

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**BAZI MANTAR MİSELYUMLARINDAN YALITIM
MALZEMELERİ ÜRETİMİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Aykan ÖZGÜR
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hacı Halil BIYIK

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
FEF-21022 proje numarası ile desteklenmiştir.

AYDIN-2023

TEŞEKKÜR

Lisans yıllarımda bana laboratuvarının kapılarını açan ve yüksek lisans eğitimim sırasında bana hem akademik hem de diğer konularda yardımcı olan yüksek lisans tez danışmanı hocam Prof. Dr. H. Halil BIYIK'a teşekkürlerimi sunarım.

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi'nde bulunduğum süre boyunca desteğini esirgemeyen Prof.Dr. Yüksel ŞAHİN ve Doç. Dr. Esin POYRAZOĞLU'na, tez çalışmam için gerekli olan Mantar Araştırma Laboratuvarı'nı kurmamızda bize destek veren Prof. Dr. Kubilay METİN'e, yüksek lisans eğitimimde beni yalnız bırakmayan ve çalışmalarımda yardımcı olan Dr. Bahadır TÖRÜN, Senem KÖSE, Burcu Zeynep BAYRAK'a teşekkür ederim.

Tezimin ön denemelerinde *G. lucidum* (DNZ19) miselyumunu bizimle paylaşan Düzce Üniversitesi'nden Prof. Dr. Ertuğrul KAYA'ya, tezde kullanmadığımız *S.commune* türü mantarı bizimle paylaşan Doç. Dr. Hakan ALLI'ya, *P. ostreatus* miselyumunu bizimle paylaşan Agroma Mantar firma sahibi A. Mehmet ATMACA'ya, araştırmalarımızda kullanılmak üzere bize kenenvir lifi gönderen Karadeniz Tarımsal Araştırma Müdürlüğü'nden Murat ACAR'a, mantar araştırma laboratuvarını kurmamızda bize desteğini esirgemeyen Hidroteksan Tarım Ürünleri Sanayi ve Dış Ticaret Limited Şirketi'ne teşekkür ederim.

Tez çalışmamda gerekli olan testler ve kalıplar için bize yardımcı olan Dr. Erkin AKDOĞAN ve Makine Mühendisi Utku KÖSE'ye çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın yürütülebilmesi için FEF-21022 No'lu proje ile maddi destek sağlayan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Proje Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Mantar araştırma çadırımıza arduino sisteminin kurulmasında bize yardımcı olan biricik kardeşim Elektrik-Elektronik Mühendisi ve Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Öğrencisi, Ozan ÖZGÜR'e çok teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim sırasında beni yalnız bırakmayıp destekleyen sevgili eşim Gülsemin ÖZGÜR'e, enerjim azaldığında bir gülüşleriyle tekrardan enerjimi

toplamamı sağlayan ocuklarım Zafer ve Alper Cihangir’e çok teŖekkr ederim.

Beni büyüten ve bugünlere gelmemde en büyük emeęi olan annem Fadliye ÖZGÜR ve babam Zafer ÖZGÜR’e ne kadar teŖekkr etsem azdır.

Aykan ÖZGÜR



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Funguslar ...	2
1.1.1. Makrofunguslar	2
1.1.1.1. <i>Ganoderma sp</i>	3
1.1.1.2. <i>Pleurotus ostreatus</i>	3
1.1.1.3. <i>Schizophyllum commune</i>	4
1.2. Mantarların Biyoteknolojide Kullanım Alanları	4
1.3. Polimer ve Biyopolimer	5
1.4. Bir Biyopolimer Olarak Miselyum ve Hif Yapısı	5
1.5. Petrol Tabanlı Malzemeler ve Denizlerde Kirlilik	6
1.6. Mantar Tabanlı Malzemeler	7
1.7. Piyasada Kullanılan Yalıtım Malzemeleri.....	8
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13

3.1. Materyal.....	13
3.1.1. <i>Ganoderma</i> sp	14
3.1.2. <i>Schizophyllum commune</i>	14
3.1.3. <i>Pleurotus ostreatus</i>	15
3.1.4. Malzeme Üretimi İçin Kullanılan Substratlar	15
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. Mantarlardan Miselyum Üretimi	15
3.2.2. Kullanılan Besiyeri ve Çözeltiler	15
3.2.2.1. Patates Dekstroz Agar (PDA).....	16
3.2.2.2. Malt Ekstrakt Agar (MEA).....	16
3.2.2.3. Yeast Ekstrakt Agar (YEA).....	16
3.2.3. Genomik DNA İzolasyonu	16
3.2.3.1. Fenol Kloroform Yöntemi	17
3.2.4. PCR Çalışmaları	17
3.2.5. Misel Üretimi.....	18
3.2.6. İnokulasyon ve İnokulasyon Besi Ortamı	19
3.2.7. Yapılacak Testlere Uygun Kalıpların Basımı.....	19
3.2.8. Malzeme Testleri	20
3.2.8.1. FT-IR (Fourier Dönüştümlü Kızılötesi Spektroskopisi) Analizi	20
3.2.8.2. Üç Nokta Eğme Testleri	21
3.2.8.3. Basma, Çekme ve Isıl İletkenlik Testi.....	21
3.2.9. Mantar Üretim Çadırı ve Arduino Sistem:	22
3.2.10. Havalandırma Sistemi.....	23
3.2.11. Isıtıcı Sistem	23
3.2.12. Nemlendirme Sistemi	23

3.2.13. Çadır Altı Zemin İzolasyonu	23
4. BULGULAR	24
4.1. Morfolojik Tanılama	24
4.2. Spawn Üretimi	25
4.3. Buğday Sapı Üzerinde Miselyum Üretimi	26
4.4. Kalıplama ve Kalıptan Çıkarma	27
4.5. Kurutma ve Teste Hazır Numuneler	27
4.6. Basma Testi	28
4.7. Çekme Testi	29
4.8. Üç Nokta Eğme Testi	31
4.9. Isıl İletkenlik Katsayısı Testi	32
4.10. FT-IR Analizi	33
5. TARTIŞMA	34
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	36
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	45
ÖZ GEÇMİŞ	46

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
±	: Artı Eksi
/	: Bölme
°C	: Santigrad Derece
cm	: Santimetre
dH₂O	: Distile su (saf su)
dk	: Dakika
g	: Gram
kPa	: Kilopascal
l	: Litre
m	: Metre
MEA	: Malt Ekstrakt Agar
µl	: Mikrolitre
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
PDA	: Patates Dekstroz Agar
sa	: Saat
YEA	: Yeast Ekstrakt Agar

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Mantara ait miselyum, hif ve şapka yapısı.....	6
Şekil 3.1. Eğilme testi numune boyutları	21
Şekil 3.2. Isıl iletkenlik katsayısı testi ve basma testi numune boyutları.....	21
Şekil 3.3. Çekme testi numune boyutları	22
Şekil 3.4. Çadır içi iklimlendirme otomasyon sistemi şeması	22
Şekil 4.1. Basma testi sonuç grafiği	29
Şekil 4.2. %10 şekil değişimi basma dayanım grafiği	29
Şekil 4.3. Basma testi %100 basma grafiği	29
Şekil 4.4. Elastisite modülü (kPa)	29
Şekil 4.5. Çekme testi sonuç grafiği kPa değeri düşük olan numune	30
Şekil 4.6. Çekme testi sonuç grafiği kPa değeri yüksek olan numune.....	31
Şekil 4.7. Üç nokta eğme testi sonuç grafiği.....	32
Şekil 4.8. FTIR analiz grafiği.....	33

RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1. (a) <i>T. versicolor</i> görüntüsü, (b) <i>G. lucidum</i> görüntüsü	13
Resim 3.2. <i>Ganoderma sp.</i>	14
Resim 3.3. <i>S. commune</i> görüntüsü	14
Resim 3.4. Spawn örneği	18
Resim 3.5. İnokülasyon besi ortamı	19
Resim 3.6. Test numune kalıpları	20
Resim 3.7. Vertex 70 FI-IR cihazı	20
Resim 3.8. Shimadzu AGS-X 100 kN üniversal basma ve çekme test cihazları	21
Resim 3.9. Deneysan HT-350 Model Termal İletkenlik Test Cihazı	22
Resim 4.1. <i>Ganoderma sp</i> petri misel görüntüsü 5.gün	24
Resim 4.2. <i>G.resinaceum</i> mikroskop misel görüntüsü.....	25
Resim 4.3. Spawn üretimi 1. Gün	25
Resim 4.4. Spawn üretimi 3. Gün	25
Resim 4.5. Spawn üretimi 6. Gün	26
Resim 4.6. Spawn üretimi 10 gün	26
Resim 4.7. Buğday sapında misel üretimi.....	26
Resim 4.8. Malzeme kalıplama.....	27
Resim 4.9. Kalıplaması tamamlanmış malzeme	27
Resim 4.10. Kurutma işlemi	27
Resim 4.11. Kurutulmuş teste hazır numuneler	28
Resim 4.12. Basma testi	28
Resim 4.13. Çekme testi	30
Resim 4.14. Üç nokta eğme testi.....	31
Resim 4.16. Isıl iletkenlik katsayısı testi.....	32

ÖZET

BAZI MANTAR MİSELYUMLARINDAN YALITIM MALZEMELERİ ÜRETİMİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Özgür A. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2023.

Amaç: Bu çalışmanın amacı, birçoğu petrol türevli olan yalıtım malzemelerine, alternatif olabilecek, miselyum tabanlı, çevreci yalıtım malzemelerinin üretilebilirliğinin araştırılmasıdır.

Materyal ve Yöntem: Araştırmada materyal olarak Aydın İli'nden toplanılan *Ganoderma* sp, *Schizophyllum commune* mantarları ve Denizli Agroma Mantar şirketinden edinilen *Pleurotus ostreatus* hazır miseller kullanılmıştır. Test numunelerin hazırlanması için mantar üretim çadırı ve iklimlendirme otomasyon sistemi kurulmuştur. Test numunelerinin üretiminde kullanılmak üzere 3 boyutlu yazıcıda numune boyutlarına uygun kalıplar hazırlanmıştır. Yöntemimizde miselyum gelişimi için substrat olarak buğday sapı, mısır sapı ve pamuk sapı gibi tarım artıkları ile çalışılmıştır. Substratlar miselyum materyal üretiminde kullanılmıştır. Tarım artıklarına miselyum inoküle edilmiş ve 27 °C'de %60-80 nemli ortamda 14 gün inkübasyon sonrasında kalıplama yapılmış ve 7 gün daha inkübasyona devam edilmiştir. Sonrasında kalıptan çıkarılan numuneler 70 °C'lik pasteur fırınında 8 saat kurutulmuştur. Materyal üretildikten sonra basma, çekme, eğilme, ısıl iletkenlik testleri ve FTIR analizi yapılmıştır.

Bulgular: Denemeler sonunda substrat olarak buğday sapı, sıcaklık olarak 27 °C, nem olarak % 60-80 optimum olarak belirlenmiştir. En iyi inokulum miktarını belirlemek için malt ekstrakt agar içeren petride miselyum geliştirildikten sonra buğday sapı içeren kompost ortamına, petrinin ½'si ve ¼'ü gibi çeşitli oranlarda misel inoküle edilerek bulunmuştur.

Sonuç: Üç çeşit mantar ve üç farklı substrat kullanılarak misel gelişimleri gözlenmiştir. En iyi mantarın *Ganoderma* sp ve en iyi substratın buğday sapı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kompozit Malzeme, Mantar, Misel Yalıtım, Misel, Miselyum Malzeme,

ABSTRACT

A RESEARCH ON THE PRODUCTION OF INSULATION MATERIALS FROM SOME FUNGI MYCELIA

Özgür A. Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Biology Program, Master Thesis, Aydın, 2023.

Objective: The aim of this study is to investigate the manufacturability of mycelium-based, environmentally friendly insulation materials, which can be an alternative to most petroleum-derived insulation materials.

Material and Methods: In the research, *Ganoderma* sp, *Schizophyllum commune* mushrooms collected from Aydın province and *Pleurotus ostreatus* ready-made mycelia obtained from Denizli Agroma Mantar company were used. Mushroom production tent and air-conditioning automation system have been set up for the preparation of test samples. In order to be used in the production of test samples, molds suitable for sample sizes were prepared in a 3D printer. In our method, agricultural residues such as wheat straw, corn stalk and cotton straw were studied as a substrate for mycelium growth. The substrates were used in the production of mycelium material. Agricultural residues were inoculated with mycelium and after 14 days of incubation at 27°C in 60-80% humidity, molding was done and incubation was continued for another 7 days. Afterwards, the samples removed from the mold were dried in a pasteur oven at 70 °C for 8 hours. After the material was produced, compression, tensile, bending, thermal conductivity tests and FTIR analysis were performed.

Results: At the end of the trials, wheat straw as substrate, temperature 27 °C, humidity 60-80% were determined as optimum. In order to determine the best inoculum amount, mycelium was inoculated into compost medium containing wheat straw in various ratios such as ½ and ¼ of the petri dish after the mycelium was developed in a petri dish containing malt extract agar.

Conclusion: Mycelial growth was observed using three types of fungi and three different substrates. It was determined that the best fungus was *Ganoderma* sp and the best substrate was wheat straw.

Key Words: Composite Material, Mushroom, Mycelium Material, Mycelial Insulation, Mycelium,

1. GİRİŞ

İkinci Dünya savaşı sonrasında endüstrideki gelişmeler, 1950'lerden günümüze artan nüfus, 2000'li yılların başından itibaren kaynak kullanımında ciddi oranda artış getirmiştir (Schaffartzik vd., 2014).

Dünya'da nüfus artışına ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanılan enerji miktarı her geçen gün artmakta ve Dünya üzerindeki kaynakları hızla tüketmektedir. Üretime bağlı kaynak kullanımındaki artış ve tüketim artışı, beraberinde atık birikimine yansımış olup durumun sürdürülemez olduğu bir gerçektir. Hava kirliliği ve küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri bizleri yeni, tasarruflu yöntemler bulmaya itmektedir. Bunların başında da yenilenebilir kaynaklar ve geri dönüştürülebilir malzemeler gelmektedir. Buna bağlı olarak çevreci binalar, sürdürülebilir enerji çözümleri, sürdürülebilir kaynaklar ön plana çıkmaktadır. Yenilenebilir ürünlere ilgi hızla artmaktadır (Özyurt vd., 2009). Alternatif biyo-bazlı ve biyo bozunur, yenilenebilir kaynaklar kullanılarak üretilmiş malzemelere ihtiyaç olduğu bilinmektedir (Attias vd., 2017).

