

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**YENİLEBİLİR MAKROFUNGUSLARIN DERİN KÜLTÜR FERMENTASYON
YÖNTEMİYLE ÜRETİMİ VE BİYOKÜTLENİN ET İKAME MADDESİ
OLARAK KULLANIM POTANSİYELİ**

Gürcü Aybige ÇAKMAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

OCAK 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**YENİLEBİLİR MAKROFUNGUSLARIN DERİN KÜLTÜR FERMENTASYON
YÖNTEMİYLE ÜRETİMİ VE BİYOKÜTLENİN ET İKAME MADDESİ
OLARAK KULLANIM POTANSİYELİ**

Gürcü Aybige ÇAKMAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

OCAK 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİLEBİLİR MAKROFUNGUSLARIN DERİN KÜLTÜR FERMENTASYON
YÖNTEMİYLE ÜRETİMİ VE BİYOKÜTLENİN ET İKAME MADDESİ
OLARAK KULLANIM POTANSİYELİ**

**Gürcü Aybige ÇAKMAK
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından
1210486 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Ocak 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİLEBİLİR MAKROFUNGUSLARIN DERİN KÜLTÜR FERMENTASYON
YÖNTEMİYLE ÜRETİMİ VE BİYOKÜTLENİN ET İKAME MADDESİ
OLARAK KULLANIM POTANSİYELİ**

Gürcü Aybige ÇAKMAK
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 28/01/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Barçın KARAKAŞ-BUDAK

Prof. Dr. Hasan AKGÜL

Prof. Dr. Hakan KULEAŞAN

Dr. Öğr. Üyesi Reha Onur AZİZOĞLU

Dr. Öğr. Hatice Reyhan ÖZİYCI

ÖZET

YENİLEBİLİR MAKROFUNGUSLARIN DERİN KÜLTÜR FERMENTASYON YÖNTEMİYLE ÜRETİMİ VE BİYOKÜTLENİN ET İKAME MADDESİ OLARAK KULLANIM POTANSİYELİ

Gürcü Aybige ÇAKMAK

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Barçın KARAKAŞ-BUDAK

Ocak 2025; 108 sayfa

Gıda güvencesinin sağlanması; iklim krizleri ve dünya nüfusunun kontrolsüz artışı sebebiyle risk altındadır. En temel besin öğelerinden olan protein ihtiyacının hayvansal kaynaklardan elde edilmesi sürdürülebilir olmadığı için alternatif protein kaynaklarına olan yönelim artmıştır. Ekosistemin önemli elemanlarından biri olan mantarlar, yüksek oranda protein, lif ve vitamin içermesi ve düşük lipit içeriğine sahip olması sebebiyle önemli bir besin kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca sahip oldukları umami lezzet profili ile lezzetli bir alternatif sunmaktadır.

Tez çalışmasında Antalya ve civarından 143 farklı mantar örneği, doğadan toplanmış ve morfolojik olarak yenilebilir olarak tanımlanmıştır. Mantar örneklerinin katı ve sıvı besiyerinde geliştirilerek elde edilen misel kültürleri (26 suş) ve Çek Cumhuriyeti Basidiomiset Kültür Koleksiyonu'ndan temin edilen yenilebilir saf misel kültürleri (11 suş) ile çalışma envanteri oluşturulmuştur.

Miselyum kültürlerinin tür seviyesinde tanımlanması moleküler tanımlama ITS bölgeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 10 farklı Morchella türü (*M. sextelata* (3 suş), *M. eximia* (1 suş) *M. mediterraneensis* (5 suş) ve *M. importuna* (1 suş)) ve 1 adet *Pleurotus* sp. (*P. ostreatus*) olmak üzere toplamda 11 izolat saf kültür halinde izole edilmiştir.

Çalkalamalı inkübatör ve biyoreaktör üretimleri ile mantar örneklerinden en yüksek biyokütle verimliliği (160 g/L) *M. importuna* MBD 4 suşunun %2 şeker kamışı melası ilaveli NB besiyerinde geliştirilmesiyle elde edilmiştir. Yaklaşık %96.68'i su olan *M. importuna* MBD 4 misellerinin kimyasal bileşimi (kuru madde bazında) protein içeriği: %7.6, diyet lif içeriği: %15.5, kül oranı: %7.5 ve yağ oranı: %14.2 olarak belirlenmiştir.

Üretilen mantar biyokütlesi, dondurulup çözündürülerek rehidre edilmiş ve misel kitlesi et ikamesi olarak değerlendirilmiştir. Farklı oranlarda dana kıyma ile karıştırılarak hibrit köfte üretimleri gerçekleştirilmiş ve son ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Hibrit köfte formülasyonları ile köfte ürününün yağ içeriğinin azaltılabildiği ve mineral (kül) içeriğinin artırılabilirdiği gözlenmiştir. Yapılan tekstür ve renk analizleriyle düşük misel oranlarının et ürünlerine yakın dokusal özellikler sağladığı; yüksek misel oranlarının ise besleyici değerleri artırdığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELEER: Biyoteknolojik üretim, Et analogu, Miselyum, Şapkalı mantar

JÜRİ: Doç. Dr. Barçın KARAKAŞ-BUDAK
Prof. Dr. Hasan AKGÜL
Prof. Dr. Hakan KULEAŞAN
Dr. Öğr. Üyesi Reha Onur AZİZOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Hatice Reyhan ÖZİYCI



ABSTRACT

PRODUCTION OF EDIBLE MACROFUNGİ BY SUBMERGED FERMENTATION AND EVALUATION OF BIOMASS AS A POTENTIAL MEAT SUBSTITUTE

Gürcü Aybige ÇAKMAK

PhD Thesis in Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Barçın KARAKAŞ-BUDAK

January 2025; 108 pages

Food security is at risk due to climate crises and the uncontrolled growth of the world population. Since obtaining protein, one of the most fundamental nutrients, from animal sources is unsustainable, the demand for alternative protein sources has increased. Fungi, which are essential components of the ecosystem, are considered an important food source due to their high protein, fiber, and vitamin content, as well as their low lipid content. Additionally, their umami flavored profile offers a tasty alternative.

In this thesis study, 143 different mushroom samples were collected from nature in and around Antalya and were morphologically identified as edible. The study inventory was created using mycelium cultures obtained by growing these mushroom samples on solid and liquid media (26 strains) and edible pure mycelium cultures (11 strains) obtained from the Basidiomycete Culture Collection of the Czech Republic.

The molecular identification of the edible mushroom isolates was performed using ITS regions, resulting in the isolation of a total of 11 pure cultures: 10 different *Morchella* species (*M. sextelata* (3 strains), *M. eximia* (1 strain), *M. mediterraneensis* (5 strains), and *M. importuna* (1 strain)) and 1 *Pleurotus* sp. (*P. ostreatus*).

Through shaking flask incubations and bioreactor productions, the highest biomass yield (160 g/L) was achieved by cultivating the *M. importuna* MBD 4 strain in NB medium supplemented with 2% sugarcane molasses. The chemical composition of *M. importuna* MBD 4 mycelia, which consists of approximately 96.68% water, was determined on a dry matter basis as follows: protein content: 7.6%, dietary fiber content: 15.5%, ash content: 7.5%, and fat content: 14.2%.

The produced fungal biomass was frozen, thawed, and rehydrated, and the mycelial mass was evaluated as a meat substitute. Hybrid meatballs were produced by mixing different proportions of the mycelial biomass with ground beef, and the physical and chemical properties of the final product were assessed. It was observed that the hybrid meatball formulations reduced the fat content while increasing the mineral (ash) content of the meat product. Texture and color analyses revealed that lower mycelium ratios provided textural properties like traditional meat products, whereas higher mycelium ratios enhanced nutritional value.

KEYWORDS: Biotechnological production, Macrofungi, Meat analogue, Mycelium

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Barçın KARAKAŞ-BUDAK

Prof. Dr. Hasan AKGÜL

Prof. Dr. Hakan KULEAŞAN

Assist. Prof. Dr. Reha Onur AZİZOĞLU

Assist. Prof. Dr. Hatice Reyhan ÖZİYCI



ÖNSÖZ

Değişen dünya şartları, insanlığı hep bir arayış içine sokmaktadır. Beslenme alışkanlıklarımız da bu değişimden etkilenmektedir. Yenilikçi ve geliştirilmiş besinlere olan yönelim bu tez çalışmasının ortaya çıkmasına katkı sağlamıştır.

Bu tez çalışması, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 1210486 nolu proje ile desteklenmiştir. Ekonomik destek ve projelendirilmiş bir doktora tez çalışmasını tamamlama motivasyonunu bana sağladığı için TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmalarım sürecinde, benden desteğini ve bilgi birikimini esirgemeyen, tez konumun belirlenmesi ve projelendirilmesinde büyük emek harcayan, uzun soluklu doktora sürecimde her zaman yanımda olan sayın danışman hocam Doç. Dr. Barçın KARAKAŞ-BUDAK'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın başlangıç materyali olan mantar örneklerinin saha çalışmalarıyla bulunması, toplanması ve morfolojik olarak tanımlanması konularında verdikleri destek için Prof. Dr. Hasan AKGÜL ve ekibine, tez izleme komitelerinde sundukları fikir ve yönlendirmelerle tezimin ilerleyişinde desteklerini sunan sayın hocalarım Prof. Dr. Hakan KULEAŞAN'a ve Dr. Öğr. Üyesi R. Onur AZİZOĞLU'na ve tez jürimde yer almayı kabul eden ve gerek tez gerek proje çalışmalarımda tam desteğini sunan sayın Dr. Öğr. Üyesi Hatice Reyhan ÖZİYCI'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sürecinde, laboratuvarları bünyesindeki cihaz ve malzemeleri kullanmam konusunda bana destek olan Prof. Dr. Mehmet İNAN ve Doç. Dr. Aysun ÖZÇELİK hocalarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımda destek ve yardımlarını esirgemeyen sevgili laboratuvar ve ekip arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Fatma ERSÖZ, Erfan BAGHERZADEH, Merve SÜMBÜL ve lisans bursiyeri olarak proje ekibimize katılan öğrencilerimize teşekkür ederim. Doktora eğitimim sürecinde desteklerini her zaman hissettiğim, motivasyon konusunda çok yetenekli olan çok sevgili arkadaşlarım Arş. Gör. H. Kübra KIZILAY, Ali ÖZCAN ve isimlerini sıralayamadığım tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatta var olma sebebim olan, her düştüğümde beni toparlamak için ellerinden gelen her şeyi yapan ve yapmaya hazır olan sevgili aileme en büyük teşekkürü borçluyum. Hem çekirdek ailem hem geniş ailem, hiçbir zaman bana olan inancınızı yitirmediğiniz için sizlere minnettarım. Annem Mernuş ÇAKMAK'a, kardeşim Mehmet Mert ÇAKMAK'a ve beni hissedip gururlandığına inandığım babam Alaaddin ÇAKMAK'a en içten teşekkürlerimi iletiyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Alternatif Et Ürünleri ve Tarihçesi	3
2.2. Makrofunguslar	6
2.2.1. Tanılama Yöntemleri.....	6
2.2.2. Makro Mantarların Yaşam Döngüsü	9
2.2.3. Üretim Teknikleri	12
2.3. Yenilebilir Makro Mantarlar	15
2.3.1. Türkiye’de yenilebilir mantar çeşitliliği	16
2.3.2. <i>Morchella</i> türleri.....	17
2.3.3. <i>Lactarius</i> türleri	19
2.3.4. <i>Pleurotus</i> türleri	19
2.4. Makro Mantarların ve Misellerinin Gıdalarda Kullanımı	20
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Materyal	23
3.2. Mantar Örneklerinin Toplanması.....	23
3.3. Misel Kültür İzolasyonu, Sıvı Ortamda Misel Üretimi ve Kültür Envanterinin Muhafazası	24
3.4. Moleküler Tanılama	25
3.4.1. Genomik DNA izolasyonu	25
3.4.2. PZR optimizasyonu ve DNA bölgesinin çoğaltılması.....	25
3.4.3. PZR ürünlerinin saflaştırılması, sekans analizi ve tanılama çalışmaları	26
3.5. Üretici Suş Seçimi ve Sıvı Besiyeri Optimizasyonu.....	27
3.6. Fermentörde Biyokütle Üretimi	27
3.7. Biyokütle Bileşiminin Belirlenmesi	28
3.7.1. Temel bileşenlerin analizi.....	28

3.7.2. Bradford yöntemiyle toplam protein analizi.....	31
3.7.3. Kitin analizi	31
3.8. Hibrit Köfte Üretimi.....	32
3.9. Köftelerin Fiziksel ve Temel Bileşen Analizleri.....	33
3.10. İstatistik Analizler	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	36
4.1. Mantar Örneklerinin Kültüre alınması	36
4.2. Mantarların Moleküller Tanılanması	38
4.2.1. Genomik DNA izolasyonu ve PZR uygulamaları	38
4.2.2. Dizi analizleri ve mantarların tanılanması.....	41
4.3. Üretici Suşun Seçimi, Besiyeri Optimizasyonu ve Fermentör Üretimi	44
4.4. Biyokütlenin Bileşimi	50
4.4.1. <i>M. importuna</i> MBD 4 misel biyokütlesi temel bileşimi.....	50
4.4.2. Toplam protein içeriği (Bradford)	52
4.4.3. Kitin içeriği.....	52
4.5. Hibrit Köfte Üretimi ve Analizleri	53
4.5.1. Hibrit köfte üretimi	53
4.5.2. Köftelerin pişme kayıplarının belirlenmesi	54
4.5.3. Hibrit köftelerin temel besin maddeleri	55
4.5.4. Renk analizi sonuçları	57
4.5.5. Tekstür profil analizi (TPA) sonuçları.....	58
5. SONUÇLAR	62
6. KAYNAKLAR	64
7. EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Yenilebilir Makrofungusların Derin Kültür Fermentasyon Yöntemiyle Üretimi ve Biyokütlenin Et İkame Maddesi Olarak Kullanım Potansiyeli” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

28/01/2025

Gürcü Aybige ÇAKMAK

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
and	: ve
~	: Yaklaşık
°C	: Santigrat derece
bp	: Baz çifti
cm	: Santimetre
dev/dk	: Devir/dakika
dk	: Dakika
g	: Gram
kkal	: Kilokalori
L	: Litre
L	: Litre
M	: Molarite
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
N	: Normalite
s	: Saniye
sa	: Saat
T _m	: Erime sıcaklığı
α	: Alfa
β	: Beta
μ l	: Mikrolitre
μ m	: Mikrometre

Tezde ondalık yazım ayracı olarak nokta (.) kullanılmıştır.

Kısaltmalar

3B	: 3 Boyutlu
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AMSA	: Amerikan Et Bilimi Derneği (American Meat Science Association)
BBE	: Bitki Bazlı Et
bç	: Baz Çifti
BLAST	: Temel Yerel Hizalama Arama
CCBAS	: Basidiyomiset Kültür Koleksiyonu (Culture Collection of Basidiomycetes)
DF	: Derin Fermentasyon
DM	: Tanımlanmış Besiyeri (Defined Media)
DNA	: Deoksiribonükleik Asit
DRBC	: Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
FDA	: Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
HBE	: Hücre Bazlı Et
ITS	: Internal Transcribed Spacer (Kodlanmayan ara bölge)
Kat. No	: Katalog Numarası
kb	: Kilobaz
KFF	: Katı Faz Fermentasyonu
LSU	: Büyük Alt Birim
M	: Marker
M.S	: Milattan Sonra
MES	: 2-(N -Morfolino)Etansülfonik asit
NB	: Nutrient Broth

NCBI	: ABD Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi
NFW	: Nükleazsız Su
NJ	: Komşu Birleştirme (Neighbor-Joining)
NOAEL	: Hiçbir Olumsuz Etkinin Görülmediği Düzey (No Observed Adverse Effect Level)
NTC	: Kalıpsız Kontrol (No Template Control)
PBS	: Nötral Fosfat Tamponu
PDA	: Potato Dextrose Agar
PDB	: Potato Dextrose Broth
PZR	: Polimeraz Zincir Tepkimesi
RCF	: Göreceli Santrifüj Kuvveti
RNA	: Ribonükleik Asit
rRNA	: Ribozomal Ribonükleik Asit
SLM	: Dakikada Standart Litre (Standard Litre per Minute)
sp.	: Tür (species/tekil)
spp.	: Türler (species/çoğul)
SSU	: Küçük Alt Birim
STK	: Su Tutma Kapasitesi
TBARS	: Tiyobarbitürik asit reaktifi
TEA	: Tris-EDTA-Asetik Asit
T _m	: Erime Sıcaklığı
TRIS	: Tris (Hidroksimetil) Aminometan
USDA	: Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
v	: Hacim
w	: Ağırlık
WBSF	: Warner-Bratzler Kesme Kuvveti

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Et analoglarının tarihçesi	4
Şekil 2.2. Makrofungusların morfolojik kısımları	7
Şekil 2.3. Makrofunguslarda morfolojik benzerlikler a) <i>Amanita phalloides</i> b) <i>Agaricus bisporus</i>	8
Şekil 2.4. ITS Bölgeleri ve bu bölgelerin çoğaltılmasında kullanılan primer dizileri	9
Şekil 2.5. <i>Morchella</i> spp. (Askomikota) yaşam döngüsü	11
Şekil 2.6. Basidiomisetlerde yaşam döngüsü.....	12
Şekil 2.7. <i>Morchella</i> sp. mantarına ait (a) görsel ve (b) taksonomik sınıflandırması.....	17
Şekil 2.8. <i>Lactarius</i> sp. mantarına ait (a) görsel ve (b) taksonomik sınıflandırması	19
Şekil 2.9. <i>Pleurotus</i> sp. mantarına ait (a) görsel ve (b) taksonomik sınıflandırması.....	20
Şekil 3.1. Yabani yenilebilir mantarlardan misel kültürü elde etme aşamaları	24
Şekil 3.2. Şişe reaktör düzeneği.....	28
Şekil 3.3 Toplam (suda çözünen ve çözünmeyen) diyet lif analizi akış şeması.....	30
Şekil 3.4. Toplam protein analizi (Bradford) iş akışı.....	32
Şekil 3.5. Köfte şekillendirmede kullanılan paslanmaz çelik kalıp ve ölçüleri	33
Şekil 4.1. Tez çalışması kapsamında toplanan mantar örneklerinin temsili konumları	36
Şekil 4.2. Saha çalışmaları ve örneklerle ilişkin görseller a) Toplanan <i>Morchella</i> örneklerinin toplu fotoğrafı, b) <i>Morchella</i> örneklerinin doğal ortamdaki görselleri	36
Şekil 4.3. <i>Lactarius</i> örneklerinden LF17 kodlu numunenin sap, gövde ve şapka görüntüleri	37
Şekil 4.4. <i>Morchella</i> M3 kodlu örnekten izole edilen DNA görüntüsü.....	38
Şekil 4.5. <i>Morchella</i> sp. M3 örneğinin ITS1/ITS2 ve ITS5/ITS4 primer çiftleriyle elde edilen PZR ürünlerinin jeldeki görüntüsü	38
Şekil 4.6. Envanterden seçilen 10 <i>Morchella</i> sp. miselyum örneklerinden izole edilen DNA'ların agaroz jelde görüntüsü	39
Şekil 4.7. Seçilmiş 10 <i>Morchella</i> sp. miselyum örneğinin ITS1/ITS2 primerleri ile sağlanan PZR ürünlerinin agaroz jel görüntüsü	39

Şekil 4.8. Seçilmiş 10 <i>Morchella</i> sp. miselyum örneğinin ITS5/ITS4 primerleri ile sağlanan PZR ürünlerinin agaroz jel görüntüsü	40
Şekil 4.9. Gradient PZR ile primer çiftleri T_m optimizasyonu.....	40
Şekil 4.10. Optimum T_m uygulanarak elde edilen amplifikasyon ürünlerinin agaroz jel görüntüleri.....	41
Şekil 4.11. <i>Morchella</i> ve <i>Pleurotus</i> türleri için ITS bölgelerine göre komşu birleştirme (NJ) yöntemi ile çizilen filogenetik ağaç	44
Şekil 4.12. <i>M. importuna</i> MBD 4 suşunun (a) PDB (b) DM ve (c) NB besiyerlerinde oluşturduğu misel morfolojileri.....	46
Şekil 4.13. <i>M. sextelata</i> M 14-1 kodlu örneğin fermentördeki gelişim süreci	47
Şekil 4.14. Fermentörde üretilen <i>M. sextelata</i> M 14-1 yaş biyokütle görüntüsü.....	47
Şekil 4.15. M 14-1 kodlu örneğin gelişimi sırasında PDB besiyerinde karşılaşılan bulanıklık (solda) ve örneğin 40× objektif kullanılarak basit boyama ile elde edilen mikroskopik görüntüsü (muhtemel bakteri kontaminasyonu) (sağda)	47
Şekil 4.16. <i>M. importuna</i> MBD 4 kodlu örneğin %2 melas içeren NB besiyerinde gelişimi (solda) ve miselyumun 40× objektif kullanılarak elde edilen mikroskopik görüntüsü (sağda)	48
Şekil 4.17. (a) Şişe fermentörü modifikasyonu (b) 1.5 L besiyerinde inkübasyon sonrasında misel gelişimi ve (c) baskı ile süzölmüş <i>M. importuna</i> MBD 4 misel peletleri ve (d) durulama işlemi sonrası tekrar şişen misel peleti görüntüleri	49
Şekil 4.18. <i>M. importuna</i> MBD 4 biyokütlesinin kuru madde bazında temel besin bileşimi.....	51
Şekil 4.19. Çiğ (üstte) ve pişmiş (pişmiş) hibrit köfte görselleri; soldan sağa: Kontrol (misel ilavesiz), %25 misel ilaveli köfte (M25), %50 misel ilaveli köfte (M50) ve %75 misel ilaveli köfte (M75)	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Askomikota ve Basidiomikota yaşam döngülerindeki farklılıklar	9
Çizelge 2.2. Bazı yenilebilir mantar örneklerinin ortalama besin bileşimleri	16
Çizelge 2.3. Makrofungusları et ikamesi/katkısı olarak değerlendiren çalışmalar	21
Çizelge 3.1. Kullanılan ITS primerlerinin baz dizileri	25
Çizelge 3.2. PZR karışım içeriği.....	25
Çizelge 3.3. Gradyent PZR denemesinde uygulanan sıcaklıklar.....	26
Çizelge 3.4. Gradyent PZR programı	26
Çizelge 3.5. Primer çiftleri için kullanılan PZR koşulları	26
Çizelge 3.6. Köfte harçlarının bileşimi	32
Çizelge 3.7. TA-XT Plus cihazında TPA koşulları.....	34
Çizelge 4.1. Envantere alınan muhtemel yenilebilir mantar örnekleri ve CCBAS kodlu mantar örneklerinin listesi.....	37
Çizelge 4.2. Mantar örneklerinin moleküler tanılama sonuçları.....	42
Çizelge 4.3. Mantar örneklerinin PDB besiyerinde ürettiği yaş biyokütle ağırlığı ortalamaları	44
Çizelge 4.4. Seçilmiş <i>Morchella</i> sp. suşları ile farklı besiyerlerinde elde edilen yaş biyokütle miktarları.....	46
Çizelge 4.5. Farklı oranlarda glikoz veya melas ilavesi ile NB ortamında üretilen yaş biyokütle miktarları.....	48
Çizelge 4.6. <i>M. importuna</i> MBD 4 örneğinin temel besin içeriği	50
Çizelge 4.7. <i>M. importuna</i> MBD 4 misellerinin çözünme kaybı.....	51
Çizelge 4.8. Köfte örneklerinin temel bileşimleri.....	55
Çizelge 4.9. Hibrit köfte örneklerin pişirme kaybı değerleri ve su tutma kapasitesi.....	54
Çizelge 4.10. Pişme sonrası örneklerin renk değerleri	57
Çizelge 4.11. TPA parametrelerin ortalama değerleri	59

1. GİRİŞ

Doğal kaynakların hızla tükenmesi, hayvansal protein kaynaklarının sürdürülebilir olmaması ve kişilerin beslenme alışkanlıklarının değişmesi bunlara ek olarak da günlük beslenmede proteinlere olan ihtiyacın sürekli olması sebebiyle, alternatif protein kaynaklarına olan yönelim artmıştır. Bu amaçla, protein içerikleri yüksek bitkiler en yaygın tercih edilen besinler arasında yer almaktadır.

Makrofunguslar (şapkalı mantarlar olarak da bilinir), uzun yıllardan beri insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir ve gıda, tıbbi veya kozmetik üretimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde yaklaşık 12,000 kadar makrofungus çeşidi tanımlanabilmektedir. Bu türler arasında yenilebilir özellikte olanların sayısı güncel literatürde 2,000'den fazla olarak belirlenmiştir. Ayrıca yaklaşık 35 tane türün de ticari olarak satışı yapılmaktadır (Li vd., 2021; Rathore vd., 2019). En bilinen yenilebilir mantar türleri arasında; *Agaricus bisporus*, *Boletus edulis*, *Lactarius delicious*, *Morchella elata*, *M. esculenta*, *Pleurotus ostreatus*, *P. eryngii*, *Flammulina velutipes* gibi mantarlar örnek olarak verilebilmektedir (Guo vd., 2025).

Besin öğelerince zengin olması, içerdikleri β -glukan, karotenler, fenoller, flavonoidler gibi bileşenler sebebiyle nutrosötik özellik göstermesi, özellikle de içerdikleri proteinlerin kas proteinlerine eş değer sayılması ve esansiyel aminoasitlerin tamamını barındırması, mantarlara olan ilgiyi arttırmaktadır (Sezgin vd., 2020). Düşük enerji ve yağ içeriğine sahip olması ayrıca diyet lif bakımından zengin olması günlük diyetle yer almasını sağlayan özelliklerindendir (Yıldız Turp ve Boylu, 2018). İçeriğindeki biyoaktif bileşenler sayesinde antikanser ve antitümör özellik gösterebildiği, D vitamini öncülü olan ergosterol içermesi osteoporoz, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet vb. hastalıklara karşı önleyici ve tedavi edici etki göstermesi sebebiyle “geleceğin gıdası” olarak kabul edilebilmektedir (Rathore vd., 2019).

Ülkemizde de yaklaşık 2,400 kadar farklı mantar türü olduğu, bunların çoğunun da yenilebilir özellikte olduğu bilinmektedir. İklim özellikleri, büyük pazarlara yakınlık ve ucuz hammadde temini gibi sebepler, mantar üretiminde Türkiye’yi önemli bir noktaya taşımaktadır. Ülkemizde yetiştirilen 25 farklı yenilebilir mantar türünün ticari olarak satışı yapılmaktadır (Bulam vd., 2018).

Global ölçekte mantarlara olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Ancak iklimsel değişimler, mantarların uzun süren yaşam döngüleri ve yılın belirli zamanlarında belirli bölgelerden toplanabiliyor olması, araştırmacıları, mantar yetiştiriciliği konusunda yenilikçi yaklaşımlara yönlendirmiştir. Makro mantar üretimi için genellikle katı faz fermentasyon sistemleri tercih edilirken, gelişen biyoteknolojik üretim sistemleri sayesinde (derin fermentasyon) mantar miselyumları üretilmekte ve zaman ve mekâna bağımlı kalınmadan üretim gerçekleştirilebilmektedir.

Besin içeriği açısından hayvansal protein kaynaklarına alternatif olarak değerlendirilebilen mantarlar, meyve gövdesi formunda veya misel formunda değerlendirilerek “yeni ürün” tasarımı için oldukça elverişlidirler. Görece yeni gelişen bir alan olan alternatif protein içeren gıda ürünleri ile ilgili yasal düzenlemeler, ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Bu durum da mantarlar kullanılarak elde edilen ürünlerin tanımlanmasında kafa karışıklığı yaratmaktadır. Et analogu, et geliştirici, et ikamesi,

yapay et, imitasyon et gibi tabirler kullanılabildiği gibi, bu tanımlar için özellikle Türkçe literatürde ortak bir dil kurulamamıştır.

Mantarların et ikamesi olarak kullanımı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde filamentli (hifli) fungusların konu edildiği çalışmalar ulusal ve uluslararası literatürde geniş yer tutmaktadır. Yenilebilir makrofunguslar ise daha çok meyve gövdelerinin farklı yöntemlerle işlenerek (dondurma, kurutma, pişirme, vb.) et ürünü bileşimine dahil edilmek suretiyle araştırma alanı oluşturmuştur. Ancak yenilebilir mantarların misel formunda ikame veya geliştirici olarak değerlendirilmesine yönelik araştırmalar literatürdeki önemli boşluğu oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, yenilebilir makrofungusların (mantarların) doğadan toplanarak moleküler olarak tanımlanması, biyoteknoloji temelli yöntemler kullanılarak üretilmesi ve elde edilen ürünlerin hayvansal protein kaynaklarına alternatif potansiyelinin ortaya konmasıdır. Bu doğrultuda Antalya ve civar illerde yürütülen saha çalışmaları ile kuzugöbeği mantarlar numuneleri toplanarak bunlardan miselyum hatlarının saf kültür olarak sürdürülebilmesi sağlanmıştır. Elde edilen kültür envanterinden seçilen misel kültürleri ile sıvı besin ortamında geliştirme yapılarak biyokütle elde edilmiştir. Biyokütlenin bileşim özellikleri araştırılmış, gıda hammaddesi olarak değerlendirilebilirliği yürütülen köfte denemeleri ile ortaya konmuştur.

2. KAYNAK TARAMASI

Birleşmiş Milletler öngörülerine göre Dünya nüfusunun geçmiş zamanlara göre hızla arttığı ve nüfusun 2050 yılında 9.7 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Deeming, 2021). Artan nüfus ile birlikte gıda üretimine olan talep artışına karşın geleneksel tarım ve hayvancılık yöntemleri bu talep karşısında yetersiz kalmaktadır. Geleneksel üretim yöntemleri, halihazırda kısıtlı olan kaynakların daha hızlı tükenmesi ve/veya kirlenmesine neden olmaktadır.

İnsanlığın avcı toplayıcı dönemlerinden bu yana önemli bir besin kaynağı olan hayvansal et (kırmızı et, beyaz et, vd.), günümüzde de önemli protein kaynaklarından birisidir (Rubio vd., 2020). İçerdiği bileşenler sayesinde hem beslenme hem de sağlık açısından önemli yer tutmaktadır. Yaklaşık %75'i su olmak üzere %19 protein, %2.5 yağ, %1.2 karbonhidrat ve %1.65 azotlu bileşenler, etin temel bileşimini oluşturmaktadır (Beltrán ve Bellés, 2019). Et içeriğindeki esansiyel amino asitler, mineraller (fosfor ve demir gibi) ve vitaminler (B12 gibi) gibi önemli maddeler, her yaştan insan için hayati bileşenlerin karşılanması için önemli bir kaynaktır. İnsan beslenmesinde önemli bir konumda et ürünleri, başlıca protein kaynağı olarak değerlendirilmiştir (Pereira ve Vicente, 2022).

Günümüzdeki en önemli problemlerden biri küresel iklim değişiklikleri sebebiyle gıda güvencesinin büyük risk altında olmasıdır. Ayrıca geleneksel üretim yöntemlerinin çevre üzerine olumsuz etkilerinin olması da söz konusudur. Hayvansal et üretimi, küresel sera gazı emisyonlarının önemli bir kısmından sorumlu olup, özellikle metan ve nitroz oksit salınımı yoluyla küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, et üretimi için büyük miktarda su ve tarım alanı kullanılması, doğal kaynakların sürdürülebilirliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Polat ve Yılmaz Tuncel, 2020). Yaklaşık olarak, 1 kg sığır eti üretimi için 15.000 L su gerektiği düşünülürse, hayvansal et kaynaklarına alternatif olan ürünlere yönelmek bir tercih olmaktan çok zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır (Demir, 2023).

2.1. Alternatif Et Ürünleri ve Tarihçesi

Alternatif protein kaynakları binlerce yıldır çeşitli toplumlar tarafından tüketilmiştir. Çin'de M.S. 965 yılına kadar uzanan kayıtlara göre soya bazlı ürünler (tofu ve tempeh) ve seitan gibi buğday gluteni temelli protein kaynakları, alternatif besin kaynağı olarak tüketilmekteydi. 1900'lerin başlarında, fındık ve tahıl bazlı et alternatifleri ortaya çıkmaya başlamıştır. John Harvey Kellogg tarafından geliştirilen Nuttose ve Protose adlı et analogları geleneksel etin dokusunu ve tadını birebir taklit etmek için değil, daha hijyenik ve sağlıklı bir protein alternatifi sunmak için geliştirilmiştir. Aynı dönemde Avustralya'da Sanitarium'un Nutmeat ürünü 1912'de piyasaya sürülmüş ve 1933 yılında satışa sunulmuştur. İkinci Dünya Savaşı'nın ardından, üretim ve paketlenme teknolojilerindeki ilerlemeler, bitkisel proteinlerin daha verimli şekilde işlenmesini sağlayarak, soya bazlı et alternatiflerinin giderek daha yaygın hale gelmesine olanak tanımıştır. Bu süreçte, et analogları büyük ölçüde vejetaryen tüketicilere hitap eden, sınırlı bir kitleye yönelik özel ürünler olarak değerlendirilmiştir. Bu dönemde ABD'de, Tofurky gibi soya bazlı alternatifler 1980 yılında piyasaya sürülerek vejetaryen topluluklar için bir seçenek haline gelmiştir. Et analogları, 2002 yılında Burger King'in menüsüne bitki bazlı bir burger ekleyen ilk Amerikan fast-food zinciri olmasıyla birlikte ana akıma girmeye

başlamıştır. Bu süreçte, tüketicilerin sağlık ve sürdürülebilirlik konularına yönelik bilinç düzeyi artmış, geleneksel etin yerine geçebilecek alternatiflere olan talep hızla büyümüştür. Gıda bilimindeki modern gelişmeler, Impossible Burger ve Beyond Burger gibi “bitki bazlı et” olarak adlandırılan yeni nesil ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu yeni nesil et analogları, geleneksel etin tat, doku, görünüm ve hatta pişerken çıkardığı ses gibi özelliklerini taklit etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu yeni nesil ürünler, bitkisel protein karışımları, yağlar, bağlayıcılar, baharatlar ve farklı işleme teknolojileri kullanılarak üretilmektedir. Özellikle ekstrüzyon teknolojisi gibi gelişmiş işleme yöntemleri sayesinde etin lifli dokusu daha iyi taklit edilebilmiştir (Lawrence ve King, 2019; Shurtleff ve Aoyagi, 2014) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Et analoglarının tarihçesi (Ismail vd., 2020; Lawrence ve King, 2019)

Alternatif protein kaynakları, geleneksel hayvancılığın çevresel etkilerini azaltma, sürdürülebilir gıda üretimi sağlama ve beslenme açısından daha sağlıklı seçenekler sunma amacıyla geliştirilen protein bazlı gıda ürünleridir (Nicholson, 2022). Bahsi geçen protein kaynakları kullanılarak elde edilen “yeni ürünler” ortak bir terminoloji ile tanımlanabilmiş değildir ve ulusal ve uluslararası literatürde farklı tanımlamalar kullanılmaktadır. Genel olarak bu ürünler “et alternatifi/analoğu”, “kültürlenmiş et (yapay et)” ve “hibrit et” olarak sınıflandırılmaktadır (van Dijk vd., 2023). Bazı kaynaklarda bu ürünler bitki bazlı et (BBE; fungal kaynaklı ürünleri de dahil ederek) ve hücre bazlı et (HBE) olarak da sınıflandırılmıştır (Rubio vd., 2020). Literatürde akademik söylem birliğinin sağlanabilmesi için yasal düzenlemelerin geliştirilmesi ve yeni ürünlerin kapsamlı bir şekilde tanımlanması gerekliliği açıkça görülmektedir.

Et analogu, ürünlerdeki temel bileşen olan (hayvansal) et yerine formülasyona farklı bir bileşen eklenmesiyle elde edilen ürünü ifade etmektedir. Et ikamesi, et muadili, imitasyon et ürünü gibi isimler de kullanılmaktadır. Bitkisel kaynaklı proteinler (hububat, baklagiller, yağlı tohumlar, yeşil yapraklı bitkiler, vd.), böcekler, fermentasyon ile

üretileen fungal proteinler (mycoprotein) veya tek hücre proteinleri kullanılarak elde edilen ürünler genel olarak et analoğu olarak değerdendirilmektedir (Ismail vd., 2020; Nicholson, 2022; Thavamani vd., 2020). **Kültürlelenmiş et**, 2000’li yılların başında ortaya çıkan ve yakın geçmişte de gelişmeye devam eden bir yöntem olup, laboratuvar koşullarında üretilmiş hayvan doku hücreleriyle alternatif protein kaynağı oluşturmayı hedeflemektedir. Temiz et, in vitro et, hücre bazlı et gibi terimlerle de tanımlanabilmektedir (Kirsch vd., 2023). **Hibrit et** ürünleri ise, ürünlerdeki et içeriğinin bir kısmının sürdürülebilir protein kaynakları ile değıştirilmesi ile elde edilen melez ürünler olarak tanımlanabilir. Et tüketiminin azaltılması açısından önemli bir yer tutan hibrit et ürünleri, et lezzetinden ve dokusunun yanı sıra daha sürdürülebilir bir besin olarak tüketilmektedirler (Grasso ve Goksen, 2023).

Son yıllarda üretimi ve ticareti giderek yaygınlaşan alternatif et ürünleri konusunda, ülkeler arasında hem yasal düzenlemeler hem de denetim sistemleri açısından büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıkların en önemli sebeplerinden biri, tüketicilerin beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak bu ürünlere yönelik tutumlarının da değışkenlik göstermesidir (Siddiqui vd., 2022) Ayrıca tüketiciler arasındaki yaş, cinsiyet ve yaşadıkları bölgeler de tüketim tercihleri üzerine etkilidir (Amoneit vd., 2024).

Alternatif gıdalar, artan küresel protein ihtiyacı, sürdürülebilirlik hedefleri ve değışen tüketici tercihleri doğrultusunda giderek daha fazla ilgi görmekte olup, bu durum ülkeler arasında farklı yasal düzenlemelerin oluşmasına yol açmıştır. Avrupa Birliği (AB), alternatif protein kaynaklarını "Yeni Gıda" (Novel Food) Yönetmeliğı kapsamında değerdendirmekte ve ürünlerin güvenliğı, etiketleme standartları ve besin içeriğı açısından belirli kriterler getirmektedir. ABD’de, FDA ve USDA iş birliğı ile alternatif proteinlerin üretim süreçleri, etiketleme ve güvenlik kriterleri belirlenmekte olup, özellikle hücre kültürü bazlı et ürünlerinin denetimi konusunda çerçeve oluşturulmuştur. Fransa ve Almanya, bitki bazlı et alternatiflerinin geleneksel et ürünlerini çağrıştıran terimlerle pazarlanmasını kısıtlayan yasal düzenlemeler getirmiştir. Birleşik Krallık, Brexit sonrası AB gıda mevzuatına benzer düzenlemeler uygularken, Kanada, Avustralya ve Yeni Zelanda, yeni gıdaların satışa sunulmadan önce kapsamlı bir güvenlik değerdendirmesine tabi tutulmasını zorunlu kılmaktadır. Singapur, alternatif proteinler için en ileri düzenlemeleri oluşturmuş ve 2020 yılında laboratuvar ortamında üretilen tavuk etine ticari onay veren ilk ülke olmuştur. İsrail ve Japonya gibi ülkeler ise alternatif proteinlerle ilgili düzenlemelerini AB mevzuatına uyumlu hale getirme sürecindedir. Alternatif et ürünlerinin yasal çerçevesi küresel ölçekte farklılık gösterse de çoğu ülke bu ürünlerin gıda güvenliğı, tüketici bilgilendirmesi ve etiketleme standartları açısından belirli kriterlere tabi olmasını zorunlu kılmaktadır (Erol ve Demir, 2024; Rubio vd., 2020).

Ülkemizde yeni gıdalar ile ilgili olarak hali hazırda yürürlükte olan bir yasal düzenleme bulunmamaktadır. Ancak 15.10.2024 tarihinde T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesindeki Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü tarafından “Türk Gıda Kodeksi Yeni Gıdalar Yönetmeliğı” taslağı hazırlanmış ve görüşe sunulmuştur. Taslakta “yeni gıda” tanımı; “Yeni gıdalar listesinde yer alan gıdalar ile 2024 yılından önce ülkemizde insan tüketimine yönelik olarak önemli bir ölçüde kullanılmayan ve aşağıdaki kategorilerden en az birine giren herhangi bir gıda” olarak ifade edilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024). Kategoriler arasında “Mikroorganizmalar, mantarlar veya alglerden oluşan, izole edilen veya üretilen gıdalar”, “Hayvanlar, bitkiler, mikroorganizmalar, mantarlar veya alglerden elde edilen hücre kültürü veya doku

kültüründen oluşan ya da bu hücre kültürü veya doku kültüründen izole edilen veya üretilen gıdalar” yer almaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024).

2.2. Makrofunguslar

Makrofunguslar, taksonomik sınıflandırmada fungusların altında yer alan *Basidiomycota* (Basidiomikota/Bazitli Mantarlar) ve *Ascomycota* (Askomikota/Asklı Mantarlar) şubelerinde tanımlanan organizmalardır. Makrofungus, makro mantar veya daha genel bir ifadeyle mantar olarak tanımlanmaktadır. Diğer funguslardan ayrılan özellikleri, toprak altında miselyum yapıları oluşturmalarının yanı sıra toprak üstünde de meyve gövdesi oluşturabilmeleridir (H. Lu vd., 2020). Makrofunguslar, biyoçeşitliliğin korunması ve ekosistem için oldukça önemli bir yere sahiptir. Ektomikorizal gelişen türler, bitkilerle simbiyotik bir yaşam sürerek, özellikle nitrojen ve fosfor bakımından fakir olan ortamlarda besin alışverişini sağlamada katkı sunarlar. Saprotrofik türleri ise ölü bitkileri parçalayarak karbon döngüsüne destek olmaktadır. Sahip oldukları miselyum yapılarıyla toprak oluşumuna faydalı olmasının yanında besin kaynaklarına ulaşmayı da kolaylaştırırlar (Niego vd., 2023).

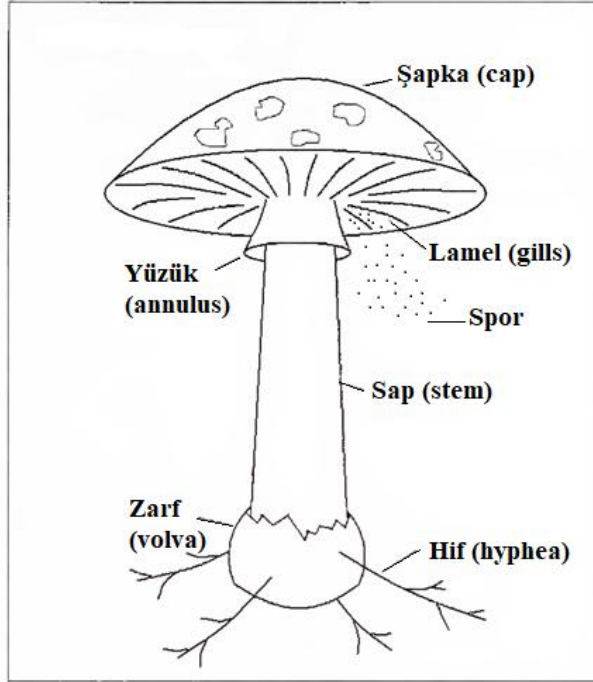
Dünya üzerindeki en kalabalık alem olarak bilinen fungi aleminin 500.000- 10 milyon arasında üyeye sahip olduğu tahmin edilmektedir (Hawksworth, 2001). Günümüzde ise 140,000’den fazla fungus türü tanılanmıştır. Özellikle tropik bölgeler ve okyanuslarda henüz keşfedilmemiş bölgelerin varlığı, keşfedilecek çok daha fazla fungus türü olabileceğini desteklemektedir (Hawksworth ve Lücking, 2017). Tanılanmış türler arasında yaklaşık 2,000 kadarının yenilebilir özellikte olduğu ve/veya tıbbi amaçlarla kullanılabilir olduğu bilinmektedir (Meenu ve Xu, 2019; Sambyal ve Singh, 2021).

