B., Williams, M. T., & Yaden, D. B. (2024). Developing an Ethics and Policy Framework for Psychedelic Clinical Care: A Consensus Statement. *JAMA Netw Open*, 7(6), e2414650. doi:10.1001/jamanetworkopen.2024.14650
- Metaxa, A. M., & Clarke, M. (2024). Efficacy of psilocybin for treating symptoms of depression: systematic review and meta-analysis. *Bmj*, 385, e078084. doi:10.1136/bmj-2023-078084
- Meyer, M., & Slot, J. (2023). The evolution and ecology of psilocybin in nature. *Fungal Genet Biol*, 167, 103812. doi:10.1016/j.fgb.2023.103812
- Moreno, F. A., & Delgado, P. L. (1997). Hallucinogen-induced relief of obsessions and compulsions. *American Journal of Psychiatry*, 154(7), 1037-1038. https://doi.org/10.1176/ajp.154.7.1037
- Moreno, F. A., Wiegand, C. B., Taitano, E. K., & Delgado, P. L. (2006). Safety, tolerability, and efficacy of psilocybin in 9 patients with obsessive-compulsive disorder. *J Clin Psychiatry*, 67(11), 1735-1740. doi:10.4088/jcp.v67n1110
- Nichols, D. E. (2012). Structure-activity relationships of serotonin 5-HT_{2A} agonists. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Membrane Transport and Signaling*, 1(5), 559-579. doi:https://doi.org/10.1002/wmts.42
- Nutt, D. J., Peill, J. M., Weiss, B., Godfrey, K., Carhart-Harris, R. L., & Erritzoe, D. (2024). Psilocybin and Other Classic Psychedelics in Depression. *Curr Top Behav Neurosci*, 66, 149-174. doi:10.1007/7854_2023_451
- O'Leary, O. F., Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2015). Faster, better, stronger: towards new antidepressant therapeutic strategies. *Eur J Pharmacol*, 753, 32-50. doi:10.1016/j.ejphar.2014.07.046
- Osmond, H. (1957). A review of the clinical effects of psychotomimetic agents. *Ann N Y Acad Sci*, 66(3), 418-434. doi:10.1111/j.1749-6632.1957.tb40738.x
- Owe-Larsson, M., Kamińska, K., Buchalska, B., Mirowska-Guzel, D., & Cudnoch-Jędrzejewska, A. (2024). Psilocybin in pharmacotherapy of obsessive-compulsive disorder. *Pharmacol Rep*. doi:10.1007/s43440-024-00633-1
- Peck, S. K., Shao, S., Gruen, T., Yang, K., Babakanian, A., Trim, J., Finn, D. M., & Kaye, W. H. (2023). Psilocybin therapy for females with anorexia nervosa: a phase 1, open-label feasibility study. *Nat Med*, 29(8), 1947-1953. doi:10.1038/s41591-023-02455-9
- Prouzeau, D., Conejero, I., Voyvodic, P. L., Becamel, C., Abbar, M., & Lopez-Castroman, J. (2022). Psilocybin Efficacy and Mechanisms of Action in Major Depressive Disorder: a Review. *Current psychiatry reports*, 24(10), 573-581. doi:10.1007/s11920-022-01361-0
- Raison, C. L., Sanacora, G., Woolley, J., Heinzerling, K., Dunlop, B. W., Brown, R. T., Kakar, R., Hassman, M., Trivedi, R. P., Robison, R., Gukasyan, N., Nayak, S. M., Hu, X., O'Donnell, K. C., Kelmendi, B., Slosower, J., Penn, A. D., Bradley, E., Kelly, D. F., Mletzko, T., Nicholas, C. R., Hutson, P. R., Tarpley, G., Utzinger, M., Leno, K., Warchol, K., Gapasin, T., Davis, M. C., Nelson-Douthett, C., Wilson, S., Brown, C., Linton, W., Johnson, M. W., Ross, S., & Griffiths, R. R. (2023). Single-Dose Psilocybin Treatment for Major Depressive Disorder: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 330(9), 843-853. doi:10.1001/jama.2023.14530
- Raval, N. R., Johansen, A., Donovan, L. L., Ros, N. F., Ozenne, B., Hansen, H. D., & Knudsen, G. M. (2021). A Single Dose of Psilocybin Increases Synaptic Density and Decreases 5-HT_{2A} Receptor Density in the Pig Brain. *Int J Mol Sci*, 22(2). doi:10.3390/ijms22020835
- Sahagún, B. d., Anderson, A. J., & Dibble, C. E. (1950). General history of the things of New Spain. *Florentine Codex*.
- Sayin, H. Ü. (2017). Psychoactive Plants Consumed in Religious Rituals: Common Archetypal Symbols & Figures in Myths & Religions. *Sexus Journal*, 2(5), 201-236.