Günümüzde canlı sistemler kullanılarak malzeme ve yapıların üretilmesine karşı ilgi artmaktadır. Tasarımcılar, biyologlar ve mühendisler biyolojik sistemler kullanılarak farklı sanatsal tasarımlar ortaya koyduğu gibi yeni kompozit malzemeler üzerinde çalışmaktalar. Mantarın bir yapısı olan miselyum kullanarak yeni malzemelerin oluşturulmaktadır. Canlılık sürecinden yararlanılarak gerçekleşmekte olup süreç sonunda yenilikçi, mühendislik için önem arz eden malzemeler üretilmektedir (Ozkan vd., 2022; Saydor vd., 2022).

Doğal lifler yaklaşık yirmi yıldır uçaklar, otomotiv, tekstil ile inşaat sektörü gibi endüstrinin pek çok alanında düşük ağırlık ve geri dönüştürülebilir özellikleriyle sentetik malzemelere alternatif olarak kullanılmaktadırlar. Biyo-kompozitler doğal bağlayıcı olarak doğal lifleri kullanmakta olup miselyumda bu bağlayıcılardan biridir (Elsacker, 2021).

Petrol tabanlı köpüklerin altyapı ve konut yapımında ısı yalıtımı ve dolgu malzemesi olarak kullanıldıkları bilinmektedir (Yang vd., 2017).

Ülkelerin ve çeşitli sektörlerdeki firmaların çevreci politikalara verdikleri önem artmaktadır. Miselyum biyokompozit malzemeler hem tarımsal artıkların değerlendirilmesinde kullanılmakta hem de doğada çözünebilir oldukları için petrol tabanlı

ürünler gibi doğayı kirletmemektedir. Bu araştırma güncel bir konu olup ülkemiz literatüründe yapılan çalışmalar azdır. Ülkemizde miselyum malzemeler ticari ürüne dönüşmesi durumunda ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Bu araştırmada ülkemizde yetişen mantar örneklerinden elde edilen miselyum ile tarım artıkları kullanılmıştır. Yenilenebilir kaynaklar kullanılarak, enerji sarfıyatını azaltmak ve birçoğu petrol türevli olan yalıtım malzemelerine alternatif olabilecek, çevresel kirliliğin azaltılmasına katkı sağlayacak, çevreci yalıtım malzemelerinin üretilebilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

1.1. Funguslar

Funguslar, basit yapıya sahip prokaryotlara göre çok daha büyük yapıda olan, organel olarak adlandırılan DNA bulunduran nükleus, mitokondri, kloroplast ve çeşitli zarla çevrili sitoplazmik yapıları içeren ökaryotik mikroorganizmalardan biri olup Fungi Alemi'nde yer alırlar. Aynı zamanda funguslar böceklerden sonra biyosferin ikinci büyük organizma grubunu oluştururlar (Adanacıoğlu vd., 2016; Appels vd., 2019; Madigan vd., 2017)

Funguslar doğada besin olarak ihtiyaç duydukları organik maddeleri, bitki ve hayvan organizmalarının artıklarından sağlamaktayken endüstride substratlar olarak bunların yerini odun artıkları, saman, kabuk, küspe gibi tarım artıkları ve atıkları almaktadır (Kavanagh, 2017).

1.1.1. Makrofunguslar

Makrofunguslar toprak altında kök benzeri bir miselyum ağına sahiptir. Uygun nem ve sıcaklık ortamında gövde yapısı ve şapka kısmı toprak üstü yapıyı oluşturmaktadır.

1.1.1.1. *Ganoderma sp.*

Mantarlar aleminden olan *Ganoderma* türleri, Basidiomycota bölümü Homobasidiomycetes sınıfında, Aphyllophorales takımından Polyporaceae familyasına üye *Ganoderma* cinsidir. *Ganoderma* türleri yenilebilir değillerdir (Chang, 1995; Güzeldağ, 2007; Wasser vd., 1999).

Ganoderma türleri içerisinde dünyada büyük bir üne sahip olan *Ganoderma lucidum* tıbbi mantar olarak öne çıkmaktadır. 1973'te kültüre alınarak tablet, şurup ve iğne olarak klinik uygulamalarda kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Baş vd.,2000; Karasüleymanoğlu, 2014).

Ganoderma lucidum ile çeşitli miselyum malzeme denemelerinin yapıldığı bilinmektedir (Elsacker vd., 2020).

1.1.1.2. *Pleurotus ostreatus*

Dünyada “oyster mushroom”, ülkemizde yöreden yöre değişiklik göstererek “istiridye, kavak, kulak” olarak adlandırılan ve önemli ekonomik değere sahip,günümüze kadar yaklaşık olarak 70 kadar türü belirlenmiş *Pleurotus* mantar türleri; Agaricomycetes sınıfı, Agaricales takımı, Pleurotaceae familyası ve *Pleurotus* cinsinde yer almaktadırlar. *Pleurotus* türleri içerisinde ilk kültüre alınan ve dünyada genelinde ticari yetiştiriciliği ile ilk sırayı alan tür *Pleurotus ostreatus'* tur. *P. ostreatus*, yüksek besin değeri ve tıbbi özelliklerinden dolayı insan sağlığı açısından önemli bir yere sahip olmasıyla birlikte lezzetli güzel bir aromaya sahiptir. Aynı zamanda tarımsal ve endüstriyel atıklar üzerinde yüksek verimlilikte yetiştirilebilir olmasından dolayı dünya genelinde tercih sebebidir (Hassan vd., 2010; Kibar vd., 2016; Kibar vd., 2019). *P. ostreatus* doğal malzeme özellikleriyle tanınmış miselyum kompozit malzemelerin üretim araştırmalarındaki yerini de almıştır (Appels vd., 2019).

1.1.1.3. *Schizophyllum commune*

Mantarlar aleminden olan *Schizophyllum* türleri, Basidiomycota bölümü Agaricomycetes sınıfında, Agaricales takımından Schizophyllaceae familyasına üye *Shizophyllum* cinsidir. *S. commune* kanserli hücre araştırmalarında sıkça karşılaşılan bir mantar olup aynı zamanda halsizlik, ateş ve soğuk algınlığı tedavilerinde de kullanıldığı görülmüştür. Özellikle Asya ilaç firmaları tıbbi ilaçlar için önemli bileşiklerin üretiminde bu mantara yer vermektedir. Birçok kanserli hücre ile yapılan çalışmalar olduğu bilinmektedir. *S. commune* ilaç sanayisi yanında biyodegradasyon ve gıda alanında yerini almıştır (Çöl vd., 2017; Rogers, R., 2011; Salahuddin, 2008). *S. commune* ile çeşitli miselyum malzeme denemelerinin yapıldığı bilinmektedir (Elsacker vd., 2020).