Makromantarlar gıda olarak tüketimleri söz konusu olduğunda; yenilebilir (edible), koşullu yenilebilir (conditional edible), neredeyse yenmez (almost inedible) veya zehirli (toxic) olarak sınıflandırılmaktadır. Yenilebilir mantarlar (*Agaricus*, *Pleurotus*, vb.), zengin besin içeriği ve yüksek aroma profilleri sebebiyle tercih edilen önemli bir besin grubunu oluşturmaktadır. Ayrıca seçkin yenilebilir mantarlar (bazı *Morchella* türleri, *Boletus*, vb.) olarak tanılanan bazı türler, üstün tat ve aroma profiline ve yüksek ekonomik değere sahiptir ve zor bulunan veya özel yetiştirme koşullarına ihtiyaç duyulan mantarlardır. Koşullu yenilebilir mantarların çiğ olarak veya alkol ile birlikte tüketimi toksik etki gösterse de pişirme, kurutma, suda bekletme gibi ek işleme yöntemleri ile yenilebilir hale dönüştürülmesi mümkündür. Bazı mantar türleri ise zehirlenmeye neden olacak bileşenler bulunmasa bile sert yapıda, acı tatta ve zor sindirilebilir olmaları sebebiyle besin olarak tercih edilmemektedir (Govorushko vd., 2019).

2.2.1. Tanılama Yöntemleri

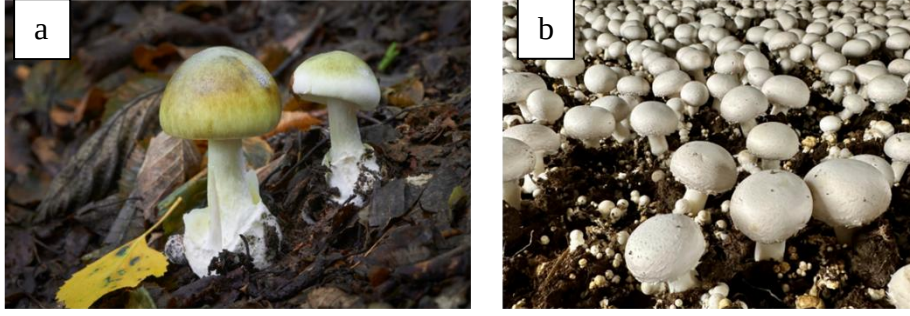
Günümüze kadar tanılanmış makrofungusların görece küçük bir bölümü yenilebilir olarak kabul edilmektedir. Diğer makrofungusların ise ciddi toksik etkileri olduğu bilinmektedir (Meenu ve Xu, 2019). Bu nedenle mantarların doğru şekilde tanılanması önemlidir. Makromantarların tanılanmasında geleneksel metotların yanında güncel, moleküler analiz teknikleri de kullanılmaktadır.

Geleneksel yöntemler olarak adlandırılan tanılama yönteminde, makrofungusların morfolojik özellikleri değerlendirilir (Şekil 2.2). Makroskobik, mikroskobik ve gelişme koşulları incelenerek tanılama gerçekleştirilir. Makroskobik özellikleri incelenirken; şapka, lamel, sap gibi gözle görülen kısımlarının benzerlik veya farklılıkları, şapka ve/veya sapta deformasyon sonucu ortaya çıkan renkli sıvılar (color bleeding) ve spor baskısı (spore print) incelenir. Mikroskobik özellikleri arasında mantar sporları, büyüklükleri ve şekilleri mikroskop altında incelenir. Ayrıca mantarların geliştiği bölgenin özellikleri (nem, sıcaklık, rakım, yağış miktarı, vb.), substrata bağlanma şekilleri de tanılama için kullanılan parametrelerdir (Mohapatra vd., 2019).



Şekil 2.2. Makrofungusların morfolojik kısımları (Ostry vd., 2011)

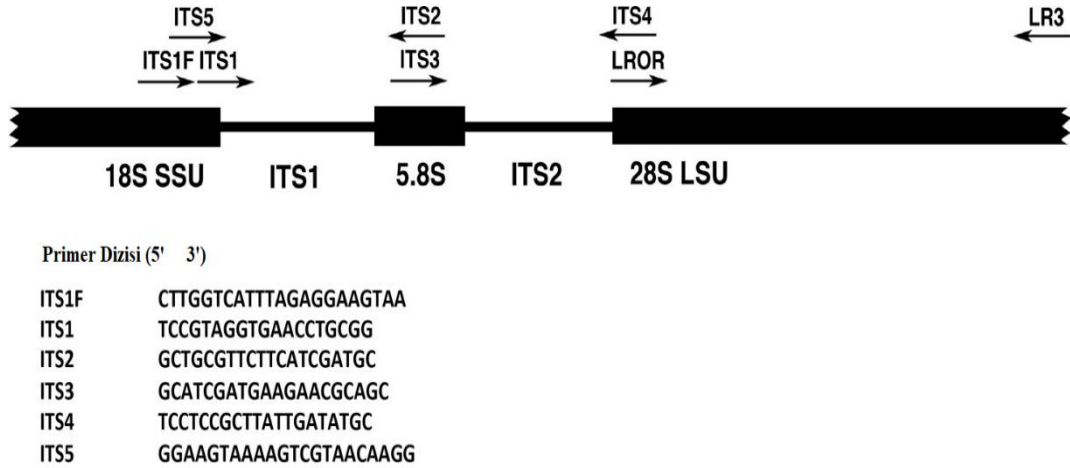
Yabani mantarlar doğada birbirine benzer morfolojik özellikler gösterebilmektedir. Halk arasında “köygöçüren, evcikkıran, ölüm meleş” gibi isimlerle anılan *Amanita phalloides*, oldukça zehirli bir mantar olarak tanınırken (Şekil 2.3.a), morfolojik olarak ona çok benzeyen *Agaricus bisporus* (kestane mantarı, kültür mantarı) ticari olarak üretimi yapılan ve besin olarak yaygın olarak tüketilen mantar çeşididir (Şekil 2.3.b) (Ergüven vd., 2007).



Şekil 2.3. Makrofunguslarda morfolojik benzerlikler a) *Amanita phalloides* b) *Agaricus bisporus*

Morfolojik karakter evriminin anlaşılması için, fiziksel özelliklere göre tanılama yapmak her ne kadar önemli olsa da tanılamaların en fazla aile ve cins düzeyine kadar indirilebiliyor olması, tür tanılamasında eksik kalması alternatif tanılama yöntemlerini gerekli kılmaktadır (Raja vd., 2017). Mantar türlerinin moleküler bazda tanılanması, White vd. (1990) tarafından geliştirilen nükleer ribozomal operon primerleri sayesinde mümkün hale gelmiştir.

Ribozomal RNA (rRNA) genleri, mantar türlerinin tanılanmasında ve filogenetik ilişkilerinin araştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu genler, hücresel ribozomların üretiminde görev alan rRNA'yı kodlar. rRNA, protein sentezi için hayati önem taşıyan bir moleküldür ve bu nedenle hücrelerde yüksek miktarlarda bulunur. Ökaryotik ribozomlarda üç farklı rRNA vardır; 18S (SSU; küçük alt birim), 5.8S ve 28S (LSU; büyük alt birim) (Şekil 2.4). Çok sayıdaki rRNA kopyası sıralı halde dizilmiştir ve aralarında kodlanmayan ara bölgeler (Internal Transcribed Spacer, ITS) bulunur. Büyük ribozomal alt birim (LSU) 28S rRNA geni, türleri bağımsız olarak veya ITS bölgesi ile birlikte ayırt eder. DNA'nın (rDNA) ribozomal bölgesinin dahili kopyalanmış aralayıcı bölgesi (ITS), genellikle cins seviyesinde veya altında tanılamalar için bir işaretleyici/markers olarak kullanılır (Borthakur ve Joshi, 2018). ITS bölgesinin amplifikasyonunun kolay olması, türler arası varyasyonun belirlenmesi için gerekli uzunluğa sahip olması, tanılayıcı bölge olarak kullanımını desteklemektedir (Raja vd., 2017). ITS bölgesinin dışında LSU, RNA polimeraz II (RNA polimeraz II, RPB2), β -mikro tüp proteini (β -tubulin) ve uzama faktörü 1- α (EF1- α) gibi bölgeler de tanılama amacıyla kullanılmaktadır (Wei vd., 2022).



Şekil 2.4. ITS Bölgeleri ve bu bölgelerin çoğaltılmasında kullanılan primer dizileri (Raja vd., 2017)

2.2.2. Makro Mantarların Yaşam Döngüsü

Askomikota ve Basidiomikota şubelerinde yer alan makro mantarların yaşam döngüleri ortak aşamaların (spor salınımı, çimlenme, misel oluşumu ve meyve gövdesi oluşumu) bulunmasının yanı sıra, süreçlerin işleyişleri ve yapıları farklılık göstermektedir (Çizelge 2.1). Makromantarlar eşeyli veya eşeysiz olarak sporlu üreme gösterirler. Yaşam döngüsü genel olarak haploid (n) sporların rüzgâr, su, hayvanlar gibi çevresel etkenlerle etrafa dağılmasıyla başlar (Hawksworth ve Lücking, 2017). Bazitli mantarlarda sporlar basidyum adı verilen, lamellerde bulunan hücrelerde üretilirken, Askılı mantarlarda askus adı verilen özel keseciklerde üretilir (Webster ve Weber, 2007). Ortama dağılan sporların çimlenmesiyle (germinasyon) hif adı verilen ipliksi/filamentli yapılar oluşur. Birincil miselyum adı verilen haploid hücreler eşeysiz çoğalabildiği gibi, uyumlu iki hifin yaklaşmasıyla plazmogami adı verilen süreçte birleşerek diploid ($2n$) hücre yapılarını oluşturur. Farklı iki atadan genetik materyali içeren bu yapı toprak altında kalarak (skloretia) çevresel stres koşullarına karşı direnç kazanır ve uzun süre varlığını sürdürebilir (Carlile vd., 2001). Çevresel koşullar (sıcaklık, nem, besin kaynağı) uygun hale geldiğinde dikaryotik ($n+n$) miselyum meyve gövdesi oluşturur. Meyve gövdesindeki dikaryotik hücrelerdeki iki çekirdek birleşerek (karyogami) diploid ($2n$) bir zigot oluşturur. Bu yapı hemen mayoz geçirir, haploid durumu geri yükler ve yeni haploid sporlar üretir (Hibbett vd., 2007). Oluşan sporlar tekrar doğaya salınarak döngüyü devam ettirir.

Çizelge 2.1. Askomikota ve Basidiomikota yaşam döngülerindeki farklılıklar

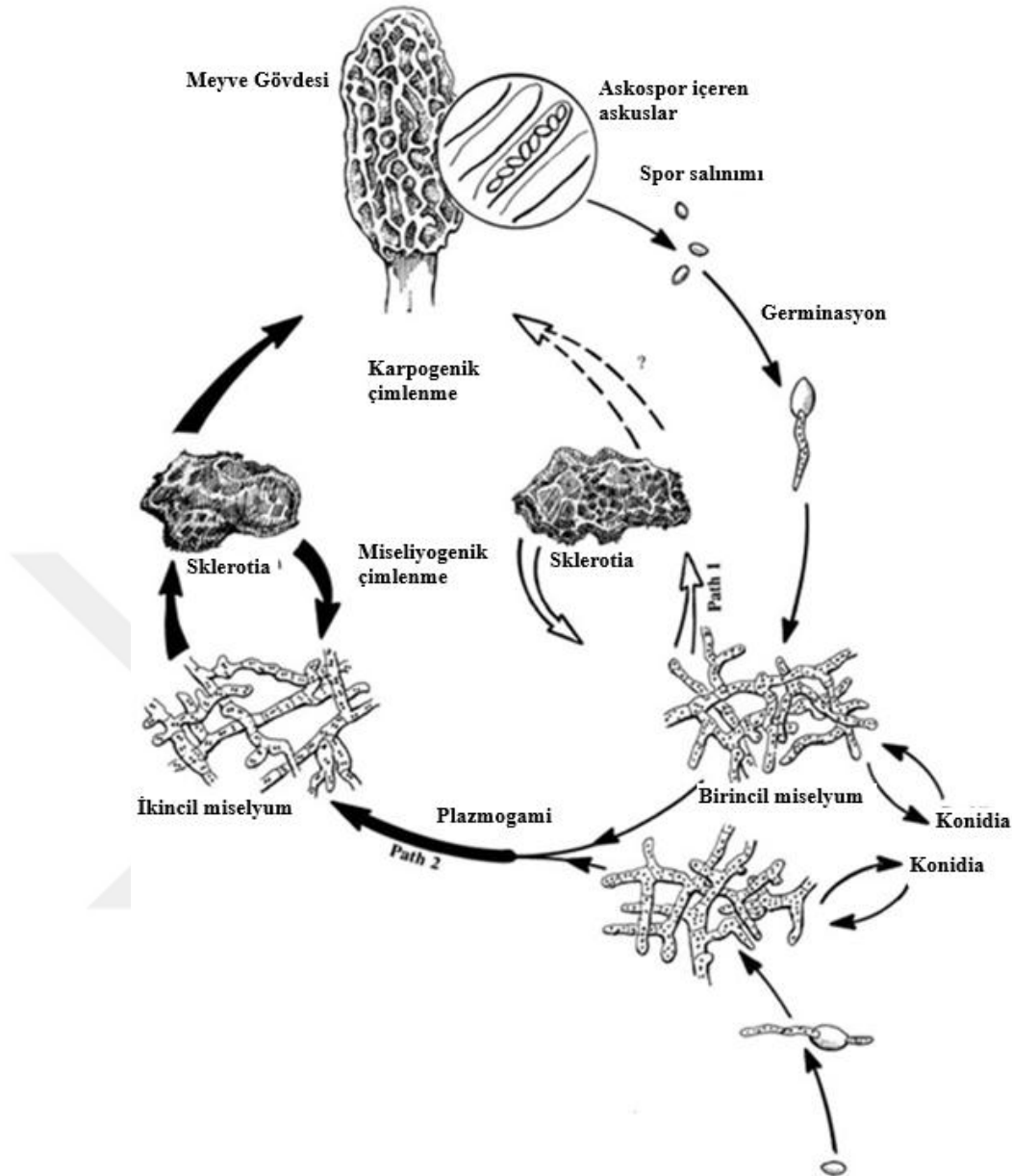
Özellik	Askomikota	Basidiomikota
Üreme Yapısı	Askus (ascus) adı verilen kese içinde spor üretir.	Basidyum (basidium) adı verilen özel hücrelerde spor üretir.
Spor Üretimi	Askuslar içinde 8 askospor oluşur.	Her basidyum 4 basidiyospor üretir.
Dikaryotik Aşama	Kısa süreli (genellikle sadece üreme sırasında).	Uzun süreli (dikaryotik miselyum uzun süre varlığını sürdürebilir).

Çizelge 2.1. (Devamı)

Özellik	Askomikota	Basidiomikota
Eşeysiz Üreme	Konidyum adı verilen sporlarla gerçekleşir	Eşeysiz üreme nadirdir, bazı türlerde yoktur.
Eşeyli Üreme Aşamaları	Plazmogami → Karyogami → Mayoz → Askus oluşumu.	Plazmogami → Dikaryotik miselyum → Karyogami → Mayoz → Basidyum oluşumu.
Mantar Gövdesi	Askokarp (keseli mantar yapısı) oluşturur.	Basidiokarp (şapkalı mantar yapısı) oluşturur.

(Dias ve De Brito 2017)

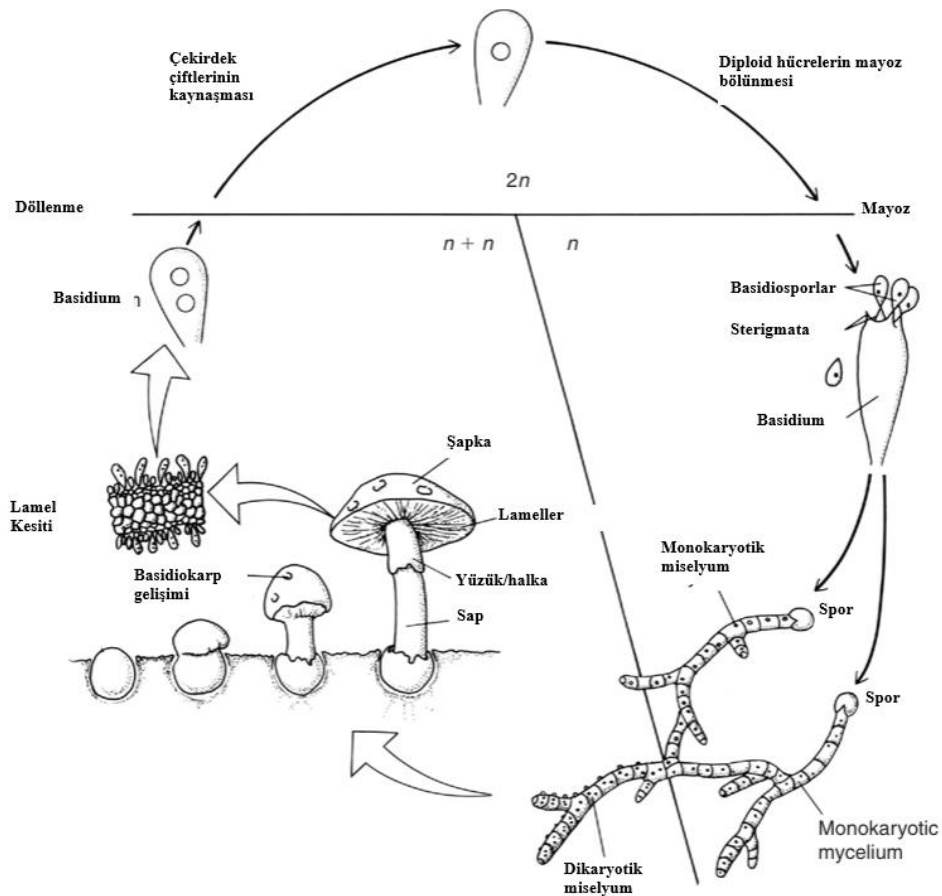
Askomikota şubesinde yer alan *Morchella* spp. için yaşam döngüsü hem eşeysiz hem de eşeyli üreme süreçlerini içerir. Olgunlaşan meyve gövdeleri (askokarp) askosporlarını serbest bırakarak çevreye yayar ve uygun ortamda çimlenen bu sporlar birincil miselyumu oluşturur. Miselyum, olumsuz koşullara dayanabilmek için sert yapılar olan sklerotiyum/sklerotia'ları meydana getirir. Sklerotia uygun koşullarda çimlenerek ya yeni bir miselyum kolonisi oluşturur (miseliyogenik çimlenme) ya da doğrudan meyve gövdelerini (askokarp) üretir (karpogenik çimlenme). Eğer iki uyumlu birincil miselyum birleşirse, heterokaryotik miselyum meydana gelir ve bu da sklerotia oluşturabilir. *Morchella* ayrıca konidiosporlar üreterek aseksüel üreme gerçekleştirebilir, ancak bu sporların doğrudan askokarp oluşturup oluşturmadığı tam olarak bilinmemektedir. Bahar aylarında uygun sıcaklık ve nem koşulları altında, sklerotia veya miselyumdan askokarplar gelişerek yeni sporlar üretir ve yaşam döngüsü tamamlanır. *Morchella* türlerinin bazıları saprotrof olarak organik maddeyi parçalayarak beslenirken, bazıları fakültatif mikorizal olup bitkilerle simbiyotik ilişkiler kurabilir. Özellikle sklerotia oluşumu ve besin destekleme süreçleri, kültür ortamlarında daha verimli askokarp üretimi için kritik öneme sahiptir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. *Morchella* spp. (Askomikota) yaşam döngüsü (Liu vd., 2018)

Pleurotus spp.'nin de ait olduğu basidiomisetlerde yaşam döngüsü, basidiosporların üretimi ile başlar. Olgun bir basidyum, sterigmata adı verilen küçük çıkıntılar üzerinde basidiosporları oluşturur. Bu sporlar uygun bir ortama düştüğünde çimlenerek monokaryotik miselyumu meydana getirir. Bu aşamada hücrelerin içinde yalnızca tek bir çekirdek bulunur. İki farklı monokaryotik miselyum birleştiğinde plazmogami, yani sitoplazmaların birleşmesi gerçekleşir ancak çekirdekler hemen kaynaşmaz. Bu nedenle, dikaryotik miselyum adı verilen iki çekirdekli bir yapı oluşur. Uygun çevresel koşullar sağlandığında dikaryotik miselyum, mantarın meyve gövdesi olan basidiokarpı geliştirir. Basidiokarp, şapka, lameller, halka ve sap gibi yapılardan oluşur. Basidiokarpın içinde bulunan basidyum hücrelerinde, çekirdekler sonunda kaynaşarak diploid bir çekirdek oluşturur. Ardından bu çekirdek mayoz bölünme

geçirerek dört haploid çekirdeğe ayrılır ve yeni basidiosporlar meydana gelir. Bu sporlar çevreye yayılıp çimlenerek döngüyü baştan başlatır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Basidiomisetlerde yaşam döngüsü

2.2.3. Üretim Teknikleri

Yabani mantarlar, çevresel koşullara bağlı olarak doğal ortamlarından toplanarak elde edilirler. Yılın belirli dönemlerinde toplanabilmeleri, mevsimsel şartlara göre verimliliğin artıp azalması gibi kesin olmayan şartlar, toplanmaları için uygun sürenin kısa olması (çabuk bozulmaları, böceklenmeleri, vb.) mantarlara ulaşımı zorlaştırmaktadır. Bu sebeple kontrollü koşullarda mantar üretimi (mantar yetiştiriciliği) zirai bir faaliyet olarak yapılmaktadır (Pekşen ve Kibar, 2007). Mantar yetiştiriciliği ve kültüre alma çalışmaları kayıtlarına dair ilk kayıtlar M.S. 1313 yılına kadar dayanmaktadır (Dhar, 2017). Yüzyıllardır odun kütükleri üzerinde geleneksel yöntemlerle yapılan mantar yetiştiriciliği zamanla geliştirilmiş ve çeşitlendirilmiştir. Ülkemizde de torfta ve torbada geliştirilen misel kültürleri ile farklı mantarlar üretilmektedir. Bu yerleşik yöntemler ilerleyen paragraflarda izah edilen katı kültür temelli üretimleri kapsar.

Mantarlar hem gıda amaçlı hem de gıda dışı uygulamalarda kullanılmak üzere yetiştirilir. Yetiştirilen mantarlara ilgi yoğunudur ve bunun karşılığı olarak artış eğilimi izleyen bir ekonomik değerden söz edilebilir. FAO verilerine göre, 2022 yılında dünya

çapında mantar üretiminin yaklaşık 48 milyon ton olduğu ve bunun %92'sinin Asya kıtasından (çoğunlukla Çin) elde edildiği bildirilmiştir (FAO, 2025). Türkiye'de ise mantar üreticiliği diğer ülkelere göre daha yeni bir sektör olduğu söylenebilir. 1960'lı yıllarda başlayan kültür mantarı üretimine her geçen gün ilgi artmakta ve ticaret hacmi genişlemektedir (Eren ve Pekşen, 2016). 2015 verilerine göre yaklaşık 39 bin ton üretim gerçekleşmişken, 2020 yılında bu değer 55 bin tona yükselmiştir (Ordu Ticaret Borsası, 2021). Türkiye'de en çok mantar yetiştiriciliği yapılan bölgeler; Antalya, Burdur, Konya ve Kocaeli olarak sıralanmaktadır (Kurt ve Karayılmazlar, 2019).

Mantar yetiştiriciliği temel olarak katı kültür yöntemleri ve sıvı kültür yöntemleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Bakratsas vd., 2021). Katı kültür yöntemlerinde mantar misellerinin buğday, pirinç samanı gibi katı substrat üzerinde geliştirilerek meyve gövdesi üretiminin yanında atıkların geri dönüşümünü sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Pérez-Chávez vd., 2019). Sıvı kültür (veya derin kültür) yöntemlerinde ise misel hücrelerin sıvı bir besiyeri ortamında geliştirilerek hem hücre dışına salınan metabolitlerin sentezlenmesi hem de mantar misellerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir (Bentil vd., 2018)

Katı kültür yöntemlerinde yetiştirme uzun ve yoğun emek isteyen bir süreçtir. Bu yöntemde, mantar miselleri kütüklerde veya substrat olarak çeşitli malzemeleri (lignoselülozik atıklar, odun türevleri ve organik atıklar) içeren torbalarda aylarca büyütülür ve meyve gövdeleri (basidiokarplar) elde edilir. Üretimin aylar sürmesi, verimliliğin düşük olması, üretilen ürünlerin homojenliğinin kontrol edilememesi bu yöntemin dezavantajlı yönlerindendir (Junior Letti vd., 2018). Ayrıca kontrollü koşullar sağlanarak (sabit sıcaklık, nem vb.) verimliliği artırma çabaları da enerji tüketimini artırması nedeniyle sürdürülebilirlik açısından çelişkilidir (Leiva Lazaro vd., 2016). Bu dezavantajları aşmak ve üretimi optimize etmek açısından sıvı kültür yöntemleri geliştirilmiştir.

Sıvı kültür fermentasyonlarının gerçekleştirildiği biyoreaktörler, kontrollü bir ortamda (sıcaklık, pH, oksijen, karıştırma, vd.) mantar misellerinin gelişimini desteklemekte ve ürün standardizasyonunu mümkün kılmaktadır. Biyoreaktörlerde üretim sayesinde daha kısa sürede, daha yüksek verimli mantar veya misellerin üretimi ve üretim parametrelerinin kontrol altında tutulabilmesi sağlanabilmektedir (Berovic ve Podgornik, 2016).

Sıvı kültür yöntemleri Kesikli, yarı kesikli ve sürekli fermentasyon sistemleri ile uygulanmaktadır. Kesikli fermentasyon sisteminde hücreler belirli miktardaki sıvı besiyer içinde geliştirilir ve süreç ortamdaki besinler bitene kadar devam eder. Yarı kesikli fermentasyon sistemlerinde sıvı kültürde başlatılan üretime süreç içinden aralıklarla taze besiyeri eklenir. Sürekli fermentasyon sistemlerinde ise biyoreaktör haznesine sürekli olarak besiyeri beslemesi yapılırken, elde edilen fermentasyon ürünü de sistemden uzaklaştırılır (Michael J. Waites vd., 2001). Yöntemlerin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar Çizelge 2.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2. Sıvı kültür üretim yöntemleri (David, 2023).

Fermentasyon Yöntemi	Avantaj	Dezavantaj
Kesikli (Batch) Fermentasyon	- Kolay kontrol edilir, dışarıdan müdahale olmadığı için düşük kontaminasyon riski vardır. - Kısa süreli ve küçük ölçekli üretimler için uygundur.	- Besin maddeleri tükenince süreç sona erer. - Ürün besin maddeleri, reaktifler, hücre artıkları ve toksinlerle karışık halde bulunur. - Sürekli olarak yeni fermentasyon başlatmak gerekir, bu da zaman kaybına neden olur.
Yarı kesikli (Fed-batch) fermentasyon	- Yüksek hücre yoğunluğu elde edilebilir. - Enzim ve antibiyotik üretimi için uygundur. - Kültürün logaritmik fazını uzatır. - Verimliliği arttırmak için modifikasyonlara açıktır.	- Sürekli besleme stratejisinin iyi optimize edilmesi gerekir. - Toksinlerin birikmesine sebep olur. - Kontaminasyon riskini arttırır. - Aşırı artan hücre yoğunluğu fermentasyon koşullarını zorlaştırabilir.
Sürekli (Continuous) fermentasyon	- Kesintisiz üretim sağlar, yüksek verimlidir. - Büyük ölçekli biyoteknolojik üretimler için uygundur.	- Kontaminasyon riski yüksektir. - Dengeyi korumak için hassas kontrol sistemleri gereklidir.

Sıvı kültür üretimleri farklı fermentör tipleri ile gerçekleştirilebilmektedir. Miselyum üretimi için yaygın olarak kullanılan fermentör çeşitleri ise şunlardır; karıştırmalı tank fermentörü, hava kaldırmalı fermentör ve çalkalamalı erlen fermentörü (Garcia-Ochoa vd., 2011; Guieysse vd., 2011; Klöckner ve Büchs, 2011).

Mantar miseli üretiminde kullanılan biyoreaktörler, üretim yöntemine ve ölçeğine bağlı olarak değişir. Küçük ölçekli laboratuvar üretimlerinde ve büyük ölçekli üretimlerin aşı kültürlerini oluşturmak için genellikle çalkalamalı fermentör üretimleri kullanılır. Karıştırmalı tank fermentöründe, karıştırma mekanizması sayesinde besinlerin homojen dağılmasını ve fermentasyon parametrelerinin hassas bir şekilde kontrol edilmesi sağlanır. Ancak, yüksek kesme kuvvetleri (shear stress) nedeniyle mantar miselinin yapısını bozabilir. Buna karşılık, hava kaldırmalı biyoreaktörler daha düşük kesme kuvvetine sahip olduğundan miselin bütünlüğünü korur ve daha az enerji tüketir (Cerrone ve O'Connor, 2025; Papaspyridi vd., 2012). Çizelge 2.3'te farklı fermentör tipleri

karşılaştırılmıştır. Üretilmek istenen materyalin karakteristiğine uygun olan yöntemi belirlemek, üretim verimliliği açısından anahtar rol oynamaktadır.

Çizelge 2.3. Sıvı kültür yönteminde kullanılan biyoreaktör tipleri ve özellikleri

Fermentör Türü	Avantajları	Dezavantajları
Karıştırmalı Tank Fermentörü (STF-Stirred Tank Fermentor)	• Homojen besin dağılımı sağlar, misel büyümesini optimize eder. • pH, sıcaklık ve çözülmüş oksijen seviyeleri hassas bir şekilde kontrol edilebilir. • Endüstriyel ölçeklendirmeye uygundur.	• Karıştırma işlemi misel yapısını bozabilir. • Mantar miseli yüksek kesme kuvvetlerine duyarlıdır. • Enerji tüketimi yüksektir.
Hava Kaldırmalı Fermentör (Airlift Fermentor)	• Düşük kesme kuvveti ile misel bütünlüğünü korur. • Daha düşük enerji tüketimi ile ekonomik bir sistemdir. • Daha az mekanik parçaya sahip olduğu için sterilizasyonu kolaydır.	• Oksijen transferi, karıştırmalı tank fermentörlere göre daha düşük olabilir. Yoğun misel büyümesi nedeniyle viskozite artarsa, karışım homojenliği azalabilir.
Çalkalamalı Erlen Fermentasyonu (Shake Flask Fermentation)	• Küçük ölçekli denemeler için uygundur. Düşük maliyetli ve basit bir sistemdir. Çeşitli ortamlarda misel üretimi için esneklik sağlar.	• Büyük ölçekli üretim için uygun değildir. Sürekli üretim için yetersiz kalabilir. Kontrollü koşulları sağlamak daha zordur.

Mantarların meyve gövdeleri önemli bir besin grubunu oluştururken, mantar misellerinin de gıda olarak değerlendirilme potansiyeli yüksektir. Tempeh (*Rhizopus* spp.) ve Quorn™ (*Fusarium venenatum*) gibi gıda ürünlerinde miselyum yaygın olarak kullanılmaktadır (Holt vd., 2024). Yapılan bir çalışmada *P. ostreatus* suşundan elde edilen misellerin mikotoksin bileşikleri içermediği, peptin toksinleri ise (Ostreatin, Ostreolysin ve Pleurotoysin A/B) meyve gövdesinden daha düşük oranda içerdiği tespit edilmiştir (van Dam vd., 2024). Yapılan bir başka çalışmada *A. bisporus* ve *L. edodes* gibi yenilebilir mantarların miselyumlarının da iyi üretim koşullarında üretildiğinde güvenli ve besleyici gıda ürünü olarak kullanılabileceği ve protein içeriği yüksek alternatif et ve vegan ürünlerinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Barreiro vd., 2022). Tez çalışmasına konu edilen *Morchella*, *Lactarius* ve *Pleurotus* türleri ile gerçekleştirilmiş sıvı kültür çalışmalarına ilişkin detaylı konu taraması Bölüm 2.4'te sunulmuştur.

2.3. Yenilebilir Makro Mantarlar

Dünya üzerinde tanınmış ve hala tanınmayı bekleyen pek çok mantar türü bulunmaktadır. Bu türlerden görece az bir kısmının yenilebilir nitelikte olduğu bilinmektedir. İnsanlığın avcı toplayıcı dönemlerinden beri tüketildiği düşünülen

mantarlar, besin içeriklerinin yüksek olması, sağlık açısından faydalı bileşenleri içermesi ve kendilerine özgü aroma ve lezzet profiline sahip olmaları sebebiyle günümüzde de tercih edilen önemli besin kaynaklarıdır.

Agaricus, *Pleurotus*, *Lactarius*, *Russula*, *Lentinus*, *Hericium*, *Grifola*, *Morchella* ve *Cordyceps* cinsi makrofunguslar, yenilebilir olarak değerlendirilen mantarlardan bazılarıdır (Rahi ve Malik, 2016). Ortak özellikleri; yüksek karbonhidrat ve protein içeriğinin yanında düşük yağ içeriğine sahip olmalarıdır. Aynı zamanda tür ve gelişme koşullarına göre oranları değişkenlik gösterse de vitamin ve mineral kaynağı bakımından da zengindirler (Assemie ve Abaya, 2022). Yapılan çalışmalar, mantarların içerdiği umami tat bileşenlerinin et ürünlerinin duyu özelliklerini güçlendirdiğini ve böylece lezzet algısını olumsuz etkilemeden tuz içeriğinin azaltılmasına yardımcı olabileceğini göstermektedir (Ma vd., 2024).

Yenilebilir mantarlar biyoaktif bileşenlerce zengindir. Mantarın türüne göre değişkenlik göstermekle birlikte, makrofungusların içerdiği polisakkaritler (glukanlar, kitin, kitosanlar), lektin, amino asitler ve proteinler (ergotiyonin, lösün, izolösün, tirozin, fenilalanin, vb.), yağ asitleri (linoleik, oleik ve palmitik), fenolik bileşenler, indol içerikler (serotonin, melatonin, dopamin, vb.), enzimler (selülitik, lignolitik) ve tokoferoller olarak gösterilmektedir (Ghorai, 2022; Sułkowska-Ziaja vd., 2018; Tian vd., 2024). Makrofungusların içeriğindeki bu bileşikler, mantarlara fonksiyonel özellik kazandırmaktadır.

Ülkemizde de yetişen, yabani ve kültüre alınan mantarlardan olan ve tez kapsamında çalışma materyali olarak kullanılan *Morchella*, *Lactarius* ve *Pleurotus*'a ait temel besin içerikleri Çizelge 2.4'te özetlenmiştir.

Çizelge 2.4. Bazı yenilebilir mantar örneklerinin ortalama besin bileşimleri (g/100g)

Cins Bileşen (g)	<i>Morchella</i> ¹	<i>Lactarius</i> ²	<i>Pleurotus</i> ¹
Su	89.60	91.88	89.20
Protein	3.12	0.17	2.90
Toplam lipid	0.57	0.32	0.19
Kül	1.58	0.66	0.73
Toplam karbonhidrat	5.10	2.92	6.94
Toplam diyet lif	2.80	4.05	2.80
Kalori (kcal)	31	98	41

¹(USDA, 2025)

²(Türkomp, 2025)

2.3.1. Türkiye’de yenilebilir mantar çeşitliliği

Türkiye, iklim çeşitliliği bakımından oldukça önemli bir bölgedir. Zengin orman ve bitki örtüsü, doğadaki mantar çeşitliliğini desteklemektedir. Ülkemizde yaklaşık 10,000’den fazla şapkalı mantar türünün doğal yetişebildiği öngörülmektedir. Trüf mantarı, kanlıca mantarı, kuzugöbeği mantarı gibi ekonomik değeri yüksek yenilebilir

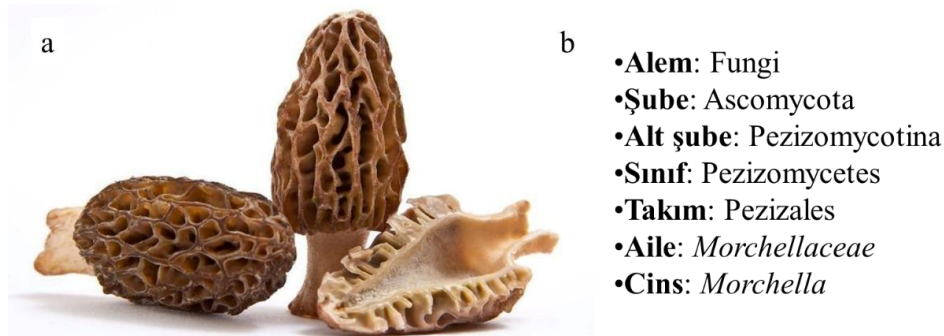
mantarların yanısıra diğer pek çok türün de ülkemizde yetiştiği bilinmektedir (Eren vd., 2017).

Türkiye’de, yabani mantar tüketiminin, özellikle kırsal kesimlerde halkın doğadan topladığı mantarları değerlendirmesi sebebiyle, çok eski tarihe dayandığı söylenebilir. Ancak gelişen teknolojiler ve üretim teknikleriyle kültüre alma çalışmaları 1950’li yıllarda başlamış ve sonraki 10 yıl içinde kontrollü ortamda *A. bisporus* (kültür mantarı) üretimi başlamıştır. 2000’li yıllara yaklaşıldığında tesislerin geliştirilmesiyle *P. ostreatus*, *L. edodes* (Shiitake) ve *G. lucidum* (Reishi) gibi mantarların da üretim çalışmaları başlatılmıştır (Eren vd., 2017).

Türkiye, mantar ve mantar miseli ihracatı bakımından diğer ülkelere göre (Çin, Hollanda, İtalya gibi) daha küçük bir yüzdelik dilimde yer almaktadır. Bunun sebebi üreticiliğin hala gelişmekte olmasına ve/veya toplanan/üretilen mantarların çoğunlukla iç pazarda tüketilmesiyle ilişkilidir (Öztürk vd., 2019). Ayrıca Azerbaycan, Gürcistan, Hollanda ve Türkmenistan gibi ülkelere yapılan mantar ihracatında 2020-2024 yılları arasında artış görülmektedir (Trademap, 2025).

2.3.2. *Morchella* türleri

Taksonomik olarak Askılı mantarlar (Ascomycota) şubesi, *Morchellaceae* ailesi içinde sınıflandırılan *Morchella* cinsi, halk arasında kuzugöbeği mantarı olarak da bilinir (Şekil 2.7). Geleneksel taksonomik sınıflandırmada 80’den fazla türe sahip olduğu düşünülen *Morchella* cinsinin hala tam olarak sınıflandırılmamış türleri de bulunmaktadır. Bu sebeple daha fazla türün de bu cinsin üyesi olduğu düşünülmektedir. (NCBI, 2025). *Morchella* türlerinin akrabalık ilişkileri değerlendirildiğinde üç farklı gruba ayırmak mümkündür; sarı moreller (eskulenta grubu: *M. esculenta*, *M. deliciosa* ve *M. crassipes*), siyah moreller (elata grubu: *M. elata*, *M. importuna*, *M. mediterraneensis* ve *M. angusticeps*) ve rufobrunnea grubu (*M. rufobrunnea* ve *M. anatolica*) (Taşkın ve Büyükalaca, 2012).



Şekil 2.7. *Morchella* sp. mantarına ait (a) görsel ve (b) ¹taksonomik sınıflandırması ¹(Pfister ve Healy, 2021)

Morchella sp., zengin toprak bileşimine sahip nemli ormanlık alanlarda toprak altı misel formda bulunur ve çoğunlukla ilk bahar aylarında (Mart-Mayıs) olmak üzere iklim koşullarına (sıcaklık ve yağış) bağlı şekilde doğal olarak askokarp geliştirmektedirler (Taşkın ve Büyükalaca, 2012). Ayrıca orman yangınları sonrasında da kül içeriği yüksek ormanlık alanlarda *Morchella* türlerine rastlamak mümkündür.

Bulundukları bölgelerde ortamdaki diğer bitkiler ve organik atıklarla mikorizal veya saprofit gelişim göstermektedir (Du vd., 2015). Ülkemizde Ege, Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde yoğun bir yayılım göstermektedir.

Gözenekli ve süngerimsi şapka morfolojisi ile tanınmakta ve etimsi lezzetiyle diğer yenilebilir mantarlardan ayrılmaktadır. Zengin organoleptik özelliklerinin yanında protein, vitamin, mineral ve diyet lifi açısından zengin ve düşük yağ içeriğine sahiptir (Çizelge 2.5). Sağlık açısından da önemli bir yer tutan *Morchella* spp., içeriklerindeki biyoaktif bileşenler sayesinde bağışıklığı destekleyici, antioksidan ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi gibi fonksiyonel özelliklere de sahiptir (Li vd., 2023) *Morchella* türleri arasında yer alan *M. esculenta*, *M. elata* ve *M. deliciosa* önemli yenilebilir türlerdendir. Her ne kadar lezzetiyle öne çıksa da özellikle siyah morellerin çiğ tüketiminin toksik etki gösterebileceği, bu nedenle uygun şekilde pişirme veya kurutma işlemi ile toksinlerin etkisinin azaltılması önemlidir (Demorest vd., 2024).

Çizelge 2.5. Bazı *Morchella* türlerinin askokarp ve miselyumlarının besin bileşimleri

Tür	Enerji (kkal/100 g)	Kuru madde (%)	Protein (g/100g km)	Yağ (g/100g)	Kül (g/100g)	Toplam karbonhidrat	Toplam diyet lif (g/100g)	Kaynak
<i>M. elata</i>	357.52	9.97	35.75	3.91	9.01	43.98	n.d	(Beluhan ve Ranogajec, 2011)
<i>M. esculenta</i>	367.59	9.21	11.52	2.59	11.32	74.55	n.d	(Heleno vd., 2013)
<i>M. esculenta</i>	386.71	10.59	11.33	2.54	7.81	78.33		(Papazav vd., 2020)
<i>M. esculenta</i>	425.70		20.64	3.25	12.40	75.10	30.40	(Acay, 2018)
<i>M. conica</i>	355.6	n.d	7.50	2.80	14.60	75.00	4.80	(Vieira vd., 2016)
<i>M. conica</i> (kurutulmuş)	n.d	92.00	35.00	12.00	8.20	36.50	28.8	(Magrati vd., 2012)
<i>M. sextelata</i> (Şapka)	223.25	11.04	42.87	1.23	14.25	73.10	1.72	(Qiu vd., 2023)
<i>M. sextelata</i> (Sap)	159.22	16.21	36.88	1.25	16.33	69.96	4.18	
<i>M. crassipes</i>								
<i>M. esculenta</i>	n.d	n.d	22.80-51.00	2.18-5.55	n.d	n.d	n.d	(Litchfeld vd., 1963)
<i>M. hortensis</i>								
<i>M. esculenta</i> (Toz Miselyum)	467.77	95.8	39.35	17.17	0.32	38.96	n.d	(Li vd., 2022)

n.d: Belirlenmemiş

Dünyadaki en değerli yabani mantarlardan biri kabul edilen, hatta dağların altını olarak tanımlanan, *Morchella* türlerinin ticari olarak kültüre alınması oldukça zor olmakla birlikte laboratuvar üretimleri ve özel kapalı sistemlerle üretim üzerine yapılan çalışmalar devam etmektedir (Tamber vd., 2023).