- Sharma, P., Nguyen, Q. A., Matthews, S. J., Carpenter, E., Mathews, D. B., Patten, C. A., & Hammond, C. J. (2023). Psilocybin history, action and reaction: A narrative clinical review. *J Psychopharmacol*, 37(9), 849-865. doi:10.1177/02698811231190858
- Siegel, J. S., Daily, J. E., Perry, D. A., & Nicol, G. E. (2023). Psychedelic Drug Legislative Reform and Legalization in the US. *JAMA psychiatry*, 80(1), 77-83. doi:10.1001/jamapsychiatry.2022.4101
- Siegel, J. S., Subramanian, S., Perry, D., Kay, B., Gordon, E., Laumann, T., Reneau, R., Gratton, C., Horan, C., Metcalf, N., Chacko, R., Schweiger, J., Wong, D., Bender, D., Padawer-Curry, J., Raison, C., Raichle, M., Lenze, E. J., Snyder, A. Z., Dosenbach, N. U. F., & Nicol, G. (2023). Psilocybin desynchronizes brain networks. *medRxiv*. doi:10.1101/2023.08.22.23294131
- Singh, S., Botvinnik, A., Shahar, O., Wolf, G., Yakobi, C., Saban, M., Salama, A., Lotan, A., Lerer, B., & Lifschytz, T. (2023). Effect of psilocybin on marble burying in ICR mice: role of 5-HT1A receptors and implications for the treatment of obsessive-compulsive disorder. *Transl Psychiatry*, 13(1), 164. doi:10.1038/s41398-023-02456-9
- Stoliker, D., Egan, G. F., Friston, K. J., & Razi, A. (2022). Neural Mechanisms and Psychology of Psychedelic Ego Dissolution. *Pharmacol Rev*, 74(4), 876-917. doi:10.1124/pharmrev.121.000508
- Thomann, J., Kolaczynska, K. E., Stoeckmann, O. V., Rudin, D., Vizeli, P., Hoener, M. C., Pryce, C. R., Vollenweider, F. X., Liechti, M. E., Duthaler, U. (2024). In vitro and in vivo metabolism of psilocybin's active metabolite psilocin. *Front Pharmacol*, 15, 1391689. doi:10.3389/fphar.2024.1391689
- van der Meer, P. B., Fuentes, J. J., Kaptein, A. A., Schoones, J. W., de Waal, M. M., Goudriaan, A. E., Kramers, K., Schellekens, A., Somers, M., Bosong, M.G., Batalla, A. (2023). Therapeutic effect of psilocybin in addiction: A systematic review. *Front Psychiatry*, 14, 1134454. doi:10.3389/fpsy.2023.1134454
- Vollenweider, F. X., & Preller, K. H. (2020). Psychedelic drugs: neurobiology and potential for treatment of psychiatric disorders. *Nat Rev Neurosci*, 21(11), 611-624. doi:10.1038/s41583-020-0367-2
- Wasson, R.G. (1957). Seeking the magic mushroom: A New York banker goes to Mexico's mountains to participate in the age-old rituals of indians who chew strange growths that produce visions. *Life* 42, 100e120.
- Wojtas, A., & Golembiowska, K. (2023). Molecular and Medical Aspects of Psychedelics. *Int J Mol Sci*, 25(1). doi:10.3390/ijms25010241
- Woodburn, S. C., Levitt, C. M., Koester, A. M., & Kwan, A. C. (2024). Psilocybin Facilitates Fear Extinction: Importance of Dose, Context, and Serotonin Receptors. *ACS Chem Neurosci*. doi:10.1021/acscchemneuro.4c00279
- Wsół, A. (2023). Cardiovascular safety of psychedelic medicine: current status and future directions. *Pharmacol Rep*, 75(6), 1362-1380. doi:10.1007/s43440-023-00539-4
- Xenakis, S. N., & Shannon, S. M. (2024). What is needed for the roll-out of psychedelic treatments? *Curr Opin Psychiatry*, 37(4), 277-281. doi:10.1097/ycp.0000000000000946
- Yerubandi, A., Thomas, J. E., Bhuiya, N., Harrington, C., Villa Zapata, L., & Caballero, J. (2024). Acute Adverse Effects of Therapeutic Doses of Psilocybin: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Netw Open*, 7(4), e245960. doi:10.1001/jamanetworkopen.2024.5960
- Zafar, R., Siegel, M., Harding, R., Barba, T., Agnorelli, C., Suseelan, S., Roseman, L., Wall, M., Nutt, D. J., & Erritzoe, D. (2023). Psychedelic therapy in the treatment of addiction: the past, present and future. *Frontiers in Psychiatry*, 14, 1183740. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1183740>
- Zaretsky, T. G., Jagodnik, K. M., Barsic, R., Antonio, J. H., Bonanno, P. A., MacLeod, C., Pierce, C., Carney, H., Morrison, M. T., Saylor, C., Danias, G., Lepow, L., Yehuda, R. (2024). The Psychedelic Future of Post-Traumatic Stress Disorder Treatment. *Curr Neuropharmacol*, 22(4), 636-735. doi:10.2174/1570159x22666231027111147