1.2. Mantarların Biyoteknolojide Kullanım Alanları

Biyoteknoloji biyolojik materyalleri kullanarak ekonomik açıdan yüksek değer teşkil eden ürünler üretilmesini sağlayan bir bilim dalıdır. Mantarlar gıda olarak kullanımının yanında tıbbi değere sahip anti kanser, immün sistemi güçlendirici, hipokolesterolemik ve hepatoprotektif ajanların üretiminde aktif bileşenlerin üretimi, aşılar, vitaminler, polisakkarit, pigmentler, lipid ve glikoprotein gibi yapıların üretilmesi için biyoteknolojide kaynak olarak kullanılmaktadır. Mantarlar gıda biyoteknolojisinde ilk olarak maya ve mantarların kullanımıyla üretilen ekmek, peynir, şarap, bira gibi ürünlerle karşımıza çıkmaktadır. Moleküler biyoloji ve genetik alanındaki çalışmalarla ilerleyen rekombinant DNA teknolojisi mikrobiyal enzim ve farmasötik ürünlerin üretiminde önemli ölçüde artışlara neden olmuştur. Beslenmemiz ve sağlığımız için gerekli metabolitler açısından zengin olan mantarlar küresel gıda, sağlık endüstrilerinde önemli bir yer tutmaktadır (Chang ve Buswell, 1996; Yavuz ve Gül, 2022).

Son zamanlarda mantarlar, biyoteknolojide miselyum malzemelerle de ön plana çıkmaktadır. Mantar miselyumları kullanılarak ambalaj ürünleri, vegan gıda, miselyum deri, akustik panel gibi malzemeler üretilmekte ve bu ürünler küresel endüstrideki yerlerini almaktadır.

Vitaminlerin vücudumuzdaki biyokimyasal reaksiyonlarda kullanılan enzimlerin yapısına katılarak metabolik yollarda rol aldığı bilinmektedir. Ekonomik açıdan yüksek öneme sahip ve geniş kullanım alanları olan vitaminlerin üretiminde mantarlarında kullanılmaktadır (Gül, 2020).

1.3. Polimer ve Biyopolimer

Polimerler monomerlerin bir araya gelerek polimerizasyon sonucu oluşturduğu doğrusal veya dallanmış şekilli yapılardır (US COTA, 1993). Kelime anlamı olarak çoklu yapı anlamına gelen polimerler günlük hayatımızın pek çok alanında karşımıza çıkmaktadır. Mutfak gereçleri, ambalaj sektörü ürünleri, elektronik ürünler ilk akla gelen örneklerdendir.

Polimerler endüstriyel olarak petrol esaslı karbon ve hidrojenin bağlanmasıyla üretilen gibi canlılar tarafından da üretilenler (Akdoğan, 2019).

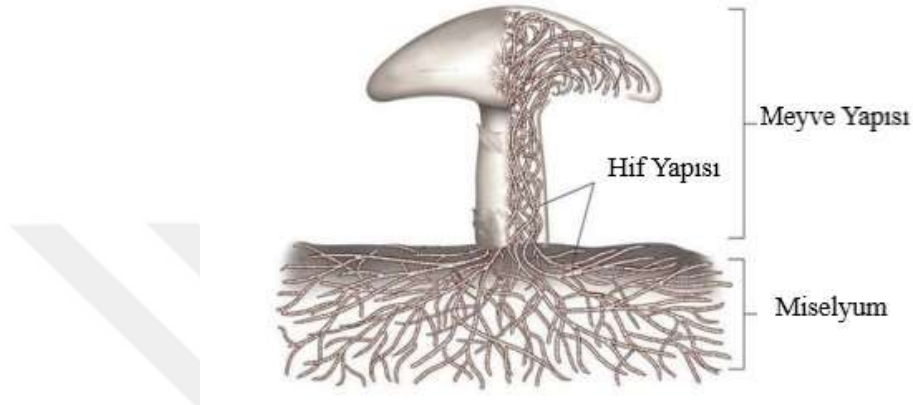
Mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar tarafından üretilen polimer biyopolimer olarak adlandırılmaktadır (US COTA, 1993). Örümcek ağı ve mantarların miselyum yapıları biyopolimerlere örnektir. Biyopolimerler yardımıyla doğal lifler ve yenilenebilir malzemeler kullanılarak üretilmiş ürünler çevreci kompozitlerdir (Dicker, 2014). Misel tabanlı üretilen malzemelerde birer yeşil kompozittir.

1.4. Bir Biyopolimer Olarak Miselyum ve Hif Yapısı

Makrofungus ve mikrofunguslar çok çeşitli morfolojilere sahiptirler. Mikrofunguslar cilt döküntüleri, çürüten gıdalar, renkli küf yapılarıyla karşımıza çıkarken makrofunguslar otluk veya ormanlık alanlarda meyve yapısıyla dikkat çekmektedir. Bu meyve yapılarının altında kök benzeri yapıyı oluşturan kümelenmiş, dallanan ipliklerden oluşan, zamansal olarak belirsiz olmasının yanında çevre koşullarına bağlı olarak apikal olarak büyüyen dallanabilen, ağsı benzeri yapı miselyum olarak adlandırılmaktadır (Kavanagh, 2017).

Miselyum liflerine hif adı verilmektedir. Hif yapıları uzun hücrelerden oluşan ve dallanan bir yapıya sahiptir. Hif yapısal olarak kitin, glukanlar, mannoproteinler ile

hidrofobinler gibi protein içeriklidir. Miselyum genel olarak doğal polimerler olarak nitelendirilen kitin, selüloz, proteinlerden oluşan lifli bir yapıdır (Bartnicki-Garcia, 1968; Haneef vd., 2017). Toprak altındaki mantara ait hif yapılarının bir araya gelmesiyle oluşan miselyum ağı, uygun çevresel koşullar altında toprak üstünde meyve yapısını oluşturur (Şekil.1.1.).



Şekil 1.1. Mantara ait miselyum, hif ve şapka yapısı (STOWA, 2019)

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

1.5. Petrol Tabanlı Malzemeler ve Denizlerde Kirlilik

Her yıl Amerika’da çöplüklere 250 milyon tondan fazla çöp girişi olmaktadır. Özellikle petrol tabanlı üretime sahip poliüretandan yapılmış atıklar dünyamız için yıkıcı etki yapmaktadır. Hayatımızın pek çok alanında yerine almış olan bu sentetik polimerler kimyasal bağları çok güçlü olması sebebiyle biyolojik olarak parçalanmadığı ortadadır. Denizlerimizde çevresel fiziki etkilerle çok küçük parçalara ayrılan bu plastikler mikroplastik olarak adlandırılmakta ve yutulması sebebiyle canlı yaşamı için tehlike oluşturmaktadır (Anderson, 2014).

Ambalaj sanayinde önemli bir yer tutan strafor atık oluşturan sentetik bir polimerdir. Özellikle kırılabilir ürünlerin paketlenmesinde kullanılmakta ve koruyucu bir tabaka görevi görmektedir. Strafor malzemeler inşaatlarda yalıtım amacıyla kullanılmaktadır. Strafor sentetik bir malzeme olup yenilenemeyen kaynaklar olan doğal gaz veya petrolden türetilen bir polistiren bir köpüktür. Strafor hurda değeri düşük olduğu için kullanılmış olanları geri dönüştürülmek yerine yenisi tercih edilmektedir (Abhijith vd., 2018; Arifin vd., 2013; Jones vd., 2017).