2.3.3. *Lactarius* türleri

Ektomikorizal mantarlar arasında en bilinen ve yaklaşık 600 türü tanımlanmış olan *Lactarius* spp., bazitli mantarlar şubesi içindeki *Russulaceae* ailesinin üyesidir (Şekil 2.8). Halk arasında çintar, kanlıca mantarı olarak tanınan *Lactarius* cinsi, sütlü mantar (milk-cap) olarak da adlandırılmaktadır. Bunu sebebi, kesildiğinde dokularından (türlerine göre beyaz, turuncu, mavi gibi çeşitli renklerde) sızan süt benzeri sıvıdır. Farklı türleri yılın çeşitli zamanlarında toplanabilmekteyken, genel olarak sonbahar aylarında bulunma ihtimalleri daha yüksektir. Ormanlık alanlarda, özellikle çam, köknar, kayın, meşe gibi iğne ve/veya geniş yapraklı ağaçların bulunduğu bölgelerde yetişmektedir (He ve Zhao, 2021).



- Alem:** Fungi (Mantarlar)
- Şube:** Basidiomycota
- Sınıf:** Agaricomycetes
- Takım:** Russulales
- Familiya:** *Russulaceae*
- Cins:** *Lactarius*

Şekil 2.8. *Lactarius* sp. mantarına ait (a) görsel ve (b) ¹taksonomik sınıflandırması ¹(He ve Zhao, 2021)

L. torminosus, *L. turpis* gibi bazı türlerinin toksik etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Ancak *L. deliciosus*, *L. salmonicolor*, *L. volemus* gibi türleri yenilebilir mantarlar olarak tanınmaktadır (Barea-Sepúlveda vd., 2021). Besleyici ve lezzetli özelliğinin yanı sıra tıbbi amaçlı da yüksek potansiyele sahip olduğu yapılan çalışmalarla desteklenmiştir (Kostić vd., 2023).

2.3.4. *Pleurotus* türleri

Bazitli mantarlar şubesi içindeki *Pleurotaceae* ailesinin üyeleri olan *Pleurotus* üyeleri, dünya genelinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan önemli mantar türlerinden biridir (Şekil 2.9). Fiziksel özellikleri sebebiyle istiridye mantarı olarak da adlandırılrsa da halk arasında kavak, kayın, tirmir mantarı gibi isimlerle de tanınmaktadır. Saprofit özellikte olduğu bilinen bu mantarlar, nemli ormanlık alanlarda (özellikle meşe kavak, söğüt, vb.), ölü ağaç gövdelerinin üzerinde gelişim göstermektedir. Uygun koşullar altında yılın her döneminde hasat edilebilirler (Aksu ve Uygur, 2005).



- Alem:** Fungi (Mantarlar)
- Şube:** Basidiomycota
- Sınıf:** Agaricomycetes
- Takım:** Agaricales
- Familiya:** *Pleurotaceae*
- Cins:** *Pleurotus*

Şekil 2.9. *Pleurotus* sp. mantarına ait (a) görsel ve (b) ¹taksonomik sınıflandırması (Rajaratnam ve Bano, 1987)

Yüksek protein ve diyet lif içeriğine sahip olması, *Pleurotus* türlerini yenilebilir mantarlar arasında öne çıkartmaktadır. Ayrıca yüksek mineral içeriği diğer hayvansal ve bitkisel ürünlere alternatif olabilecek düzeydedir (Raman vd., 2020).

2.4. Makro Mantarların ve Misellerinin Gıdalarda Kullanımı

Sağlıklı ve dengeli beslenmenin temelini oluşturan proteinler, insan vücudu için hayati önem taşımaktadır. Vücutta dokuların onarımı ve yenilenmesi, enzimlerin ve hormonların sentezi, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi gibi birçok fonksiyonda görev alırlar. Günlük protein ihtiyacının yaklaşık %40-50'sinin hayvansal proteinlerden alınması, sağlıklı bir diyet için önemlidir. Ancak, istatistiki verilere göre, dünya nüfustaki artış ve hayvansal ürünlere olan talebin hızlı artışı, gelecek dönemlerde arzın karşılanmasında yetersiz kalınacağı ve sürdürülebilir üretimin sağlanamayacağını öngörmektedir (Çakmak vd., 2023). Ayrıca aşırı et tüketimi, özellikle işlenmiş kırmızı et, kanserojen riskler ve metabolik hastalıklarla açık bir şekilde ilişkilendirilmiştir (Smetana vd., 2023). Bu durumlar daha sağlıklı ve sürdürülebilir alternatif protein kaynaklarının ve daha sağlıklı ürünlerin araştırılmasını hızlandırmıştır.

Yenilebilir mantarların farklı amaçlarla çeşitli gıda formülasyonlarına eklenmesine olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Ürünlerin tuz oranını azaltmak, yağ içeriğini azaltmak, sindirilebilirliklerini arttırmak ve et oranını azaltmak/yerine kullanmak amacıyla şapkali mantarların bütün ve/veya un haline getirilerek kullanılmasına yönelik çalışmalar literatürde mevcuttur (Heo vd., 2014; Patinho vd., 2021; Rangel-Vargas vd., 2021; Wan Ishak vd., 2011; Wong vd., 2017).

Son yıllarda yapılan araştırmalar, mantar türlerinin işlenmiş gıda uygulamalarında potansiyel faydalar sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca filamentli fungusların tekstürel yapısının et tekstürüne benzer karakterde olduğu, bu mikroorganizmaların et ikamesi olarak kullanımını desteklemiştir (Zhang vd., 2024). *Penicillium maxime* ve

Neurospora crassa gibi filamentli fungusların besin içeriklerinin yüksek olması sebebiyle et analogu olarak kullanım olanakları araştırılmıştır (Ahmad vd., 2022; Bartholomai vd., 2022). *Fusarium venenatum*, *Fusarium* sp. strain flavolapis, *Neurospora crassa*, *Aspergillus oryzae* ve *Lentinula edodes* suşları kullanılarak üretilen alternatif et ürünleri (Quorn, Fy Protein, Smiley Mushroom, vb.) ticarileştirilmiştir (Holt vd., 2024).

Yenilebilir makrofungusların et analogu olarak kullanımına yönelik araştırmalar yakın zamanda hızlanmıştır. Genel itibarıyla meyve gövdesi kullanılan makrofunguslar, çeşitli yöntemlerle işlenip farklı oranlarda et ürünüyle karıştırılıp, et alternatifi olarak kullanım olanakları ve/veya ürünün geliştirilmesine olan katkısı incelenmektedir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Makrofungusları et ikamesi/katkısı olarak değerlendiren çalışmalar

Mantar	Ürün Alternatifi	Değerlendirme	Kaynak
<i>A. bisporus</i>	Dana köfte	Duyusal olarak kabul edilebilir, tuz içeriği azaltılmış hibrit köfte üretimi	(Wong vd., 2019)
<i>A. bisporus</i>	Tavuk sosis	PUFA bakımından zengin ürün geliştirme; raf ömrü stabil ürün	(Fu vd., 2023)
<i>G. lucidum</i> <i>L. deliciosus</i> <i>P. ostreatus</i>	3B basılmış ürün	Tekstürel özellikleri geliştirilmiş, umami tat ve besin içeriğince zengin ürün. 3b basılabilir et analogu ürünlerde mantarların yüksek potansiyel göstermesi	(Demircan vd., 2023)
<i>P. pulmonarius</i>	Çıtır tavuk	Pişme kaybı azaltılmış, yağı azaltılmış hibrit ürün	(Mazumder vd., 2024)
<i>P. sajor-caju</i>	Dana kıyma	Yüksek proteinli, duyusal özellikleri geliştirilmiş ürün	(Mazumder vd., 2023)
<i>P. ostreatus</i>	Balık burger	Fiziksel ve kimyasal açıdan daha stabil ürün eldesi.	(Pachekrepapol vd., 2022)
<i>P. sajor-caju</i>	Çıtır tavuk	Tekstürel özellikleri geliştirilmiş, helal et alternatifi yeni ürün geliştirilmesi	(Husain ve Huda-Faujan, 2020)
<i>M. conica</i>	Sucuk	Düşük oranda ilave edilen mantar tozu ile sucuk üretiminde nitrat/nitrit kullanımının azaltılma potansiyeli	(Çelebi Sezer, 2020)

Pachekrepapol vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada somon ve çizgili yayın balığı filetosu yan ürünlerine *Pleurotus ostreatus* (istiridye) mantarının meyve gövdesinin ilavesiyle elde edilen yeni ürünün (balık burger) özellikleri araştırılmıştır. %10 ve %15 oranlarında mantar ilavesiyle elde edilen balık burgerlerin kontrol örneğine göre düşük çözünme kaybına uğradığı bildirilmiştir. Ayrıca çalışmaya konu olan köftelerin Tiyobarbitürik asit reaktifi değerinin (TBARS) azaltıldığı, mantar ilavesinin depolama koşullarına olumsuz etkisinin olmadığı ve ürünün duyusal özelliklerini değiştirmediği ifade edilmektedir.

Demircan vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada *Ganoderma lucidum*, *Lactarius*

deliciosus ve *Pleurotus ostreatus* kullanılarak 3B yazıcı ile üretilen et analogu formülasyonları araştırılmıştır. Mantar ilavesi ile elde edilen et analoglarının sertlik, esneklik ve çiğnenebilirlik değerlerinin azaldığı, bunun yanında sululuk değerininse ciddi oranda yükseldiği bildirilmiştir. Ayrıca elde edilen et analoglarının umami tat ve besin içeriği açısından zenginleştiği, dolayısıyla 3B basılabilir et analogu ürünlerde mantarların önemli bir materyal olabileceği öngörülmüştür.

Husain ve Huda-Faujan (2020) tarafından nohut unu ile karıştırdıkları *Pleurotus sajor-caju* mantarının gövde kısmı ile çıtır tavuk benzeri ürün formülasyonu geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre mantar-nohut unu oranından bağımsız olarak, üretilen tüm ürünlerin kontrol örneğine göre tekstürel ve fiziksel olarak daha üstün olduğunu belirtilmiştir. Ayrıca elde edilen yeni ürünü helal gıda olarak nitelendirilmiş ve helal et alternatifi olarak kullanılabilirliğini ifade etmişlerdir.

Farklı mantar türlerinin et ürünlerine katılmasının protein, lif ve mineral içeriğini önemli ölçüde artırdığı buna rağmen fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkilemediği yapılan bilimsel çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Ayrıca, yüksek lif içeriği, kolayca sindirilebilir protein yapısı ve ete benzer dokusu nedeniyle mantar, et ürünlerinde tuz, fosfat, protein ve yağ oranını düşürmek için ilginç bir alternatif olarak görülmektedir (Pérez-Montes vd., 2021).

Mantarların et ikamesi olarak kullanımında genellikle meyve gövdesinin kullanımına yönelik çalışmalar ağırlıklıdır. Ancak miselyumun meyve gövdesine oranla genellikle %20-30 (kuru madde üzerinden) oranında daha yüksek protein içeriğine sahip olduğunu ve sistein ve metiyonin dahil olmak üzere tüm esansiyel amino asitleri içerdiğini ortaya koymuştur (Ulziijargal ve Mau, 2011). Filamentli fungusların biyoteknolojik olarak üretilmesi ve gıda ve/veya ilaç olarak değerlendirilmesine olan akademik ilgi artış göstermekteyken makrofungusların miselyum formunda üretilip et ikamesi olarak değerlendirilmesi, literatürde aydınlatılması gereken bir konudur.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Saha çalışmalarıyla toplanan yabani yenilebilir mantarlardan elde edilen misel kültürleri (Çizelge 4.2) ile Çek Cumhuriyeti Bilim Akademisi Mikrobiyoloji Enstitüsü Basidiyomiset Kültür Koleksiyonu'ndan (Culture Collection of Basidiomycetes/CCBAS, Prag, Çekya) temin edilen *H. erinaceus* CCBAS 837, *L. sulphureus* CCBAS 135, *P. djamor* CCBAS 461, *P. djamor* CCBAS 666, *P. djamor* CCBAS 734, *P. ostreatus* CCBAS 757, *P. eryngii* CCBAS 831, *P. pulmonarius* CCBAS 475, *P. citrinopileatus* CCBAS 691, *T. versicolor* CCBAS 614 ve *T. versicolor* CCBAS 1399 suşları kontrol amaçlı numuneler olarak kültür envanterine dahil edilmiştir.

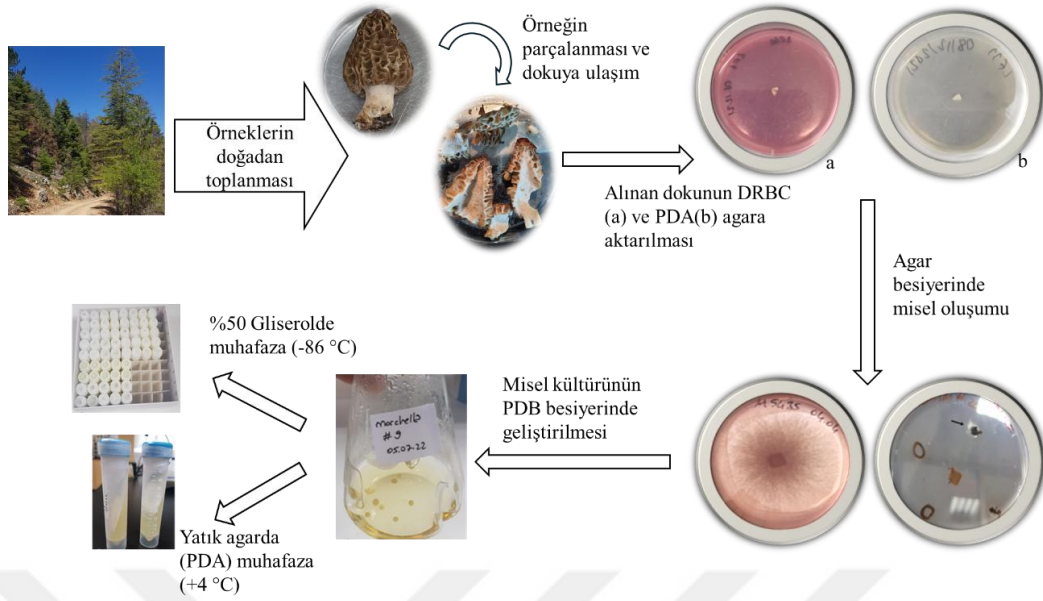
Besiyeri olarak Potato Dextrose Agar (PDA; Condalab, Kat.No.1022, Madrid, İspanya), Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC; Merck-Millipore, Kat.No: 100466, Darmstadt, Almanya), Potato Dextrose Broth (PDB; Condalab, Kat. No: 1261, Madrid, İspanya) ve Nutrient Broth (NB; Condalab, Kat.No: 2107, Madrid, İspanya) ve DM besiyeri (Glukoz 10; NH_4NO_3 1; KH_2PO_4 0.8; Na_2HPO_4 0.2; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 ve maya ekstraktı 2 (g /L)) kullanılmıştır (Songulashvili vd., 2007). Ayrıca besiyeri formülasyonu modifikasyonu amacıyla glikoz (Merck, Kat. No: 108342, Darmstadt, Almanya) ve şeker kamışı melası (Tito, Kat. No: 120240923, Türkiye) kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıktadır.

Kültür envanterine dahil edilen tüm misel örnekleri PDA besiyeri ile hazırlanan yatık agarda +4 °C'de ve %50 gliserol çözeltisi ile 1:1 oranda karıştırılarak -86 °C'de saklanmış ve çalışmalar süresince düzenli olarak stok kültürler pasajlanarak saf halde uzun süreli muhafaza edilmiştir. Misel kültürleri üretim denemelerinde kullanılmadan önce sıvı ve/veya katı besiyeri üzerinde ön kültür olarak aktifleştirilmiştir.

Hibrit köfte harçları için dana tranç etinden tek çekimle elde edilmiş kıyma, *M. importuna* MBD 4 suşu ve sofr tuzu (İyotlu sofr tuzu, Billur Tuz, İzmir, Türkiye) kullanılmıştır.

3.2. Mantar Örneklerinin Toplanması

Çalışma kapsamında kullanılan mantar örnekleri Antalya ve çevre illerden toplanmıştır. Bu amaçla, Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nden saha çalışmaları için yasal izin talebinde bulunulmuş ve 27.08.2021 tarihi itibarıyla gerekli izin alınmıştır. Toplama faaliyetleri Antalya (Merkez, Akseki, Manavgat), Muğla (Fethiye) ve Konya (Beyşehir) lokasyonlarında Mart 2021 ve Mayıs 2023 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Uzman araştırmacıların (Prof. Dr. Hasan AKGÜL ve ekibinin) desteği ile toplama faaliyetleri sırasında fenotipik özellikler dikkate alınarak ön tanımlama gerçekleştirilmiş, numunelere örnek kodları atanmıştır. Örnekler uygun ambalajlar içerisinde izolasyon yapılmak üzere laboratuvara ulaştırılmıştır. *Morchella* spp. mantarları ile misel izolasyon çalışmaları için basamaklar Şekil 3.1'de özetlenmiştir.



Şekil 3.1. Yabani yenilebilir mantarlardan misel kültürü elde etme aşamaları

3.3. Misel Kültür İzolasyonu, Sıvı Ortamda Misel Üretimi ve Kültür Envanterinin Muhafazası

Uygun koşullarda laboratuvara getirilen mantar örnekleri, yüzeysel kirlerinden arındırılmıştır. Bunun için sırasıyla saf su ile yıkama, %70 (v/v)'lik etanol ile muamele ve kurulum işlemi gerçekleştirilmiştir. Mantarlardan laminar akış sağlanan ekim kabininde steril bistüri yardımıyla iç doku materyali alınarak PDA ve DRBC besiyerlerine aktarılmış ve plakalar 25 °C' 5-7 gün inkübasyona bırakılarak miselyumun gelişmesi sağlanmıştır. Besiyeri üzerinde mantar dokusu etrafında gelişen tek tip ve beyaz misel yapıları muhtemel izolatlar olarak değerlendirilmiş ve uygun kodlar verilerek kültür envanterine dahil edilmiştir.

Buzdolabı koşullarında muhafaza edilecek örneklerin üretimi için Petri plakalarında aktifleştirilen kültürler kullanılmış, agar yüzeyinden 0.5 cm²'lik kareler halinde kesilmiş parçalar PDA besiyeri içeren yatık agarlara aktarılmıştır. Statik inkübatörde 25 °C'de 5-7 gün bekletilen örnekler arasından yeterli gelişim gösterenler +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

Hem moleküler tiplendirme çalışmaları hem de -86 °C'de uzun süreli muhafaza için misel kültürlerinin sıvı ortamda geliştirilmesi sağlanmıştır. Aşı materyali olarak Petri plakalarında aktifleştirilen ön kültürler kullanılmıştır. Gelişim sağlanan agardan alınan 0.5 cm²'lik parçalar sıvı (PDB) besiyerine aktarılmıştır. Çalkalamalı inkübatörde (Certomat IS, Sartorius Stedim, Göttingen, Almanya) 28 °C'de 150 dev/dk hızla 5-7 gün inkübasyon gerçekleştirilerek misel kültürün çoğalması sağlanmıştır. Moleküler tanılamada kullanılacak biyokütlenin ortamdan ayrıştırılması için steril santrifüj tüplerine aktarılan sıvı kültür 5000 RCF hızda santrifüjlenerek (Allegra 25R centrifuge, Beckman Coulter, Kaliforniya, ABD) pelet formda biyokütle elde edilmiştir. Stok kültürler için ise inkübasyon sonrasında geliştirilen miselleri içeren sıvı, steril santrifüj tüplerine aktarılmış, 5.0-6.0 mm çapındaki cam boncuklar yardımıyla 1-2 dk vorteks (Vortex-

Genie 2, Scientific Industries Inc., Springfield, MA, ABD) ile karıştırılarak homojen hücre süspansiyonu haline getirilmiştir. Hücre süspansiyonları steril koşullarda %50 gliserol (v/v) çözeltisi ile 1:1 oranında karıştırılarak 2 mL hacimli kriyo tüplere aktarılmış ve tüpler uzun süreli muhafaza için -86 °C’de saklanmıştır.

3.4. Moleküler Tanılama

3.4.1. Genomik DNA izolasyonu

Genomik DNA izolasyonu için iki farklı DNA izolasyon kiti (GeneMATRIX Plant and Fungi DNA Purification Kit (EURx, Kat. No: E3595, Polonya) ve GeneScan GENESpin (Eurofins, Kat. No: 5224400650, Fransa) kiti kullanılmış ve kitlerin içindeki protokol takip edilerek DNA izolasyonu sağlanmıştır. Elde edilen DNA örnekleri %1 agaroz içeren jelde (1 g agaroz/100 mL 1X TEA tamponu) elektroforez yöntemi ile ayrıştırıldıktan sonra görüntüleme sistemi (ChemiDoc™ MP, Bio-Rad, ABD) yardımıyla incelenmiştir. Jeldeki DNA uzantılarının büyüklüğü beraber koşturulan GeneRuler 1 kb Plus DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific, ABD) marker ile kıyaslanarak belirlenmiştir. DNA izolatlarının saflık kontrolü jel görüntüleri ile sağlanmıştır

3.4.2. PZR optimizasyonu ve DNA bölgesinin çoğaltılması

Moleküler tanılama amacıyla, fungal kültürlerde ayırt edici bölgeler olan ITS bölgesinin çoğaltılması hedeflenmiş ve bu amaçla iki farklı primer çifti kullanılmıştır (White vd., 1990). ITS2/ITS1 ve ITS5/ITS4 primer çiftlerinin baz dizileri Çizelge 3.1’de verilmiştir. PZR uygulaması için 5× HOT FIREPol® Blend Master Mix Ready to Load (Solis BioDyne, Estonya) kullanılmış olup, yüklemeye hazır karışım içinde amplifikasyon için gerekli tüm bileşenler (kalıp DNA, ileri ve geri primerler ve su hariç) mevcuttur. PZR için hazırlanan amplifikasyon karışımının içeriği Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan ITS primerlerinin baz dizileri

Yön	Primer	Baz Dizisi	Tm (°C)
İleri	ITS 1	TCCGTAGGTGAACCTGCGG	61
	ITS 5	GGAAGTAAAGTCGTAACAAGG	57
Geri	ITS 2	GCTGCGTTCTTCATCGATGC	59
	ITS 4	TCCTCCGCTTATTGATATGC	55

Çizelge 3.2. PZR karışım içeriği

Karışma eklenen bileşen	Hacim (µl)
HOT FIREPol Blend Master Mix (5×)	4
İleri Primer	0.5
Geri Primer	0.5
Genomik DNA	1
NFW (Nuclease Free Water)	14
Toplam	20

Kullanılan primerlerin optimum bağlanma sıcaklıkları göz önüne alınarak seçilerek 54-66 °C aralığında optimizasyon çalışması denenmiştir. Çizelge 3.3'te gösterildiği üzere 12 farklı kuyucuk için farklı sıcaklıklar ayarlanmış ve PZR amplifikasyonu gradiyent PZR termal döngü cihazında gerçekleştirilmiştir (Biometra TProfessional Basis 846-070-000, Analytik Jena, Almanya) gerçekleştirilmiştir. Gradyent PZR programı Çizelge 3.4'te özetlenmiştir. Amplifikasyon sonunda PZR ürünleri %1 agaroz jelde elektroforez yöntemiyle yürütülmüş ve en parlak bant görüntüsünün elde edildiği sıcaklık, PZR için bağlanma sıcaklığı olarak seçilmiştir.

Çizelge 3.3. Gradyent PZR denemesinde uygulanan sıcaklıklar

Sıra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sıcaklık (°C)	54.0	54.3	55.2	56.4	57.8	59.2	60.8	62.2	63.6	64.8	65.7	66.0

Çizelge 3.4. Gradyent PZR programı

Adımlar	°C	dk:s	Aşamaya git	Döngü sayısı
1	95	14:00	--	--
2	95	00:15	--	--
3	54-66	00:15	--	--
4	72	01:00	2	26
5	72	07:00	--	--
6	4	∞	--	--

Gradyent PZR denemeleri sonunda her iki primer çifti için optimum erime sıcaklığı (T_m) belirlenmiştir. Optimize edilmiş PZR koşulları Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Primer çiftleri için kullanılan PZR koşulları

	ITS1/ITS2 Primer Çifti (~ 300 bp)			ITS5/ITS4 Primer Çifti (~ 700 bp)		
	Döngü Sayısı	Sıcaklık	Süre	Döngü Sayısı	Sıcaklık	Süre
Başlangıç Aktivasyonu	1×	95 °C	14 dk	1×	95 °C	14 dk
Denatürasyon		95 °C	15 s		95 °C	15 s
Bağlanma	27×	60 °C	15 s	27×	56 °C	15 s
Uzama		72 °C	1 dk		72 °C	1 dk
Son Uzama	1×	72 °C	7 dk	1×	72 °C	7 dk

3.4.3. PZR ürünlerinin saflaştırılması, sekans analizi ve tanılama çalışmaları

Gerçekleştirilen PZR uygulamaları sonucunda elde edilen ürünler GeneJET PZR Purification Kit (Thermo Fisher Scientific, Kat. No: K0702, ABD) ile saflaştırılmıştır. Elde edilen PZR ürünlerinin konsantrasyonları ve saflık dereceleri LVis Plaka (BMG LABTECH, Almanya) kullanılarak mikropilaka okuyucuda (SPECTROstar Nano, BMG LABTECH, Almanya) 1 µL hacimde belirlenmiştir. Hazırlanan örnekler dizi analizine

gönderilene kadar -20 °C’de muhafaza edilmiştir. Dizileme analizleri için BM Yazılım Danış. ve Lab. Sis. Ltd. Şti. (Ankara, Türkiye)’den hizmet alımı yapılmıştır. Firma tarafından iletilen sekans verileri SnapGene Viewer (Dotmatics, ABD) programı yardımıyla incelenmiştir. Elde edilen veriler DNAMAN (Lynnon BioSoft, ABD) programıyla analiz edilmiş ve her bir örnekten elde edilen dört dizi kullanılarak (iki ileri iki geri dizilim) her örnek için konsensus diziler oluşturulmuştur. Oluşturulan konsensus dizileri NCBI BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) veri tabanında kayıtlı verilerle karşılaştırılmış ve benzerlik oranları belirlenmiştir. Veri tabanında tanılama yapılırken, analiz sonucunda benzerlik yüzdeleri ve E değerleri karşılaştırılmıştır. Veri tabanında kıyaslanan suşlar ile en yüksek benzerlik oranına ve 0’a en yakın E-değerine sahip olan tür seçilerek izolatların tür tanınması gerçekleştirilmiştir (Smith, 2024). Tanılanmış kültürler, ulusal ve uluslararası akademik veri tabanlarında taranarak yenilebilir özellikte olup olmadığı değerlendirilmiştir.

3.5. Üretici Suş Seçimi ve Sıvı Besiyeri Optimizasyonu

Üretim ölçeğini büyütmede kullanılacak olan suşun seçimi için, envanter listesine dahil edilen tüm kültürler 60 mL PDB besiyerinde 25 °C sıcaklık ve 150 dev/dk hızda 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda kaba filtre kâğıdı yardımıyla süzülen yaş biyokütle saf su ile yıkanmış ve ağırlıkları tartılmıştır. Farklı türlerden en yüksek ya biyokütle üreten üçer suş belirlenmiş ve farklı sıvı besiyerlerindeki gelişimleri takip edilmiştir. Bu amaçla fungal biyokütle üretiminde yaygın olarak kullanılan, PDB, NB ve DM (Defined Medium) besiyerleri kullanılmıştır (Basu vd., 2015; Dynowska vd., 2011; Songulashvili vd., 2007; Westphal vd., 2021). PDB ve NB besiyerleri için ticari dehidre besiyerleri temin edilmiş ve üretici firmanın talimatları takip edilerek besiyerleri hazırlanmıştır. DM ise Bölüm 3.1’de belirtilen bileşimde hazırlanmış ve pH’sı 6.0’a ayarlanarak 121 °C’de 15 dk sterilize edilmiştir.

Yaş biyokütle üretebilme yetenekleri incelenen suşlardan en yüksek verimi sağlayan misel kültürü ve geliştiği ortam belirlendikten sonra, biyokütle üretimini desteklemek amacıyla gelişim ortamı içine glikoz (%1, %5, %10) ve şeker kamışı melası (%2, %4) ayrı ayrı ilave edilmiş ve yaş biyokütle ağırlığı üzerine besiyerinin etkileri incelenmiştir.

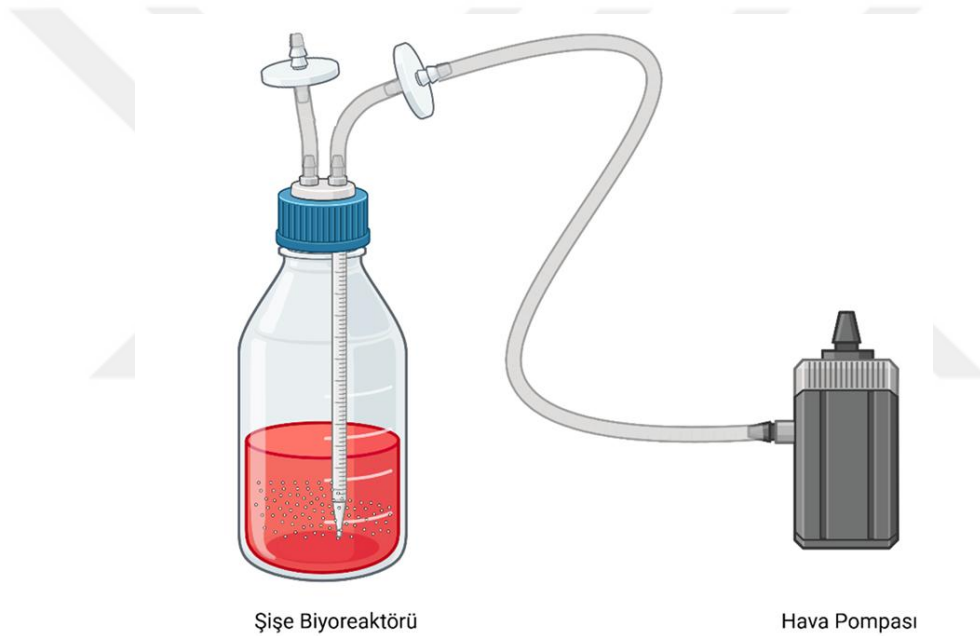
3.6. Fermentörde Biyokütle Üretimi

Daha büyük ölçekte ve yüksek verimlilikte üretimin gerçekleştirilmesi amacıyla Erlen üretimlerinin ardından fermentör (biyoreaktör) ve şişe tipi fermentasyon düzenekleri kullanılmıştır. Aşı olarak kullanılacak ön kültürlerin üretimi agar üzerinde muhafaza edilen miselyum kültürünün yüzeyinden alınan 0.5 cm²’lik parçaların 60 mL sıvı (PDB) besiyerine aktarılmasıyla başlatılmıştır. Bunlar 25 °C’de 150 dev/dk hızda çalkalama yapılarak 5 gün süreyle aktifleştirilmiştir. Steril Falcon tüplerine aktarılan ön kültür hücreleri, etanolde beklemiş ve ateşte geçirilerek steril hale getirilen metal bilyeler ile vorteks yardımıyla parçalanmıştır.

Biyoreaktör ile üretim için hücre süspansiyonu steril şırınga yardımıyla 2 L PDB besiyeri içeren 4 L hacimli biyoreaktöre (TRL-BIO; TRL Instruments Türkiye) aktarılmıştır. Biyoreaktörde fermentasyon pH ve oksijen kontrolsüz koşullarda, 28 °C sıcaklıkta, 150 dev/dk karıştırma hızında 4 gün (96 saat) süreyle gerçekleştirilmiştir.

İnkübasyon sonrasında 200 nm mesh naylon filtre yardımıyla süzülerek besiyerinden ayrılan biyokütle 500 mL saf su ile yıkanarak besiyerinden arındırılmıştır. Üretilen yaş biyokütle ağırlığı belirlenerek üretim verimi hesaplanmıştır. Elde edilen yaş biyokütle gıda muhafazası için uygun saklama poşetleri içinde -86 °C’de hızlı dondurma işlemine tabi tutulup ardından -20 °C’de muhafaza edilmiştir.

Biyoreaktör ile üretimin yanında şişe fermentör sistemi kullanılarak da üretim denemeleri yürütülmüştür. Bu amaçla, 2 L hacmindeki vida kapaklı borosilikat cam şişeler kullanılarak kapaklar üzerinden monte edilen hortum düzeneği ve çift çıkışlı pompa (Air Pump Aquarium, Venusaqua, Çin) yardımıyla oluşturulan masaüstü fermentasyon ünitesi kullanılmıştır (Şekil 3.2). Kapağa monte edilen bir cam bir tüp ile şişe dibine 3 L/dk hava beslemesi sağlanmıştır. Hava girişine eklenen 0.2 µm por çapına sahip hava filtresi (Sartorius, Midisart® 2000 0.2 µm) ile sisteme verilen havanın steril olması sağlanmıştır. Egzoz çıkışı bazık çözelti içinden geçirilerek izole edilmiştir. Üretimler oda koşullarında (20-25 °C’de) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Şişe reaktör düzeneği (BioRender (<https://app.biorender.com>) ile eğitim amaçlı kullanım için oluşturulmuştur)

3.7. Biyokütle Bileşiminin Belirlenmesi

3.7.1. Temel bileşenlerin analizi

Toplam nem ve kuru madde içeriği: Yaş biyokütledeki toplam nem ve kuru madde içeriği AOAC 950.46 yöntemine göre gravimetrik analizler ile hesaplanmıştır (AOAC, 2005). Kurutulup darası alınmış tartım kaplarına ağırlıkları belirlenmiş örnekler koyulmuş ve 60 °C’de sabit tartım ağırlığına gelene kadar kurutulmuştur. Desikatörde oda sıcaklığına soğutulan örnekler tartılarak toplam kuru madde içeriği belirlenmiştir. Denklem 3.1 ve 3.2’de verilen eşitlikler yardımı ile yüzde nem ve kuru madde içeriği hesaplanmıştır.

$$\text{Yüzde Kuru Madde İçeriği} = \frac{\text{Kuru madde ağırlığı (g)}}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Nem İçeriği (\%)} = \frac{\text{Örnek ağırlığı(g)} - \text{Kuru madde ağırlığı (g)}}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.2)$$

Ham protein içeriği: Kurutulmuş mantar örneklerinin ham protein içeriği Kjeldahl metoduyla yapılmıştır (AOAC, 2005). Yaklaşık 2 g örnek yakma tüplerine tartılmış ve üzerine iki adet katalizör ve 10 mL derişik sülfirik asit eklenerek yakma cihazında kademeli olarak (150 °C’de 1 sa, 300 °C’de 1 sa ve 400 °C’de 3 sa) asit hidrolizi gerçekleştirilmiştir. Örneklerin rengi yeşile döndüğünde yakma işlemi tamamlanmış ve oda sıcaklığına soğutulmuştur. Soğumuş tüpler içerisine 50 mL distile su eklenmiş ve distilasyon cihazına yerleştirilmiştir. Cihazın toplama kısmına 3-4 damla indikatör eklenmiş olan 30 mL %30’luk borik asit çözeltisi içeren erlen yerleştirilmiş ve %30’luk sodyum hidroksit çözeltisi ile muamele edilmiştir. Toplama erleninde biriken distilasyon ürünü 0.1 N HCl çözeltisi ile titre edilmiş ve 3.3’te verilen eşitlik yardımı ile % protein içeriği hesaplanmıştır. % azot içeriğinin % proteine dönüştürülmesi için 4.38 faktörü kullanılmıştır (Beluhan ve Ranogajec, 2011).

$$\% \text{ Ham Protein} = \frac{V \times N \times F \times 0.014}{M} \times 100 \times 4.38 \quad (3.3)$$

V: Harcanan asit miktarı (mL)
N: Kullanılan asitin normalitesi
F: Kullanılan asitin faktörü
M: Örnek ağırlığı (g)

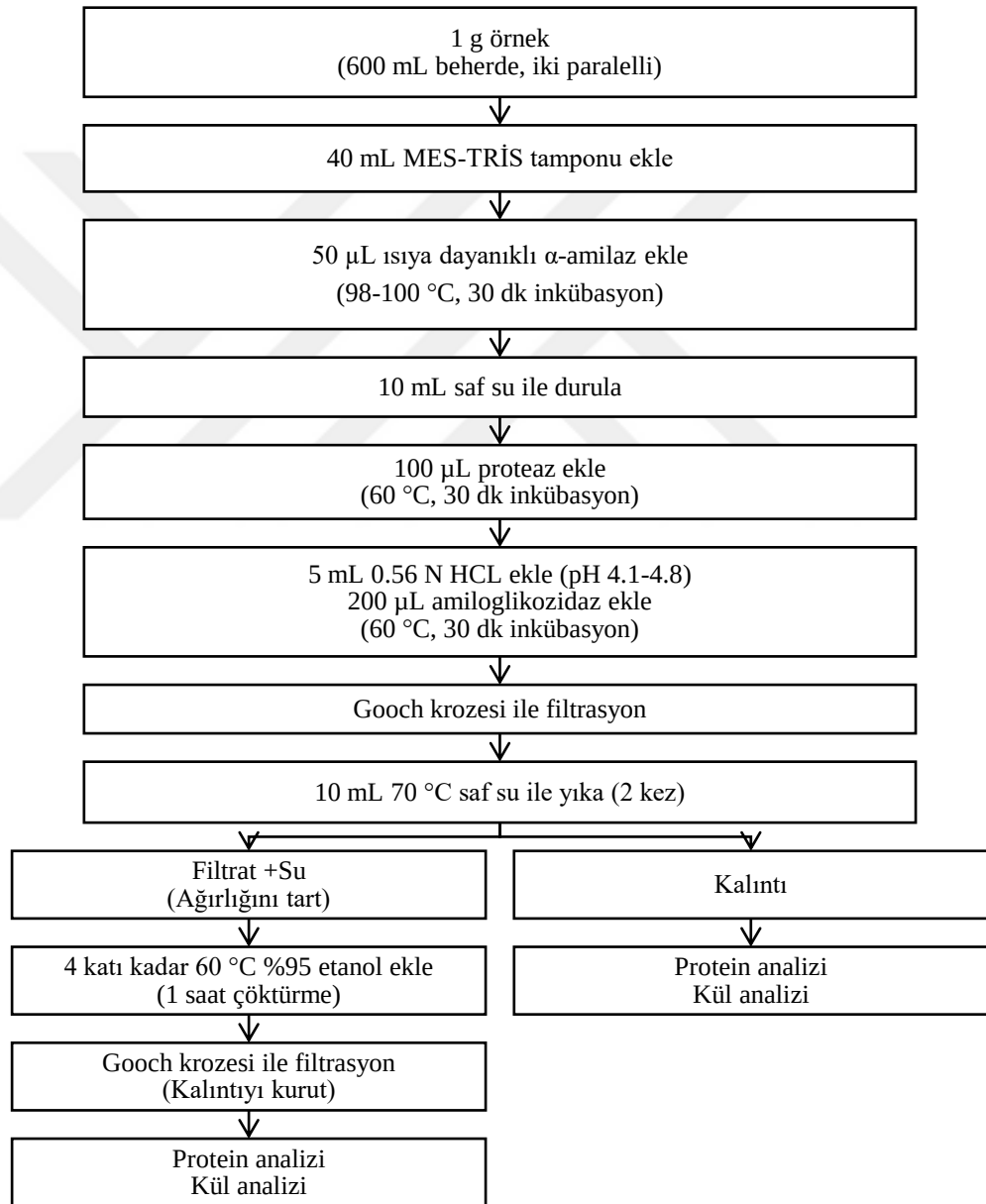
Yağ içeriği: Örneklerin toplam yağ içeriğinin belirlenmesi için AOAC 960.39 metoduna göre Soxhlet ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır (AOAC, 2005). Kuru örnekler yaklaşık 2 g ağırlığında tartılmış ve kurutulup darası alınmış selüloz kartuşlara aktarılmıştır. Soxhlet düzeneğine yerleştirilen kartuşlar 300-350 mL petrol eteri kullanılarak yaklaşık 6 saat ekstrakte edilmiştir. İşlem sonunda kartuşlar etüvde kurutulmuş ve desikatörde soğutulularak ağırlıkları belirlenmiştir. Örneklerin yağ içeriği yüzde olarak 3.4 eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Yağ içeriği (\%)} = \frac{\text{Örnek ağırlığı (g)} - \text{Yağsız örnek ağırlığı(g)}}{\text{Örnek ağırlığı(g)}} \times 100 \quad (3.4)$$

Kül içeriği: Örneklerin kül içeriği AOAC 920.153 metoduna göre belirlenmiştir (AOAC, 2005). Kurutulup darası alınmış porselen krezeller içine yaklaşık 1 g örnek 10⁻⁴ hassasiyetle tartılmış ve yakma fırınında 550 °C’de 8 saatlik yakma işlemi uygulanmıştır. %yağ içeriği ise 3.5’te verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Kül (\%)} = \frac{\text{Kül ağırlığı (g)}}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.5)$$

Toplam diyet lif analizi: Örneklerin toplam diyet lif içeriği enzimatik-gravimetrik yöntemle Total Dietary Fiber Assay Kit (Megazyme, İrlanda) kullanılarak belirlenmiştir. Bu kit yardımıyla suda çözünür ve suda çözünmeyen diyet lif içeriklerinin miktarları tespit edilmiştir (Şekil 3.3). Bu analiz, örnekte bulunan nişastanın α -amilaz enzimi ile parçalanmasının ardından, proteaz ve amiloglukaz enzimleri ile örnek içerisinde kalan protein ve nişasta fraksiyonlarının çözündürülmesi ve etanol ve aseton ile yıkanarak ortamdan uzaklaştırılması; elde edilen kalıntıdan kül ve protein içeriklerinin çıkarılması ile lif içeriğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Analiz üretici firmanın belirttiği protokol takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar, yine üretici firmanın ücretsiz sağladığı Mega-Calc™ Data Calculator yazılımı ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.3 Toplam (suda çözünen ve çözünmeyen) diyet lif analizi akış şeması

Toplam karbonhidrat içeriği: Toplam karbonhidrat miktarı kuru madde bileşiminden diğer ham bileşen miktarları çıkartılarak hesaplanmıştır.

Kalori değerinin hesaplanması: Kuru maddede bulunan yağ (F), sindirilebilir karbonhidrat içeriği (K) + protein içeriği (P) kullanılarak Denklem 3.6 yardımıyla kkal/g olarak hesaplanmıştır.

$$E = 9 \times F + 4 \times (P + K) \quad (3.6)$$

Çözünme Kaybı: Donuk halde muhafaza edilen misel kitlesinin çözünme sonrasında kaybettiği su miktarı gravimetrik analizler ile belirlenmiştir. Dondurucudan (-20 °C) alınan kitlenin ağırlığı ile +4 °C’de gece boyu bekletilerek çözdürülmesinin ardından kalan kitle naylon filtre ile süzölmüş ve aradaki ağırlık farkı ile çözünme kaybı hesaplanmıştır.

3.7.2. Kitin analizi

Mantar misellerinin kitin içeriği Katano vd. (2016) tarafından belirtilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Temelinde, örneğin kitin içeriğinin asit hidroliziyle glukozamine (GIA) dönüştürülmesi ve ardından glukozamin konsantrasyonunun spektrofotometrik analizlerle belirlenmesi yer almaktadır. Hassas tartılmış 100 mg kuru mantar örneği 10 mL 5 mol/L HCL çözeltisi ile 100 °C’de 12 saat hidrolize edilmiştir. Asit hidrolizi ardından 20 µL hidrolizat 20 µL 5 mol/L NaOH çözeltisi ile nötrlenmiştir. Karışımın üzerine 200 µL Si(IV)-Mo(VI) çözeltisi (50 mmol/L Na₂SiO₃, 600 mmol/L Na₂MoO₄, 1.5 mol/L CH₃COOH ve %30 DMSO) eklenmiş ve 70 °C’de 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonrasında oda sıcaklığına soğutulan örnekler için SPECTROstar Nano (BMG LABTECH, Almanya) cihazıyla 750 nm’de absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değeri kullanılarak glukozamin konsantrasyonu (g/L) 3.7 eşitliği ile hesaplanmış, glukozamin içeriğinin kitin (%w/w) değerine dönüşümü için ise 3.8 eşitliği kullanılmıştır.