Python Tabanlı Bulanık Mantık Modeli ile Rumen Fungal Ksilanaz Enzim Aktivitesinin Tahmini: Mikrobiyal Üretim Koşullarının Analizi.....	71
Prediction of Rumen Fungal Xylanase Enzyme Activity with Python Based Fuzzy Logic Model: Analysis of Microbial Production Conditions Halit YÜCEL, Kübra EKİNCİ	

Assessing Antifungal Resistance and Biofilm-Forming Capacity of <i>Candida parapsilosis</i> Isolates from Makeup Sponges	81
Makyaj Süngerlerinden İzole Edilen <i>Candida parapsilosis</i> İzolatlarının Antifungal Dirençliliği ve Biyofilm Oluşturma Kapasitelerinin Belirlenmesi Gülçin ÖZCAN ATEŞ, Tuğba HANEDAN	

DERLEME MAKALELERİ / REVIEW ARTICLES

Ruhsal Bozuklukların Tedavisinde Psilosibin.....	90
Psilocybin in the Treatment of Mental Disorders Doğançan SÖNMEZ, Aslı Enzel KOÇ	



İÇİNDEKİLER/ CONSTENS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- Antibacterial Activity of *Laetiporus sulphureus* Extracts
Against Multidrug Resistant Bacterial Isolates.....1
Çoklu İlaca Dirençli Bakteri İzolatlarına Karşı
Laetiporus sulphureus Ekstraktlarının Antibakteriyel Aktivitesi
Ayşegül AKKOYUNLU, Görkem DÜLGER, Başaran DÜLGER
- Türkiye Mantarları Listesi'ne Yeni Eklentiler-4.....8
New Additions to the List of Fungi of Türkiye-4
Ahmet ASAN, Halide KARABIYIK, Gülay GİRAY, Aleya ÇETİNER
- Mantar Miselinden Kompozit Malzeme Üretimi: Potansiyel Uygulamalar26
The Production of Mycelium-Based Composite Materials: Potential Applications
Süleyman BAYRAMOĞLU, Zehra AĞIRTIŞ, Selime Semra EROL
- Çeşitli *Trichoderma* İzolatlarının Bazı İnsan ve Bitki Patojeni Bakteriler
Üzerindeki Antibakteriyel Etkisinin in Vitro Koşullarda Taranması.....34
Screening of Antibacterial Effects of Various *Trichoderma*
Isolates on Some Human and Plant Pathogenic Bacteria Under in vitro Conditions
Kemal KARACA, Melise İPHAR, Rengin ELTEM
- Hakkâri Yöresinden Türkiye Mikobiyotası için İki Yeni *Galerina* Kaydı.....42
Two New *Galerina* Records for Türkiye Mycobiota from Hakkâri Region
Cemil SADULLAHOĞLU, Sedat KESİCİ, Yusuf UZUN, Mustafa Emre AKÇAY
- A Rarely Documented Forest Fungus: First Record
of *Dendrodochium citrinum* from Çanakkale (Türkiye).....49
Nadiren Kaydedilen Bir Orman Mantarı:
Dendrodochium citrinum'un Çanakkale (Türkiye)'den İlk Kaydı
İsmail ACAR, Halide KARABIYIK, Zafer YAREN
- Fungal Diversity of Hairdressers and Turkish Baths in Erzurum (Türkiye).....55
Erzurum (Türkiye)'daki Kuaför ve Hamamlarda Fungal Çeşitlilik
Hayrunisa HANCI, Hakan IGAN
- Bazı Doğal Mantarların Etanol Ekstraktlarının Anti-MRSA ve
Antimikrobiyal Aktivitelerinin Değerlendirilmesi.....61
Assessment of the Antimicrobial and Anti-MRSA Activities
of Ethanol Extracts of Some Natural Mushrooms
Kumru ÜRÜN, Erdoğan GÜNEŞ, Sinan ALKAN