1.6. Mantar Tabanlı Malzemeler

Mantarların ilaç ile gıda endüstrisinde kullanıldığı herkes tarafından bilinmektedir. Son zamanlarda ise mantarlardan çevreci malzemelerin üretiminde yararlanılmaktadır. Mantar tabanlı malzemelerin üretiminde tarımsal artıklar ve mantarın misel yapısı kullanılmaktadır. Misel yapısı tarımsal artıklardan oluşan substratı bir ağ gibi sararak yapıştırıcı etkisi yapar ve substratı kaplar (Abhijith vd., 2018). Miselyum ağının dayanıklılığı malzemeyi etkileyecektir. Hif yapılarındaki ince zayıf dalların fiziksel etkilerle kırılması ana dallanma üzerinde daha fazla büyümeleri güçlenmeleri yönünde etki yapmaktadır. Bu güçlenme miselyum ağının daha dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır (Gross, 2009).

Misel tabanlı malzemelerin en önemli özellikleri, yenilenebilir olmasıdır ve aynı zamanda çeşitli plastiklerin yerini alabilecek bir potansiyele sahip olmasıdır. Misel tabanlı bir materyal, kenevir lifi veya bir mantarın miseli gibi dolgu maddesi ve doğal katkılardan oluşan bir bileşiktir. Misel, birlikte büyüyen ve katı bir maddeye karışan hif adı verilen yoğun bir ince yumak ağıdır. Misel, doğal substratı, genişletilmiş polistirene benzer, hafif bir malzemeye bağlayan üç boyutlu bir matris görevi görür. Misel, substratı bir ağ gibi sararak çimento etkisi yaparak kaplar. Sonucunda oluşan yapıdan ambalaj ürünleri, tuğla ve benzeri ürünler elde edilebilir (Girometta vd., 2019; Lelivelt, 2015).

Misel tabanlı materyaller yenilenebilir özelliklerinden dolayı ilgi odağı olmaktadırlar. Hızlı nüfus artışı, yoğunlaştırılmış tarım ve sanayileşme ile karakterize bir dünyada, hızlı, düşük maliyetli üretim sürecinin sürekli bir üretim ve tüketim büyümesini teşvik ettiği, atık birikimine, çevre kirliliğine ve doğal kaynakların tükenmesine yol açtığı

yerlerde, özellikle kitle endüstrisinde alternatif malzemelere ve ürünlere artan bir ihtiyaç vardır ve biyolojik olarak parçalanabilir ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilir (Attias vd., 2017).

Beyaz çürükçül mantarlar, karmaşık bir enzimatik işlem ile bitkilerin yapısal polisakkaritleri gibi yüksek derecede kararlı molekülleri sindirme yeteneğine sahiptir. Bu işlem doğal ekosistemlerde önemli bir rol oynar ve günümüzde çeşitli tarım ve gıda uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, funguslar bitkilerin lignin ve selüloz liflerini bağlama ve sindirme yeteneği yanında ayrıca mantarın da içinde bulunduğu doğal ortamlarda, az da olsa bir biyo-kompozit oluşturan doğal bir ağ yapısı sağlayabilir, bitki substrat parçalarını sentetik yapışkan kullanmadan bir arada tutar. Sonuçta ortaya çıkan malzeme, piyasadaki sentetik ürünlerin alternatifi olarak kullanılabilir (Xing vd., 2018). Misel tabanlı materyaller, orta yoğunluklu sunta ve bazı tel levhalara oranla daha hafiftirler (Appels vd., 2019). Petrol ve doğal gazdan türetilmiş sentetik polimer ve işlenmiş ahşaplara oranla daha az yanıcıdır (Bhat vd., 2018). Geleneksel yapı malzemelerine göre daha güvenlidir (Jones vd., 2018).

1.7. Piyasada Kullanılan Yalıtım Malzemeleri

Binaların içlerini mevsimsel koşullara bağlı olarak kışın sıcak yazın serin tutmaya çalışıyoruz. Bina içi ile dışı arasındaki ısı geçişlerini sınırlandırmak amacıyla ısı yalıtım malzemelerinden yararlanıyoruz. Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği, Ankara Makine Mühendisleri Odası, [TMMOB], (2023) internet sayfası verilerine göre, Avrupa standartlarında, ısı iletkenlik katsayısı $0,065 \text{ W/(m.K)}$ 'nin altında olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak adlandırılmakta iken üstünde olan malzemeler ise yapı malzemesi olarak adlandırılmaktadır. Isı yalıtımında EPS (expanded polistiren), XPS (ekstrüde polistiren), taş yünü, cam yünü, yalıtım sıvası gibi malzemeler kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları birbirlerinden farklıdır. EPS köpüğün ısı iletim katsayısı $0,035-0,040 \text{ W/(m.K)}$, XPS köpüğün ısı iletim katsayısı $0,030-0,035-0,040 \text{ W/(m.K)}$, cam yünü ve taş yününün ısı iletim katsayıları $0,035-0,040-0,045-0,050 \text{ W/(m.K)}$, ısı yalıtım sıvasının ısı iletim katsayısı ise $0,055-0,070-0,080-0,0100 \text{ W/(m.K)}$ olduğu bilinmektedir (TMMOB, 2023).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Moreale vd. (2008) ile Moriana vd. (2011) nişastalara doğal lifler ekleyerek termomekanik özellikler barındıran biyokompozit malzeme denemeleri yapmışlardır.

Holt vd. (2012) araştırmalarında pamuk bitkisi kullanarak yaptıkları miselyum malzeme denemelerinde miselyum malzemelerin petrol bazlı ambalaj ürünlerinin alternatifi olabileceğini belirtmişlerdir.

Arifin ve Yusuf (2013) yaptıkları çalışmada toksik olmamaları, %100 doğada çözünebilir olmaları ve üretimleri için daha az enerjiye gereksinim duymalarından dolayı çevresel sürdürülebilirlik açısından miselyumun kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Pelletier vd. (2013) çalışmalarında miselyum kompozitlerin akustik izolasyon için kullanılabilirliğinin yanında geleneksel petrol tabanlı yalıtım malzemelerine alternatif çevreci ve daha ekonomik malzeme olduklarını belirtmişlerdir.

Jiang vd. (2014) çalışmalarında miselyumun doğal olan yapısını kendiliğinden oluşan bir yapıştırıcıya benzetmişlerdir. Tarımsal yan ürünleri ek bir enerjiye ihtiyaçları olmadan sindirdikleri ve birbirlerine bağladıklarını söylemişlerdir.

Travaglini vd. (2014) yaptıkları çalışmada miselyum malzemeleri sentetik polimer köpüklerinkine benzer çekme, sıkıştırma, elastikiyet ve mukavemet gibi mekanik davranışlarını anlayabilmek için mekanik testler yapmışlardır. Petrol bazlı sentetik olarak üretilen köpüklere göre miselyum malzemedeki 3 kat daha fazla çekme dayanımı elde edilmiştir. Miselyum malzemenin nem içeriği arttıkça dayanıklılığının azaldığını, nemlenmeyi engelleyecek kaplamaların kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Lelivelt vd. (2015) *Coriolus versicolor* ve *P. ostreatus* misellerini kullanarak yaptıkları çalışmada, kenevir lifinden üretilen kenevir keçeleri birleştirerek bir malzeme denemesi yaparak *C. versicolor* ile %10 daha dayanıklı malzeme üretebilmeyi başarmıştır.