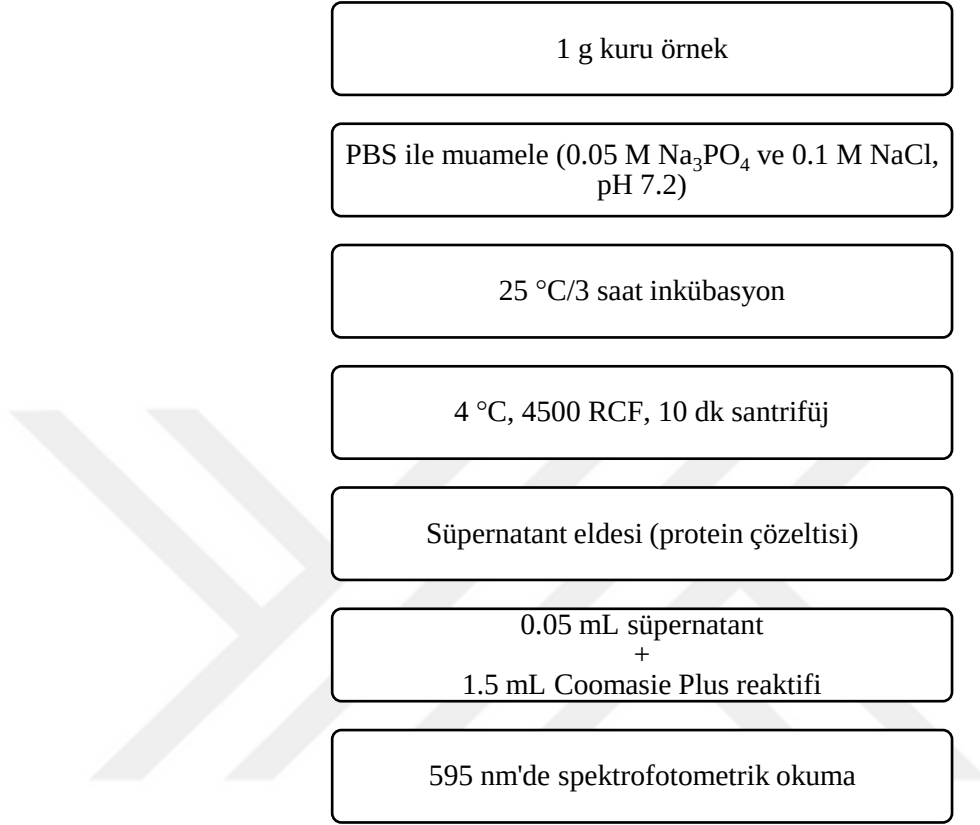
$$A_{750} = (0.826 \pm 0.009) \times C_{GIA} (g/l) + (0.042 \pm 0.006) \quad (3.7)$$

$$Kitin (\%) = C_{GIA} \times \frac{N - A_{setil} - GIA \text{ mol kütlesi } (221.21 \text{ g/mol})}{GIA \text{ mol kütlesi } (215.63 \text{ g/mol})} \times 100 \quad (3.8)$$

3.7.3. Bradford yöntemiyle toplam protein analizi

Toplam protein analizi Bradford yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş mantar örneklerinden sulu protein ekstraksiyonu eldesi için Prandi vd. (2023)’nin tarif ettiği yöntem kullanılmıştır. 1:20 oranında nötral fosfat tamponu (PBS) (0.05 M Na₃PO₄ ve 0.1 M NaCl, pH 7.2) ile muamele edilen 1 g kuru ve öğütölmüş örneklerin oda sıcaklığında çalkalanarak 3 saat inkübasyona bırakılması ve inkübasyon sonrasında 4 °C’de 4500 RCF hızda 10 dk santrifüjlenerek proteince zengin süpernatantın ayrıştırılmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen protein ekstraktının toplam protein içeriği Coomassie plus™ (Bradford) Assay kit (Thermo Scientific, ABD) yardımıyla üretici firmanın belirttiği protokol takip edilerek yürütölmüştür (Şekil 3.4). Spektrofotometrede

ölçülen absorbans değerleri, sığır serum albümin (BSA, Bovin Serum Albumin) standardı ile elde edilen kalibrasyon eğrisi kullanılarak $\mu\text{g/mL}$ protein olarak hesaplanmıştır (Ersöz, 2022).



Şekil 3.4. Toplam protein analizi (Bradford) iş akışı

3.8. Hibrit Köfte Üretimi

Üretici suşun belirlenmesinin ardından, dondurulup çözündürülmüş mantar miselleri farklı oranlarda dana tranç bölgesinden sağlanan orta yağlı (%15-20 yağ) tek çekim kıyma ile karıştırılmış ve köfte harcı hazırlanmış ve misel yüzdelere göre M25 (%25 misel), M50 (%50 misel) ve M75 (%75 misel) olarak kodlarla tanımlanmıştır (Çizelge 3.6). Hazırlanmış harçların içine %1 oranında tuz ilavesi yapılmış ve yaklaşık 3 dk harç homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Mantar miseli ilavesiyle hazırlanan hibrit köfte harçları, 50 g ağırlığında porsiyonlanmış ve 75 mm çapında çelik kalıplar kullanılarak şekillendirilmiştir (Şekil 3.5).

Çizelge 3.6. Köfte harçlarının bileşimi¹

	Kontrol	M25	M50	M75
Kıyma (%)	100	75	50	25
Misel (%)	0	25	50	75
Tuz (NaCl)	Köfte harcı oluşturulduktan sonra %1 tuz ilavesi yapılmıştır.			

¹ M25: %25 misel ilaveli köfte; M50: %50 misel ilaveli köfte; M75: %75 misel ilaveli köfte



Şekil 3.5. Köfte şekillendirmede kullanılan paslanmaz çelik kalıp ve ölçüleri

Piştirme işlemi elektrikli ocak (Arçelik 8550 IV Inox, İstanbul, Türkiye) kullanılarak; yüzey sıcaklığı 250-300 °C'ye getirilmiş, tabanı bitkisel yağ ile yağlanmış, düz zeminli döküm tavada gerçekleştirilmiştir. Köfte örnekleri, 1 dakika 15 sn'de bir çevrilmek üzere toplam 5 dk pişirilmiştir. Pişirme işlemi sonunca köftelerin merkez nokta sıcaklıkları dijital kumpas (Fideco, Çin) yardımıyla ölçülmüştür.

3.9. Köftelerin Fiziksel ve Temel Bileşen Analizleri

Köfte örnekleri için pişirme öncesi ve sonrası ağırlık farkları hassas terazi yardımıyla kaydedilmiştir. Pişirme öncesi ve sonrası ağırlık farkları ile % pişirme kaybı hesaplanmıştır (Denklem 3.9). Su tutma kapasitesi (STK) ise Denklem 3.10 yardımıyla hesaplanmıştır. Köfte örneklerinin pişirme öncesi ve sonrası çap ve kalınlık ölçüleri dijital kumpas yardımıyla ölçülmüş ve pişirme sonrası şekilsel değişimleri Denklem 3.11 ve Denklem 3.12 ile hesaplanmıştır (Gamarra-Castillo vd., 2022).

$$\text{Pişirme Kaybı (\%)} = \frac{\text{Çiğ köfte ağırlığı} - \text{Pişmiş köfte ağırlığı}}{\text{Çiğ köfte ağırlığı}} \times 100 \quad (3.9)$$

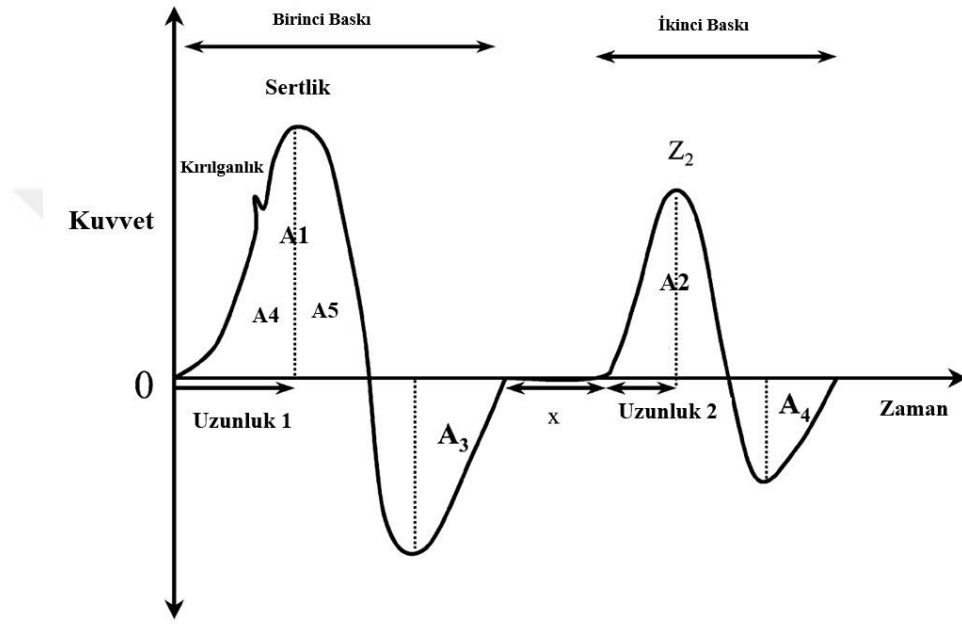
$$\text{STK} = \%100 - \% \text{Pişirme Kaybı} \quad (3.10)$$

$$\text{Çap Değişimi (\%)} = \frac{\text{Çiğ köfte çapı} - \text{Pişmiş köfte çapı}}{\text{Çiğ köfte çapı}} \times 100 \quad (3.11)$$

$$\text{Kalınlık Değişimi (\%)} = \frac{\text{Kalınlık}(\text{çiğ}) - \text{Kalınlık}(\text{pişmiş})}{\text{Kalınlık}(\text{çiğ})} \times 100 \quad (3.12)$$

Örneklerin tekstürel özelliklerinin değerlendirilmesinde TPA analizi kullanılmıştır. TA-XT Plus-Texture-Analyzer (Stable Micro Systems Ltd., İngiltere) cihazı kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde 2.0×2.0 cm'lik kareler halinde kesilen köfte örnekleri HDP/90 platformunun merkezine yerleştirilmiş ve 100 mm çaplı alüminyum baskı plakası (P/100) ile iki aşamalı sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Analiz protokolü Exponent (Stable Micro Systems Ltd., İngiltere) programı kütüphanesindeki

TPA parametreleri kullanılarak belirlenmiştir. Çizelge 3.7’de uygulanan test koşulları verilmiştir. TPA analiz sonunda örneğin kırılganlık (fracturability), sertlik (hardness), kohezyon (cohesiveness), adezyon (adhesiveness), yaylanma (springiness), çiğnenebilirlik (chewiness), yapışkanlık (gumminess) ve esneklik (resilience) parametreleri programdan elde edilen grafik kullanılarak hesaplanmıştır. Bu metoda göre ikili kompresyon uygulamasının sonucunda TPA grafiği ile elde edilir (Şekil 3.6). Bu grafikte sağlanan parametreler Soupez vd., (2025) tarafından açıklanan şekilde değerlendirilmiştir.



Şekil 3.6. Tipik TPA grafiği (Rahman, 2005)

Çizelge 3.7. TA-XT Plus cihazında TPA koşulları

Test Öncesi Hız	1.0 mm/s
Test Hızı	5.0 mm/s
Test Sonrası Hız	5.0 mm/s
Hedef Modu	Mesafe
Mesafe	10 mm
Süre	5.00 s
Tetikleyici Tipi	Otomatik (kuvvet)
Tetikleyici Kuvveti	5.0 g
Tare Modu	Otomatik

Örneklerin renk özellikleri Konica Minolta CR-400 (Japonya) Renk Ölçüm Cihazı ile değerlendirilmiştir. Analiz öncesinde cihaz, beyaz kalibrasyon levhası (CR-A43, Konica Minolta, Japonya) ile kalibre edilmiş ($L^* = 84.9$; $a^* = 0,32$ ve $b^* = 0.3381$) ve örneklerin CIE (International Commission on Illumination) renk sistemine göre L^* , a^* ve b^* değerleri cihaz arayüzünden otomatik olarak elde edilmiştir. Denklem 3.13 ile ΔE

değerleri hesaplanarak örnekler arasındaki renk farklılığı, Denklem 3.14 ile örneklerin hue (h°) değeri hesaplanarak renk çemberindeki konumları belirlenmiştir. ΔE değerinin 2.00'dan büyük olması karşılaştırılan renklerin birbirinden farklı olduğunu ifade etmektedir (Mazumder vd., 2023).

$$\Delta E = \sqrt{((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)} \quad (3.13)$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (3.14)$$

Pişmiş köfte örneklerinin temel bileşim analizleri, Bölüm 3.6'da açıklanmış olan temel bileşen analizleri takip edilerek gerçekleştirilmiş ve örneklerin ham yağ, ham protein, kül, nem ve kuru madde içerikleri belirlenmiştir. Ham protein analizinde katsayı olarak 6.25 kullanılmıştır.

3.10. İstatistik Analizler

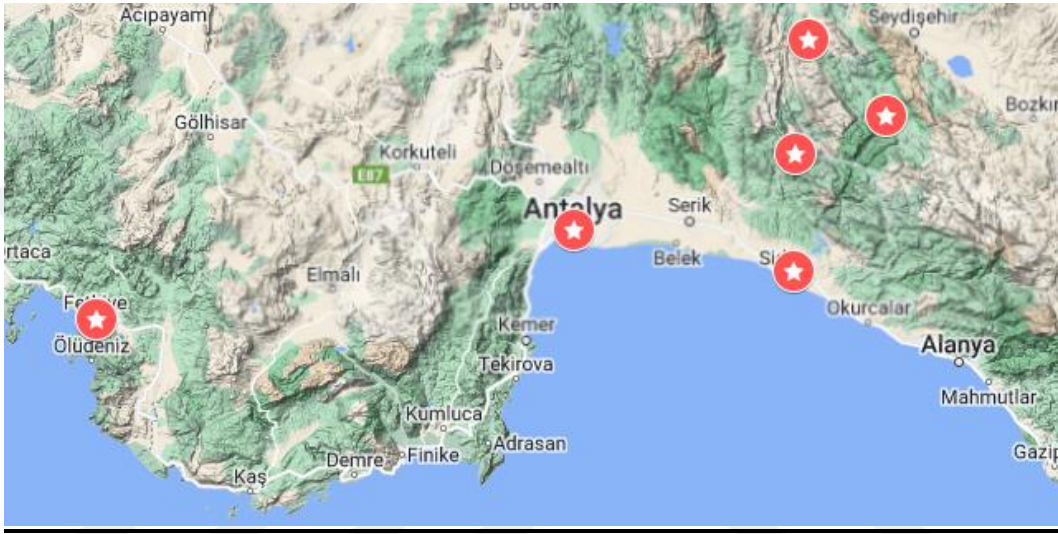
Analiz sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterip göstermediği IBM SPSS Statistics V 23.0 (IBM Corp., 2015) yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Verilerin normallik dağılımı Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile kontrol edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve bağımsız iki grubun karşılaştırması için bağımsız örneklem T testi uygulanmıştır. ANOVA sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilen değişkenlerde, gruplar arasındaki farkları belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi ile post-hoc analizler gerçekleştirilmiştir.

Tüm istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Veriler standart sapma $\pm$ standart sapma şeklinde ifade edilmiştir.

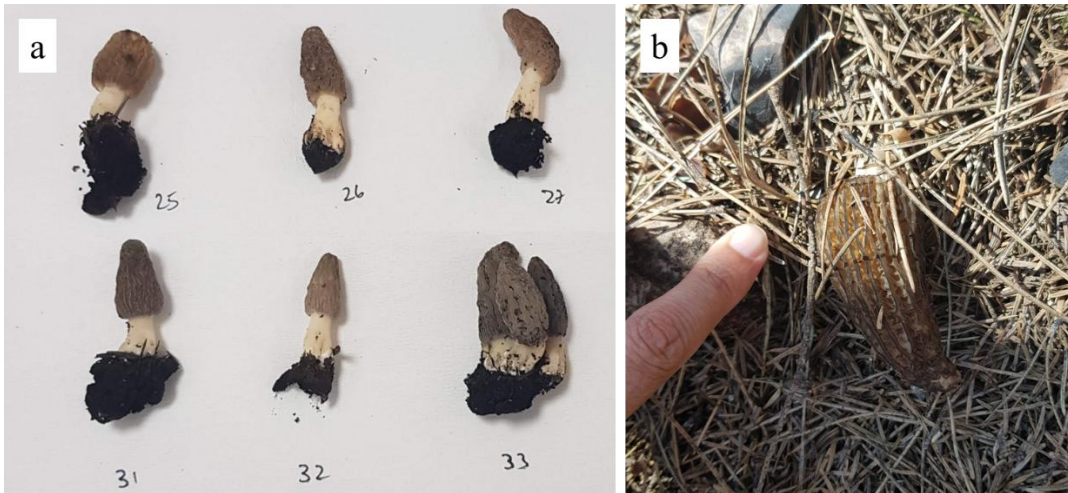
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mantar Örneklerinin Kültüre alınması

Çalışma kapsamındaki mantar örnekleri Antalya (Merkez, Akseki, Manavgat), Muğla (Fethiye) ve Konya (Beyşehir) illerinden toplanmış ve toplama bölgeleri Şekil 4.1’de işaretlenmiştir. Morfolojik özellikleri değerlendirilerek (şapka yapısı, gelişim zamanı, bulunduğu bölge, vb.) yenilebilir mantarlar olarak değerlendirilen mantar örnekleri kontrollü koşullarda laboratuvara getirilmiş ve analizler için muhafaza edilmiştir (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3).



Şekil 4.1. Tez çalışması kapsamında toplanan mantar örneklerinin temsili konumları



Şekil 4.2. Saha çalışmaları ve örneklerle ilişkin görseller a) Toplanan *Morchella* örneklerinin toplu fotoğrafı, b) *Morchella* örneklerinin doğal ortamdaki görselleri



Şekil 4.3. *Lactarius* örneklerinden LF17 kodlu numunenin sap, gövde ve şapka görüntüleri

Tez çalışması dahilinde, farklı zamanlarda ve bölgelerde yapılan arazi çalışmaları sonunda toplamda 143 farklı mantar örneği toplanmış ve uygun örnek kodları verilerek envanter listesi oluşturulmuştur (EK-1). Çizelge 4.1’de, agar besiyerinde saf kültür olarak izole edilebilen suşlar verilmiştir. Saha çalışmalarıyla toplanan ve saf kültür olarak elde edilmeye çalışılan yenilebilir makrofungus örneklerinden 26 tanesi PDA üzerinde miselyum olarak geliştirilebilmiştir. Saf kültür olarak izole edilebilen 26 farklı izolat ve kültür koleksiyonundan temin edilen 11 izolat ile birlikte toplam 37 kültür envantere dahil edilmiştir.

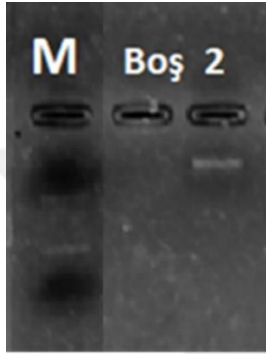
Çizelge 4.1. Envantere alınan muhtemel yenilebilir mantar örnekleri ve CCBAS kodlu mantar örneklerinin listesi

Misel Kültürleri				CCBAS Suşları	
Cins	Örnek Kodu	Cins	Örnek Kodu	Cins	Örnek Kodu
<i>Lactarius</i>	L9	<i>Morchella</i>	M 49	<i>Hericium</i>	<i>H. erinaceus</i> CCBAS 837
<i>Lactarius</i>	L2301-2	<i>Morchella</i>	M 51	<i>Leatiporus</i>	<i>L. sulphureus</i> CCBAS 135
<i>Lactarius</i>	LF17	<i>Morchella</i>	M 9	<i>Pleurotus</i>	<i>P. djamor</i> CCBAS 461
<i>Lactarius</i>	LF18	<i>Morchella</i>	M21011	<i>Pleurotus</i>	<i>P. djamor</i> CCBAS 666
<i>Lactarius</i>	P67	<i>Morchella</i>	MAC 2	<i>Pleurotus</i>	<i>P. djamor</i> CCBAS 734
<i>Morchella</i>	M1	<i>Morchella</i>	MDB 1-1	<i>Pleurotus</i>	<i>P. ostreatus</i> CCBAS 757
<i>Morchella</i>	M14-1	<i>Morchella</i>	MDB 1-2	<i>Pleurotus</i>	<i>P. eryngii</i> CCBAS 831
<i>Morchella</i>	M14-2	<i>Morchella</i>	MDB 3	<i>Pleurotus</i>	<i>P. pulmonarius</i> CCBAS 475
<i>Morchella</i>	M26	<i>Morchella</i>	MDB 4	<i>Pleurotus</i>	<i>P. citrinopileatus</i> CCBAS 691
<i>Morchella</i>	M3	<i>Morchella</i>	MDB 5	<i>Trametes</i>	<i>T. versicolor</i> CCBAS 614
<i>Morchella</i>	M40	<i>Morchella</i>	MDB 6	<i>Trametes</i>	<i>T. versicolor</i> CCBAS 1399
<i>Morchella</i>	M45	<i>Pleurotus</i>	EBK13		
<i>Morchella</i>	M48	<i>Trametes</i>	C.vrs		

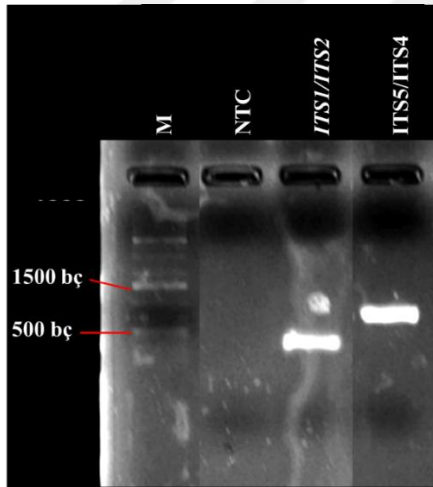
4.2. Mantarların Moleküller Tanılanması

4.2.1. Genomik DNA izolasyonu ve PZR uygulamaları

GeneMATRIX Plant and Fungi DNA Purification Kit kullanılarak M3 kodlu örnekten DNA izolasyonu gerçekleştirilmiş ve elde edilen DNA örneğine ait jel görüntüsü Şekil 4.4'te verilmiştir. Görüntüleme sonucunda silik de olsa görüntü elde edilmiştir. Elde edilen DNA'nın PZR etkinliğini tespit etmek amacıyla M3 örneği için iki farklı primer seti (ITS2/ITS1 ve ITS5/ITS4) kullanılarak PZR işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.5). Jelde DNA yoğunluğu düşük belirlenmiş olsa da PZR uygulamaları için kullanılabilir olduğu değerlendirilmiştir.

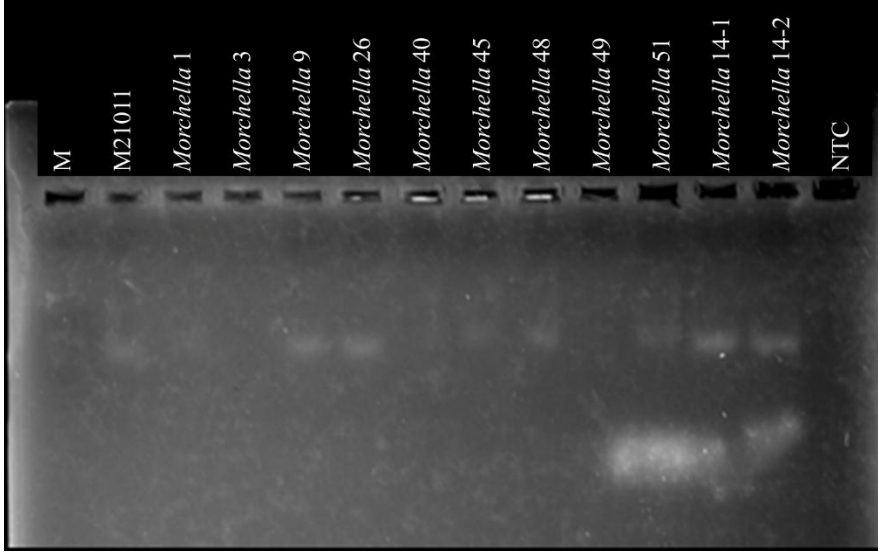


Şekil 4.4. *Morchella* M3 kodlu örnekten izole edilen DNA görüntüsü (M: Marker)

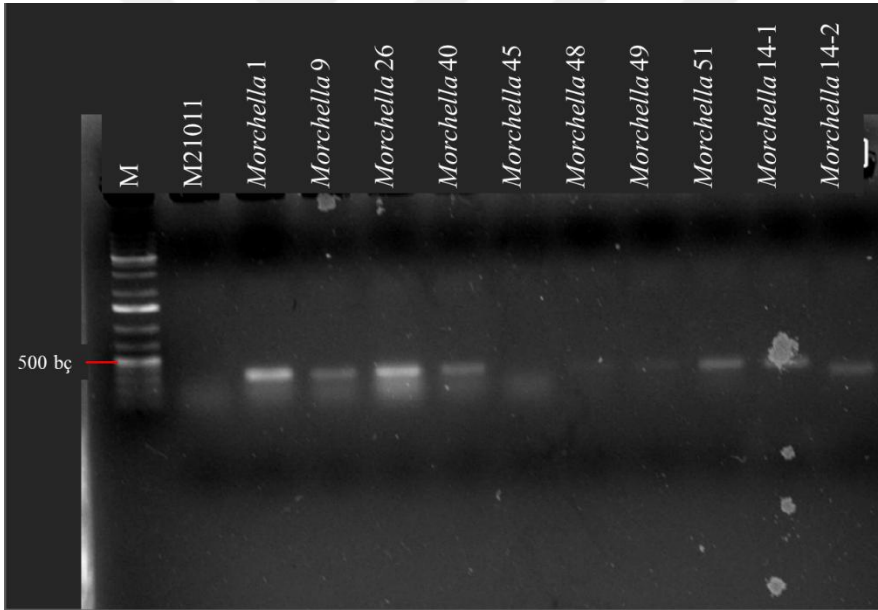


Şekil 4.5. *Morchella* sp. M3 örneğinin ITS1/ITS2 ve ITS5/ITS4 primer çiftleriyle elde edilen PZR ürünlerinin jeldeki görüntüsü (M: Marker, NTC: kalıpsız kontrol)

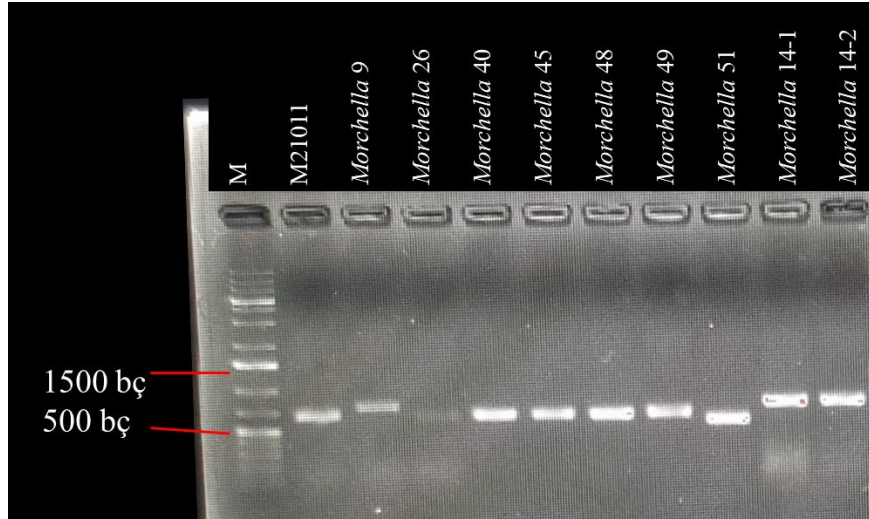
GENESpin kiti kullanılarak envanterden seçilen 10 farklı *Morchella* miselyum örneğinden DNA izolasyonu yapılmış ve elde edilen jel görüntüsü Şekil 4.6'da verilmiştir. Bantların silik olmasına rağmen PZR için kullanılabilirliğini tespit etmek amacıyla izole edilen DNA örnekleri ITS1/ ITS2 ve ITS5/ITS4 primer çiftleriyle çoğaltılmış ve jel görüntüleri Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.



şekil 4.6. Envanterden seçilen 10 *Morchella* sp. miselyum örneklerinden izole edilen DNA'ların agaroz jelde görüntüsü (M: Marker, NTC: kalıpsız kontrol)



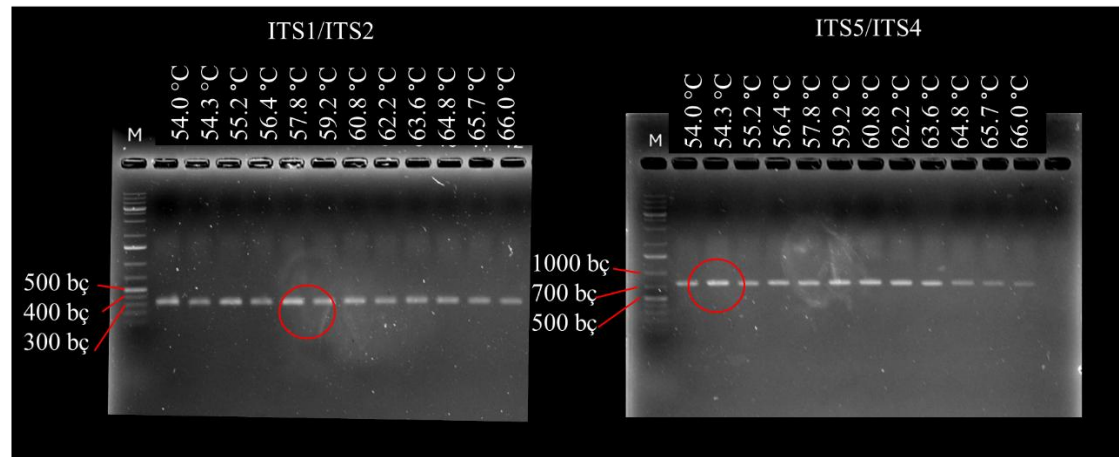
şekil 4.7. Seçilmiş 10 *Morchella* sp. miselyum örneğinin ITS1/ITS2 primerleri ile sağlanan PZR rnlerinin agaroz jel görüntüsü (M: Marker)



Şekil 4.8. Seçilmiş 10 *Morchella* sp. miselyum örneğinin ITS5/ITS4 primerleri ile sağlanan PZR ürünlerinin agaroz jel görüntüsü

Yapılan denemeler sonucunda kullanılan DNA izolasyon kitleri arasında bir farklılık bulunmamıştır. Analizlerin devamında GENESpin kiti kullanılarak envanterde bulunan tüm misel kültürleri için DNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir.

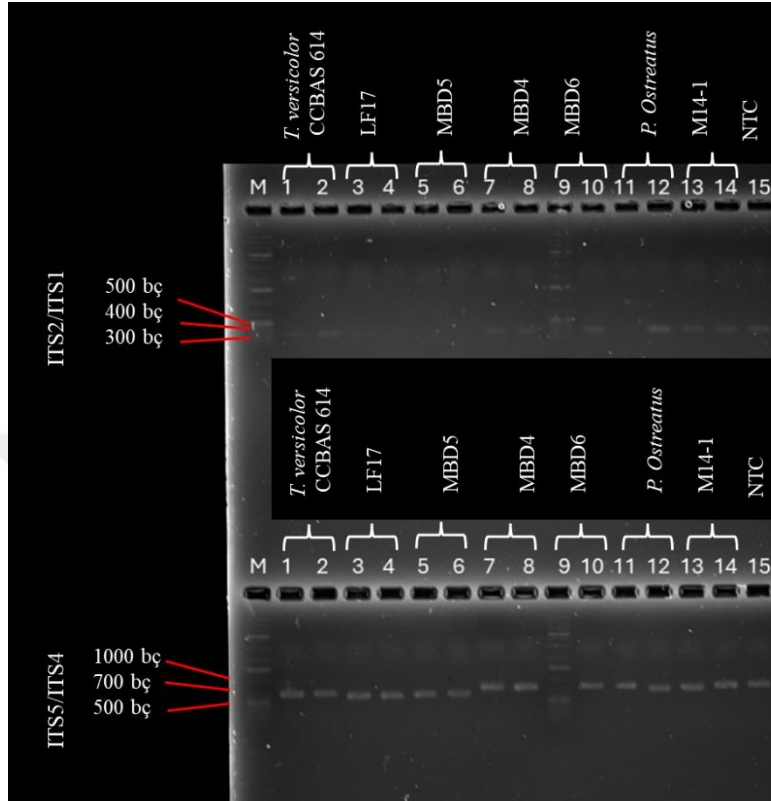
DNA izolasyonlarının ardından PZR için erime sıcaklığı (T_m) optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Rastgele seçilen M1 kodlu örnek kullanılarak ITS1/ITS2 ve ITS5/ITS4 primer çiftleri ile 54-66 °C’de kurgulanan PZR analizi sonuçları Şekil 4.9’da verilmiştir. En parlak bant görüntüsü, en yoğun PZR ürününü temsil ettiğinden; ITS1 ve ITS2 primer çifti için bağlanma sıcaklığı 58 °C, ITS5 ve ITS4 primer çifti için bağlanma sıcaklığı 54 °C olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Gradient PZR ile primer çiftleri T_m optimizasyonu

Optimize edilmiş T_m kullanılarak her iki primer çifti ile PZR gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde elde edilen bazı örneklerle ait PZR ürünlerinin agaroz jelde yürütülmesi ile elde edilen görüntüleri Şekil 4.10’de verilmiştir. Bu jel için her bir örnekten ardışık iki

kuyucuk içine yükleme yapılmıştır. Bant kalınlıklarının daha belirgin oluşundan yola çıkarak ITS5/ITS4 primer çifti ile tüm örneklerden amplifikasyonun yürütülmesi kararlaştırılmıştır.



Şekil 4.10. Optimum T_m uygulanarak elde edilen amplifikasyon ürünlerinin agaroz jel görüntüleri

Optimize edilen T_m sıcaklıkları kullanılarak gerçekleştirilen PZR uygulamalarıyla elde edilen PCR ürünlerinin konsantrasyonları ve saflık değerleri mikropilaka okuyucu ile belirlenmiştir. Ölçüm değerleri EK-2’de paylaşılmıştır.

4.2.2. Dizi analizleri ve mantarların tanılanması

Saf kültür olarak izole edilebilen EK-3’te izole edilmiş ve yenilebilir olarak belirlenmiş mantar örneklerinin konsensus dizileri FASTA formatında verilmiştir. Her bir örnek için elde edilen konsensus dizileri NCBI BLAST veri tabanında karşılaştırılmış ve kayıtlı dizilerle benzerlik oranları bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Mantar örneklerinin moleküler tanılama sonuçları

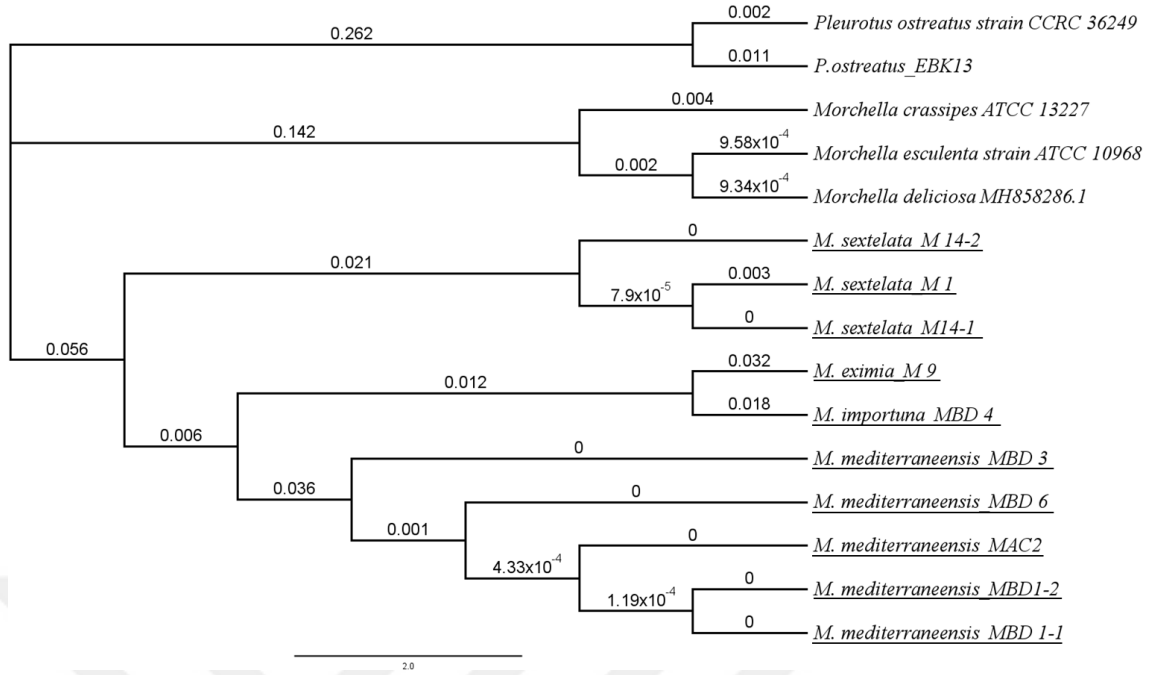
Sıra	Örnek Kodu	Tür	Benzerlik Oranı (%)
1	L9	<i>Apiospora esporlensis</i>	99.8
2	L2301-2	<i>Trichoderma polysporum</i>	98.13
3	LF17	<i>Calcarisporium arbuscula</i>	99.08
4	LF18	Kontaminasyon, kaybedildi	-
5	P67	<i>Trichoderma polysporum</i>	97.28
6	M1	<i>Morchella sextelata</i>	99.04
7	M14-1	<i>Morchella sextelata</i>	99.6
8	M14-2	<i>Morchella sextelata</i>	99.59
9	M26	<i>Truncatella angustata</i>	100
10	M3	<i>Geoscypha montana</i>	93.64
11	M40	<i>Trichoderma caribbaeum</i> var. <i>caribbaeum</i>	99.08
12	M45	<i>Trichoderma hispanicum</i>	98.99
13	M48	<i>Pezizomycetes</i> sp.	99.32
14	M49	<i>fungal endophyte</i>	99.29
15	M51	<i>Tarsetia gregaria</i>	82.51
16	M9	<i>Morchella eximia</i>	99.85
17	M21011	<i>Trichoderma</i> sp.	99.66
18	MAC-2	<i>Morchella mediterraneensis</i>	100
19	MDB-1-1	<i>Morchella mediterraneensis</i>	99.31
20	MDB-1-2	<i>Morchella mediterraneensis</i>	99.58
21	MDB-3	<i>Morchella mediterraneensis</i>	99.44
22	MDB-4	<i>Morchella importuna</i>	99.58
23	MDB-5	<i>Acremonium</i> sp.	99.47
24	MDB-6	<i>Morchella mediterraneensis</i>	99.58
25	EBK13	<i>P. ostreatus</i>	99.7
26	<i>P. ostreatus</i> CCBAS 757	<i>Pleurotus ostreatus</i>	100
27	<i>C. versicolor</i>	<i>Trametes versicolor</i>	96.65
28	<i>T. versicolor</i> CCBAS 614	<i>Trametes versicolor</i>	99.66

Çizelge 4.2’de belirtildiği üzere *Lactarius* olduğu düşünülen örneklerin tamamının fungal kontaminasyon olduğu gözlenmiştir. Ektomikorizal gelişim göstermeleri, dolayısıyla yetiştiği bölgedeki diğer canlılarla kompleks bir yaşam ilişkisi kurma ihtiyacı sebebiyle *Lactarius* türlerinin besiyeri üzerinde geliştirilmesi mümkün olmamıştır. Besiyerinde kompleks besin ihtiyacı duymaları ve çok yavaş gelişmeleri, rekabetçi mikroflora karşısında gelişme şanslarını düşürdüğü düşünülmektedir (Hall vd., 2003; Pekşen ve Kibar, 2007)

Sekans analizi öncesinde yaşanan maya-küf kontaminasyonları sebebiyle iki adet muhtemel *Morchella* örneği envanter dışı bırakılmıştır. Analiz edilen 19 *Morchella* örneğinin ise 10 tanesinin kesin olarak *Morchella* sp. olduğu tespit edilmiştir.

Morchella türlerinin tanımlanmasında ITS bölgeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ali vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada ITS 1 ve ITS 4 primerleri ile gerçekleştirilen moleküler tanımlamalar ile Hindikuş Dağları'ndan (Pakistan) topladıkları *Morchella* türlerini *M. elata*, *M. crassipes* ve *M. spongiola* olarak belirlemişlerdir. Du vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada ise Çin'de toplanan *Morchella* türlerinin tanımlaması ITS 4 ve ITS 5 primerleri kullanılarak yapılmış ve bölgede yaygın bulunan türleri *M. clivicola*, *M. confusa*, *M. odonnellii*, *M. owneri*, *M. yangii* ve *M. yishuica* olarak tanımlamıştır. Ayrıca çalışmadan önce sadece Avrupa'da tespit edilebilmiş iki türün de (*M. dunensis* ve *M. palazonii*) izole edilebildiğini ifade etmişlerdir. Bozok vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Türkiye'de *Morchella* çeşitliliği değerlendirilmiştir. ITS 5 ve ITS 4 primerleri kullanılarak çoğaltılan ITS bölgesi yardımıyla gerçekleştirilen PZR analizleri ile toplanan mantar örnekleri *M. dunensis*, *M. tridentina*, *M. importuna*, *M. eximia*, *M. dunalii*, *M. mediterraneensis* ve *M. deliciosa* olarak tanımlanmıştır. Taşkın vd. (2010) tarafından Türkiye'de dokuz farklı bölgeden toplanan *Morchella* örnekleri analiz edilmiştir. Genomik değerlendirmeler sonucunda elde edilen verilere göre, 15 farklı tür belirlenmiştir. Antalya ve civarını kapsayan bölgelerden izole edilen mantar türlerinin çoğunlukla Elata grubu (siyah kuzugöbeği) üyelerinden olduğu belirlenmiştir. Tez kapsamında tanımlanan *Morchella* örneklerinin tamamının Elata grubu üyelerinden (*M. sextelata*, *M. eximia*, *M. importuna* ve *M. mediterraneensis*) oluşması araştırmacıların çalışmasıyla benzerlik göstermektedir.

İzole edilmiş olan kültürler (tabloda altı çizili olarak gösterilmiştir) ve NCBI veri tabanından edinilen referans diziler (*P. ostreatus* strain CRC 36249, *M. crassipes* ATCC 13227, *M. esculenta* strain ATCC 10968 ve *M. deliciosa* MH858286.1) kullanılarak örneklerin akrabalık ilişkileri Geneious Prime (Dotmatics, ABD) programı yardımıyla komşu birleştirme (Neighbor-Joining, NJ) yöntemi ile oluşturulan filogenetik ağaç üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.11). Bu değerlendirmede filogenetik ağaç üzerindeki dalların uzunluğu evrimsel farklılıkla doğru orantılı bir ilişki ortaya koyar. Dallenma noktaları ise sahip olunan ortak atayı temsil eder. Dolayısıyla *Pleurotus* suşları ve *Morchella* suşlarının uzak akrabalar olduğu (0.262) söylenebilir. Tanılama sonuçlarına göre beklenen şekilde *M. sextelata* ve *M. mediterraneensis* taksaları ayrı gruplar oluşturmuştur.



Şekil 4.11. *Morchella* ve *Pleurotus* türleri için ITS bölgelerine göre komşu birleştirme (NJ) yöntemi ile çizilen filogenetik ağaç

4.3. Üretici Suşun Seçimi, Besiyeri Optimizasyonu ve Fermentör Üretimi

Moleküler analizler sonucu 10 *Morchella* sp. ve 8 *Pleurotus* sp. suşları ile 60 mL PDB besiyerinde çalkalamalı Erlen fermentasyonu gerçekleştirilmiştir. Üretilen yaş biyokütle miktarları EK-4'te ayrıntılı olarak ve Çizelge 4.3'te paylaşılmıştır. *M. sextelata* M 14-2 ve *M. eximia* M 9 kodlu örneklerde istikrarlı üretimin sağlanamaması nedeniyle sayısal değerlendirme kalan toplam 16 suшта gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yaş biyokütle değerleri istatistiksel olarak değerlendirilmiş (EK-5), yaş biyokütle üzerine cins ve/veya türler arasında anlamlı fark ($p < 0.05$) olduğu, *Morchella* türlerinin *Pleurotus* spp.'den daha yüksek miktarlarda üretim sağladığı görülmüştür. En yüksek üretim kendi izolatlarımız olan *M. importuna* MBD4 ve *P. ostreatus* EBK13 ile sağlanmıştır.

Çizelge 4.3. Mantar örneklerinin PDB besiyerinde ürettiği yaş biyokütle miktarları

Cins	Tür	Yaş Biyokütle (g) ¹
<i>Morchella</i> spp.	<i>M. importuna</i> MBD 4	6.95 ^{Aa} ± 3
	<i>M. sextelata</i> M 14-1	6.94 ^{Aa} ± 9.43
	<i>M. mediterraneensis</i> MBD 3	6.11 ^{Aab} ± 0.91
	<i>M. sextelata</i> M1	5.41 ^{Aabc} ± 1.77
	<i>M. mediterraneensis</i> MBD 1-1	4.72 ^{Abc} ± 0.85
	<i>M. mediterraneensis</i> MAC 2	4.49 ^{Abcd} ± 0.67
	<i>M. mediterraneensis</i> MBD 1-2	3.83 ^{Acde} ± 4.41
	<i>M. mediterraneensis</i> MBD 6	1.74 ^{Af} ± 3.61

Çizelge 4.3. (Devamı)

Cins	Tür	Yaş Biyokütle (g) ¹
	<i>P. ostreatus</i> EBK13	6.77 ^{Ba} ± 0.25
	<i>P. eryngii</i> CCBAS 831	5.78 ^{Bab} ± 0.77
	<i>P. djamor</i> CCBAS 461	4.66 ^{Bbc} ± 2.51
<i>Pleurotus</i> spp.	<i>P. djamor</i> CCBAS 666	2.89 ^{Bdef} ± 0.89
	<i>P. citrinopileatus</i> CCBAS 691	2.25 ^{Bef} ± 0.76
	<i>P. pulmonarius</i> CCBAS 475	2.20 ^{Bef} ± 0.04
	<i>P. djamor</i> CCBAS 734	1.98 ^{Bf} ± 0.25
	<i>P. ostreatus</i> CCBAS 757	1.88 ^{ABf} ± 0.31

¹ İki paralel üretimden elde edilen yaş biyokütle ağırlıkları kullanılarak hesaplanmıştır (N=2); üst indisle belirtilen küçük harfler türler arasındaki anlamlı farklı, büyük harfler cinsler arasındaki anlamlı farkı ifade etmektedir ($p < 0.05$); kalın yazı tipi üretim miktarı en yüksek olan suşları göstermek için kullanılmıştır

Daha yüksek yaş biyokütle üretme potansiyeli *Morchella* türlerinde tespit edilmiştir. Bu sebeple en yüksek yaş biyokütle üreten üç *Morchella* suşu (*M. importuna* MBD 4, *M. sextelata* M 14-1 ve *M. mediterraneensis* MBD 3) kullanılarak farklı besiyerlerinde çalkalamalı üretim denemeleri yürütülmüştür.

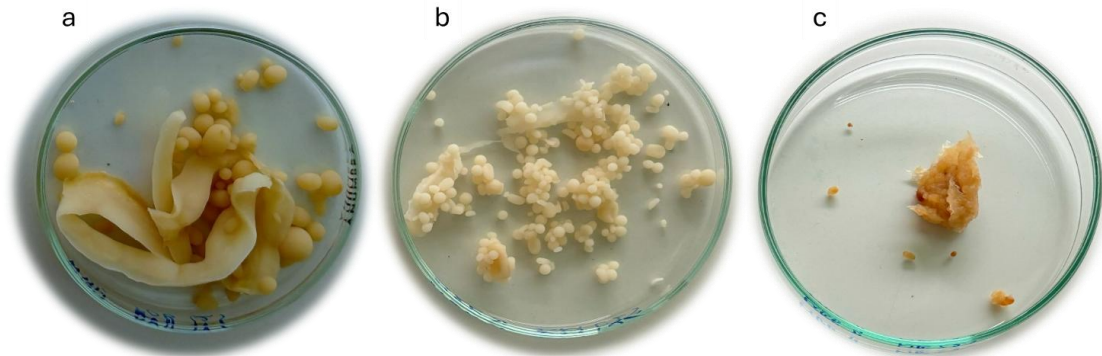
Seçilen 3 suşun farklı sıvı besiyerinde biyokütle üretim potansiyeli değerlendirildiğinde anlamlı farkların olduğu görülmüştür. PDB, DM ve NB besiyerlerinde üretilen yaş *Morchella* spp. biyokütle miktarları Çizelge 4.4'te özetlenmiş, detaylı veri ve istatistik analiz tabloları sırasıyla EK-6 ve EK-7'de paylaşılmıştır. Analiz sonuçlarına göre farklı suşların ve besiyerlerinin yaş biyokütle üzerine etkileri anlamlı bulunmuş ve en yüksek yaş biyokütle ağırlığı tüm suşlar için PDB besiyerinde ve anlamlı seviyede farkla *M. sextelata* M 14-1 ile sağlanmıştır. Literatürde sıvı ortamda misel üretimine ilişkin yapılan ilk çalışmalarda kuru madde bazında verimin 10-25 g/L seviyelerinde olduğu belirtilmiştir (Gilbert, 1960). Besiyeri bileşimi, fermentasyon sıcaklığı ve süresi, çalkalama (havalandırma) hızı vb. parametrelerdeki farklılık literatürde *Morchella* türleri ile yapılan sıvı kültür misel üretimi ile ilgili çalışmalarda sağlanan verim değerlerinin kıyaslanmasını engellemektedir. Bununla birlikte çalışmada yaş bazda elde edilen verim değerlerinin 120 g/L değerine ulaştığı dikkate alınırsa Gilbert et al. (1960) belirtilen alt sınıra yakın seviyede üretim yapıldığı değerlendirilebilir. Rahgo vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, *M. fluvialis* suşunun farklı karbon ve azot kaynakları içeren besiyeri ortamında ürettiği biyokütle verimliliği değerlendirilmiştir. Optimum koşullarda kuru madde bazında 2.2 g/100 mL biyokütle ürettiği belirtilmiştir. Bir başka çalışmada sıvı besiyerinde geliştirilen *M. esculenta* suşunun kuru madde bazında biyokütle üretim verimliliği 2.64 g/100 mL olarak hesaplanmıştır (Chen vd., 2025). Tez çalışması kapsamında farklı besiyerinde (PDB) geliştirilen izolatların kuru bazda yaklaşık olarak 0,77-1,15g/100mL arasında biyokütle ürettiği söylenebilir. Bu farklılığın *Morchella* türlerinin farklılığı ve besiyeri bileşimi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. Seçilmiş *Morchella* sp. suşları ile farklı besiyerlerinde elde edilen yaş biyokütle miktarları

Besiyeri	<i>M. importuna</i> MBD4	<i>M. mediterraneensis</i> MBD3	<i>M. sextelata</i> M 14-1
PDB	6.24 ^{Ba} ± 0.87	4.76 ^{Ba} ± 0.5	7.21 ^{Aa} ± 0.00
DM	2.11 ^{Bb} ± 0.63	1.12 ^{Bb} ± 0.06	7.71 ^{Ab} ± 0.27
NB	1.20 ^{Bc} ± 0.92	0.63 ^{Bc} ± 0.11	1.68 ^{Ac} ± 1.25

Ortalama ve sapmalar iki paralel üretimden elde edilen yaş biyokütle ağırlıkları (g) kullanılarak hesaplanmıştır. A, B ve C harfleri türler arası farklılığı, a, b ve c harfleri besiyerleri arasındaki farklılığı ifade etmektedir ($p < 0.5$).

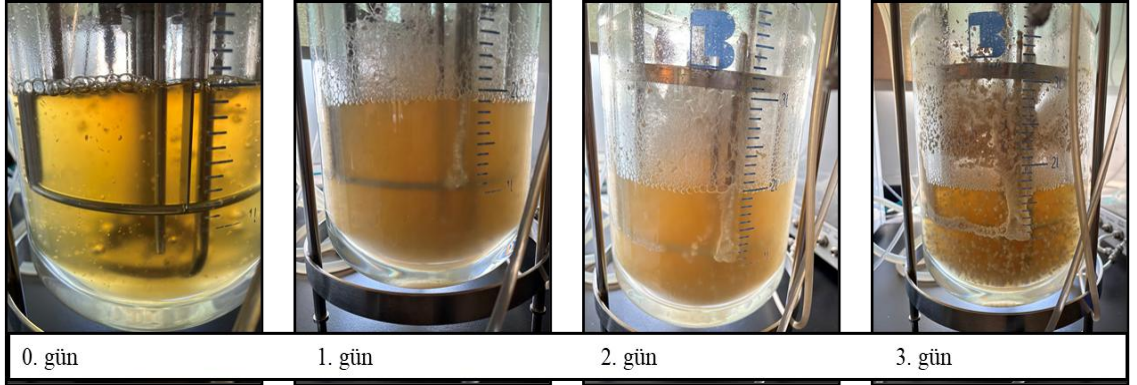
Sıvı kültürde geliştirilen örneklerin farklı besiyerlerinde farklı misel yapıları oluşturduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.12). Mantar misellerinin fiziksel özellikleri inkübasyon koşullarından (pH, karbon kaynağı, karıştırma hızı, ışık, oksijen miktarı vb.) önemli ölçüde etkilenmektedir (Lu vd., 2024; Popa vd., 2021). Cheng vd. (2023) yaptıkları çalışmada *Pleurotus* sp. misel peletlerinin verimliliğini arttırmak için besiyeri optimizasyonu yapmış ve PDB ortama yapılan zeytinyağı, kalsiyum karbonat, maya ekstraktı ve soya unu ilavesi ile biyokütle verimliliğinin artırılabilirliğini gösterdikleri çalışmada Tween 80 ilavesinin de daha tek düze ve düzgün şekilli misel peletleri sağladığını belirtmişlerdir. Üretilen misel örneklerinin pelet morfolojisine ilişkin farklılığın, inkübasyon koşulları (sıcaklık, çalkalama hızı, ışık) değişken olmadığı için besiyerindeki karbon kaynağı ve besiyeri pH'sı ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir. PDB ve DM'de ilave glikoz içerirken, NB besiyerinde glikoz ilavesi yapılmamış olması ve üç besiyerinin pH değerlerinin farklı oluşu besiyerleri arasındaki temel bileşimsel fark olarak dikkat çekmektedir. Bu durum hem ilerleyen paragraflarda değerlendirilen hem biyokütle verimi hem de pelet morfolojisi açısından farklılığa neden olmuştur.



Şekil 4.12. *M. importuna* MBD 4 suşunun (a) PDB (b) DM ve (c) NB besiyerlerinde oluşturduğu misel morfolojileri

M. sextelata M 14-1 ile PDB besiyerinde fermentör üretimleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.13). Dört günlük fermentasyon sonucunda toplam 186.6 g (93.3 g/L) yaş biyokütle elde edilmiştir (Şekil 4.14). Şekil 4.13'te görülebileceği üzere başlangıçta bulanık olan besiyeri, fermentasyon sonunda daha bulanık hale gelmiştir (Şekil 4.15). Mikroskopik incelemenin potansiyel bakteri kontaminasyonu şeklinde değerlendirilmesi

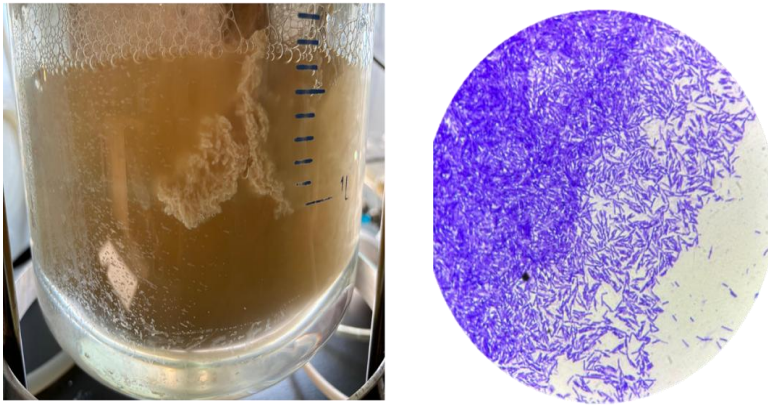
üzerine bu suş ile fermentör üretimi yapılmaması ve daha berrak bir sıvı oluşturan NB ile üretim yapılması kararlaştırılmıştır.



Şekil 4.13. *M. sextelata* M 14-1 kodlu örneğin fermentördeki gelişim süreci



Şekil 4.14. Fermentörde üretilen *M. sextelata* M 14-1 yaş biyokütle görüntüsü



Şekil 4.15. M 14-1 kodlu örneğin gelişimi sırasında PDB besiyerinde karşılaşılan bulanıklık (solda) ve örneğin 40× objektif kullanılarak basit boyama ile elde edilen mikroskopik görüntüsü (muhtemel bakteri kontaminasyonu) (sağda)

Üretici suş seçiminin yeniden değerlendirilebilmesi ve NB besiyerinin kısmi optimizasyonu için glikoz ve melas ile değişen oranlarda ikame yapılmıştır. Bu şekilde tekrarlanan çalkalamalı inkübasyon ile *M. importuna* MBD 4, *M. mediterraneensis*

MBD 3 ve *M. sextelata* M 14-1 ile NB besiyerinde farklı oranlarda glikoz ve şeker kamışı melası ilavesi yapılarak biyokütle üretimi yapılmıştır. Çizelge 4.5'te yaş biyokütle üretim miktarları, EK-8'de ve EK-9'da sırasıyla ham veriler ve istatistiksel değerlendirme tablosu sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Farklı oranlarda glikoz veya melas ilavesi ile NB ortamında üretilen yaş biyokütle miktarları

	Yaş Biyokütle (g)					
	Glikoz oranı (%w/v)			Şeker kamışı melası (%w/v)		
	1%	5%	10%	0%	2%	4%
MBD 3	1.04 ^{Ca} ± 0.27	1.69 ^{Ca} ± 0.74	0.23 ^{Ca} ± 0.01	0.01 ^{Cc} ± 0.01	9.96 ^{Ba} ± 0.28	7.42 ^{Bb} ± 0.44
MBD 4	1.86 ^{Ba} ± 0.62	2.15 ^{Ba} ± 0.02	2.49 ^{Ba} ± 1.27	0.21 ^{Bc} ± 0.03	17.14^{Aa} ± 1.10	12.45 ^{Ab} ± 0.25
M 14-1	4.12 ^{Aa} ± 0.41	4.01 ^{Aa} ± 0.23	2.91 ^{Aa} ± 0.43	0.23 ^{Ac} ± 0.08	4.59 ^{Ca} ± 2.18	4.22 ^{Cb} ± 3.66

Ortalamalar ve sapmalar iki paralel üretimden elde edilen yaş biyokütle ağırlıkları (g) kullanılarak hesaplanmıştır. Glikoz oranı ve şeker kamışı melası bağımsız iki grup olarak karşılaştırılmıştır. A, B ve C harfleri türler arası (sütun) anlamlı farklılığı ($p < 0.05$), a, b ve c harfleri ise besiyerlerindeki konsantrasyon değişiminden kaynaklı (sıra) anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p < 0.05$).

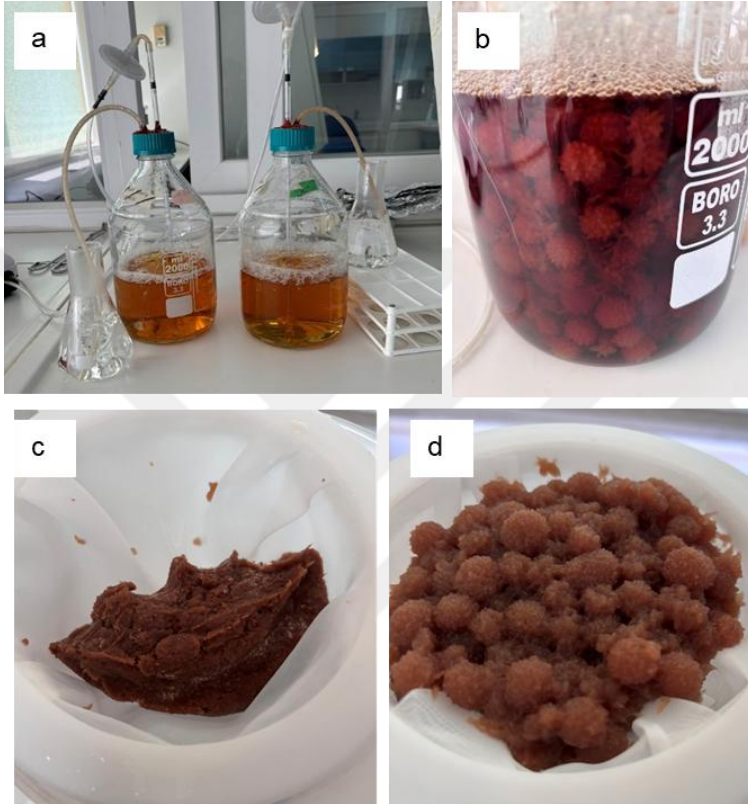
NB besiyerine eklenen glikoz oranlarının yaş biyokütle miktarında anlamlı bir değişim yaratmadığı gözlenmiştir ($p > 0.05$). Ancak seçilen *Morchella* türleri ile üretilen yaş biyokütle miktarları arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. NB besiyerine farklı oranlarda melas ilavesinin yaş biyokütle üzerine etkileri incelendiğinde melas oranının ve seçilen *Morchella* suşunun yaş biyokütle üretimine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).

En yüksek yaş biyokütle üretimi %2 şeker kamışı melası ilave edilmiş NB besiyerinde geliştirilen *M. importuna* MBD 4 suşu ile sağlanmıştır (Çizelge 4.5). Seçilen MBD 4 örneği %2 melas ilaveli NB besiyerinde geliştirilmiş ve inkübasyon sonunda berrak besiyerinde misel gelişimi sağlanmıştır. Üretilen hücrelerin mikroskop görüntüleriyle kontaminasyon riskinde olmadığı değerlendirilmiştir (Şekil 4.16). Bu sebeple bu suş ve besiyeri kullanılarak büyük ölçekli üretimler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.16. *M. importuna* MBD 4 kodlu örneğin %2 melas içeren NB besiyerinde gelişimi (solda) ve miselyumun 40× objektif kullanılarak elde edilen mikroskopik görüntüsü (sağda)

Yığın biyokütle üretimleri, *M. importuna* MBD 4 mantar miselleri ve %2 melas içeren besiyeri kullanılarak modifiye edilmiş şişelerde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.17.a). Beş günlük inkübasyon sonunda, mantar misellerinin homojen olmayan büyüklüklerde, en büyükleri yaklaşık 1-1.50 cm çapına ulaşan, dış yüzeyi kalın ve saçaklı yapı olarak tarif edilebilecek şekilde geliştiği görülmüştür (Şekil 4.17.b). Süzülen misel peletleri süngerimsi yapı göstermiş; sıkıştırılarak besiyeri uzaklaştırıldıktan sonra (Şekil 4.17.c) su ile durulama işlemi ile tekrar eski şekline dönme eğiliminde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.17.d).



Şekil 4.17. (a) Şişe fermentörü modifikasyonu (b) 1.5 L besiyerinde inkübasyon sonrasında misel gelişimi ve (c) baskı ile süzölmüş *M. importuna* MBD 4 misel peletleri ve (d) durulama işlemi sonrası tekrar şişen misel peleti görüntüleri

Tez çalışmasının sonraki aşamalarında kullanılmak üzere farklı zamanlarda toplam 21 şişe fermentasyon üretimi gerçekleştirilmiştir. *M. importuna* MBD 4 suşu kullanılarak, toplamda yaklaşık 5.01 kg yaş misel biyokütlesi üretimi sağlanmış olup, yaş bazda ortalama 159.24 ± 26.02 g/L biyokütle elde edilmiştir. Üretilen biyokütlenin muhafazası ve dehidrasyonu için -86°C 'de hızlı dondurma işlemi uygulanmış ardından -20°C 'de muhafaza edilmiştir. Bölüm 3.7.1'de köfteye ilave edilecek misele uygulanan süzme işlemi serbest suyun bir kısmının uzaklaştırılarak kitle ağırlığının azalmasına, kuru madde içeriğinin yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu şekilde işlem görmüş üründe biyokütle verimi hesaplandığında %26 civarında kayıpla 112 g/L biyokütle verimi belirlenmiştir.

Pilafidis vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada arasında *Morchella* türlerinin de bulunduğu 8 farklı yenilebilir mantar cinsinden elde edilecek miselyum biyokütlelerinin

farklı karbon kaynağı içeren ortamlarda geliştirilmesi araştırılmıştır. *Morchella* türlerinden *M. esculenta*, *M. rotunda* ve *M. conica*, bira mayşesi atığı ve şarap damıtma atıkları içeren sıvı besiyerlerinde 25 günlük inkübasyon ile geliştirilmiş ve en yüksek biyokütle üretimi bira mayşe atığından geliştirilen *M. esculenta* türünden (18.3 g/L) sağlanmıştır. Dedousi vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, *M. rotunda*, *M. vulgaris* ve *M. conica* kültürlerini statik ve çalkalamalı inkübasyon ile glikoz, şeker pancarı melası ve her iki bileşenin farklı oranlarda eklenmesiyle hazırlanmış besiyerlerinde 5-10 gün süreyle geliştirilmiştir. *Morchella* türlerinin gelişim ortamına melas eklenmesinin biyokütle üretimini önemli ölçüde arttırdığı belirtilerek en yüksek biyokütle eldesinin *M. conica* (18.10 g/L) türünün çalkalamalı ortamda geliştirilmesiyle elde edildiği belirlenmiştir. Tez çalışmasında elde edilen yaş biyokütle doğrudan hibrit köfte üretiminde kullanılacağı için, misel dokusuna zarar vermemek amacıyla kısa süreli süzme ve yıkama işlemine tabi tutulmuş, diğer çalışmalardaki gibi vakum filtrasyonla besiyerinden ayrıştırılmamıştır. Ancak *M. importuna* MBD 4 örneğinin kuru madde içeriği baz alındığında tahmin edilen kuru madde bazında biyokütle ağırlığı yaklaşık 5.31 g/L olarak hesaplanabilir. Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda kullanılan suşun, inokülasyon tekniğinin, sıvı besiyeri bileşiminin, fermentör koşullarının, fermentasyon sürelerinin farklı olduğu dikkate alındığında tez kapsamında gerçekleştirilen üretimle sağlanan verimin daha önce yürütülmüş çalışmalar ile kıyaslanabilir seviyede olduğu değerlendirilmiştir. İleride yürütülebilecek optimizasyon çalışmaları verimde daha yüksek seviyelere ulaşılabilmesini sağlayabilecektir.

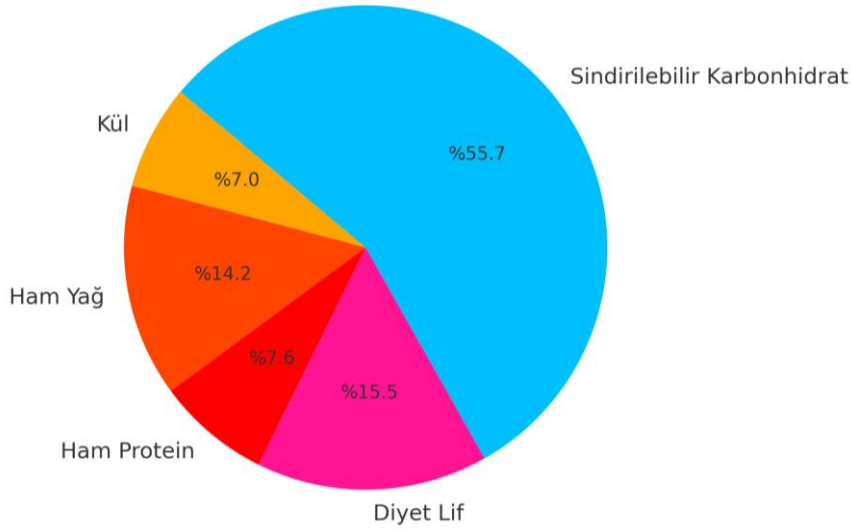
4.4. Biyokütlenin Bileşimi

4.4.1. *M. importuna* MBD 4 misel biyokütlesi temel bileşimi

Biyokütlerde temel bileşen analizleri sonuçları ayrıntılı olarak EK-10'da verilmiştir. Yaş örnek bazında besin bileşimi Çizelge 4.6'da özetlenmiştir. Kuru madde bazında ham protein, ham yağ, kül, toplam diyet lif ve toplam karbonhidrat (diyet lif hariç /sindirilebilir) ve toplam diyet lif içeriği Şekil 4.18'de grafik üzerinde gösterilmiştir. Ortalama nem içeriği %96.7 toplam kuru madde içeriği ise %3.3 olarak belirlenmiştir. Misellerin ortalama çözünme kaybı ise ortalama %27.62 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.6. *M. importuna* MBD 4 yaş biyokütlesinin temel besin bileşimi

Besin Bileşimi	Yüzde (g/100g)
Nem	96.68
Kül	0.23
Ham yağ	0.47
Ham protein	0.25
Toplam diyet lif	0.51
Sindirilebilir karbonhidrat	1.85
Enerji (kkal/100 g)	12.63



Şekil 4.18. *M. importuna* MBD 4 biyokütlesinin kuru madde bazında temel besin bileşimi

Çizelge 4.7. Donuk *M. importuna* MBD 4 biyokütlesinin çözündürülmesi işlemi ile gerçekleşen kayıp

Çözünmüş misel (g)	Salınan su miktarı (g)	Süzülmüş misel ağırlığı (g)	Kayıp (%)
206.40	55.12	151.28	26.71
254.65	65.39	189.26	25.68
243.57	74.22	169.35	30.47
Ortalama			27.62

Makro mantarların temel besin bileşimi, tür ve cinslere göre değişkenlik göstermesinin yanı sıra, mantarın formunun (miselyum ve/veya meyve gövdesi), gelişim evresinin ve gelişim ortamının da besin bileşimi üzerine önemli etkileri bulunmaktadır (Su vd., 2022). *Morchella* türlerinin meyve gövdeleri ve misel yapılarının besin bileşiminin kuru madde üzerinden, Çizelge 2.5'te detaylandırılmıştır. Özetle kuzugöbeği mantar türlerinde %8-36 ham protein, %2-12 ham yağ, %6-18 kül, %4-28 diyet lifi, %6-44 sindirilebilir karbonhidrat ve %37-80 toplam karbonhidrat bulunduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Misel çalışmalarında bileşim araştırmaları da yapılmış, Kim vd. (2011) modifiye ettikleri PDBYMS besiyerinde *A. bisporus* misellerini geliştirmiş ve temel besin parametrelerini (ham yağ (%14.91), kül (%8.28), ham protein (32.46), toplam karbonhidrat (%44.35)) incelemiştir. Araştırmacıların bulduğu değerler, tez kapsamında belirlenmiş değerlerle benzerlik göstermektedir. Yu vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada yenilebilir mantarlardan olan *Lentinula edodes* miselyumunun yağ asidi içeriği incelenmiştir. Çalışma sonucunda ilgili miselyumun çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple et ikamesi olarak kullanım olanağının yüksek olduğu vurgulanmıştır. Üretilen *M. importuna* MBD 4 suşunun protein ve kül içeriğinin literatürden elde edilen verilerle paralellik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca ham yağ ve

sindirilebilir karbonhidratlar bakımından *M. importuna* MBD 4 biyokütlesinin daha zengin olduğu tespit edilmiştir.

4.4.2. Toplam protein içeriği (Bradford)

Toplam protein analizi için kullanılan BSA standart eğrisi EK- 11’de verilmiştir. *M. importuna* MBD 4’e ait toplam protein analizi için sonuçları kalibrasyon eğrisinin eğim formülü ile hesaplanmıştır. İki paralelli yapılan ölçümler sonucunda 595 nm’de absorbans değerleri belirlenmiş ve toplam protein içeriği BSA eğrisi ile 5.20 ± 0.5 g/L (%5.7 w/w) olarak hesaplanmıştır.

Tez çalışması kapsamında *M. importuna* MBD 4 suşunun ham protein içeriği Kjeldahl metoduyla %7.6 olarak değerlendirilmiştir. Bradford yöntemiyle belirlenen toplam protein içeriği ham protein değerinden daha düşük bulunmuştur. Bu durum, mantarların birçok protein dışı bileşikler içermesinden kaynaklanmaktadır (Fujihara vd., 1995). Mantar bileşimindeki nükleik asitler (DNA ve RNA), serbest amino asitler (glutamik asit, aspartik asit, arginin ve lizin gibi), kitin, alkoloidler ve diğer azotlu ikincil metabolitler nedeniyle, ham protein içeriği toplam protein içeriğinden daha yüksek bulunabilmektedir (Bhambri vd., 2022; Ivshina vd., 2009; Jiang vd., 2023; Phan vd., 2018; Zorrilla ve Evidente, 2022).

Morchella misellerindeki protein içeriği gelişme ve stres koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Mu vd. (2024) yaptıkları çalışmada farklı stres koşullarındaki (Kongo Kırmızısı, H₂O₂ veya NaCl varlığı) protein içeriklerini karşılaştırmıştır. Ortamda H₂O₂ veya Kongo Kırmızısının bulunması protein içeriğinin 2-6 kat arttırdığını tespit etmişlerdir.

Dedousi vd. (2021) yaptıkları çalışmada melas ilaveli (yaklaşık %5) besiyerinde geliştirdikleri *Morchella* türlerinin protein içeriklerini incelemiş ve en yüksek toplam protein içeriğinin %7.6 (w/w) ile *M. rotunda* örneğinden elde edildiğini bildirmiştir. Çalışma kapsamında vurgulanan bir diğer önemli nokta ise çalkalamalı kültür fermentasyonu ile üretilen misellerin protein içeriklerinin statik kültür fermentasyonu ile üretilenlerden daha yüksek bulunmuş olmasıdır. Ayrıca glikoz içeren besiyerlerinde geliştirilen kültürlerin toplam protein içerikleri %1.6-4.9 (w/w) arasında değişkenlik gösterirken, melas ilaveli ortamlarda geliştirilen misellerin toplam protein içerikleri %3.1-7.6 arasında olduğu belirlenmiştir. Tez çalışmasında elde edilen toplam protein içeriğinin bahsedilen çalışmada elde edilenden daha yüksek olduğu görülmektedir. Besiyerine karbon kaynağı olarak melas ilavesinin, toplam protein miktarı üzerine glikozdan daha olumlu bir etki sağladığı söylenebilir.

4.4.3. Kitin içeriği

M. importuna MBD 4 örneğine ait kitin analizi sonuçları EK-12’de verilmiştir. Hesaplamalar sonucunda örneğin kitin içeriği kuru madde üzerinden 10.21 ± 2.5 (w/w) olarak hesaplanmıştır.

Mantarların meyve gövdesinin farklı kısımlarında ve misel formunda kitin içerikleri farklılık göstermektedir. Yapılan araştırmalar, mantar gövdesinin %8-43 oranında kitin içerirken miselyum yapının görece daha düşük (%3-35) oranda kitin

içeriğine sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Jones vd., 2020). Kitin, selülozdan sonra doğada en yaygın bulunan biyopolimerdir. Biyobozunur, biyouyumlu olması ve toksik olmaması nedeniyle kitin ve kitosan, biyomedikal, tarım, gıda işleme, su arıtma ve doku mühendisliği gibi birçok endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Hücre duvarı yapısında önemli miktarda kitin içermelerinden dolayı mantarlar, kitin ve türevlerinin sentezlenmesi için sıklıkla kullanılmaktadır (Triunfo vd., 2022). Yapılan bir çalışmada *A. bisporus*, *Auricularia auriculajudae*, *L. edodes*, *T. versicolor*, *Armillaria mellea*, *P. ostreatus* ve *P. eryngii* misellerinin kitin içeriklerinin kuru madde bazında %8.5-19.6 aralığında değişiklik gösterdiği bulunmuştur (Di Mario vd., 2008). Bir başka çalışmada ise *Armillariella mellea* ve *M. esculenta* mantarlarının meyve gövdelerinden elde edilen kitin miktarı sırasıyla %70 ve %50 olarak bulunmuştur (Ivshina vd., 2009). Misel hücrelerinde her ne kadar daha düşük kitin içeriği bulunsun da meyve gövdesinin yanısıra *Morchella* türlerinin de kitin üretici organizma olarak değerlendirilme potansiyeli yüksektir.

4.5. Hibrit Köfte Üretimi ve Analizleri

4.5.1. Hibrit köfte üretimi

Farklı misel oranlarıyla hazırlanmış olan köfte örnekleri misel içeriklerine göre Kontrol (misel ilavesi olmayan, %100 kıyma), M25 (%25 misel + %75 kıyma), M50 (%50 misel + %50 kıyma) ve M75 (%75 misel + %25 kıyma) olarak kodlanmış ve pişirilmiştir. Pişirme işlemi sonunda hibrit ve kontrol köfte örneklerinin merkez sıcaklığının 65-75 °C olduğu tespit edilmiştir. Pişme seviyesi et için ulaşılan merkez sıcaklık kategori değerlendirmesi ile ‘orta iyi pişmiş’ olarak belirlenmiştir. Yabani *Morchella* türlerinin taaminin yenen türler olduğu ancak muhtemel olarak içerebilecekleri toksik bileşenlerin ısıl inaktivasyonu için mantarın pişirilerek tüketilmesi önerilmektedir. Halihazırda toksik bileşiklerin ne olduğuna ilişkin kapsamlı araştırmaların olmadığı, ancak bunların biyokütlerde varlık göstermiyor olabileceği de değerlendirilebilir. Li et al. (2022) deney hayvanlarında yürüttükleri bir çalışmada *Morchella* sp. çığ (liyoflize toz) misel biyokütlesinin toksik olmadığını, NOAEL (no-observed-adverse-effects) dozunun 3 g/kg/gün seviyesinde olduğunu, dolayısıyla materyalin yenilikçi gıda üretiminde kullanılabileceğini rapor etmiştir. Yine de bu çalışmada çığ tüketimden sakınmak için pişirme işleminde merkez sıcaklığın en az 65 °C olması sağlanmıştır.

Köfte hamurları herhangi yardımcı materyale (kıvam arttırıcı, yağ) ihtiyaç duyulmadan karılabilmiş, şekillendirilebilmiş ve pişme yüzeyine aktarılabilmiştir. Pişirme sırasında köftelerin tamamı şekillerini korumuş, parçalanmadan çevrilebilmiştir. Mantar miseli ilavesiyle hazırlanan hibrit köftelerin çığ ve pişmiş görüntüleri Şekil 4.19’da verilmiştir. Pişirme sonrası oluşan fiziksel değişimler ve şekil değişiklikleri Bölüm 4.6.3’te tartışılmıştır.



Şekil 4.19. Çiğ (üstte) ve pişmiş (pişmiş) hibrit köfte görselleri; soldan sağa: Kontrol (misel ilavesiz), %25 misel ilaveli köfte (M25), %50 misel ilaveli köfte (M50) ve %75 misel ilaveli köfte (M75)

4.5.2. Köftelerin pişme kayıplarının belirlenmesi

Farklı oranlarda misel ile hazırlanmış olan hibrit köftelerin pişirme kayıpları, su tutma kapasitesi ve çap ve kalınlık değişimleri ortalamaları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Analizlere ilişkin ham veriler EK-13-15’te paylaşılmıştır.

Çizelge 4.8. Hibrit köfte örneklerin pişirme kaybı değerleri ve su tutma kapasitesi

Örnek	Pişirme Kaybı (%)	Su Tutma Kapasitesi (%)	Çap Değişimi (%)	Kalınlık Değişimi (%)
Kontrol	34.67 ^a ±1.15	65.33 ^a ±1.15	21.74 ^{ab} ±2.90	-45.95 ^a ±6.23
M25	42.01 ^a ±0.00	57.99 ^a ±0.00	22.49 ^a ±4.13	-37.84 ^a ±8.35
M50	60.00 ^b ±11.31	40 ^b ±11.31	18.85 ^{bc} ±2.41	-13.15 ^b ±1.06
M75	62.00 ^b ±2.83	38 ^b ±2.83	17.37 ^c ±2.23	18.04 ^c ±8.18

Ortalamalar ve standart sapmalar üç paralelli üretimlerden elde edilmiştir.

Üstel a, b, c ve d değerleri aynı sütundaki ortalamaların anlamlı farklılığını ifade etmektedir ($p < 0.05$)

K: Kontrol, M25: %25 misel ilaveli köfte, M50: %50 misel ilaveli köfte, M75: %75 misel ilaveli köfte

Pişirme sonrası kayıplar/değişmeler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (EK-17). Hibrit köfte bileşimine misel ilavesinin pişirme kaybını arttırdığı dolayısıyla örneklerin su tutma kapasitesini azalttığı anlaşılmaktadır. Bu durum mantar miselyumundaki serbest su içeriğinin etten daha yüksek olması ile açıklanabilir.

Hibrit köftelerin pişirme öncesi ve sonrası şekilsel özellikleri değerlendirildiğinde örnekler arası değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En düşük çap değişimi en yüksek seviyede ikame yapılan (M75 kodlu) köftede gözlenmiştir. Köfte harcına eklenen miselyum oranı arttıkça ürünün şeklini (daire) daha iyi korunduğu görülmüştür. Kontrol örneği pişirildiğinde kalınlaşmıştır (% kalınlık negatif değer almıştır). İkameli örneklerde ise misel oranı arttıkça kalınlık artışının azaldığı, hatta %75 misel ilaveli hibrit köftelerin pişme öncesine göre incelendiği gözlenmiştir. Bu durum misel oranı arttıkça örneğin su içeriğinin artması ve su tutma kapasitesindeki azalma ile ilişkili olduğu düşünülmüştür.

Miselyum içeren köfte örneklerinin (özellikle %50 ve %75 ikame yapılanlarda) pişme kayıpları yüksek olmakla birlikte şekil özelliklerini korumada daha başarılı olduğu söylenebilir. Literatürde *Morchella* mantarı veya *Morchella* biyokütlesi ile köftede pişme karakteristiklerini inceleyen yayına ulaşılamamıştır. Bununla birlikte köfte veya burger formülasyonlarında farklı mantarları (şapka ve/veya sap), bunların kurutulmuş/işlenmiş formlarını, hifli fungal biyokütleyi ikame amaçlı değerlendiren yayınlar bulunmaktadır (Gamarra-Castillo vd., 2022; Park vd., 2023; Sayeed Ibrahim ve Huda-Faujan, 2024). Doosh vd. (2020) yaptıkları çalışmada *P. ostreatus* basidiokarpını kurutarak elde ettikleri toz materyal ile %0, %10 ve %15 oranında ikame yaparak daha burger köftesi hazırlamıştır. Yaptıkları analizler sonunda %15 mantar tozu içeren hibrit köfte örneklerinin şekilsel değişiminin kontrol örneğine göre daha stabil olduğunu ve pişirme kaybı ve kalınlık değişiminin kontrol örneğinden daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacıların şekilsel değişimlere ait bulguları tez çalışması kapsamında elde edilen verilerle paralellik göstermiştir. Patinho vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada %5-15 aralığına ön işleme tabi tutulmuş (pişirme) ve öğütülmüş *A. bisporus* mantarı kullanarak hazırladıkları hibrit köftelerin pişirme sonrası fiziksel özelliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda mantar içeriği arttıkça, pişirme kaybının ve köfte çapındaki değişimin azaldığı tespit edilmiştir. Mantar materyalinin ön işlem ile hazırlanarak mevcut nem içeriğinin azaltılmış olması, ilgili çalışmadaki ağırlık kaybı azalışını açıklarken, tez çalışmasında kullanılan misel materyalinin nem içeriğinin başlangıçta da yüksek olması kontrol örneğine göre daha fazla ağırlık kaybına neden olmuştur. Mantarların kendileri veya biyokütlelerinin et ikamesi olarak değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Çalışmaların ortak hedefi nem içeriği yüksek olan mantardan sebep olan pişirme kaybını azaltmak için çeşitli bağlayıcı ajanları formülasyona dahil ederek optimum reçeteyi oluşturmaktır. Tez çalışması kapsamında oluşturulan hibrit köftelerin bileşiminde suyu tutacak materyal bulunmadığından, hesaplanan ağırlık kaybının daha fazla olduğu görülmüştür.

4.5.3. Hibrit köftelerin temel besin maddeleri

Farklı oranlarda misel içeren köfte örneklerinin ham yağ, ham protein, kül, kuru madde ve su içeriği değerleri Çizelge 4.9'da paylaşılmış, analiz sonuçlarına ilişkin ayrıntılı veriler EK-16'da verilmiştir. Köfte örneklerinin temel bileşim parametreleri tek yönlü ANOVA yöntemiyle analiz ediliş ve sonuçlar EK-17'de paylaşılmıştır.

Çizelge 4.9. Köfte örneklerinin temel besin bileşimleri

Örnek kodu	Yağ (g/100g)	Protein (g/100g)	Kül (g/100g)	Su (%)
Kontrol	35.30 ^a ± 0.45	22.84 ^b ± 4.51	1.46 ^a ± 0.06	55.10 ^d ± 0.22
M25	32.68 ^b ± 0.23	30.90 ^a ± 1.17	1.04 ^b ± 0.06	58.56 ^c ± 0.35
M50	25.94 ^c ± 0.11	32.33 ^a ± 2.15	1.05 ^b ± 0.05	62.81 ^b ± 0.43
M75	22.07 ^d ± 0.47	21.72 ^b ± 2.56	1.41 ^a ± 0.15	70.25 ^a ± 1.74

Ortalamalar ve standart sapmalar üç paralel veriden elde edilmiştir.