Elbasdı (2016) tez çalışmasında *P.ostreatus* miseli kullanarak miselyumun esnek kalıp üzerindeki büyüme davranışlarını incelemiştir.

Haneef vd. (2016) *P. ostreatus* ve *G. lucidum* mantarlarına ait miselleri kullanarak farklı besiyerleri üzerindeki misel gelişimlerini gözlemleyip misel gelişimine ait hif fotoğraflaması ve kimyasal, termogravimetrik, mekanik gibi birtakım testler yapmışlardır.

Jiang vd. (2016) yaptıkları çalışmada mantar miselyumu ve keten takviyesi ile sandviç panel üretilebilirliği üzerine bir araştırma yapmıştır.

Islam vd. (2017) ürettikleri miselyum malzeme üzerinde mekanik ve morfolojik özellikleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarında malzemenin çekme ve basma davranışı ile ilgili çok ölçekli bir fiber ağ tabanlı model geliştirmişlerdir.

Yang vd. (2017) yaptıkları çalışmada miselyum tabanlı biyomalzemelerin altyapı ve bina inşaatları için petrol tabanlı köpükler alternatif olabileceklerini belirtmişlerdir.

Wösten ve Grimm (2018) yaptıkları çalışmada küresel mantar üretiminin her geçen yıl arttığını ve artmaya devam edeceğini bu süreçte dairesel ekonomi açısından miselyum malzemelerin öneminin daha fazla anlaşılacağını belirtmişlerdir.

Karana vd. (2018) yaptıkları çalışmalarda miselyum malzemelerden yeni tasarım ürünlerinin yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Silverman (2018) yaptığı çalışmada çeşitli mantar miselyumlarını kullanarak ayakkabı tabanlığı yapılabilişliğini ortaya koymuştur.

Jones vd. (2018) yaptıkları araştırmada miselyum malzemelerin petrol tabanlı geleneksel yapı malzemelerine göre daha düşük maliyetlerle üretilebildiklerini ve alevlenmeye karşı daha güvenilebilir olabildiklerini tespit etmişlerdir. Yanmaları halinde sentetik yapı malzemelerine oranla önemli ölçüde, daha az duman ve CO₂ açığa çıkardıklarını bulmuşlardır. Miselyum kompozitlerden yalıtımın yanı sıra lambri ve mobilya endüstrisinde de yararlanılabileceğini belirtmişlerdir.

Attias vd. (2019) çalışmalarında üzüm bağı ve elma ağacı budama artıklarını substrat olarak kullanarak, substrat değişimin malzeme üzerine olan etkilerini incelemişlerdir.

Batu vd. (2020) yaptıkları araştırma neticesinde miselyum bazlı kompozit malzemelerin petrol tabanlı ve plastik ürünlerin kullanımını azaltma hatta yerlerini alma potansiyeli taşıdıklarını sonucu varmışlardır.

Colmo ve Ayres (2020) 3 boyutlu baskı tekniği kullanarak oluşturduğu yapılar ile mimaride kullanılabilecek biyohibrit sistemlerin oluşturulabileceği üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Tacer-Caba vd. (2020) *Trichoderma asperellum* ve *Agaricus bisporus* misellerini kullanarak ürettikleri malzemelerin nem değişkenine bağlı sertliklerini kıyaslamışlardır.

Ghazvinian (2021) miselyum malzemelerin farklı geometri ve yapısal formlar kullanarak mimarlıkta kullanılabileceğini belirtmiştir.

Kurkmaz (2021) lignoselülozit atıklar ile miselyumu birleştirerek yaptığı araştırmada elde edilen basınç direnci değerlerinin polistiren köpük ile benzer olduğunu ve rijit köpük malzeme karakterinde olduğunu ortaya koymuştur.

Raffie vd. (2021) çalışmalarında bir biyokompozit olan miselyum malzemelerin petrol bazlı malzemelere çevreci bir alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

Scott vd. (2021) bir araştırmalarında, çeşitli örme kumaşlar iskelet olarak kullanılarak, kumaşlara miselyum eklenmesi sonucu yeni çevreci ürün oluşturmaya çalışılmıştır.

Wylick vd. (2022) *Ganoderma resinaceum* ile miselyum malzemelerin topraktaki parçalanabilirliğini test etmişler ve miselyum malzemelerin toprakta biyolojik olarak parçalandığını ortaya koymuşlardır.

Elsacker vd. (2022) robotik baskı kullanarak miselyum malzemelerin oluşturulabilirliği üzerine yaptıkları araştırmada miselyumun biyomalzemelerde çatlak azaltıcı etki yapabileceğini söylemişlerdir.

Elsacker vd. (2022) nanokil ve miselyum malzemeleri bir araya getirerek yaptıkları çalışmada nanokilin miselyum gelişimini %29 kadar yavaşlattığını ve nanokil varlığında miselyumun selülozu daha zor parçaladığını tespit etmişlerdir. Aynı zamanda bu yavaşlamanın kompostu kontaminasyona daha açık hale getirdiğini belirtmişlerdir.

Fairus vd. (2022) miselyum kompozitlerin üretiminde en fazla beyaz çürükçül mantarların kullanıldığını belirtmişlerdir. Miselyum kompozitlerin endüstriler için yeni bir fırsat olduğunu ve ilerleyen yıllarda sürdürülebilir yeni malzemeler üretilebileceğini söylemişlerdir.

Nashiruddin vd. (2022) *P. ostreatus* ve pirinç kabuğu kullanarak yaptıkları biyo malzemenin petrol bazlı polimerik malzemelere alternatif olabileceğini söylemişlerdir.

Adamatzky ve Gandia (2022) *Ganoderma resinaceum* kullanarak hazırladıkları malzemeye elektriksel aktiviteleri algılayacak proplar yardımıyla düzenek kurarak malzemenin üzerine konan ağırlığa verdiği tepkiyi ölçmüşlerdir.

Ozkan vd. (2022) *P. ostreatus* ve *G. resinaceum* ile değişik çevresel parametreler kullanarak araştırma yapmışlardır. Parametrik yaklaşım ile üretim sağlanabileceğini, kesme, kalıplama veya genetik manipölasyondan bağımsız çevresel parametrelerde oynama yapılarak mantarın meyve yapısında değişiklik yapılabildiğini bu sebeple parametrik yaklaşımın malzeme imalatında da kullanılabileceğini söylemişlerdir.

Ghazvinian ve Gürsoy (2022) miselyum malzemelerin, hafif ve biyolojik olarak parçalanabilme özelliklerinden dolayı çeşitli endüstrilerin sebep olduğu çevresel sorunları azaltmak için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada *Ganoderma* sp, *Schizophyllum commune*, *Pleurotus ostreatus*, *Trichoderma* sp, *Botiritis cinerae* kullanılarak çeşitli denemeler yapılmıştır. *Ganoderma* sp ve *Schizophyllum commune* doğal ortamından toplanılmış. Aydın İl sınırları içerisinde *Ganoderma* sp ve *S. commune* örnekleri toplanmış. Bolu ve Çankırı il sınırları içerisinde *Ganoderma* sp ve *Trametes versicolor* örnekleri toplanmıştır (Resim 3.1.). Her toplanılan mantardan besiyerinde miselyum üretimi yapılmıştır. Bolu ve Çankırı'dan toplanılan mantarlar tez çalışmasında kullanılmayarak ileride yapılabilecek çalışmalar için laboratuvar stoğuna alınmıştır.