Üstel a, b, c ve d değerleri aynı sütundaki ortalamaların anlamlı farklılığını ifade etmektedir ($p < 0.05$)

K: Kontrol, M25: %25 misel ilaveli köfte, M50: %50 misel ilaveli köfte, M75: %75 misel ilaveli köfte

Kuru madde içerikleri karşılaştırıldığında %25 misel ilavesinin köftelerde kuru madde yüzdesini azalttığı, su içeriğini yükselttiği gözlenmiştir. Wan Rosli ve Solihah (2014) yaptıkları çalışmada %0-50 oranında öğütülmüş taze *P. sajor caju* ile tavuk

kıymasını ikame etmişler ve depolama sürecinde özelliklerini takip etmişlerdir. Mantar ilavesinin %50 oranına çıkmasıyla pişirilmiş hibrit tavuk köftelerinin su içeriklerinin de artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Ramle vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada farklı mantar örnekleri eklenerek hazırlanan hibrit köfte örneklerinin su içeriklerinin (%70-73) mantar içermeyen kontrol köfte örneğinin nem içeriğinden (%67) daha yüksek olduğu bulunmuştur. Tez çalışması kapsamında elde edilen veriler, literatürde taranan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Analiz sonuçlarına göre köfte örneklerine ilave edilen misel oranı attıkça yağ içeriklerinin istikrarlı ve anlamlı şekilde azaldığı görülmektedir. Literatürde hem mantar hem de misel biyokütle materyalleri ile köfte ürünlerinde ikame çalışmalarının yürütüldüğü görülmektedir. Genel olarak mantar/misel içeriğinin yağ içeriğini azaltıcı, bazı çalışmalarda yağ ikame maddesi olarak da değerlendirildiği anlaşılmaktadır (Patinho vd. 2021, Rangel-Vargas vd., 2021). Ramle vd. (2021) yaptıkları çalışmada *Flammulina velutipes*, *Hypsizygus tessellatus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus* ve *Pleurotus eryngii* mantar örneklerini kullanarak manda etinde yağ ikamesi olarak kullanım olanaklarını araştırmıştır. Köfte harcında kullanılan yağ (%10) yerine aynı oranda mantar ilavesi gerçekleştirilmiş ve elde edilen hibrit köftelerin besin bileşimleri analiz edilmiştir. Kullanılan mantarın çeşidine göre değişiklik göstermesiyle birlikte, mantar ilavesinin yağ içeriği azaltılmış ve daha sağlıklı hibrit et ürünü eldesine katkı sağladığı ortaya koyulmuştur. Cerón-Guevara vd. (2020) yaptıkları çalışmada *A. bisporus* ve *P. ostreatus* mantarlarının toz haline getirilerek et burgerde ikame denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre mantar tozlarının (%2.5 ve %5) kısmi olarak yağ ve tuz ikamesi olarak kullanılması, sodyum ve yağ içeriğini azaltmıştır. diyet lifi ve protein miktarını artırmıştır. Ayrıca, %2.5 oranında eklenen mantar unu, kabul edilebilir duyuşal özellikler suna Bulgular tez çalışmasında elde edilen çıkarımlarla benzerlik göstermektedir.

Misel ilavesinin hibrit köftelerin protein içeriğine etkisi incelendiğinde misel içeriğinin %50 oranına kadar katılmasının ham protein değeri üzerinde anlamlı bir değişiklik yaratmadığı, ancak misel oranı %75 seviyesine ulaştığında ham protein içeriğinde kontrol örneğine göre düşüşe sebep olduğu görülmektedir. Yüksek misel miktarı her ne kadar protein içeriğini azaltmış olsa da kabul edilebilir düzeyde protein içeriği sağlamaktadır. Cho ve Ryu (2021) tarafından yapılan çalışmada tam yağlı soya, buğday gluteni ve mısır nişastası ile elde ettikleri ekstrüde et analoguna farklı oranlarda (%0-12) *P. ostreatus* mantarı ilave etmiş ve protein içeriklerini karşılaştırmıştır. Karışımdaki mantar içeriği arttıkça ham protein değerinin yaklaşık %73'ten %53'e düştüğünü tespit etmişlerdir. Cerón-Guevara vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada mantar tozu ilavesinin ham protein içeriğini yükselttiği bulunmuştur.

Köfte örneklerine misel ikamesi yapıldığında mineral madde (kül) içeriğinin %25-50 (M25 ve M50) örneklerinde azaldığı, %75 ikame seviyesinde (M75) kontrol numunedeki seviye ulaşıldığı tespit edilmiştir. Rosli (2011) tarafından yapılan çalışmada tavuk köftelerine ikame edilen %25 ve %50 oranında *P. sajor caju* (PSC) mantarının, pişmiş hibrit köfte örneklerinin kül değerlerinde önce yükselişe (%25 PSC) ardından düşmeye (%50 PSC) sebep olduğu bulunmuştur. Bu anlamlı değişim, köfte pişirme işleminde oluşan pişme kayıplarına da bağlı şekilde, kısmen de olsa, kuru madde ve nem bileşimi ile ilişkilendirilebilir.

4.5.4. Renk analizi sonuçları

Pişişmiş örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri EK-18’de paylaşılmıştır. Son ürünlerdeki renk farklılıkları üzerine farklı oranlarda misal ilavesinin etkileri istatistik olarak değerlendirilmiş ve yapılan ANOVA analizi ile sonuçlar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (EK-18-19). ΔE ve h° değerleri ise Denklem 3.13 ve Denklem 3.14 yardımıyla hesaplanmıştır. Renk parametrelerinin ortalama değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Pişme sonrası örneklerin renk değerleri

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*	h°
K	33.02 ^a ±4.36	9.58 ^{ab} ±0.68	12.97 ^b ±0.91	0.00 ^b ±0.00	53.55 ^{ob} ±0.06
M25	34.01 ^a ±2.49	8.708 ^b ±1.1	16.37 ^a ±0.78	4.42 ^a ±1.07	62.01 ^{oa} ±0.05
M50	32.68 ^a ±2.6	9.99 ^a ±0.9	16.87 ^a ±0.76	4.72 ^a ±0.61	59.37 ^{oa} ±0.04
M75	28.21 ^b ±3.24	8.92 ^b ±0.89	12.78 ^b ±1.96	5.62 ^a ±2.54	55.09 ^{ob} ±0.05

Ortalamalar ve standart sapmalar on iki farklı noktadan yapılan değerlendirmeler sonucu hesaplanmıştır. Üstel a, b, c ve d değerleri aynı sütundaki ortalamaların anlamlı farklılığını ifade etmektedir ($p < 0.05$) K: Kontrol, M25: %25 misal ilaveli köfte, M50: %50 misal ilaveli köfte, M75: %75 misal ilaveli köfte

Ölçülen renk değerleri incelendiğinde; kontrol, M25 ve M50 örneklerinde L değerindeki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, ancak M75 örneğinde rengin aydınlık renk düzleminde siyah bölgeye yaklaştığı görülmektedir. Kontrol, M25 ve M75 örnekleri için kırmızı-yeşil renk düzlemini ifade eden a^* değerlerindeki farklılık istatistiksel olarak anlamsız bulunmuş olsa da kontrol ve M50 numaralı örneklerde yeşil renk düzlemine daha yakın olduğu görülmektedir. Mavi-sarı renk düzlemini ifade eden b^* değeri incelendiğinde M75 örneğinin kontrol örneğine benzer bir değerde olduğu, diğer iki köfte örneğinin renk düzleminde sarı tona daha yakın olduğu görülmüştür. İki renk arasındaki algılanabilir farkı ifade eden ΔE değeri kontrol örneği ve hibrit köfteler karşılaştırılarak elde edilmiştir. Hibrit köfte örneklerinin ΔE değerleri arasındaki farklılık incelendiğinde, mantar miseli eklenen pişişmiş hibrit köftelerinin hepsinin algılanan renklerinin kontrol örneğinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($\Delta E > 2.00$).

Wong vd. (2019) dana burgerde *A. bisporus* mantarı ve soya ikamelerinin son ürün özelliklerine etkilerini incelemiştir. Hem mantar ilavesinin hem de soya ilavesinin, burger örneklerinin L^* ve a^* değerleri üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığını ancak b^* (sarı renk) değerini % 10 azalttığını ifade etmişlerdir. Husain ve Huda-Faujan (2020) yatıkları çalışmada farklı oranda *P. sajor caju* mantarını imitasyon tavuk kaplamalı köfte (nugget) üretmek için değerlendirmişlerdir. Denenmiş tüm formülasyonlarda L^* değeri kontrol örneğine göre daha yüksek çıkarken a^* değerlerinde düşme olduğunu, b^* değerlerinde ise mantar ilavesinin anlamlı bir farklılık yaratmadığını ifade etmişlerdir. Yapılan bir çalışmada *Cordyceps militaris* mantarının meyve gövdesi kullanılarak hibrit köfte üretiminin son ürünün özelliklerine etkilerini incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre pişirme öncesi ve sonrasında L^* ve b^* değerinin arttığı, yüzeyinin pürüzsüz olduğu belirlenmiştir (Zou vd., 2022). Boylu vd. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada domuz etinden (pork) üretilen sosislerde farklı oranlarda taze ıstiridye mantarı ilavesinin renk ve diğer fiziksel özelliklere olan etkisi incelenmiştir. Bu çalışmaya göre, mantar ilavesi ile b^* değerini arttırdığı, L^* ve a^* değerlerini azalttığı görülmüştür. Atıf verilen bu et ikame

çalışmalarında renk parametrelerinin önemli bir kriter olduğu doğrulanmış olsa da kullanılan materyallerin (misel biyokütlesi olmayıp meyve gövdesi ve tavuk, domuz vb. farklı et türleri) ve pişirme yöntemlerinin tez çalışmasından farklı oluşu nedeniyle verilerin birebir kıyaslanması yapılamamıştır. Özetle, ilgili çalışmalarda ikame ürünlerde kontrol numunelerinden farklı renk parametre değerlerinin alındığı, tez çalışmasında da bulguların bu yönde oluştuğu belirtilebilir.

Hue (h) derecesi örnek renginin, renk uzayındaki bölgesini temsil eder. Buna göre 0° kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil ve 270° mavi bölgeyi temsil eder (Ruedt vd., 2023). Taze ette hue derecesinin 20-30° aralığında kırmızımsı rengi, pişmiş köftelerde hue derecesinin 40-60° aralığında kahverengimsi renge sahip olması beklenir (AMSA, 2012). Köftelerde hue dereceleri bu aralık içinde veya civarında olup, kontrol (K) ve en yüksek ikame oranı ile hazırlanan M75 örnekleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır. M25 ve M50 kodlu örneklerde ise kontrol örneğine göre sarı bölgeye daha yakın olduğu görülmüştür. Demircan vd. (2023), taze *Ganoderma*, *Lactarius* ve *Pleurotus* mantarları (meyve gövdesi) ile ikame edilen dana eti ile 3B baskı teknolojisi uygulayarak ürettikleri köfteleri yağda kızartarak pişirmiş, renk özelliklerini değerlendirmiştir. Hue derecelerinin 51-55° aralığında bulunduğu bu çalışmada elde edilen sonuçlar, tez kapsamında sağlanan hue dereceleri ile benzerlik göstermektedir.

Köfte ürünlerinde pişirme işleminin hem görsel hem de diğer duyuşal özelliklerin şekillenmesinde kritik rol oynadığı bilinmektedir. Bu değişimde temel mekanizma Maillard tepkimeleri ile ilgilidir. Maillard reaksiyon ürünlerinin, gıdaya uygulanan işlemlere bağlı şekilde oluştuğu ve hem faydalı etkilerinin olabileceği hem de bazılarının toksik özellik sergileyebileceği belirtilebilir (Kathuria vd., 2023; Tamanna ve Mahmood, 2015). Maillard tepkimeleri sonucunda oluşan nihai ürünlerin, kızarmış/ızgarada pişirilmiş etlerde, pişmemiş ette mevcut olan karbonhidrat ve azotlu bileşiklerden (amino asitlerden) ileri geldiği değerlendirildiğinde, ikame içeren köftelere dahil edilen misel biyokütlesinin reaksiyonların ilerleyişinde etki yapması beklenebilir (Sun vd., 2022). Kullanılan misel biyokütlesi bileşiminde bulunan protein, peptit ve serbest amino asitler ile besiyeri bileşiminde kullanılan (ve biyoküttelede bulunan, henüz sindirilmemiş, uygulanan yıkama ile uzaklaştırılamamış) serbest şeker içeriğinin bu reaksiyonların seyrini etkilemiş olduğu belirtilebilir. Elde edilen bulgular ileride yapılması muhtemel misel ikameli ürün geliştirme ve duyuşal analiz çalışmalarında fayda sağlayabilecektir.

4.5.5. Tekstür profil analizi (TPA) sonuçları

Pişmiş köfte örneklerinin ayrıntılı tekstür profil analizi (TPA) sonuçları EK-20’de verilmiştir. Tekstür parametrelerinin farklılığına ilişkin varyans analizi sonuçları EK-21’de paylaşılmış olup ortalama TPA sonuçları Çizelge 4.11’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.11. TPA parametrelerin ortalama değerleri

	Kontrol	M25	M50	M75
Sertlik (g Force) (hardness)	21,874.15 ^b ± 2,941.89	23,337.16 ^b ± 8.655.83	24,562.04 ^{ab} ± 15.976.24	36,454.95 ^a ± 17.090.28
Kırılgenlık (g Force) (fracturability)	13.85 ^a ± 5.85	13.61 ^a ± 5.17	8.57 ^a ± 4.88	10.32 ^a ± 4.73
Adhezyon (g Force. s) (adhesiveness)	-4.82 ^a ± 10.32	-1.06 ^a ± 0.97	-1.09 ^a ± 0.88	-169.76 ^b ± 152.40
Yaylanma (springiness)	0.86 ^a ± 0.01	0.79 ^b ± 0.03	0.65 ^c ± 0.07	0.71 ^c ± 0.10
Kohezyon (cohesion)	0.62 ^{ab} ± 0.03	0.57 ^b ± 0.04	0.62 ^{ab} ± 0.05	0.66 ^a ± 0.05
Sakızımsılık (gumminess)	13,487.56 ^b ± 1660.62	13,371.62 ^b ± 5310.73	14,796.91 ^{ab} ± 9408.11	24,545.12 ^a ± 12994.06
Çiğnenebilirlik (chewiness)	11,612.88 ^b ± 1390.66	10,527.26 ^b ± 4099.13	10,025.67 ^b ± 6874.36	18,298.20 ^a ± 11192.43
Esneklik (resilience)	0.26 ^a ± 0.02	0.23 ^a ± 0.03	0.26 ^a ± 0.04	0.28 ^a ± 0.1
Ortalamlar ve standart sapmalar dokuz tekrarlı analizlerden elde edilmiştir. Üstel a, b, c ve d değerleri aynı satırdaki ortalamaların anlamlı farklılığını ifade etmektedir ($p < 0.05$) K: Kontrol, M25: %25 misel ilaveli köfte, M50: %50 misel ilaveli köfte, M75: %75 misel ilaveli köfte				

Tekstür profil analizinde sekiz parametre değerlendirilmiştir (Çizelge 4.11). Kontrol ve hibrit köftelerin kırılmalık ve esneklik değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir. Sertlik dereceleri misel ikame oranı arttıkça artış göstermiş, yaylanma özelliği ise azalmıştır. Yaylanma değerinin azalması ürünün ilk sıkıştırmadan sonra eski formuna dönme yeteneğinin azaldığını gösterir. Adhezyon değeri M25 ve M50 örneklerinde ilave edilen misel oranı arttıkça azalmıştır ancak M75 örneğinde Çizelge 4.11’de ortalamanın büyük negatif değeri alması yapışkanlık olarak değerlendirilmiştir. Bu ortalama değeri için hesaplanan standart sapmanın büyük oluşu ham veriler arasındaki farklılıklardan ileri gelmiş, bu durum misel köftelerinin yüzey suyunu bağı gelişen gerilim kuvvetinden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Diğer bir deyişle, M75 örneğinde bulunan %70’in üzerindeki su içeriği köftelerin de yüzey etkileşimini arttırmıştır. İleride yürütülecek çalışmalarda bu seviyede ikame planlandığı takdirde formülasyonda su bağlayıcı hidrokoloidlerin kullanımı bu etkileşimi azaltabilecektir. Ağızda çiğneme ile ilişkilendirilebilecek önemli parametreler olan kohezyon, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değeri genel olarak %25-50 ikame seviyelerinde kontrol numune değerlerine yakın bulunmuş, %75 ikamede ise artış göstermiştir.

Kim vd., (2011), yaptıkları çalışmada *Agaricus bisporus* mantarını sıvı ortamda geliştirmiş ve elde ettikleri fungal biyokütle et analoğu olarak incelemiştir. Bu amaçla soya proteini veya kırmızı et ile üretilen köfte örnekleri ile misel kullanılarak hazırlanan köfte örneklerini tekstürel açıdan karşılaştırmıştır. Mantar miselyumlu et analogları, soya proteini kullanılarak hazırlanan et analoglarına kıyasla daha iyi dokusal özelliklere, daha yüksek sertliğe, esnekliğe ve çiğnenebilirliğe sahip olduğu belirtilmiştir. Zou vd. (2022), uyguladıkları karıştırma yönteminin (beating) miselyumdaki dokuların daha homojen karışmasını sağladığı, bu durumun da köftede daha lifli bir yapıyı desteklediğini belirtmiştir. Tekstür analiz değeri incelendiğinde yüksek sertlik, çiğneme kabiliyeti, yapışkanlık değeri elde edildiği görülmüştür. Patinho vd. (2021), yaptıkları çalışmada *Agaricus bisporus* mantarının farklı oranlarda dana burger hazırlamak için kullanmış ve yağ oranını azaltmayı denemişlerdir. Mantar miktarı arttıkça son ürünün nem içeriğinin arttığı ve pişirme ve şekil kayıplarının azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca sertliği ve çiğnenebilirliği daha düşük özellikte bir ürün elde edildiği ifade edilmektedir. Raf ömrü süresince mantar ilavesinin oksidatif stabilizasyonu desteklediği bildirilmiştir.

Hem et ürünlerinde hem de yenilikçi ikame ürünler arasında araştırılan kültür et ürünleri için mekanik özelliklerin tespitinde TPA, (WBSF vb.) alternatif yöntemlerden üstün bir yöntem olarak tarif edilmektedir (Soupeze vd., 2025). Literatürde hayvansal ürün içermeyen ve hibrit et ürünlerine olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmalarda tekstür parametresi özellikle duyusal kabul edilebilirlik için objektif değerlendirme yöntemlerinden birini oluşturmaktadır. Zou vd. (2023) protein kaynağı olarak ilave mantar ile modifiye ettikleri hayvansal içeriksiz köftelerde fungal ikamenin tekstür üzerinde olumlu etki oluşturduğunu ifade etmiştir. Köftede mekanik özelliklerin tüketici tercihlerini dikkate alan duyusal değerlendirmeler ile ilişkilendirilmesi önemlidir (Lee vd., 2024; Petrat-Melin & Dam, 2023). Arzu edilen tüketici beğenisini temin etmek üzere formülasyona ilave edilen bileşenlerle tekstürün düzenlenmesi gerekmektedir (Bakhsh vd., 2021). Tez çalışmasında formülasyonda ilave katkıların kullanılmadığı, misel oranı arttıkça sertliğin belirgin şekilde arttığı görülmüştür. Petrat-Melin ve Dam (2023) hibrit et geliştirmek üzere gerçekleştirdikleri çalışmada %40 civarında et içeren köfteye

10'dan fazla bileşen ilave etmiş, kontrol ete göre daha yumuşak hibrit köfteler elde etmişlerdir. Doğru bileşenler, katkı maddeleri ve formülasyon ile hayvansal etin tam viskoelastik doku spektrumunu başarılı şekilde taklit edebilen işlenmiş hibrit et ürünleri üretebilir (Dunne vd., 2025).



5. SONUÇLAR

Bu tez çalışması, sürdürülebilir protein kaynaklarına olan artan ilgi doğrultusunda, yenilebilir makrofungusların derin kültür fermentasyon yöntemiyle üretimine ve elde edilen biyokütlenin et ikame maddesi olarak kullanım potansiyeline ilişkin önemli sonuçlar ortaya koymuştur.

- Antalya ve civar bölgelerden toplam 143 farklı makrofungus basidiokarp/askokarp örneği toplanmıştır. Mantar örneklerinden alınan doku parçaları ile besiyerinde hif oluşumu sağlanmış, 11 mantar suşu için sürdürülebilir kültür izolatları elde edilmiştir.
- ITS 1 ve ITS 2 bölgeleri kullanılarak gerçekleştirilen moleküler analizler sonucunda 10 *Morchella* ve 1 *Pleurotus* cinsi kültür tür seviyesinde (*M. sextelata*, *M. eximia*, *M. mediterraneensis* ve *M. importuna*, *P. ostreatus*).
- Mantar hif kültürlerinin sıvı ortamda biyokütle üretim yetenekleri araştırılmış, çalkalamalı inkübatörde ve iki farklı fermentörde laboratuvar ölçekli üretim ile en yüksek biyokütle üretimi hedeflenmiştir. Farklı besiyeri ve kültür suşları ile yapılan üretim neticesinde melas ilaveli NB besiyeri ve üretici suş *M. importuna* MBD4 olarak belirlenmiştir.
- *M. importuna* MBD4 kültürü %2 şeker kamışı melası içeren NB ortamında biyoreaktörde gerçekleştirilen üretimde 160 g/L verim sağlanmıştır.
- *M. importuna* MBD 4 biyokütlesinin temel besin bileşimi belirlenmiştir. Kuru madde bazında biyokütlenin %7.6 ham protein, %55.7 sindirilebilir karbonhidrat, %15.5 diyet lifi, %7.0 kül ve %14.2 ham yağ içerdiği tespit edilmiştir. Bradford yöntemi ile gerçekleştirilen toplam protein tayini ham protein içeriğinden farklı (%33 düşük) bulunmuştur.
- Mantarlarda bulunan önemli biyoaktif bileşenlerden olan kitin içeriği, *M. importuna* MBD 4 suşunda analiz edilmiş ve seviyesi kuru bazda 10.2 g/100g olarak bulunmuştur.
- Dondurularak muhafaza edilen *M. importuna* MBD 4 biyokütlesi çözündürülüp serbest su uzaklaştırıldıktan sonra köfte denemelerinde kullanılmıştır. Formülasyonda yer alan dana kıymasını farklı oranlarda (%0, %25, %50 ve %75) ikame edecek şekilde hazırlanan harç ile köfte pişirme denemeleri yürütülmüştür.
- *M. importuna* MBD 4 misel biyokütlesi içeren hibrit köfte ürünlerinin temel bileşim ve fiziksel (pişme özellikleri, renk, tekstür) özellikleri araştırılmıştır. Köfte harcındaki misel oranı arttıkça ham protein içeriğinin aynı kaldığı veya arttığı, yağ içeriğinin ise önemli ölçüde azaldığı gösterilmiştir.
- Pişme etkisiyle tüm örneklerde geometrik özelliklerde ve ağırlıkta değişim gözlenmiştir. Pişme kayıpları misel ikame oranı arttıkça artmış, pişmeye bağlı şekilsel değişim ise misel ilaveli köftelerde daha iyi korunmuştur.
- Renk ve tekstür (TPA) analizleri çalışmada uygulanan formülasyonların bu özelliklere önemli etkisinin olduğunu göstermiştir. Kontrol örneğe yakınlık bakımından %50 misel ikameli köftelerin hem renk hem tekstür açısından benzer olduğu görülmüştür.

Bu çalışmayla, zengin besin bileşimine sahip yenilebilir makrofungusların sıvı besiyerinde geliştirilmesiyle elde edilen misel biyokütlesinin potansiyel gıda materyali olarak ve köfte üretiminde et ikame maddesi olarak kullanılabilir olduğu gösterilmiştir. Bu sayede, et tüketiminin hem sağlık kaygıları hem çevresel sürdürülebilirlik kaygılarıyla azaltılması yönünde hibrit köfte alternatiflerinin geliştirilmesi için katkı sunulmuştur. İleride yapılacak çalışmalar köfte duyusal ve tekstürel özelliklerini iyileştirmeyi hedef alabilecektir.

Farklı makro ve mikro bileşenleri ile mantarlar beslenmede işlevsel potansiyeli yüksek gıdalardır. Bu çalışmada üretim amaçlı kullanılan biyolojik materyal özgün şekilde sağlanmıştır. Ülkemizde yetiştiriciliği ticari ölçeklerde yapılmayan *Morchella* spp. ile sıvı kültürde üretim yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sunularak elde edilen materyal makro bileşenler bakımından değerlendirilmiştir. İleride planlanabilecek çalışmalar elde edilen yenilikçi materyalin bileşimsel karakterizasyonunu derinlemesine incelemeyi, üretim koşullarının bu yöndeki etkisi ile birlikte değerlendirmeyi hedefleyebilir. Ayrıca, misel biyokütlesinin model organizmalarda ve sonrasında klinik çalışmalarda fizyolojik etkilerinin araştırılması söz konusu olabilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Acay, H. (2018). Yenilebilen Yabani Mantar *Morchella esculenta* (L.) Pers.'nin Besinsel Kalitesi ve Biyoaktif Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *The Journal of Fungus*, 9(2), 95-105. <https://doi.org/10.30708/MANTAR.400027>
- Ahmad, M. I., Farooq, S., Alhamoud, Y., Li, C., & Zhang, H. (2022). A review on mycoprotein: History, nutritional composition, production methods, and health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 121, 14-29. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.027>
- Aksu, Ş., & Uygur, A. M. (2005). BAZI KAYIN MANTARI (*Pleurotus* spp.) TÜRLERİNİN ORGANİK OLARAK ÜRETİMİ ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 1-26. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/anadolu/issue/1771/21800>
- Ali, S., Imran, A., Fiaz, M., Khalid, A. N., & Khan, S. M. (2021). Molecular identification of True Morels (*Morchella* spp.) from the Hindu Kush temperate forests leads to three new records from Pakistan. *Gene Reports*, 23, 101125. <https://doi.org/10.1016/J.GENREP.2021.101125>
- Amoneit, M., Weckowska, D., Preiss, M., Biedermann, A., Gellrich, L., Dreher, C., & Schreiner, M. (2024). Public Perceptions of Alternative Protein Sources: Implications for Responsible Agrifood Transition Pathways. *Sustainability (Switzerland)*, 16(2), 566. <https://doi.org/10.3390/SU16020566/S1>
- AMSA. (2012). Meat color measurement guidelines. İçinde *American Meat Science Association*.
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis,. İçinde *Official Methods of Analysis* (18th bs). AOAC International.
- Assemie, A., & Abaya, G. (2022). The Effect of Edible Mushroom on Health and Their Biochemistry. *International Journal of Microbiology*, 2022, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2022/8744788>
- Bakhsh, A., Lee, S. J., Lee, E. Y., Sabikun, N., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. (2021). A Novel Approach for Tuning the Physicochemical, Textural, and Sensory Characteristics of Plant-Based Meat Analogs with Different Levels of Methylcellulose Concentration. *Foods 2021*, Vol. 10, Page 560, 10(3), 560. <https://doi.org/10.3390/FOODS10030560>
- Bakratsas, G., Polydera, A., Katapodis, P., & Stamatis, H. (2021). Recent trends in submerged cultivation of mushrooms and their application as a source of nutraceuticals and food additives. *Future Foods*, 4, 100086. <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2021.100086>
- Barea-Sepúlveda, M., Espada-Bellido, E., Ferreiro-González, M., Benítez-Rodríguez, A., López-Castillo, J. G., Palma, M., & Barbero, G. F. (2021). Metal concentrations in *Lactarius* mushroom species collected from Southern Spain and Northern Morocco:

- Evaluation of health risks and benefits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99, 103859. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2021.103859>
- Barreiro, C., Berger, R. G., Bordewick, S., Krahe, N.-K., & Ersoy, F. (2022). Mycelium vs. Fruiting Bodies of Edible Fungi-A Comparison of Metabolites. *Microorganisms* . <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071379>
- Bartholomai, B. M., Ruwe, K. M., Thurston, J., Jha, P., Scaife, K., Simon, R., Abdelmoteleb, M., Goodman, R. E., & Farhi, M. (2022). Safety evaluation of *Neurospora crassa* mycoprotein for use as a novel meat alternative and enhancer. *Food and Chemical Toxicology*, 168, 113342. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113342>
- Basu, S., Bose, C., Ojha, N., Das, N., Das, J., Pal, M., & Khurana, S. (2015). Evolution of bacterial and fungal growth media. *Bioinformation*, 11(4), 182. <https://doi.org/10.6026/97320630011182>
- Beltrán, J. A., & Bellés, M. (2019). Effect of Freezing on the Quality of Meat. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, 493-497. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22461-X>
- Beluhan, S., & Ranogajec, A. (2011). Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. *Food Chemistry*, 124(3), 1076-1082. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.081>
- Bentil, J. A., Thygesen, A., Mensah, M., Lange, L., & Meyer, A. S. (2018). Cellulase production by white-rot basidiomycetous fungi: solid-state versus submerged cultivation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(14), 5827-5839. <https://doi.org/10.1007/S00253-018-9072-8/TABLES/6>
- Berovic, M., & Podgornik, B. B. (2016). Cultivation of Medicinal Fungi in Bioreactors. *Çinde Mushroom Biotechnology* (ss. 155-171). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802794-3.00009-6>
- Bhambri, A., Srivastava, M., Mahale, V. G., Mahale, S., & Karn, S. K. (2022). Mushrooms as Potential Sources of Active Metabolites and Medicines. *Frontiers in Microbiology*, 13, 837266. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2022.837266>
- Borthakur, M., & Joshi, S. R. (2018). Molecular Characterization of Wild Mushrooms: A Paradigm Shift from Morphotyping. *Çinde B. P. Singh, Lallawmsanga, & A. K. Passari (Ed.), Biology of Macrofungi* (ss. 57-79). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02622-6_3
- Boylu, M., Hitka, G., & Kenesei, G. (2024). Sausage Quality during Storage under the Partial Substitution of Meat with Fermented Oyster Mushrooms. *Foods* 2024, Vol. 13, Page 2115, 13(13), 2115. <https://doi.org/10.3390/FOODS13132115>
- Bozok, F., Keskinç, İ., Akata, İ., Yazar, M., & Taşkın, H. (2020). Moleküler Yöntemlerin Kullanımı İle Türkiye Morchella (Kuzugöbeği) Genetik Çeşitliliğine

- Katkılar. *The Journal of Fungus*, 11(2), 142-157. <https://doi.org/10.30708/MANTAR.734871>
- Bulam, S., Üstün, N. Ş., & Pekşen, A. (2018). *Mushroom Foreign Trade of Turkey in the Last Decade*. November.
- Carlile, M. J., Watkinson, S. C., & Gooday, G. W. (2001). *The Fungi* (2. bs). Academic Press.
- Cerón-Guevara, M. I., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J. M., Bermúdez, R., Pateiro, M., Rodríguez, J. A., Sanchez-Ortega, I., & Santos, E. M. (2020). Effect of the addition of edible mushroom flours (*Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*) on physicochemical and sensory properties of cold-stored beef patties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(3), e14351. <https://doi.org/10.1111/JFPP.14351>
- Cerrone, F., & O'Connor, K. E. (2025). Cultivation of filamentous fungi in airlift bioreactors: advantages and disadvantages. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 109(1), 41. <https://doi.org/10.1007/S00253-025-13422-4>
- Chen, X., Wu, L., Lei, Y., Tang, H., Yan, Z., Zhu, S., Wen, T., & Zhu, Z. (2025). A polysaccharide from *Morchella esculenta* mycelia: Structural characterization and protective effect on antioxidant stress on PC12 cells against H₂O₂-induced oxidative damage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 298, 139886. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.139886>
- Cheng, C. Y., Wang, Y. S., Wang, Z. L., & Bibi, S. (2023). Innovative Approaches to Fungal Food Production: Mycelial Pellet Morphology Insights. *Foods*, 12(18), 3477. <https://doi.org/10.3390/FOODS12183477/S1>
- Cho, S. Y., & Ryu, G. H. (2021). Effects of Oyster Mushroom Addition on Physicochemical Properties of Full Fat Soy-based Meat Analog by Extrusion Process. *Food Engineering Progress*, 25(2), 85-94. <https://doi.org/10.13050/FOODENGPROG.2021.25.2.85>
- Çakmak, Ö., Ergene, E., Acaröz, U., & Aldemir, T. (2023). Yapay Et Üretiminde Teknolojik Gelişmeler ve Endüstrisinin Geleceği. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 14(1), 1-15. <https://doi.org/10.38137/vftd.1231634>
- Çelebi Sezer, Y. (2020). The investigation of the use of dried *Morchella conica* powder on lipid oxidation, colour, textural and sensory properties of sucuks during fermentation. *Acta Alimentaria*, 49(3), 330-338. <https://doi.org/10.1556/066.2020.49.3.12>
- David, A. (2023). Submerged Fermentation: The Versatile Process for Industrial Biotechnology. *Fermentation Technology*, 12(1), 1-1. <https://doi.org/10.4172/2167-7972.23.12.165>
- Dedousi, M., Fourtaka, K., Melanouri, E. M., Argyropoulos, D., Psallida, C., Diamantis, I., Papanikolaou, S., & Diamantopoulou, P. (2021). Detoxification of Molasses and Production of Mycelial Mass and Valuable Metabolites by *Morchella* Species.

- Applied Sciences* 2021, Vol. 11, Page 9481, 11(20), 9481.
<https://doi.org/10.3390/APP11209481>
- Deeming, C. (2021). World population prospects at the UN: our numbers are not our problem? İçinde *The Struggle for Social Sustainability: Moral Conflicts in Global Social Policy*. Policy Press.
<https://bristoluniversitypressdigital.com/edcollchap/book/9781447356127/ch007.xml>
- Demir, Y. (2023). Sığır Eti Üretiminde Su Ayak İzinin Değerlendirilmesi. *Aydın Gastronomy*, 7(1), 161-171.
https://doi.org/10.17932/IAU.GASTRONOMY.2017.016/gastronomy_v07i10011
- Demircan, E., Aydar, E. F., Mertdinc (Mertdinç), Z., Kasapoglu (Kasapoğlu), K. N., & Ozcelik (Özçelik), B. (2023). 3D printable vegan plant-based meat analogue: Fortification with three different mushrooms, investigation of printability, and characterization. *Food Research International*, 173, 113259.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113259>
- Demorest, H., Hinnenkamp, R., Cook-Shimanek, M., Troeschel, A. N., Yeh, M., Hallett, T.-P. C., Kuai, D., Daniel, J., & Winqvist, A. (2024). Outbreak Linked to Morel Mushroom Exposure — Montana, 2023. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 73(10), 219-224. <https://doi.org/10.15585/MMWR.MM7310A1>
- Dhar, B. L. (2017). Mushrooms and Human Civilization. *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*, 1-4.
<https://doi.org/10.1002/9781119149446.CH1>
- Di Mario, F., Rapanà, P., Tomati, U., & Galli, E. (2008). Chitin and chitosan from Basidiomycetes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 43(1), 8-12.
<https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2007.10.005>
- Dias, E. S., & de Brito, M. R. (2017). Mushrooms: Biology and Life Cycle. *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*, 15-33.
<https://doi.org/10.1002/9781119149446.CH3>
- Doosh, K., Tawfiq, N., & Mohammed, S. (2020). *Effect of partial replacement of beef meat with powdered of oyster mushroom Pleurotus eryngii (King oyster mushroom) on physical and sensory properties of meat burger*. 7, 388-400.
- Du, X. H., Wu, D. M., He, G. Q., Wei, W., Xu, N., & Li, T. L. (2019). Six new species and two new records of Morchella in China using phylogenetic and morphological analyses. *Mycologia*, 111(5), 857-870.
<https://doi.org/10.1080/00275514.2019.1640012>
- Du, X. H., Zhao, Q., & Yang, Z. L. (2015). A review on research advances, issues, and perspectives of morels. *Mycology*, 6(2), 78.
<https://doi.org/10.1080/21501203.2015.1016561>

- Dunne, R. A., Darwin, E. C., Perez Medina, V. A., Levenston, M. E., St. Pierre, S. R., & Kuhl, E. (2025). Texture profile analysis and rheology of plant-based and animal meat. *Food Research International*, 205, 115876. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2025.115876>
- Dynowska, M., Góral ska, K., Barańska, G., Troska, P., Ej dys, E., Suchar zewska, E., & Tenderenda, M. (2011). Importance of Potato-Dextrose Agar medium in isolation and identification of fungi of the genus *Fusarium* obtained from clinical materials. *Medical Mycology / Mikologia*, 18(3), 119-124. <https://openurl.ebsco.com/contentitem/asn:69707287?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:asn:69707287&crl=c>
- Eren, E., & Pekşen, A. (2016). Türkiye’de Kültür Mantarı Sektörünün Durumu ve Geleceğine Bakış. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(3), 189. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i3.189-196.595>
- Eren, R., Süren, T., & Kızıleli, M. (2017). Gastronomik Aç ıdan Türkiye’de Yenilebilir Yabancı Mantarlar Üzerine Kavramsal Bir Değerlendirme. *Turizm Akademik Dergisi*, 4(2), 77-89.
- Erguven, M., Yilmaz, O., Deveci, M., Aksu, N., Dursun, F., Pelit, M., & Cebeci, N. (2007). Mushroom poisoning. *The Indian Journal of Pediatrics*, 74(9), 847-852. <https://doi.org/10.1007/s12098-007-0151-6>
- Erol, İ., & Demir, N. (2024). Alternatif Protein Kaynaklarına İlişkin Gelişmeler, Mevzuat ve Denetim. İçinde K. Şahin (Ed.), *Alternatif Gıda Kaynakları* (ss. 47-77). Ankara Basım Yayın.
- Ersöz, F. (2022). *Pichia pastoris’te Rekombinant Kimozin Üretiminin Araştırılması* [Doktora Tezi]. Akdeniz Üniversitesi.
- FAO. (2025). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Fu, Q., Yang, J., Lv, L., Shen, T., Peng, Y., & Zhang, W. (2023). Effects of replacing chicken breast meat with *Agaricus bisporus* mushrooms on the qualities of emulsion-type sausages. *LWT*, 184, 114983. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2023.114983>
- Fujihara, S., Kasuga, A., Aoyagi, Y., & Sugahara, T. (1995). Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Some Common Edible Mushrooms. *Journal of Food Science*, 60(5), 1045-1047. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1995.TB06289.X>
- Gamarra-Castillo, O., Echeverry-Montaña, N., Marbello-Santrich, A., Hernández-Carrión, M., & Restrepo, S. (2022). Meat Substitute Development from Fungal Protein (*Aspergillus oryzae*). <https://doi.org/10.3390/foods11192940>
- Garcia-Ochoa, F., Santos, V. E., & Gomez, E. (2011). Stirred Tank Bioreactors. *Comprehensive Biotechnology, Second Edition*, 2, 179-198. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00108-2>

- Ghorai, S. (2022). Edible Mushroom: A Potent Producer of Industrial Enzymes. *JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH*, 66(01), 148-166. <https://doi.org/10.37398/JSR.2022.660116>
- Gilbert, F. A. (1960). The Submerged Culture of Morchella. *Mycologia*, 52(2), 201-209. <https://doi.org/10.1080/00275514.1960.12024895>
- Govorushko, S., Rezaee, R., Dumanov, J., & Tsatsakis, A. (2019). Poisoning associated with the use of mushrooms: A review of the global pattern and main characteristics. *Food and Chemical Toxicology*, 128, 267-279. <https://doi.org/10.1016/J.FCT.2019.04.016>
- Grasso, S., & Goksen, G. (2023). The best of both worlds? Challenges and opportunities in the development of hybrid meat products from the last 3 years. *LWT*, 173, 114235. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.114235>
- Guieysse, B., Quijano, G., & Muñoz, R. (2011). Airlift Bioreactors. *Comprehensive Biotechnology, Second Edition*, 2, 199-212. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00095-7>
- Guo, D., Liu, C., Zhu, H., Cheng, Y., Guo, Y., Yao, W., Qian, H., & Jiang, J. (2025). Large edible mushrooms and mycelial proteins: A sustainable, nutritious protein source with health benefits and processing innovations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 99, 103870. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2024.103870>
- Hall, I. R., Yun, W., & Amicucci, A. (2003). Cultivation of edible ectomycorrhizal mushrooms. *Trends in Biotechnology*, 21(10), 433-438. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(03\)00204-X](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(03)00204-X)
- Hawksworth, D. L. (2001). The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*, 105(12), 1422-1432. <https://doi.org/10.1017/S0953756201004725>
- Hawksworth, D. L., & Lücking, R. (2017). Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. *Microbiology Spectrum*, 5(4). <https://doi.org/10.1128/MICROBIOLSPEC.FUNK-0052-2016/ASSET/A56131C0-D4D3-43FE-85ED-8C479B914E39/ASSETS/GRAPHIC/FUNK-0052-2016-FIG3.GIF>
- He, M. Q., & Zhao, R. L. (2021). Outline of Basidiomycota. *Encyclopedia of Mycology: Volume 1,2*, 1, 310-319. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819990-9.00065-2>
- Heleno, S. A., Stojković, D., Barros, L., Glamočlija, J., Soković, M., Martins, A., Queiroz, M. J. R. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2013). A comparative study of chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of Morchella esculenta (L.) Pers. from Portugal and Serbia. *Food Research International*, 51(1), 236-243. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.020>

- Heo, S., Jeon, S., & Lee, S. (2014). Utilization of *Lentinus edodes* mushroom β -glucan to enhance the functional properties of gluten-free rice noodles. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2), 627-631. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.002>
- Hibbett, D. S., Binder, M., Bischoff, J. F., Blackwell, M., Cannon, P. F., Eriksson, O. E., Huhndorf, S., James, T., Kirk, P. M., Lücking, R., Thorsten Lumbsch, H., Lutzoni, F., Matheny, P. B., McLaughlin, D. J., Powell, M. J., Redhead, S., Schoch, C. L., Spatafora, J. W., Stalpers, J. A., ... Zhang, N. (2007). A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological research*, 111(Pt 5), 509-547. <https://doi.org/10.1016/J.MYCRES.2007.03.004>
- Holt, R. R., Munafo, J. P., Salmen, J., Keen, C. L., Mistry, B. S., Whiteley, J. M., & Schmitz, H. H. (2024). Mycelium: A Nutrient-Dense Food To Help Address World Hunger, Promote Health, and Support a Regenerative Food System. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(5), 2697-2707. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c03307>
- Husain, H., & Huda-Faujan, N. (2020). Potential application of grey oyster mushroom stems as Halal meat replacer in imitation chicken nuggets. *Food Research*, 4(S1), 179-186. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(S1\).S18](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(S1).S18)
- Ismail, I., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. (2020). Meat analog as future food: a review. *Journal of Animal Science and Technology*, 62(2), 111. <https://doi.org/10.5187/JAST.2020.62.2.111>
- Ivshina, T. N., Artamonova, S. D., Ivshin, V. P., & Sharnina, F. F. (2009). Isolation of the chitin-glucan complex from the fruiting bodies of mycothallus. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 45(3), 313-318. <https://doi.org/10.1134/S0003683809030132/METRICS>
- Jiang, C., Duan, X., Lin, L., Wu, W., Li, X., Zeng, Z., Luo, Q., & Liu, Y. (2023). A review on the edible mushroom as a source of special flavor: Flavor categories, influencing factors, and challenges. *Food Frontiers*, 4(4), 1561-1577. <https://doi.org/10.1002/FFT2.263>
- Jones, M., Kujundzic, M., John, S., & Bismarck, A. (2020). Crab vs. Mushroom: A Review of Crustacean and Fungal Chitin in Wound Treatment. *Marine drugs*, 18(1). <https://doi.org/10.3390/MD18010064>
- Junior Letti, L. A., Destéfani Vítola, F. M., Vinícius de Melo Pereira, G., Karp, S. G., Pedroni Medeiros, A. B., Ferreira da Costa, E. S., Bissoqui, L., & Soccol, C. R. (2018). Solid-State Fermentation for the Production of Mushrooms. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Current Advances in Solid-State Fermentation*, 285-318. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63990-5.00014-1>
- Katano, H., Takakuwa, M., Hayakawa, H., & Kimoto, H. (2016). Determination of Chitin Based on the Colorimetric Assay of Glucosamine in Acidic Hydrolysate. *Analytical Sciences*, 32(6), 701-703. <https://doi.org/10.2116/analsci.32.701>

- Kathuria, D., Hamid, Gautam, S., & Thakur, A. (2023). Maillard reaction in different food products: Effect on product quality, human health and mitigation strategies. *Food Control*, 153, 109911. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2023.109911>
- Kim, K., Choi, B., Lee, I., Lee, H., Kwon, S., Oh, K., & Kim, A. Y. (2011). Bioproduction of mushroom mycelium of *Agaricus bisporus* by commercial submerged fermentation for the production of meat analogue. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9), 1561-1568. <https://doi.org/10.1002/JSFA.4348>
- Kirsch, M., Morales-Dalmau, J., & Lavrentieva, A. (2023). Cultivated meat manufacturing: Technology, trends, and challenges. *Engineering in Life Sciences*, 23(12), e2300227. <https://doi.org/10.1002/ELSC.202300227>
- Klöckner, W., & Büchs, J. (2011). Shake-Flask Bioreactors. *Comprehensive Biotechnology, Second Edition*, 2, 213-226. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00106-9>
- Kostić, M., Ivanov, M., Fernandes, Â., Calhelha, R. C., Glamočlija, J., Barros, L., Soković, M., & Ćirić, A. (2023). A Comparative Study of *Lactarius* Mushrooms: Chemical Characterization, Antibacterial, Antibiofilm, Antioxidant and Cytotoxic Activity. *Journal of Fungi*, 9(1), 70. <https://doi.org/10.3390/JOF9010070>
- Kurt, R., & Karayılmazlar, S. (2019). Türkiye mantar üretimi ve ARIMA (Box-Jenkins) ile projeksiyonu. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6(1), 72-76. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.461534>
- Lawrence, S., & King, T. (2019). *Meat the Alternative: Australia's \$3 Billion Dollar Opportunity*.
- Lee, Y. Y., Lee, S., Ham, S. H., Lee, M. G., Hahn, J., Kim, Y., & Choi, Y. J. (2024). Relationship between sensory attributes and instrumental texture properties in meat analog patty system substituted with sweet potato stem. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(11), 7002-7012. <https://doi.org/10.1002/JSFA.13533>
- Leiva Lazaro, F., Blanco-Fernandez, J., Martínez, E., Latorre-Biel, J., & Jiménez, E. (2016, Şubat). *Comparison of traditional and climate-controlled mushroom cultivation processes*.
- Li, H., Tian, Y., Menolli, N., Ye, L., Karunarathna, S. C., Perez-Moreno, J., Rahman, M. M., Rashid, M. H., Phengsintham, P., Rizal, L., Kasuya, T., Lim, Y. W., Dutta, A. K., Khalid, A. N., Huyen, L. T., Balolong, M. P., Baruah, G., Madawala, S., Thongklang, N., ... Mortimer, P. E. (2021). Reviewing the world's edible mushroom species: A new evidence-based classification system. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1982-2014. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12708>
- Li, I. C., Chiang, L. H., Wu, S. Y., Shih, Y. C., & Chen, C. C. (2022). Nutrition Profile and Animal-Tested Safety of *Morchella esculenta* Mycelia Produced by

- Fermentation in Bioreactors. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 1385, 11(10), 1385. <https://doi.org/10.3390/FOODS11101385>
- Li, Y., Chen, H., & Zhang, X. (2023). Cultivation, nutritional value, bioactive compounds of morels, and their health benefits: A systematic review. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1159029>
- Litchfield, J. H., Vely, V. G., & Overbeck, R. C. (1963). Nutrient Content of Morel Mushroom Mycelium: Amino Acid Composition of the Protein. *Journal of Food Science*, 28(6), 741-743. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb01682.x>
- Liu, Q., Ma, H., Zhang, Y., & Dong, C. (2018). Artificial cultivation of true morels: current state, issues and perspectives. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38(2), 259-271. <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1333082>
- Lu, H., Lou, H., Hu, J., Liu, Z., & Chen, Q. (2020). Macrofungi: A review of cultivation strategies, bioactivity, and application of mushrooms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 2333-2356. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12602>
- Lu, Z., Chen, Z., Liu, Y., Hua, X., Gao, C., & Liu, J. (2024). Morphological Engineering of Filamentous Fungi: Research Progress and Perspectives. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34(6), 1197. <https://doi.org/10.4014/JMB.2402.02007>
- Ma, F., Li, Y., Zhang, Y., Zhang, Q., Li, X., Cao, Q., Ma, H., Xie, D., Zhang, B., Yu, J., Li, X., Xie, Q., Wan, G., Guo, M., Guo, J., Yin, J., & Liu, G. (2024). Effects of umami substances as taste enhancers on salt reduction in meat products: A review. *Food Research International*, 185, 114248. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114248>
- Magrati, T. P., Tripathi, H. P., & Devkota, K. P. (2012). Nutritional Analysis of Morchella conica and its Role on Rural Livelihood. *Nepal Journal of Science and Technology*, 12, 119-126. <https://doi.org/10.3126/njst.v12i0.6489>
- Mazumder, M. A. R., Sukhot, S., Phonphimai, P., Ketnawa, S., Chaijan, M., Grossmann, L., & Rawdkuen, S. (2023). Mushroom–Legume-Based Minced Meat: Physico-Chemical and Sensory Properties. *Foods* 2023, Vol. 12, Page 2094, 12(11), 2094. <https://doi.org/10.3390/FOODS12112094>
- Mazumder, Md. A. R., Jongraksang, K., Kaewsiri, K., Keawnualborvornnij, S., Nenjatee, W., Kaur, L., Zhang, W., Phongthai, S., & Rawdkuen, S. (2024). Mushroom-legume-based alternative chicken nuggets: Physico-chemical and sensory properties. *Food Chemistry Advances*, 5, 100777. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100777>
- Meenu, M., & Xu, B. (2019). Application of vibrational spectroscopy for classification, authentication and quality analysis of mushroom: A concise review. *Food Chemistry*, 289, 545-557. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.091>

- Michael J. Waites, Neil L. Morgan, John S. Rockey, & Gary Higton. (2001). Fermentation systems. İçinde *Industrial Microbiology: An Introduction* (2021. bs, ss. 94-108). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Industrial+Microbiology%3A+An+Introduction-p-9780632053070>
- Mohapatra, D., Singh, N., Sakti, A., & Rath, K. (2019). *Methods for Identification and Conservation of Macro Fungus: A Probable Global Food* (ss. 16-23).
- Mu, C., Hao, C., You, L., Wang, Y., Qiang, S., Liu, Y., & Wang, J. (2024). Population distribution characteristics of mating type genes and genetic stability in *Morchella sextelata*. *Archives of Microbiology*, 206(10), 1-13. <https://doi.org/10.1007/S00203-024-04141-X/FIGURES/8>
- NCBI. (2025). *NCBI Taxonomy*. Database; Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/DATABASE/BAAA062>
- Nicholson, A. (2022). Alternative Protein Sources. İçinde *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine; Health and Medicine Division; Food and Nutrition Board; Food Forum*. National Academies Press (US). <https://doi.org/10.17226/26826>
- Niego, A. G. T., Rapior, S., Thongklang, N., Raspé, O., Hyde, K. D., & Mortimer, P. (2023). Reviewing the contributions of macrofungi to forest ecosystem processes and services. *Fungal Biology Reviews*, 44, 100294. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2022.11.002>
- Ordu Ticaret Borsası. (2021). *Kültür Mantarı Raporu*. <https://www.ordutb.org.tr/kultur-mantari-raporu/>
- Ostry, M. E., Anderson, N. A., & O'Brien, J. G. (2011). *Field guide to common macrofungi in eastern forests and their ecosystem functions*. <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-79>
- Öztürk, M., Soylu, M. K., Temel, M., Pezikoğlu, F., Misir Bilen, G., Bahçe, A., Merkez, K., Enstitüsü, A., & Yalova, T. (2019). Türkiye'nin Dünya Mantar Dış Ticaretindeki Yeri. İçinde *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi* (C. 1, Sayı 5, ss. 102-107). Anadolu Ziraat Mühendisleri Derneği. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/uazimder/issue/51011/666017>
- Pachekrepapol, U., Thangrattana, M., & Kitikangsadan, A. (2022). Impact of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on chemical, physical, microbiological and sensory characteristics of fish burger prepared from salmon and striped catfish filleting by-product. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, 100598. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100598>
- Papaspyridi, L. M., Aligiannis, N., Topakas, E., Christakopoulos, P., Skaltsounis, A. L., & Fokialakis, N. (2012). Submerged Fermentation of the Edible Mushroom *Pleurotus ostreatus* in a Batch Stirred Tank Bioreactor as a Promising Alternative for the Effective Production of Bioactive Metabolites. *Molecules* 2012, Vol. 17,

Pages 2714-2724, 17(3), 2714-2724.
<https://doi.org/10.3390/MOLECULES17032714>

PAPAZAV, P., VASSILEV, D., VALCHEV, N., & DENEV, P. (2020). CHEMICAL AND LIPID COMPOSITION OF WILD EDIBLE MUSHROOMS (*Morchella esculenta*) IN BULGARIA. *Oxidation Communications*, 43(2), 194-203. <https://openurl.ebsco.com/contentitem/asn:144508137?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:asn:144508137&crl=c>

Park, G., Oh, S., Park, S., Kim, Y. A., Park, Y., Kim, Y., Lee, J., Lee, H., & Choi, J. (2023). Physicochemical Characteristics and Storage Stability of Hybrid Beef Patty Using Shiitake Mushroom (*Lentinus edodes*). *Journal of Food Quality*, 2023(1), 7239709. <https://doi.org/10.1155/2023/7239709>

Patinho, I., Selani, M. M., Saldaña, E., Bortoluzzi, A. C. T., Rios-Mera, J. D., da Silva, C. M., Kushida, M. M., & Contreras-Castillo, C. J. (2021). *Agaricus bisporus* mushroom as partial fat replacer improves the sensory quality maintaining the instrumental characteristics of beef burger. *Meat Science*, 172, 108307. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108307>

Pekşen, A., & Kibar, B. (2007). YENİLEBİLİR EKTOMİKORİZAL MANTARLARIN YETİŞTİRİCİLİĞİ VE BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(2), 239-247. <https://doi.org/10.7161/ANAJAS.2007.22.2.239-247>

Pereira, P. C., & Vicente, F. (2022). Meat nutritive value and human health. *New Aspects of Meat Quality: From Genes to Ethics, Second Edition*, 561-577. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85879-3.00024-6>

Pérez-Chávez, A. M., Mayer, L., & Albertó, E. (2019). Mushroom cultivation and biogas production: A sustainable reuse of organic resources. *Energy for Sustainable Development*, 50, 50-60. <https://doi.org/10.1016/J.ESD.2019.03.002>

Pérez-Montes, A., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J. M., Romero, L., & Santos, E. M. (2021). Edible mushrooms as a novel trend in the development of healthier meat products. *Current Opinion in Food Science*, 37, 118-124. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.004>

Petrat-Melin, B., & Dam, S. (2023). Textural and Consumer-Aided Characterisation and Acceptability of a Hybrid Meat and Plant-Based Burger Patty. *Foods*, 12(11), 2246. <https://doi.org/10.3390/FOODS12112246/S1>

Pfister, D. H., & Healy, R. (2021). Pezizomycetes. *Encyclopedia of Mycology: Volume 1,2, 1*, 295-309. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819990-9.00054-8>

Phan, C. W., Wang, J. K., Cheah, S. C., Naidu, M., David, P., & Sabaratnam, V. (2018). A review on the nucleic acid constituents in mushrooms: nucleobases, nucleosides and nucleotides. *Critical reviews in biotechnology*, 38(5), 762-777. <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1399102>

- Pilafidis, S., Tsouko, E., Sougleri, G., Diamantopoulou, P., Gkatzionis, K., Ioannou, Z., & Sarris, D. (2024). Submerged cultivation of selected macro-fungi to produce mycelia rich in β -glucans and other bioactive compounds, valorizing side streams of the food industry. *Carbon Resources Conversion*, 7(2), 100198. <https://doi.org/10.1016/J.CRCON.2023.09.002>
- Polat, H., & Yılmaz Tuncel, N. (2020). Sürdürülebilir Et Üretimi. *Gıda*, 46(1), 134-151. <https://doi.org/10.15237/gida.GD20127>
- Popa, G., Nicolciou, B. M., Toma, R., Margarit, G., & Gropoșilă-Constantinescu, D. (2021). Assessment Of The Growth Potential In Liquid Cultures Of Some Edible And Medicinal Mushrooms. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 65(2).
- Prandi, B., Cigognini, I. M., Faccini, A., Zurlini, C., Rodríguez, Ó., & Tedeschi, T. (2023). Comparative Study of Different Protein Extraction Technologies Applied on Mushrooms By-products. *Food and Bioprocess Technology*, 16(7), 1570-1581. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03015-2>
- Qiu, Z., Ren, S., Zhao, J., Cui, L., Li, H., Jiang, B., Zhang, M., Shu, L., & Li, T. (2023). Comparative analysis of the nutritional and biological properties between the pileus and stipe of *Morchella sextelata*. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1326461. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2023.1326461/BIBTEX>
- Rahgo, Z., Samadlouie, H. R., Mojerlou, S., & Jahanbin, K. (2019). Statistical Optimization of Culture Conditions for Protein Production by a Newly Isolated *Morchella fluvialis*. *BioMed Research International*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/7326590>
- Rahi, D. K., & Malik, D. (2016). Diversity of Mushrooms and Their Metabolites of Nutraceutical and Therapeutic Significance. *Journal of Mycology*, 2016, 1-18. <https://doi.org/10.1155/2016/7654123>
- Rahman, M. S. (2005). Dried food properties: Challenges ahead. *Drying Technology*, 23(4), 695-715. <https://doi.org/10.1081/DRT-200054176>
- Raja, H. A., Miller, A. N., Pearce, C. J., & Oberlies, N. H. (2017). Fungal Identification Using Molecular Tools: A Primer for the Natural Products Research Community. *Journal of Natural Products*, 80(3), 756-770. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b01085>
- Rajaratnam, S., & Bano, Z. (1987). Pleurotus mushrooms. Part I A. Morphology, life cycle, taxonomy, breeding, and cultivation. *Critical reviews in food science and nutrition*, 26(2), 157-223. <https://doi.org/10.1080/10408398709527465>
- Raman, J., Jang, K. Y., Oh, Y. L., Oh, M., Im, J. H., Lakshmanan, H., & Sabaratnam, V. (2020). Cultivation and Nutritional Value of Prominent *Pleurotus* spp.: An Overview. *Mycobiology*, 49(1), 1. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1835142>
- Ramle, N. A., Zulkurnain, M., & Ismail-Fitry, M. R. (2021). Replacing animal fat with edible mushrooms: a strategy to produce high-quality and low-fat buffalo meatballs.

- International Food Research Journal*, 28(5), 905-915. <https://doi.org/10.47836/IFRJ.28.5.03>
- Rangel-Vargas, E., Rodriguez, J. A., Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Sosa, M. E., Andrés, S. C., Rosmini, M., Pérez-Alvarez, J. A., Teixeira, A., & Santos, E. M. (2021). Edible Mushrooms as a Natural Source of Food Ingredient/Additive Replacer. *Foods*, 10(11), 2687. <https://doi.org/10.3390/foods10112687>
- Rathore, H., Prasad, S., Kapri, M., Tiwari, A., & Sharma, S. (2019). Medicinal importance of mushroom mycelium: Mechanisms and applications. *Journal of Functional Foods*, 56, 182-193. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.03.016>
- Rosli, W. (2011). *On the ability of oyster mushroom (Pleurotus sajor-caju) conferring changes in proximate composition and sensory evaluation of chicken patty.*
- Rubio, N. R., Xiang, N., & Kaplan, D. L. (2020). Plant-based and cell-based approaches to meat production. *Nature Communications* 2020 11:1, 11(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20061-y>
- Ruedt, C., Gibis, M., & Weiss, J. (2023). Meat color and iridescence: Origin, analysis, and approaches to modulation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(4), 3366-3394. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13191>
- Sambyal, K., & Singh, R. V. (2021). A comprehensive review on Morchella importuna: cultivation aspects, phytochemistry, and other significant applications. *Folia Microbiologica*, 66(2), 147-157. <https://doi.org/10.1007/S12223-020-00849-7/FIGURES/2>
- Sayeed Ibrahim, H. S., & Huda-Faujan, N. (2024). Physicochemical Properties and Nutritional Composition of Chicken Patties with Grey Oyster Mushroom Stems. *Malaysian Journal of Science Health & Technology*, 10(1), 50-57. <https://doi.org/10.33102/mjosht.v10i1.364>
- Sezgin, S., Dalar, A., & Uzun, Y. (2020). Determination of antioxidant activities and chemical composition of sequential fractions of five edible mushrooms from Turkey. *Journal of food science and technology*, 57(5), 1866-1876. <https://doi.org/10.1007/S13197-019-04221-7>
- Shurtleff, W., & Aoyagi, A. (2014). History of Meat Alternatives (960 CE to 2014). *History of Meat Alternatives*, 36. https://books.google.com/books/about/History_of_Meat_Alternatives_965_CE_to_2.html?hl=tr&id=CkvgBQAAQBAJ
- Siddiqui, S. A., Alvi, T., Sameen, A., Khan, S., Blinov, A. V., Nagdalian, A. A., Mehdizadeh, M., Adli, D. N., & Onwezen, M. (2022). Consumer Acceptance of Alternative Proteins: A Systematic Review of Current Alternative Protein Sources and Interventions Adapted to Increase Their Acceptability. *Sustainability*, 14(22), 15370. <https://doi.org/10.3390/su142215370>

- Smetana, S., Ristic, D., Pleissner, D., Tuomisto, H. L., Parniakov, O., & Heinz, V. (2023). Meat substitutes: Resource demands and environmental footprints. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106831. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106831>
- Smith, E. (2024). *Library Guides: NCBI Bioinformatics Resources: An Introduction: BLAST: Compare & identify sequences*. <https://guides.lib.berkeley.edu/ncbi/blast>
- Songulashvili, G., Elisashvili, V., Wasser, S. P., Nevo, E., & Hadar, Y. (2007). Basidiomycetes laccase and manganese peroxidase activity in submerged fermentation of food industry wastes. *Enzyme and Microbial Technology*, 41(1-2), 57-61. <https://doi.org/10.1016/J.ENZMICTEC.2006.11.024>
- Soupppez, J. B. R. G., Dages, B. A. S., Pavar, G. S., Fabian, J., Thomas, J. M., & Theodosiou, E. (2025). Mechanical properties and texture profile analysis of beef burgers and plant-based analogues. *Journal of Food Engineering*, 385, 112259. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2024.112259>
- Su, D.-W., Song, F.-F., Luo, H.-L., Lin, H., Lin, D.-M., Liu, P.-H., Lin, X.-S., Lin, Z.-X., Zhang, L.-L., & Lu, G.-D. (2022). Effect of Different Rotation Systems on Production and Quality of Black Morel (*Morchella importuna*). *Agronomy*, 12(8), 1744. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081744>
- Sułkowska-Ziaja, K., Kała, K., Lazur, J., & Muszyńska, B. (2018). *Chemical and Bioactive Profiling of Wild Edible Mushrooms* (ss. 129-157). https://doi.org/10.1007/978-3-030-02622-6_6
- Sun, A., Wu, W., Soladoye, O. P., Aluko, R. E., Bak, K. H., Fu, Y., & Zhang, Y. (2022). Maillard reaction of food-derived peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: A review. *Food Research International*, 151, 110823. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110823>
- Tamanna, N., & Mahmood, N. (2015). Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition. *International Journal of Food Science*, 2015(1), 526762. <https://doi.org/10.1155/2015/526762>
- Tamber, S. S., Tamber, S. S., Bansal, P., Mehta, S., & Sharma, R. (2023). Growing Gold of Mountains: *Morchella esculenta*—A Review. *Annals of Plant Sciences*, 12(6), 5877-5883. <https://doi.org/10.21746/aps.2023.12.6.2>
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024). *Mevzuat Taslağı - TGK Yeni Gıdalar Yönetmeliği*. https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Duyuru/600/Mevzuat-Taslagi-Tgk-Yeni-Gidalar-Yonetmeliği?utm_source=chatgpt.com
- Taşkın, H., & Büyükalaca, S. (2012). KUZU GÖBEĞİ (MORCHELLA) MANTARI. *Bahçe*, 41(1), 2536.
- Taşkın, H., Büyükalaca, S., Doğan, H. H., Rehner, S. A., & O'Donnell, K. (2010). A multigene molecular phylogenetic assessment of true morels (*Morchella*) in Turkey.

- Fungal Genetics and Biology*, 47(8), 672-682.
<https://doi.org/10.1016/J.FGB.2010.05.004>
- Thavamani, A., Sferra, T. J., & Sankararaman, S. (2020). Meet the Meat Alternatives: The Value of Alternative Protein Sources. *Current Nutrition Reports*, 9(4), 346-355.
<https://doi.org/10.1007/S13668-020-00341-1/FIGURES/1>
- Tian, J., Zhang, Z., Shang, Y., & Zheng, Y. (2024). Extraction, structure and antioxidant activity of the polysaccharides from morels (*Morchella* spp.): A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 264, 130656.
<https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2024.130656>
- Trademap. (2025). *List of importing markets for a mushroom exported by Türkiye* .
https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS_Graph.aspx?nvpm=1%7c792%7c%7c%7c%7c0602%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2
- Triunfo, M., Tafi, E., Guarnieri, A., Salvia, R., Scieuzo, C., Hahn, T., Zibek, S., Gagliardini, A., Panariello, L., Coltelli, M. B., De Bonis, A., & Falabella, P. (2022). Characterization of chitin and chitosan derived from *Hermetia illucens*, a further step in a circular economy process. *Scientific Reports* 2022 12:1, 12(1), 1-17.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-10423-5>
- Türkomp. (2025). *Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı*.
<https://turkomp.tarimorman.gov.tr/database>
- Ulziijargal, E., & Mau, J.-L. (2011). Nutrient Compositions of Culinary-Medicinal Mushroom Fruiting Bodies and Mycelia. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 13(4), 343-349. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v13.i4.40>
- van Dam, L., Cruz-Morales, P., Rodriguez Valerón, N., Calheiros de Carvalho, A., Prado Vásquez, D., Lübke, M., Kloster Pedersen, L., Munk, R., Sommer, M. O. A., & Jahn, L. J. (2024). GastronOmics: Edibility and safety of mycelium of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Current Research in Food Science*, 9, 100866.
<https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2024.100866>
- van Dijk, B., Jouppila, K., Sandell, M., & Knaapila, A. (2023). No meat, lab meat, or half meat? Dutch and Finnish consumers' attitudes toward meat substitutes, cultured meat, and hybrid meat products. *Food Quality and Preference*, 108, 104886.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2023.104886>
- Vieira, V., Fernandes, Â., Barros, L., Glamočlija, J., Ćirić, A., Stojković, D., Martins, A., Soković, M., & Ferreira, I. C. (2016). Wild *Morchella conica* Pers. from different origins: a comparative study of nutritional and bioactive properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), 90-98. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7063>
- Wan Ishak, W. R., Solihah, M. A., Aishah, M., Fakurudin, N. A., & Mohsin, S. S. J. (2011). Colour, textural properties, cooking characteristics and fibre content of

- chicken patty added with oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*). *International Food Research Journal*, 18, 612-618.
- Wan Rosli, W. I., & Solihah, M. A. (2014). Nutritional Composition and Sensory Properties of Oyster Mushroom-based Patties Packed with Biodegradable Packaging . *Sains Malaysiana*, 43(1), 65-71.
- Webster, J., & Weber, R. (2007). *Introduction to Fungi*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511809026>
- Wei, Y., Li, L., Liu, Y., Xiang, S., Zhang, H., Yi, L., Shang, Y., & Xu, W. (2022). Identification techniques and detection methods of edible fungi species. *Food Chemistry*, 374, 131803. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131803>
- Westphal, K. R., Heidelbach, S., Zeuner, E. J., Riisgaard-Jensen, M., Nielsen, M. E., Vestergaard, S. Z., Bekker, N. S., Skovmark, J., Olesen, C. K., Thomsen, K. H., Niebling, S. K., Sørensen, J. L., & Sondergaard, T. E. (2021). The effects of different potato dextrose agar media on secondary metabolite production in *Fusarium*. *International Journal of Food Microbiology*, 347, 109171. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2021.109171>
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). AMPLIFICATION AND DIRECT SEQUENCING OF FUNGAL RIBOSOMAL RNA GENES FOR PHYLOGENETICS. *PCR Protocols*, 315-322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>
- Wong, K. M., Corradini, M. G., Autio, W., & Kinchla, A. J. (2019). Sodium reduction strategies through use of meat extenders (white button mushrooms vs. textured soy) in beef patties. *Food Science & Nutrition*, 7(2), 506-518. <https://doi.org/10.1002/fsn3.824>
- Wong, K. M., Decker, E. A., Autio, W. R., Toong, K., DiStefano, G., & Kinchla, A. J. (2017). Utilizing Mushrooms to Reduce Overall Sodium in Taco Filling Using Physical and Sensory Evaluation. *Journal of Food Science*, 82(10), 2379-2386. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13838>
- Yıldız Turp, G., & Boylu, M. (2018). Tıbbi ve Yenilebilir Mantarlar & Et Ürünlerinde Kullanımı. *YYÜ TAR BİL DERG* , 28(1), 144-153.
- Yu, C. X., Zhang, Y. R., Ren, Y. F., Zhao, Y., Song, X. X., Yang, H. L., & Chen, M. J. (2023). Composition and contents of fatty acids and amino acids in the mycelia of *Lentinula edodes*. *Food Science & Nutrition*, 11(7), 4038-4046. <https://doi.org/10.1002/FSN3.3392>
- Zhang, C., Wu, X., Chen, J., & Zhou, J. (2024). Novel fungal alternative proteins from *Penicillium limosum* for enhancing structural and functional properties of plant-based meat analogues. *Food Chemistry*, 444, 138627. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138627>

- Zorrilla, J. G., & Evidente, A. (2022). Structures and Biological Activities of Alkaloids Produced by Mushrooms, a Fungal Subgroup. *Biomolecules* 2022, Vol. 12, Page 1025, 12(8), 1025. <https://doi.org/10.3390/BIOM12081025>
- Zou, Y., Yang, C., Wang, N., Zheng, Q. W., Ye, Z. W., Wei, T., Zhong, J. R., Guo, L. Q., & Lin, J. F. (2023). Development of Flammulina velutipes-based meat analogs with tunable physicochemical, structural, and sensory properties. *International Journal of Food Engineering*, 19(5), 177-186. https://doi.org/10.1515/IJFE-2022-0204/DOWNLOADASSET/SUPPL/J_IJFE-2022-0204_SUPPL_001.DOCX
- Zou, Y., Yu, X., Zheng, Q., Ye, Z., Wei, T., Guo, L., & Lin, J. (2022). Effect of beating process on the physicochemical and textural properties of meat analogs prepared with Cordyceps militaris fruiting body. *International Journal of Food Engineering*, 18(2), 153-160. <https://doi.org/10.1515/IJFE-2021-0322/MACHINEREADABLECITATION/RIS>

7. EKLER

EK-1. Saha çalışmasıyla toplanan örneklerinin listesi

Sıra	Cins	Örnek Kodu	Durumu
1	<i>Coprinus</i>	C. comatus_1	Gelişme Var
2	<i>Coprinus</i>	C. comatus_2	Gelişme Yok
3	<i>Lactarius</i>	LF1	Gelişme Yok
4	<i>Lactarius</i>	LF2	Gelişme Yok
5	<i>Lactarius</i>	LF3	Gelişme Yok
6	<i>Lactarius</i>	LF4	Gelişme Yok
7	<i>Lactarius</i>	LF5	Gelişme Yok
8	<i>Lactarius</i>	LF6	Gelişme Yok
9	<i>Lactarius</i>	LF7	Gelişme Yok
10	<i>Lactarius</i>	LF8	Gelişme Yok
11	<i>Lactarius</i>	LF9	Gelişme Yok
12	<i>Lactarius</i>	LF10	Gelişme Yok
13	<i>Lactarius</i>	LF11	Gelişme Yok
14	<i>Lactarius</i>	LF12	Gelişme Yok
15	<i>Lactarius</i>	LF13	Gelişme Yok
16	<i>Lactarius</i>	LF14	Gelişme Yok
17	<i>Lactarius</i>	LF15	Gelişme Yok
18	<i>Lactarius</i>	LF16	Gelişme Yok
19	<i>Lactarius</i>	LF17	Gelişme Yok
20	<i>Lactarius</i>	LF18	Gelişme Var
21	<i>Lactarius</i>	P67	Gelişme Var
22	<i>Lactarius</i>	68	Gelişme Yok
23	<i>Lactarius</i>	69	Gelişme Yok
24	<i>Lactarius</i>	70	Gelişme Yok
25	<i>Lactarius</i>	71	Gelişme Yok
26	<i>Lactarius</i>	L1	Kontaminasyon
27	<i>Lactarius</i>	L2	Gelişme Yok
28	<i>Lactarius</i>	L3	Gelişme Yok
29	<i>Lactarius</i>	L4	Kontaminasyon
30	<i>Lactarius</i>	L5	Gelişme Yok
31	<i>Lactarius</i>	L6	Kontaminasyon
32	<i>Lactarius</i>	L7	Kontaminasyon
33	<i>Lactarius</i>	L8	Kontaminasyon
34	<i>Lactarius</i>	L9	Gelişme Yok
35	<i>Lactarius</i>	L10	Kontaminasyon
36	<i>Lactarius</i>	L11	Gelişme Yok
37	<i>Lactarius</i>	L12	Gelişme Yok
38	<i>Lactarius</i>	L1-0701	Kontaminasyon
39	<i>Lactarius</i>	L2-0701	Kontaminasyon
40	<i>Lactarius</i>	L3-0701	Kontaminasyon
41	<i>Lactarius</i>	L4-0701	Kontaminasyon
42	<i>Lactarius</i>	L#1	Kontaminasyon

EK-1 (Devamı)

Sıra	Cins	Örnek Kodu	Durumu
43	<i>Lactarius</i>	L#2	Gelişme Yok
44	<i>Lactarius</i>	L#3	Kontaminasyon
45	<i>Lactarius</i>	L#4	Kontaminasyon
46	<i>Lactarius</i>	L#5	Gelişme Yok
47	<i>Lactarius</i>	L#6	Kontaminasyon
48	<i>Lactarius</i>	L#7	Gelişme Yok
49	<i>Lactarius</i>	L#8	Gelişme Yok
50	<i>Lactarius</i>	L#9	Gelişme Var
51	<i>Lactarius</i>	L#10	Gelişme Yok
52	<i>Lactarius</i>	L#11	Gelişme Var
53	<i>Lactarius</i>	L#12	Gelişme Var
54	<i>Lactarius</i>	L#13	Gelişme Var
55	<i>Lactarius</i>	L#14	Gelişme Yok
56	<i>Lactarius</i>	L#15	Gelişme Yok
57	<i>Lactarius</i>	L2301-1	Kontaminasyon
58	<i>Lactarius</i>	L2301-2	Gelişme Var
59	<i>Lactarius</i>	L2301-3	Kontaminasyon
60	<i>Lactarius</i>	L2301-4	Kontaminasyon
61	<i>Lactarius</i>	L2301-5	Gelişme Yok
62	<i>Lactarius</i>	L2301-6	Gelişme Yok
63	<i>Lactarius</i>	L2301-7	Gelişme Yok
64	<i>Morchella</i>	M21021	Kontaminasyon
65	<i>Morchella</i>	M21022	Kontaminasyon
66	<i>Morchella</i>	M2a	Gelişme Yok
67	<i>Morchella</i>	M2b	Gelişme Yok
68	<i>Morchella</i>	M1	Gelişme Yok
69	<i>Morchella</i>	M2	Gelişme Yok
70	<i>Morchella</i>	M3	Gelişme Yok
71	<i>Morchella</i>	M4	Gelişme Yok
72	<i>Morchella</i>	M5	Gelişme Yok
73	<i>Morchella</i>	M6	Gelişme Yok
74	<i>Morchella</i>	M7	Gelişme Yok
75	<i>Morchella</i>	5431	Kontaminasyon
76	<i>Morchella</i>	M21011	Gelişme Var
77	<i>Morchella</i>	5437	Kontaminasyon
78	<i>Morchella</i>	5436	Kontaminasyon
79	<i>Morchella</i>	M#1	Gelişme Var
80	<i>Morchella</i>	M#2	Kontaminasyon
81	<i>Morchella</i>	M#3	Gelişme Var
82	<i>Morchella</i>	M#4	Kontaminasyon
83	<i>Morchella</i>	M#5	Kontaminasyon
84	<i>Morchella</i>	M#6	Kontaminasyon
85	<i>Morchella</i>	M#7	Kontaminasyon
86	<i>Morchella</i>	M#8	Kontaminasyon

EK-1 (Devamı)

Sıra	Cins	Örnek Kodu	Durumu
87	Morchella	M#9	Gelişme Var
88	Morchella	M#14-1	Gelişme Var
89	Morchella	M#14-2	Gelişme Var
90	Morchella	M#16	Kontaminasyon
91	Morchella	M#17	Kontaminasyon
92	Morchella	M#18	Kontaminasyon
93	Morchella	M#21	Kontaminasyon
94	Morchella	M#24	Kontaminasyon
95	Morchella	M#25	Kontaminasyon
96	Morchella	M#26	Gelişme Var
97	Morchella	M#30	Kontaminasyon
98	Morchella	M#32	Kontaminasyon
99	Morchella	M#40	Gelişme Var
100	Morchella	M#41	Kontaminasyon
101	Morchella	M#42	Kontaminasyon
102	Morchella	M#43	Kontaminasyon
103	Morchella	M#44	Kontaminasyon
104	Morchella	M#45	Gelişme Var
105	Morchella	M#46	Kontaminasyon
106	Morchella	M#47	Kontaminasyon
107	Morchella	M#48	Gelişme Var
108	Morchella	M#49	Gelişme Var
109	Morchella	M#50	Kontaminasyon
110	Morchella	M#51	Gelişme Var
111	Morchella	M#52	Kontaminasyon
112	Morchella	M#53	Kontaminasyon
113	Morchella	M#54	Kontaminasyon
114	Morchella	M#55	Kontaminasyon
115	Morchella	M#56	Kontaminasyon
116	Morchella	M#57	Kontaminasyon
117	Morchella	M#58	Kontaminasyon
118	Morchella	M#59	Kontaminasyon
119	Morchella	M#60	Kontaminasyon
120	Morchella	M#61	Kontaminasyon
121	Morchella	M#62	Kontaminasyon
122	Morchella	M#63	Kontaminasyon
123	Morchella	M#64	Kontaminasyon
124	Morchella	M#65	Kontaminasyon
125	Morchella	M#66	Kontaminasyon
126	Morchella	M#67	Kontaminasyon
127	Morchella	M#68	Kontaminasyon
128	Morchella	M#69	Kontaminasyon
129	Morchella	M#70	Kontaminasyon
130	Morchella	M#71	Kontaminasyon

EK-1 (Devamı)

Sıra	Cins	Örnek Kodu	Durumu
131	<i>Morchella</i>	MDB 1-1	Gelişme Var
132	<i>Morchella</i>	MDB 1-2	Gelişme Var
133	<i>Morchella</i>	MDB 2	Gelişme Var
134	<i>Morchella</i>	MDB 3	Gelişme Var
135	<i>Morchella</i>	MDB 4	Gelişme Var
136	<i>Morchella</i>	MDB 5	Gelişme Var
137	<i>Morchella</i>	MDB 6	Gelişme Var
138	<i>Morchella</i>	MDB 7	Kontaminasyon
139	<i>Morchella</i>	MAC 1	Gelişme Var
140	<i>Morchella</i>	MAC 2	Gelişme Var
141	<i>Pleurotus</i>	EBK13	Gelişme Var
142	<i>Calvatia</i>	PF1 (Puffbal1)	Gelişme Yok
143	<i>Calvatia</i>	PF2 (Puffball2)	Gelişme Yok

EK-2 Dizileme analizine gönderilen PZR ürünlerinin konsantrasyon ölçümleri

Örnek Kodu	DNA Konsantrasyonu (µg/ml)	A260/A280	A260/A230
C.vrs	504.16	2.07	2.12
EBK13	265.54	2.05	2.46
L9	192.41	2.04	2.84
LF17	167.53	2.03	3.75
M1	201.48	2.05	2.52
M14-1	268.43	2.07	2.18
M14-2	290.71	2.07	2.62
M21011	155.27	2.12	1.19
M48	201.52	2.08	2.62
M49	224.68	2.05	2.42
M9	131.76	2.08	2.80
MAC 2	263.66	2.08	2.24
MBD 1-1	223.03	2.07	2.36
MBD 1-2	175.79	2.06	2.36
MBD 3	252.34	2.03	2.14
MBD4	225.55	2.04	2.71
MBD5	416.20	2.07	2.68
MBD6	328.99	2.08	2.80
P. ostratus CCBAS 757	125.06	2.06	2.76
T. versicolor CCBAS 614	432.58	2.07	2.65

EK-3 Yenilebilir mantar örneklerinin konsensus dizilerinin FASTA formatında gösterimi

```

>Morchella eximia_M 9
TTACCAAGAACCACACAGAAAAGGGCAGCCGAGGGGCCAACCCAGGGCTAGTAGCTTTACGTTGTTGAAC
GTCCTGGAAACGGACCCGGAGCCGCCCATCTAAACACTCTGCGTACCCATCCCACCTTGCTTCCCCCG
GCCATCCGCTGGGGGGAGGAACAACAACCAAACTCTTTGTGAAGAAACAGACGTCAGAATCATAACAA
AAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCG
ATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTCTGGTAT
TCCGGGGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATAAAAACCTCCTCCCCCTTCGGGTTTGATTACTATCGTTGG
GGGGTATTGGCCTACTGGGAAAGCGATTGCGCAATTGCCITCCCCACTGTCTAAATACACTTAGACCCG
CCTCCAGATGCGACAGCACCGAGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGAATACCGTTCTCCACACGCCGATG
GCAAACCGGTGCGAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGCCCTCTTCAGGACCCTCGTGGCCTAGCATCCACCA
TACATATTT

>Morchella sextelata_M 1
TTACCAAGAACCACACAGAAAAGGGCTGCTATAGGGGCCGGCAGGGCTAGTAGCTTTACGTTGTTGAAC
GTCCTGTTTGGACCTTTTGGCAGCCCCATCTAAACCTCTGCGTACCTGTGCCCTTGCTTCCCCCG
GCACCTCGCTGGGGGGAGGAACAACAACCAAACTCTTTGTGAACAAACAGACGTCAGAATTACAAAAA
CAAAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAATG
CGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGT
ATTCCGGGGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATAAAAACCTCCTCCCCCTTCGGGTTTGATTACTATCGTT
GGGGGTTTTGGCCTAATGGGATAGCGATTGGCAATTAGTTTCCCAATGTCCTAAATAGACGTAGACCC
GCCTCCAGATGCGACAGCACCGAGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGGATATATAGGCTTGCAGTAAAT
GCTCACCTTTCTCCATACGCCGATGGCACACCGGTGCGAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGTCCTCTTCAG
GACCCTCGTGGCCTAGCATCCACCATACATAATT

>Morchella sextelata_M 14-2
ATTACCAAGAACCACACAGAAAAGGGCTGCTATAGGGGCCGGCAGGGCTAGTAGCTTTACGTTGTTGAA
CGTCTGTTTGGACCGTTGGCAGCCCCATCTAAACCTCTGCGTACCTGTCCCCCTTGCTTCCCCCG
GGCACCTCGCTGGGGGGAGGAACAACAACCAAACTCTTTGTGAACAAACAGACGTCAGAATTACAAAA
ACAAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAAT
GCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGG
TATTCCGGGGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATAAAAACCTCCTCCCCCTTCGGGTTTGATTACTATCGT
TGGGGGTTTTGGCCTAATGGGATAGCGATTGGCAATTAGTTTCCCAATGTCCTAAATAGACGTAGACC
CGCCTCCAGATGCGACAGCACCGAGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGGATATATAGGCTTGCAGTAAAT
TGCTCACCTTTCTCCATACGCCGATGGCACACCGGTGCGAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGTCCTCTTCA
GGACCCTCGTGGCCTAGCATCCACCATACATAATT

>Morchella importuna_MBD 4
GGATCATTACCAAGAACCACACAGAAAAGGGCAGCCGAGGGGCCACCAGGGCTAGTAGCTTTACGTTGT
TGAACGTCCTGGCCGGACCCGGAGCCGCCCATCTAAACCTCTGCGTACCTGTCCCGCTTGCTTCC
CCCGGTACCCGCTGGGGGGAGGAACAACAACCAAACTCTTTGTGAACAAGCCGACGTCAGAATCATA
ACAAAACAAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTCGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGA
AATCGGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCC
TGGTATTCCGGGGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATAAAAACCTCCTCCCCCATCGGGTTTGATTACTAT
CGTTGGGGGTTTTGGCCTAATGGGATAGCGATTGGCAATTAGTTTCCCAATGTCCTAAATAGACGTAG
ACCCGCTCCAGATGCGACAGCACCGGGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGGATATATAGGCTTGCAGTA
AAATGCTCACCTTTCTCCATACGCCGATGGCACACCGGTGCGAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGCCCTTT
TCAGGACCCTCGTGGCCTAGCATCCACCATACACAATT

>Morchella mediterraneensis_MBD 6
TTACCAAGAACCACACAGAAAAGGGAGGCCAAAGGGGCCGACAGGATTAGTAGCTTTTACGTTGTTGAA
CGTCTGGCTGGACCCGGAGCCGCCCATCTAAACCTCTGCGTACCTGTCCCTTCTTGCTTCCCCCG
ACATCTCGTCCGGGGGAGGGAAACAACCAAACTCTTTGTGAATCAACAGCCGTCAGAATTATAAAAACA
AACAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGC
GATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGTA
TTCCGGGGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATAAAAACCTCCTCCCCCTTCGGGTTTTGTTACTATCGTTG
GGGGTTTTGGCCTAATGGGATAGCGATTGGCAATTGTTTCCCAATGTCCTAAATAGACGTAGACCCG
CCTTCAGATGCGACAGCACCGAGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGGATATATAGGCTTGCAGTAAATG
CTCACCTCTCTTCACAGCCGATGGCACAGAGTTGCAAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGCCCTTTTCAGG
ACCCTCGTGGCCTAGCATCCACAATACATAATT

>Pleurotus ostreatus_EBK13
GACTGCGGAGGAACATTAATGAATTCATATGGAGTTGTTGCTGGCCTCTAGGGGCATGTGCACGCTTC
ACTAGTCTTTCAACCACCTGTGAACCTTTGATAGATCTGTGAAGTCGTCTCTCAAGTCGTACAGCTTGG
TTGCTGGGATTTAAACGTCTCGGTGTGACTACGCAGTCTATTTACTTACACACCCCAATGTATGTCTA
CGAATGTCATTTAATGGGCCTTGTGCCTTTAAACCATAATACAACCTTCAACAACGGATCTCTTGGCTC
TCGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAA
TCTTTGAACGCACCTTGGCCCCCTTGGTATTCCGAGGGGCATGCCTGTTGAGTGTCAATTAATCTCA
AACTCACTTTGGTTCTTTCAATTGTGATGTTGGATTGTTGGGGGCTGCTGGCCTTGACAGGTGCGGC
TCCTCTTAAATGCATTAGCAGGACTTCTCATTGCCTCTGCGCATGATGTGATAATTATCACTCATCAAT
AGCACGATGAATAGAGTCCAGCTCTCTAATCGTCCGCAAGGACAATTTGACAATTTGACCTCAAAATCA
GGTAGGACTACCCGCTGAACCTAAGCATATCAATAAGCCGGAGGAAAAA

```


EK-3 (Devamı)