Test numunelerinin üretilmesinde miselyumunu yoğun bir şekilde oluşturma yeteneğine sahip olduğu için basidiomycota mantar grubu tercih edilmiştir (Carlile vd., 2001).



Resim 3.1. (a) *T. versicolor* görüntüsü, (b) *G. lucidum* görüntüsü

3.1.1. *Ganoderma* sp

Test numunelerinin üretiminde kullanılan *Ganoderma*, Aydın İli, Yenipazar İlçesi, Hamzabali Mahallesi'nde toplandı (Resim 3.2.). Mantarımız 37°48'13"N, 28°7'28"E coğrafi koordinantlarından Eylül 2021'de toplanılmıştır.



Resim 3.2. *Ganoderma resinaceum*

3.1.2. *Schizophyllum commune*

Schizophyllum commune Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Aytepe kampüsü Fen Fakültesi otoparkı, 37,8546723, 27,8539691 coğrafi koordinantlarından Nisan 2022'de toplanmıştır (Resim 3.3.).



Resim 3.3. *S. commune* görüntüsü

3.1.3. *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus Denizli Agroma Mantar firmasından buğdaya sarılı halde temin edilmiş MEA besiyerinde miselyum üretimi yapılarak tezde kullanılmıştır.

3.1.4. Malzeme Üretimi İçin Kullanılan Substratlar

Test numunelerinin üretiminde odun talaşı, kenecir lifi ve buğday samanı ile denemeler yapılmıştır. Kenecir lifini küçük parçalara ayırmakta ve kalıplamak zor olduğu için kenecir lifi kullanılarak malzeme üretiminden vazgeçilmiştir. Buğday sapı küçük parçalara daha kolay parçalanabildiğı ve numunelerin üretiminde kalıpta daha homojen olarak dağılabildiğı için malzemenin substratı olarak belirlenmiştir.

3.2. Yöntem

Mantardan miselyum elde edilip MEA içeren petride miselyum üretimi yapılmıştır.

3.2.1. Mantarlardan Miselyum Üretimi

Mantarlardan miselyum üretimi için mantarların vejetatif yapıları kullanılmıştır. Vejetatif yapılar küçük parçalara ayrılarak miselyum üretimi için MEA, PDA, YEA gibi çeşitli besiyerlerine inoküle edilmiştir (Alume vd., 2022).

3.2.2. Kullanılan Besiyeri ve Çözeltiler

Miselyum üretimi için besiyeri olarak MEA, PDA ve YEA besiyerleri kullanılmıştır.

3.2.2.1. Patates Dekstroz Agar (PDA)

PDA olarak Neogen marka besi yeri tercih edilmiştir. Mantarlardan miselyum eldesinde ve miselyumun çoğaltılmasında kullanılmıştır. 200 g/L PDA içerisinde 4 g/L patates özütü, 20 g/L dekstroz, 15g/L agar-agar bulunmaktadır. 1l dH₂O içerisine 39 gram eklenerek manyetik balıklı karıştırıcıda hazırlanan besi yeri, 121°C’de 15 dk dakika otoklavlanarak 45-50°C sıcaklığa soğuduğunda plastik petri kaplarına dökülmüştür. Besi yeri miselyum üretiminde kullanılmıştır.

3.2.2.2. Malt Ekstrakt Agar (MEA)

MEA olarak Neogen marka besi yeri tercih edilmiştir. Mantarlardan miselyum eldesinde ve miselyumun çoğaltılmasında kullanılmıştır. MEA içerisinde 30 g/l malt ekstrakt, 5 g/l pepton, 15 g/l agar-agar bulunmaktadır. 1 l dH₂O içerisine 50 g/l eklenerek manyetik balıklı karıştırıcıda hazırlanan besi yeri, 121°C’de 15 dk otoklavlanarak 45-50°C sıcaklığa soğuduğunda plastik petri kaplarına dökülmüştür.

3.2.2.3. Yeast Ekstrakt Agar (YEA)

YEA olarak Oxoid marka besi yeri tercih edilmiştir. Mantarlardan miselyum eldesinde ve miselyumun çoğaltılmasında kullanılmıştır 23 g YEA içerisinde 3 g maya özütü, 5g pepton, 15 g agar bulunmaktadır. 1 l dH₂O içerisine 23 gram eklenerek manyetik balıklı karıştırıcıda hazırlanan besi yeri, 121 °C 15 dk otoklavlanarak 45-50 °C sıcaklığa geldiğinde petrilere dökülmüştür.

3.2.3. Genomik DNA İzolasyonu

DNA izolasyonu için örnekler malt ekstrakt agar besi ortamına inoküle edilerek 27 °C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası fungal yapılar ependorflara aktırılarak 1 gece, -

20 °C’de donması için bekletilmiştir. Örnekler 24 saat liyofilize edilmiştir. Liyofilize örneklerin fenol kloroform yöntemi ile DNA izolasyonu yapılmıştır. DNA izolasyonu sonrasında örnekler -20 °C saklanmıştır.

3.2.3.1. Fenol Kloroform Yöntemi

Liyofilizatörden çıkan örnekler ependorfta sıvı azot ile parçalanmıştır. 600µl STE tamponu örnek üzerine konulmuştur. Sırasıyla %20’lik 75 µl SDS, 25 µl Proteinaz K (20 mg/ml) konulmuştur. 2 saat 55 °C su banyosunda bekletilmiştir. Eşit hacimde (V/V) fenol kloroform izomil alkol konularak 5dk boyunca ependorflar alt üst edilmiştir. 13200 rpm’de 5 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Süpernatant temiz tüpe alınarak süpernatant üzerine 1 ml EtOH (%96) eklenip 3 dk süreyle alt üst edilmiş -20 °C’de 20 dk buzdolabında bekletilmiştir. 13200 rpm’de 2 dakika santrifüj edilmiş ve üzerinde kalan EtOH alınmıştır. Yıkama amacıyla %70’lik 500 µl soğuk alkol eklenmiştir. Alkol ilave edildikten sonra 13200 rpm’de santrifüj edilmiştir ve üstte kalan alkol atılmıştır. Bu işlem 2 defa yapılmıştır. Sonrasında 37 °C’de eser miktarda kalan alkol ependorfun kapağı açık bir şekilde buharlaştırılarak uzaklaştırılmıştır. Üzerinde 100 µl steril H₂O eklenmiştir.

3.2.4. PCR Çalışmaları

Fungus örneklerinin PCR çalışmaları için Bıyık vd. (2018)’de çalışmalarında kullandığı yöntem modifiye edilerek çalışılmıştır.

1. 25 µl’lik PCR tamponu hazırlanmıştır. Her PCR reaksiyonu için tampon 5 µl 5M dNTP, 2,5 µl 10X Taq Tampon, karışımı, her primerden ,5 µl 7.5 mM, 0,3 µl 10 pM, 1 MgCl₂ ve 0,1 µl 1U Taq polimeraz ve 15,8 µl H₂O içerecek şekilde hazırlanmıştır. 35 döngülük PCR çalışması yapılmıştır.
2. ITS1 (50-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-30) / ITS4 (50-TCCTCCGCTTATTGATATGC-30) primerleri kullanılmıştır (White ve ark.,1990)
3. PCR şartları ilk denatürasyon 95 °C 2 dk, denatürasyon 94 °C 30 saniye, annealing 55 °C

30 saniye, uzatma 72 °C 60 saniyede 35 dönüş ve son dönüşler 72 °C 10 dakika olacak şekildedir.