>Morchella sextelata_M14-1

TTACCAAGAACCACACAGAAAAAGGGCTGCTATAGGGGCCGGCAGGGCTAGTAGCTTTACGTTGTTGAAC
GTCCTGTTTGGACCCGTTGGCAGCCCCCATCTAAACCCTCTGCGTACCTGTCCCCCTTGCTTCCCCCG
GCACCTCGCTGGGGGGAGGAACAACAACCAAACTCTTTGTGAACAAACAGCGTCAGAATTACAAAAA
CAAAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAATG
CGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGT
ATTCCGGGGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATAAAAAACCTCCTCCCCCTTCGGGTTTGATTACTATCGTT
GGGGGGTTTGGCCTAATGGGATAGCGATTGGCAATTAGTTTCCCAATGTCCTAAATAGACGTAGACCC
GCCTCCAGATGCGACAGCACCGAGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGGATATATAGGCTTGCAGTAAAT
GCTCACCTTTCTCCATACGCCGATGGCACACCGGTGCGAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGTCCTTTCAG
GACCCTCGTGGCCTAGCATCCACCATACATAATT

>Morchella mediterraneensis_MBD1-2

CATTACCAAGAACCACACAGAAAAAGGGAGGCAAAGGGGCCGACAGGATTAGTAGCTTTACGTTGTTG
AACGTCCTGGCTGGACCCGGAGCCGCCCATCTAAACCCTCTGCGTACCTGTCCCTTCTTGCTTCCCC
CGACATCTCGTCGGGGGGAGGGAACAACCAAACTCTTTGTGAATCAAACAGCCGTCAGAATTATAAAA
CAAACAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAAT
GCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGG
TATTCGGGGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATAAAAAACCTCCTCCCCCTTCGGGTTTGTACTATCGT
TGGGGGGTTTGGCCTAATGGGATAGCGATTGGCAATTCTTTCCCAATGTCCTAAATAGACGTAGACC
CGCCTTCAGATGCGACAGCACCGAGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGGATATATAGGCTTGCAGTAAAT
TGCTCACCTCTCTTACACGCCGATGGCACAGCAGTTGCGAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGCCCTTTCA
GGACCCTCGTGGCCTAGCATCCACAATACATAATT

>Morchella mediterraneensis_MAC2

CCAAGAACCACACAGAAAAAGGGAGGCAAAGGGGCCGACAGGATTAGTAGCTTTTACGTTGTTGAACGT
CCTGGCTGGACCCGGAGCCGCCCATCTAAACCCTCTGCGTACCTGTCCCTTCTTGCTTCCCCCGACA
TCTCGTCGGGGGGAGGGAACAACCAAACTCTTTGTGAATCAAACAGCCGTCAGAATTATAAACAAAC
AAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGAT
AAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGTATT
CGGGGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATAAAAAACCTCCTCCCCCTTCGGGTTTGTACTATCGTTGGGG
GGTTTGGCCTAATGGGATAGCGATTGGCAATTCTTTCCCAATGTCCTAAATAGACGTAGACCCGCCT
TCAGATGCGACAGCACCGAGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGGATATATAGGCTTGCAGTAAATGCTC
ACCTCTCTTACACGCCGATGGCACAGCAGTTGCGAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGCCCTTTTCAGGACC
CTCGTGGCCTAGCATCCACAATACATAATT

>Morchella mediterraneensis_MBD 1-1

CATTACCAAGAACCACACAGAAAAAGGGAGGCAAAGGGGCCGACAGGATTAGTAGCTTTTACGTTGTTG
AACGTCCTGGCTGGACCCGGAGCCGCCCATCTAAACCCTCTGCGTACCTGTCCCTTCTTGCTTCCCC
CGACATCTCGTCGGGGGGAGGGAACAACCAAACTCTTTGTGAATCAAACAGCCGTCAGAATTATAAAA
CAAACAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAAT
GCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGG
TATTCGGGGGGCATGCCTGTTGAGCGTCATAAAAAACCTCCTCCCCCTTCGGGTTTGTACTATCGT
TGGGGGGTTTGGCCTAATGGGATAGCGATTGGCAATTCTTTCCCAATGTCCTAAATAGACGTAGACC
CGCCTTCAGATGCGACAGCACCGAGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGGATATATAGGCTTGCAGTAAAT
TGCTCACCTCTCTTACACGCCGATGGCACAGCAGTTGCGAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGCCCTTTCA
GGACCCTCGTGGCCTAGCATCCACAATACATAATT

>Morchella mediterraneensis_MBD 3

CACACAGAAAAAGGGAGGCAAAGGGGCCGACAGGATTAGTAGCTTTTACGTTGTTGAACGTCCTGGCTG
GACCCGGAGCCGCCCATCTAAACCCTCTGCGTACCTGTCCCTTCTTGCTTCCCCGACATCTCTGCG
GGGGGAGGGAACAACCAAACTCTTTGTGAATCAAACAGCCGTCAGAATTATAAACAAACAAAAAGTT
AAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATG
TGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCCTGGTATTCGGGGGGG
ATGCTGTTGAGCGTCATAAAAAACCTCCTCCCCCTTCGGGTTTGTACTATCGTTGGGGGGTTTGG
CCTAATGGGATAGCGATTGGCAATTCTTTCCCAATGTCCTAAATAGACGTAGACCCGCCTTCAGATGC
GACAGCACCGAGGCCATCAACCGTGGAGTTATGGGATATATAGGCTTGCAGTAAATGCTCACCTCTCT
TCACACGCCGATGGCACAGCAGTTGCGAGTTGCGGGCGTAAATTGGAGCCCTTTTCAGGACCCTCGTGGC
CTA

EK-3 (Devamı)

```

>FJ746638.1 Morchella esculenta strain ATCC 10968
GGATCATTACCAGATTCAAAACCAAAAGACAGTGGGGAGAGAGGCACCAGCGATGGAGGACGCCGCCACA
TTGGCGGGTTCCGTACCCCAAGTGTGGTCCAGGGCGGGGCCAGCTGCGACGGTCTCATCCGCAGTCCCTGC
GTTTTGGCAGCAAGCCCCGAATCGGGGTGGGAGCGGATCGTGCAATCAATGCTCTGCAGCCACCCATACG
GGTTGGGTGAGCGCGCAGAGTAGACTATTGCTGCGCGCGAAACCGGTCGCGGCAGGTGGCGGACGGC
ACATGCAGGACTGATCCCAACCATGTGTTGATTCCCTGGGGCCGGGGTGTAGAATACCCCGCGGACTC
GCAGACGGCGTGTACCCTCGTCTGGCCCCCTCTCGCCATTGTCCCAACCAAAACCCCTCTGCGTACCCCTT
CCCTGTTGCTTCCCCCGGGGCACTGGCTCCGGCCAGCCGGGGGGAGAAACCAAGCAAAACCCCTTTTTCG
CAAAAACAGACGTCTGAACATCAAAAACAAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCAC
ATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTT
GAACGCACATTGCGCCCTCTGGTATTCCGGAGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATAAATACCCCTCCCCCT
CGGATTGCTTTTTGGGTCCCTGGGGGGTCTGGCAATGTGGATTCCCGTGCTTTGAGGGCATGCGGACG
GGCTCCCGAGTCTGAAAGACATAATGTTCCCGGCCGAAACCGGTGATTAGTTTCACTGGCAGGATTTCGTG
GCAGGTAGACTGAGGGCGTCAACCGTGGAGTCATGAGGGTAGAAACCTCCCCCTTTGCAAGTAACATTGC
TCTGGCAGTTAGATCTGCAGGCCCGACGGTCTGGGGATGGACCTCCCACTCGCAGGCGTCACGGCCACGA
TAGCGGGCGTTAAACGGAATCCGATCCGCCTTACGGGTGGTTGAAGATCCTTGTGGGCTAGCAACCCCT
AAACATATTTTGACCT
>AJ543740.1 Morchella crassipes ATCC 13227
TCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTACCAGATTCAAAACCAAAAGACAGTGGGGAGAGAGGCACCA
GCGATGGAGGACGCCGCCACATTGGCGGGTTCCGTACCCCAAGTGTGGTCCAGGGCGGGCCAGCTGCGAC
GGTCTCATCCGCATTCCCTGCGTTTTTGGCAGCAAGCCCCGAATCGGGGTGGGAACGGATCGTGCAATCAA
TGCTCTGCAGCCATCCATACGGGTTGGGTGAGCGTGCAGAGTAGACTATTGCTGCGCTAAAGGAGACCCG
TCGCGGCAGGTGGCGGACGGCACATGCAGGACTGATCCCAACCATGTGTTGATTCCCTGGGGCCGGGGT
TGTAATAACCCCGCGGACTCGCAGACGGCGTGTACCCTCGTTTGGCCCCCTCTCGCCATTGTCCCAACC
AAAACCCCTCTGTGTACCCCTTCCCTGTGCTTCCCCCGGGCACTGGCTCCGGCCAGCCGGGGGGAGAA
CCAAGCAAAAACCCCTTTTTCGCAAAAACAGACGTCTGAACATCAAAAACAAAAAAGTTAAACTTTCAAC
AACGGATCTCTTGGTTCCACATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAAT
TCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTCTGGTATTCCGGAGGGCATGCCTGTTTCGAGC
GTCATAAATACCCCTCCCCCTCGGATTGCTTTTGGGGTCCCTGGGGGGTCTTGGAATGTGGATTCCCGG
TGCTTTGAGGGCATGCGGACGGGCTCCAGTGCTGAAAGACATAATGTTCCCGGCCGAAACCGGTGATTA
ATTCACTGGCAGGATTTCGTGGCAGGTAGACTGAGGGCGTCAACCGTGGAGTCATGAGGGTAGAAACCTC
CCCTTTGCAAGTAACATTGCTCTGCGAGTTAGATCTGCAGGCCCGACGGTCTGGGGATGGACCTCCAC
TCGCAGGCGTCACGGCCACGATAGCGGGCGTTAAACGGAATCCGATCCGCCTTACGGGTGGTTGAAGAT
CCTTGTGGGCTAGCAACCCCTAAACATATTTGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCGCTGAACCTAAGC
ATATCAATAAGCGGAGGA
>MH858286.1 Morchella deliciosa
TCATTACAGATTCAAAAACCAAAAGACAGTGGGGAAGAGAGGCACCAGCGATGGAGGACGCCGCCACATT
TGGCGGGTTCCGTACCCCAAGTGTGGTCCAGGGCGGGCCAGCTGCGACGGTCTCATCCGCAGTCCCTGC
GTTTTGGCAGCAAGCCCCGAATCGGGGTGGGAGCGGATCGTGCAATCAATGCTCTGCAGCCACCCATACG
GGTTGGGTGAGCGCGCAGAGTAGACTATTGCTGCGCTAAAGGAGACCCGTCGCGGCAGGTGGCGGACGGC
ACATGCAGGACTGATCCCAACCATGTGTTGATTCCCTGGGGCCGGGGTGTAGAATACCCCGCGGACTC
GCAGACGGCGTGTACCCTCGTCTGGCCCCCTCTCGCCATTGTCCCAACCAAAACCCCTCTGCGTACCCCTT
CCCTGTTGCTTCCCCCGGGCACTGGCTCCGGCCAGCCGGGGGGAGAAACCAAGCAAAAACCCCTTTTTCG
CAAAAACAGACGTCTGAACATCAAAAACAAAAAAGTTAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCCAC
ATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTT
GAACGCACATTGCGCCCTCTGGTATTCCGGAGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATAAATACCCCTCCCCCT
CGGATTGCTTTTTGCGTCCCTGGGGGGTCTGGCAATGTGGATTCCCGTGCTTTGAGGGCATGCGGACG
GGCTCCCACTGCTGAAAGACATAATGTTCCCGGCCGAAACCGGTGATTAGTTTCACTGGCAGGATTTCGTG
GCAGGTAGACTGAGGGCGTCAACCGTGGAGTCATGAGGGTAGAAACCTCCCCCTTTGCAAGTAACATTGC
TCTGGCAGTTAGATCTGCAGGCCCGACGGTCTGGGGATGGACCTCCCACTCGCAGGCGTCACGGCCAC
GATAGCGGGCGTTAAACGGAATCCGATCCGCCTTACGGGTGGTTGAAGATCCTTGTGGGCTAGCAACCC
CTAAACATATTTGAA

```

EK-4. Mantar örneklerinin sıvı besiyerindeki yaş biyokütle ağırlıkları

Pleurotus sp. yaş biyokütle ağırlıkları			
	Örnek Kodu	Yaş biyokütle (g)	Ortalama ağırlık (g)
P. djamor CCBAS 666	P1	2.26	2.89
	P2	3.52	
P. citrinopileatus CCBAS 691	P1	1.71	2.25
	P2	2.78	
P. ostreatus	P1	6.95	6.77
	P2	6.60	
P. eryngii CCBAS 831	P1	6.32	5.78
	P2	5.23	
P. djamor CCBAS 461	P1	2.88	4.66
	P2	6.43	
P. djamor CCBAS 734	P1	1.80	1.98
	P2	2.16	
P. ostreatus CCBAS 757	P1	2.09	1.88
	P2	1.66	
P. pulmonarius CCBAS 475	P1	2.17	2.20
	P2	2.23	
Morchella sp. yaş biyokütle ağırlıkları			
	Örnek Kodu	Yaş biyokütle (g)	Ortalama ağırlık (g)
MBD 1-1 (M. mediterraneensis)	P1	6.75	6.11
	P2	5.46	
MBD 1-2 (M. mediterraneensis)	P1	6.95	3.83
	P2	0.72	
MAC 2 (M. mediterraneensis)	P1	4.02	4.49
	P2	4.97	
M#1 (M. sextelata)	P1	4.15	5.41
	P2	6.66	
MBD 3 (M. mediterraneensis)	P1	5.32	4.72
	P2	4.12	
MBD 4 (M. importuna)	P1	9.08	6.95
	P2	4.83	
MBD 6 (M. mediterraneensis)	P1	-0.81	1.74
	P2	4.29	
M 14-1 (M. sextelata)	P1	5.27	6.94
	P2	8.61	
M 14-2 (M. sextelata)	P1	-0.28	0.45
	P2	1.19	

EK-5 Envanterdeki misel kültürlerinin yaş biyokütle ağırlıklarına ilişkin bağımsız örneklem T-Testi sonuçları

	Test değeri = 0					
	T değeri	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık. (p değeri)	Ortalama farkı	%95 Güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
Yaş Biyokütle	8.45	31	0.00	5.06	3.99	6.12

EK-6. Farklı besiyerlerinde geliştirilmiş *Morchella* örneklerinin yaş biyokütle ağırlıkları ve %nem ve % kuru madde içerikleri

Örne k	Paralel	Besiyeri	Yaş Biyokütle	Kuru Ağırlık	%Kuru Madde	%Nem
MBD 4	1	NB	0.55	0.04	6.77	93.23
	2	NB	1.85	0.05	2.70	97.30
	1	PDB	5.62	0.39	7.00	93.00
	2	PDB	6.85	0.45	6.59	93.41
	1	DM	1.66	0.14	8.28	91.72
	2	DM	0.55	0.04	6.77	93.23
MBD 3	1	NB	1.85	0.05	2.70	97.30
	2	NB	5.62	0.39	7.00	93.00
	1	PDB	6.85	0.45	6.59	93.41
	2	PDB	1.66	0.14	8.28	91.72
	1	DM	0.55	0.04	6.77	93.23
	2	DM	1.85	0.05	2.70	97.30
M 14-1	1	NB	5.62	0.39	7.00	93.00
	2	NB	6.85	0.45	6.59	93.41
	1	PDB	1.66	0.14	8.28	91.72
	2	PDB	Bulanıklık mevcut, iptal			
	1	DM	7.89	0.18	2.27	97.73
	2	DM	7.52	0.17	2.24	97.76

EK-7 Seçilmiş *Morchella* türlerinin farklı besiyerlerinde ürettiği yaş biyokütle ağırlıklarına ilişkin T-Testi sonuçları

	Test değeri = 0					
	T değeri	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık. (p değeri)	Ortalama farkı	%95 Güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
Yaş Biyokütle	5.49	17	0.00	3.63	2.23	5.02

EK-8. Glikoz veya melas ile modifiye edilmiş NB besiyerinde üretilen yaş biyokütle (g) değerleri

		Yaş Biyokütle					
		Şeker oranı (Glikoz)			Melas		
		1%	5%	10%	NB	2%	4%
MBD 3	P1	1.23	2.21	0.19	0.09	9.76	7.11
	P2	0.85	1.17	0.26	0.10	10.16	7.73
MBD 4	P1	2.29	2.16	3.38	0.19	16.36	12.27
	P2	1.42	2.13	1.59	0.23	17.92	12.62
M 14-1	P1	3.82	3.85	3.21	0.27	6.13	6.80
	P2	4.41	4.17	2.60	0.17	3.04	1.63

EK-9 Farklı glikoz ve melas oranlarının yaş biyokütle üzerine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Seçilmiş *Morchella* türlerinin farklı oranlarda glikoz içeren NB besiyerlerinde ürettiği yaş biyokütle ağırlıklarına ilişkin gruplar arası etki sonuçları

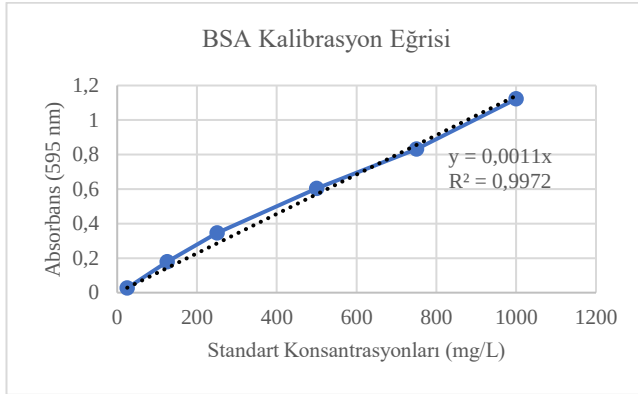
Bağımsız Değişken: Yaş Biyokütle Ağırlığı (Glikoz)					
Kaynak	Tip III Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Değeri	Anlamlılık (p değeri).
Düzeltilmiş Model	26.20 ^a	8	3.28	9.80	0.00
Kesişim katsayısı	93.12	1	93.12	278.63	0.00
Örnek	21.85	2	10.93	32.69	0.00
Glikoz Oranı	1.69	2	0.85	2.53	0.13
Örnek*Glikoz Oranı	2.66	4	0.66	1.99	0.18
Hata	3.01	9	0.34		0.00
Toplam	122.32	18			
Düzeltilmiş toplam	29.21	17			
a. R Kare = .967 (Düzeltilmiş R Kare = .938)					

Seçilmiş *Morchella* türlerinin farklı oranlarda melas içeren NB besiyerlerinde ürettiği yaş biyokütle ağırlıklarına ilişkin gruplar arası etki sonuçları

Bağımsız Değişken: Yaş Biyokütle Ağırlığı (Melas)					
Kaynak	Tip III Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Değeri	Anlamlılık (p değeri).
Düzeltilmiş Model	579.49 ^a	8.00	72.44	33.10	0.00
Kesişim katsayısı	704.13	1.00	704.13	321.77	0.00
Örnek	145.53	2.00	72.76	33.25	0.00
Melas Oranı	351.92	2.00	175.96	80.41	0.00
Örnek*Melas Oranı	82.04	4.00	20.51	9.37	0.00
Hata	19.70	9.00	2.19		
Toplam	1303.31	18.00			
Düzeltilmiş toplam	599.18	17.00			
a. R Kare = .967 (Düzeltilmiş R Kare = .938)					

EK-10. % 2 melas ilaveli NB besiyerinde geliştirilen MBD 4 (*M. importuna*) örneğinin temel besin bileşimi analizi sonuçları

Kuru Madde ve Nem İçeriği								
Yaş Biyokütle		Kuru Örnek		%KM	%Nem			
16.36		0.74		4.5	95.5			
17.92		0.38		2.15	97.85			
Ham Protein İçeriği (Kuru madde bazında)								
Ağırlık		% azot			%protein			
1.54		1.61			10.04			
1.05		1.87			11.69			
Yağ İçeriği (Kuru madde bazında)								
Örnek (g)		Yağ (g)			% Yağ			
1.63		0.22			13.58			
1.21		0.18			14.87			
Kül İçeriği (Kuru madde bazında)								
Örnek (g)		Kül (g)			% Kül			
1.34		0.1			7.17			
1.1		0.08			6.83			
Suda Çözünen, Çözünmeyen ve Toplam Diyet Lif İçeriği (Kuru madde bazında)								
		Örnek Ağırlığı		Kalıntı Ağırlığı		Protein (g)	Kül (g)	Diyet Lif % w/w
		m1 (g)	m2 (g)	R1 (g)	R2 (g)			
Suda Çözünen	Örnek	1.0045	1.0041	0.0570	0.0276	0.0050	0.0890	4.59
	Kör			0.0037	-0.0137	0.0020	0.0910	
Suda Çözünmeyen	Örnek	1.0045	1.0041	0.4481	0.3851	0.0210	0.0799	10.92
	Kör			0.0803	0.5228	0.0040	0.0917	
Toplam								15.51

EK-11 BSA kalibrasyon eğrisi ve toplam protein analizi sonuçları

	Örnek Kodu	Örnek ağırlığı (g)	Absorbans (595 nm)	Konsantrasyon (mg/L)	Konsantrasyon (g/L)
MBD 4	P1	1.0136	0.318	5781.8	5.8
	P2	1.012	0.254	4618.2	4.6

EK-12 Kitin analizi sonuçları

		Blank	Absorbans	Δ ABS	Glikozamin (g/L)	Kitin %(w/w)
MBD 4	P1	0.113	1.048	0.935	1.08	11.09
	P2	0.121	0.759	0.638	0.72	7.40
	P3	0.13	1.149	1.019	1.18	12.13
	Ortalama				1.00	10.21 $\pm$ 2.5

EK-13. Köfte örneklerinin pişirme sonrası ağırlık kaybı analizi sonuçları

	1. paralel		2. paralel		3. paralel		1. paralel	2. paralel	3. paralel	Ortalama Kayıp (g)	Kayıp (%)
	Çiğ (g)	Pişmiş (g)	Çiğ (g)	Pişmiş (g)	Çiğ (g)	Pişmiş (g)	Kayıp (g)	Kayıp (g)	Kayıp (g)		
K	50	32	50	33	50	33	18	17	17	17.30	34.70
M25	50	29	50	29	50	29	21	21	21	21.00	42.00
M50	50	24	50	16	50	28	26	34	22	27.30	54.70
M75	50	20	50	18	50	31	30	32	19	27.00	54.00

EK-14. Köfte örneklerinin pişirme sonrası kalınlık ve çap değişimi

		Kalınlık (mm)				Çap (mm)		
		1. nokta	2. nokta	3. nokta		1. nokta	2. nokta	3. nokta
Çiğ	K-1	10.2	12.8	9.6		74.6	74.7	76.7
	K-2	8.0	10.0	9.9		73.5	74.6	74.8
	K-3	9.6	9.1	8.9		75.3	74.7	75.5
	M25-1	8.9	10.9	7.2		74.1	74.7	74.2
	M25-2	9.0	8.9	10.6		73.8	74.9	75.2
	M25-3	9.5	9.1	9.4		73.2	75.6	74.0
	M50-1	8.4	8.7	9.5		73.0	74.2	73.9
	M50-2	7.8	8.9	9.2		74.7	74.6	75.5
	M50-3	9.5	9.4	8.7		73.0	73.0	73.8
	M75-1	11.8	11.2	10.4		74.2	76.3	75.2
	M75-2	9.9	10.9	11.9		75.3	75.0	74.5
	M75-3	11.8	11.6	10.4		74.0	74.9	75.5
Pişmiş	K-1	16.4	16.1	13.1		55.8	57.4	56.2
	K-2	15.3	15.9	11.3		63.6	58.5	57.1
	K-3	13.3	13.5	13.4		62.0	56.7	60.4
	M25-1	13.5	11.1	11.0		65.1	57.2	61.2
	M25-2	14.5	14.3	13.2		56.3	56.1	55.7
	M25-3	13.1	13.0	11.5		60.8	51.0	55.7
	M50-1	9.2	10.1	9.0		59.2	56.8	60.3
	M50-2	12.1	9.8	10.4		59.5	59.7	60.1
	M50-3	11.0	9.9	9.0		61.7	60.1	62.7
	M75-1	9.0	7.7	7.8		63.5	63.6	59.4
	M75-2	9.7	8.6	8.8		61.4	57.6	61.7
	M75-3	10.3	9.8	10.2		62.9	64.3	63.2

EK-15 Pişirme kaybı parametrelerinin varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Anlamlılık (p değeri)
Ağırlık kaybı	Gruplar Arası	1,698.67	3	566.22	8.17	0.00
	Gruplar İçi	1,386.67	8	69.33		
	Toplam	3,085.33	11			
Çap değişimi	Gruplar Arası	104.04	3	34.68	4.77	0.01
	Gruplar İçi	145.35	8	7.27		
	Toplam	249.39	11			
Kalınlık değişimi	Gruplar Arası	1,4913.41	3	4,971.14	89.82	0.00
	Gruplar İçi	1,106.90	8	55 .35		
	Toplam	16,020.30	11			

EK-16. Köfte örneklerinin temel bileşim analizi sonuçları

		Örnek (g)	Yağ (g)	%Yağ	Örnek (g)	Harcanan Asit (mL)	%Protein	Örnek (g)	Kül (g)	%Kül	Örnek (g)	Kuru Örnek (g)	%KM	%Nem
Kontrol	P1	1.52	0.55	36.07	2.09	0.80	17.31	1.16	0.02	1.57	9.70	4.37	45.07	54.93
	P2	1.56	0.54	34.52	2.11	1.10	23.35	1.30	0.02	1.36	6.75	2.02	29.90	70.10
	P3	1.54	0.54	35.30	2.33	1.60	27.85	1.23	0.02	1.46	5.83	2.61	44.74	55.26
M25	P1	1.97	0.65	33.08	2.03	1.50	80.26	1.58	0.01	0.94	7.54	3.11	41.22	58.78
	P2	1.85	0.60	32.28	2.43	2.00	32.01	1.72	0.02	1.13	6.83	2.88	42.13	57.87
	P3	1.91	0.62	32.68	2.03	1.30	29.81	1.65	0.02	1.04	7.64	3.13	40.98	59.02
M50	P1	1.80	0.46	25.75	2.02	1.30	30.11	1.22	0.01	0.96	7.20	2.68	37.25	62.75
	P2	1.81	0.47	26.14	2.04	1.40	31.79	1.45	0.02	1.13	8.45	3.08	36.43	63.57
	P3	1.80	0.47	25.94	2.14	1.70	35.08	1.34	0.01	1.05	8.56	3.24	37.90	62.10
M75	P1	1.76	0.37	21.26	2.01	0.90	21.05	1.19	0.02	1.27	7.16	1.91	26.69	73.31
	P2	1.18	0.27	22.89	2.13	1.20	25.00	1.45	0.03	1.84	7.40	2.21	29.85	70.15
	P3	1.47	0.32	22.07	2.11	0.90	19.10	1.32	0.02	1.55	8.35	2.73	32.71	67.29

EK-17 Köfte örneklerinin temel bileşen analiz sonuçları ANOVA tablosu

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Anlamlılık (p değeri)
Ham Protein(%)	Gruplar Arası	0.12	3	0.04	4.010	0.05
	Gruplar İçi	0.08	8	0.01		
	Toplam	0.20	11			
Kül (%)	Gruplar Arası	0.67	3	0.22	8.177	0.01
	Gruplar İçi	0.22	8	0.03		
	Toplam	0.88	11			
Kuru madde (%)	Gruplar Arası	242.25	3	80.75	3.798	0.06
	Gruplar İçi	170.11	8	21.26		
	Toplam	412.37	11			
Nem (%)	Gruplar Arası	242.25	3	80.75	3.798	0.06
	Gruplar İçi	170.11	8	21.26		
	Toplam	412.37	11			
Ham Yağ (%)	Gruplar Arası	331.54	3	110.512	302.173	0.00
	Gruplar İçi	2.93	8	0.37		
	Toplam	334.46	11			

EK-18. Pişme öncesi ve sonrası örneklerin L*, a*,b* ve ΔE* renk değerleri

	L*	a*	b*	ΔE*			L*	a*	b*	ΔE*
K	24.18	10.97	12.10	72.51	M50		28.42	10.80	15.61	68.89
	30.10	10.63	13.22	66.79			34.70	10.00	16.84	62.95
	40.65	8.99	12.60	56.20			36.41	9.78	16.66	61.23
	36.28	8.49	14.32	60.67			32.00	10.73	18.05	65.93
	30.89	9.63	11.68	65.68			35.70	9.85	18.02	62.24
	31.06	9.85	12.19	65.62			31.16	10.95	17.06	66.56
	36.69	9.26	13.36	60.21			33.03	9.37	16.87	64.46
	32.83	9.24	13.10	63.93			31.24	11.07	16.36	66.36
	32.76	9.68	13.10	64.07			29.88	8.49	16.16	67.24
	30.96	9.47	11.88	65.62			34.29	8.91	17.05	63.22
	31.75	9.13	13.55	65.04			-	-	-	-
	38.11	9.57	14.51	59.10			-	-	-	-
M25	36.82	7.23	16.01	60.32	M75		25.29	9.48	12.79	71.30
	30.58	9.36	16.24	66.70			26.82	10.10	12.35	69.83
	31.61	7.75	14.67	65.18			25.10	7.62	9.92	70.92
	33.01	7.94	16.33	64.17			25.51	9.08	11.86	70.91
	37.93	9.41	17.69	59.95			26.77	9.12	15.00	70.14
	34.38	8.96	16.66	63.06			25.29	9.45	15.24	71.67
	34.95	8.65	17.22	62.58			28.64	9.41	12.57	67.97
	30.26	9.66	16.05	67.01			33.20	9.92	16.34	64.27
	35.73	8.47	16.29	61.60			30.47	8.59	12.57	66.07
	32.86	11.20	16.81	64.91			26.19	7.11	10.03	69.80
	36.55	8.14	16.84	60.88			31.01	8.37	11.55	65.37
	33.42	7.66	15.58	63.58			34.17	8.83	13.10	62.56

EK-19 Renk ölçümüne ait parametrelerin varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Anlamlılık (p değeri)
L*	Gruplar Arası	238.30	3	79.43	7.36	0.00
	Gruplar İçi	453.50	42	10.80		
	Toplam	691.780	45			
a*	Gruplar Arası	11.69	3	3.90	4.78	0.01
	Gruplar İçi	34.19	42	0.81		
	Toplam	45.88	45			
b*	Gruplar Arası	160.61	3	53.54	35.59	0.00
	Gruplar İçi	63.18	42	1.50		
	Toplam	223.78	45			

EK-20. Tekstür profil analizi (TPA) sonuçları (Exponent (Stable Micro Systems, İngiltere) programından alınmıştır.

Test ID	Force 1	Area-FT 1:2	Time-diff. 1:2	Area-FT 1:3	Area-FT 2:3	Area-FT 4:6	Time-diff. 4:5	Hardness	Fracturability	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
	g	g.sec	sec	g.sec	g.sec	g.sec	sec	g	g	g.sec					
	Force 1	Area F-T 1:2	Time Difference 1:2	Area F-T 1:3	Area F-T 2:3	Area F-T 4:6	Time Difference 4:5	Force 2	Force 3	Variable					
Start Batch Unknown															
Kontrol 14	14747.068	8812.888	2.020	11414.991	2602.103	7786.423	1.765	17025.918	12.002	-0.540	0.874	0.682	11613.763	10147.669	0.295
Kontrol 11	19856.533	13136.645	2.020	16627.760	3491.115	10464.198	1.770	23292.477	11.224	-1.065	0.876	0.629	14658.444	12844.280	0.266
Kontrol 12	18347.598	11307.896	2.020	14206.800	2898.904	8767.635	1.765	21510.382	14.669	-0.880	0.874	0.617	13274.995	11599.191	0.256
Kontrol 23	20127.581	13777.541	2.020	17093.439	3315.898	10156.074	1.710	23282.142	19.670	-0.122	0.847	0.594	13833.095	11710.194	0.241
Kontrol 22	17367.757	12309.035	2.020	15218.691	2909.655	9038.930	1.765	20657.897	13.113		0.874	0.594	12269.471	10720.602	0.236
Kontrol 21	20945.060	13557.795	2.020	17156.929	3599.134	10851.990	1.710	24105.511	9.557		0.847	0.633	15247.061	12907.166	0.265
Kontrol 41	23111.890	14863.510	2.020	18720.049	3856.538	11281.397	1.730	27035.699	8.557	-0.143	0.856	0.603	16292.717	13953.663	0.259
Kontrol 42	17932.968	12662.576	2.020	15869.571	3206.995	9690.429	1.720	20791.143	9.335	-2.869	0.851	0.611	12695.686	10810.188	0.253
Kontrol 43	16576.060	11893.376	2.020	14770.198	2876.822	8864.520	1.725	19166.188	26.560	-28.119	0.854	0.600	11502.829	9822.961	0.242
M2511	30568.438	17783.245	2.020	22493.335	4710.090	13297.323	1.580	34679.281	13.336		0.782	0.591	20501.256	16035.636	0.265
M2512	35916.723	21071.919	2.020	26725.715	5653.796	15670.957	1.575	39960.554	12.336	-2.640	0.780	0.586	23431.370	18269.509	0.268
M2513	14780.407	7570.751	2.020	9608.115	2037.365	6129.703	1.475	17118.268	2.889		0.730	0.638	10920.966	7974.468	0.269
M2521	23174.567	14583.174	2.020	18065.094	3481.920	10540.173	1.610	26377.804	10.891	-1.032	0.797	0.583	15390.267	12266.500	0.239
M2522	16785.764	11534.338	2.020	14152.179	2617.841	8092.440	1.595	19420.677	15.114	-0.168	0.790	0.572	11105.050	8768.591	0.227
M2523	18633.537	13729.303	2.020	16643.086	2913.783	8851.059	1.595	21993.468	22.560	-0.258	0.790	0.532	11696.477	9235.584	0.212
M2531	15310.279	11412.008	2.020	13718.374	2306.366	7273.244	1.675	17906.741	14.669	-1.038	0.829	0.530	9493.844	7872.370	0.202
M2532	13334.595	10099.243	2.020	12176.955	2077.712	6443.789	1.670	15791.698	15.447	-0.214	0.827	0.529	8356.635	6908.703	0.206
M2533	14322.215	9482.902	2.020	11515.421	2032.520	6481.939	1.585	16785.986	15.225	-2.080	0.785	0.563	9448.698	7413.953	0.214
M5011	35904.499	19416.542	2.020	24418.625	5002.083	13807.782	1.465	39894.875	16.781	-2.279	0.725	0.565	22558.999	16360.858	0.258

TPA sonuçları (Devamı)

Test ID	Force 1	Area-FT 1:2	Time-diff. 1:2	Area-FT 1:3	Area-FT 2:3	Area-FT 4:6	Time-diff. 4:5	Hardness	Fracturability	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
	g	g.sec	sec	g.sec	g.sec	g.sec	sec	g	g	g.sec					
	Force 1	Area F-T 1:2	Time Difference 1:2	Area F-T 1:3	Area F-T 2:3	Area F-T 4:6	Time Difference 4:5	Force 2	Force 3	Variable					
M5012	33131.561	17851.312	2.020	22317.911	4466.599	12738.318	1.470	36232.891	6.334	-1.051	0.728	0.571	20680.523	15049.688	0.250
M5013	45899.166	20457.363	2.020	27521.667	7064.304	17672.391	1.375	48758.008	11.224	-2.032	0.681	0.642	31308.808	21311.688	0.345
M5021	33751.894	17612.508	2.020	21973.108	4360.600	12551.259	1.390	37187.727	14.447	-0.483	0.688	0.571	21242.001	14617.020	0.248
M5022	10846.930	4556.074	2.020	5556.741	1000.666	3411.856	1.100	12167.165	5.668	-0.546	0.545	0.614	7470.676	4068.190	0.220
M5023	18757.448	8974.030	2.020	10937.156	1963.126	6457.856	1.335	20796.367	2.778	-1.970	0.661	0.590	12279.238	8115.239	0.219
M5031	8033.651	3402.321	2.020	4295.949	893.628	2873.916	1.195	8886.692	5.890	-0.306	0.592	0.669	5945.044	3516.994	0.263
M5032	8276.361	3107.709	2.020	3923.568	815.859	2700.342	1.120	9101.286	3.667	-0.064	0.554	0.688	6263.836	3473.018	0.263
M5033	7249.290	3113.177	2.020	3943.602	830.426	2662.200	1.385	8033.318	10.335		0.686	0.675	5423.036	3718.270	0.267
M7511	29922.323	12730.603	2.020	16051.068	3320.465	10485.584	1.390	32750.938	6.001	-62.058	0.688	0.653	21395.007	14722.307	0.261
M7521	37038.034	17438.309	2.020	22357.719	4919.410	13990.478	1.555	40818.151	12.447	-179.191	0.770	0.626	25542.204	19662.440	0.282
M7522	22550.567	9695.079	2.020	11735.740	2040.661	7187.928	1.310	24825.194	9.557	-59.621	0.649	0.612	15204.981	9860.656	0.210
M7531	10807.812	4707.467	2.020	5396.720	689.253	3315.351	1.115	11902.673	4.223	-14.253	0.552	0.614	7312.134	4036.153	0.146
M7532	55087.356	24004.990	2.020	33657.284	9652.294	24372.145	1.610	59630.720	12.558	-382.647	0.797	0.724	43180.210	34415.910	0.402
M7512	45746.917	17903.544	2.020	24543.610	6640.066	17419.308	1.580	48802.016	17.114	-320.772	0.782	0.710	34636.197	27091.679	0.371
End Batch Unknown															
Average:	22874.026	12562.399	2.020	15903.248	3340.848	9737.240	1.528	25657.268	11.702	-38.159	0.756	0.613	15823.501	12099.435	0.255
S.D.	11848.104	5384.419	0.000	7246.515	1956.139	4797.023	0.201	12572.941	5.488	96.050	0.100	0.049	8604.359	6726.649	0.048
Coef. of Variation	51.797	42.861	0.000	45.566	58.552	49.265	13.160	49.003	46.898	-251.712	13.160	8.013	54.377	55.595	18.780

EK-21 TPA parametreleri varyans analizi sonuçları

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Değeri	Anlamlılık (p değeri)
Sertlik	Gruplar Arası	887,588,938.57	3	295,862,979.53	2.06	.128
	Gruplar İçi	4,170,934,121.50	29	143,825,314.54		
	Toplam	5,058,523,060.09	32			
Kırılganlık	Gruplar Arası	174.20	3	58.07	2.13	.12
	Gruplar İçi	789.67	29	27.23		
	Toplam	963.86	32			
Adhezyon	Gruplar Arası	132314.26	3	44104.75	9.06	.00
	Gruplar İçi	116776.67	24	4865.70		
	Toplam	249090.93	27			
Yaylanma	Gruplar Arası	0.22	3	0.08	23.41	.00
	Gruplar İçi	0.09	29	0.003		
	Toplam	0.32	32			
Kohezyon	Gruplar Arası	0.03	3	0.01	5.91	.00
	Gruplar İçi	0.05	29	0.00		
	Toplam	.08	32			
Sakızımsılık	Gruplar Arası	569,100,184.49	3	189700061.50	3.06	.04
	Gruplar İçi	1,800,019,755.12	29	62069646.73		
	Toplam	2,369,119,939.62	32			
Çiğnenebilirlik	Gruplar Arası	293628532.52	3	97876177.51	2.46	.08
	Gruplar İçi	1,154,301,244.83	29	39803491.20		
	Toplam	1,447,929,777.35	32			
Esneklik	Gruplar Arası	0.01	3	0.00	1.13	.35
	Gruplar İçi	0.07	29	0.00		
	Toplam	0.07	32			

ÖZGEÇMİŞ

GÜRCÜ AYBİGE ÇAKMAK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2017-2025	Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2015-2017	Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara
Lisans 2010-2015	Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi 2017- Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya
---	--

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- Çakmak Gürcü Aybige (2024), Yenilebilir Mantarlar ve Et İkamesi Olarak Kullanım Olanakları, MAS Journal of Applied Sciences, 9(2), 347-359, Doi: 10,5281/zenodo,11737238 (Yayın No: 9013488)
- Şanlıbaba Pınar, Uymaz Tezel Başar, Çakmak Gürcü Aybige (2018), Prevalence and Antibiotic Resistance of Listeria monocytogenes Isolated from Ready-to-Eat Foods in Turkey, Journal of Food Quality, 2018, 1-9, Doi: 10,1155/2018/7693782 (Yayın No: 4524099)
- Şanlıbaba Pınar,Çakmak Gürcü Aybige (2016), Exopolysaccharides Production by Lactic Acid Bacteria, Applied Microbiology: Open Access (Yayın No: 4769544)

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1. Çakmak Gürcü Aybige, Şanlıbaba Pınar, Uymaz Tezel Başar (2018), Genotypic Characterization of Listeria spp, Isolated from Meat and Meat Products in Turkey, International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF-2018) (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 4739136)
2. Çakmak Gürcü Aybige, Şanlıbaba Pınar, Uymaz Tezel Başar (2018), Molecular Characterization of Listeria spp, Isolated from Ready to Eat Foods in Turkey, International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF 2018) (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 4739201)
3. Çakmak Gürcü Aybige, Şanlıbaba Pınar, Keskin Raşit, Uymaz Tezel Başar (2017), Detection and Isolation of Listeria spp, in Ready-to-Eat Foods in Turkey, International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF 2017), (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 3801742)
4. Çakmak Gürcü Aybige, Şanlıbaba Pınar, Keskin Raşit, Uymaz Tezel Başar (2017), Detection and Isolation of Listeria spp, in Ready-to-Eat Foods in Turkey, International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF 2017), (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 3801742)

Yazılan ulusal/uluslararası kitaplardaki bölümler:

1. Endüstriyel Gıda Üretim Teknikleri, Bölüm adı:(Endüstriyel Gıda Üretim Teknikleri) (2022), ÇAKMAK GÜRCÜ AYBİGE, ŞANLIBABA PINAR, Nobel, Editör: Şanlıbaba Pınar, Güçer Yalçın, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 912, ISBN: Endüstriyel Gıda Üretim Teknikleri, Türkçe(Bilimsel Kitap) (Yayın No: 8941884)
2. Endüstriyel Gıda Üretim Teknikleri, Bölüm adı:(Gıdalarda Bulunan Patojen Mikroorganizmalar Iı: Küfler Ve Virüsler) (2022), Şentürk Esra, Çakmak Gürcü Aybige, Şanlıbaba Pınar, Nobel, Editör: Şanlıbaba Pınar, Güçer Yalçın, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 912, ISBN:978-625-417-615-9, Türkçe(Bilimsel Kitap) (Yayın No: 8941889)

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. Şanlıbaba Pınar, Uymaz Tezel Başar, Çakmak Gürcü Aybige (2018), Detection Of Listeria Spp, In Raw Milk And Dairy Products Retailed In Ankara, Gıda / The Journal Of Food, 43(2), 273-282, Doi: 10,15237/Gıda,Gd17107 (Kontrol No: 4524131)

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında

1. Keser Ceren, Çakmak Gürcü Aybige, Karakaş Budak Barçın (2022), Importance of Morcella spp, on Nutrition and Health , Gıda Kimyası Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 8941874)
2. Çakmak Gürcü Aybige, Şanlıbaba Pınar, Uymaz Tezel Başar (2017), Mikrobiyel Biyofilmler, 10, Gıda Mühendisleri Kongresi (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 5418762)

3. Raşit Keskin, akmak Gürcü Aybige, şanlıbaba Pınar, Uymaz Tezel Başar (2017), iğ Et Ve Et rnlerinin Listeria Spp, Varlığı Bakımından Taranması, 10, Gıda Mühendisleri Kongresi (zet Bildiri/Poster) (Yayın No: 5418814)