4. PCR ürünleri kontrolü için elektroforez agoroz jelde yürütülmüştür. İlk kuyucuğa marker olarak 2 µl 100pb DNA Ladder eklenmiştir. Daha sonraki kuyucuklara 3 µl 6X Loading Dye boyası ve 5 µl PCR örneği karıştırılarak eklenmiştir (Bıyık vd., 2018).

3.2.5. Misel Üretimi

Her bir mantar türünün misel gelişimleri tespit edilmiştir, bu amaçla mantarlardan, spawn elde etmek için araştırmanın başında substrat olarak steril buğday ve arpa taneleri kullanılmış sonrasında buğday ile çalışmalara devam edilmiştir. Steril bir litrelik cam kavanozların her birine 200 g buğday tanesi, 1 g alçı tozu ve 200 ml distile su konularak bir gece oda sıcaklığında bekletilmiştir. Alçı tozu buğday tanelerinin birbirine yapışmasını önlemek amacıyla ilave edilmiştir. Hazırlanan bu besi ortamının, 24 saat sonra, kavanoz kapakları ortasından delinecek ve bu kısımlara pamuk konularak 121 °C’de bir saat JP Selecta marka otoklavda steril edilmiştir. Kavanozda steril edilen besi ortamı içine, önceden iki hafta süre ile Malt Ekstrakt Agar (MEA) besi ortamı üzerinde geliştirilen *P. ostreatus*'un misel parçalarından 2-3 öze ilave edilerek aşılama yapılmıştır. 16 gün boyunca 25 °C sıcaklık %60-80 nemli ortamda inkübasyona bırakılmış, kavanozlar dört gün ara ile misel büyümesinin homojen bir şekilde olması ve buğday tanelerini tamamen sarması için elle çalkanmıştır (Stamests 2000; Holkar ve Chandra, 2016; Çat vd., 2018). Misel gelişiminde kullanılan bu besi ortamı araştırmada kullanılacak mantarların her biri için değişik parametrelerde uygulanmıştır. Materyal olarak kullanılacak mantarların misel verimlere bakılarak en uygun mantar türü seçilmiştir.



Resim 3.4. Spawn üretimi örneği

3.2.6. İnokulasyon ve İnokulasyon Besi Ortamı

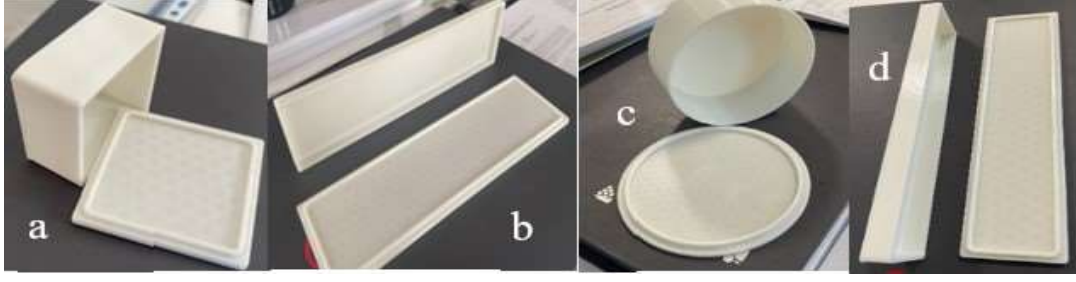
Aşı olarak kullanacağımız miselleri ürettikten sonra, misel gelişimi için öncelikle polikarbonat bitki doku kültürü şişeleri denenmiş pratik bir kullanım olmadığı için cam şişelerde denemelere devam edilmiştir. Şişelerin içine buğday samanı 3-4 cm uzunluğa kesilmiş (kalıplamada zorlanması ve homojen numune elde edilebilmesi için laboratuvar tipi Waring marka blender 0,5 cm ile 1 cm arasındaki boyutlara parçalanmıştır) ve her bir şişeye 40 ml su eklenmiş olarak şişe başına 20 g olarak dağıtılmıştır. (Başlangıçta 50 g buğday sapı, 6,3 g toz alçı, 50 ml dH₂O kullanılmış nemliliğin yetersiz olduğu anlaşıldığı için 50 g buğday sapı, 6,3 g toz alçı, 100 ml dH₂O ile devam edilmiştir. Kompost 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir) Şişeler 121°C’de 60 dk otoklavlandıktan sonra oda ısısına kadar soğutulmuştur (Resim 3.5.). Şişenin içine 6-8 tane misel sarılı buğday tanesi aşılanmıştır. (90mm boyutundaki petrilere üretilmiş mantar misellerinin ¼ ü alınarak komposta aşılama yapılmıştır. Kültürler, 28 °C sıcaklık, %60-80 nemli ortamda 2 hafta boyunca inkübe edilmiş, şişe kapakları hava girişine izin vermek için hafif açık bırakılmıştır. 2 hafta sonrasında daha önceden hazırlanmış ve %70 alkol ile silinmiş olan kalıplara aktarılmıştır. Sekiz hafta sonunda oluşan saman blokları kalıplardan çıkarılarak ve 70 °C fırında birkaç saat kurutulmuştur (Xing vd., 2018).



Resim 3.5. İnokulasyon besi ortamı

3.2.7. Yapılacak Testlere Uygun Kalıpların Basımı

Testleri yapılacak olan numunelerin hazırlanmasında kullanılacak kalıpların 2023 versiyona sahip Autodesk Inventor programında çizimleri yapılmış ve markası Ender Pro versiyonu 2 olan 3 boyutlu yazıcıda basımı gerçekleştirilmiştir (Resim 3.6).



Resim 3.6. Test numunesi kalıpları (a) Basma testi kalıbı, (b) Eğilme testi numune kalıbı, (c) Isıl iletkenlik katsayısı testi numune kalıbı, (d) Çekme testi numune kalıbı

3.2.8. Malzeme Testleri

Numunelere ftır analizi, üç nokta eğme testi, çekme testi, basma testi, çekme testi ve ısı iletkenlik katsayısı testleri yapılmıştır.

3.2.8.1. FT-IR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) Analizi

Fourier dönüşüm kızılötesi spektroskopisi (FTIR) araştırmalarda polimer karakterizasyonu amacıyla yıllardır kullanılmakta olan bir yöntemdir. Kızılötesi ışınlar (IR), moleküllerin titreşim hareketleri tarafından soğurulur ve spektrumlar oluşturur. Ftır bu spektrumları kullanılarak veri elde edilen bir tür titreşim spektroskopisidir (Büyüksirt, 2014; Pınarbaşı, 2018).

Numunelerin FTIR analizleri için Bruker marka Vertex 70 model cihaz kullanılmıştır (Resim 3.7). Kullanılan dalga boyu $400-4000\text{ cm}^{-1}$ aralığındadır.



Resim 3.7. Vertex 70 FI-IR cihazı (Akdoğan, 2019)

3.2.8.2. Üç Nokta Eğme Testleri

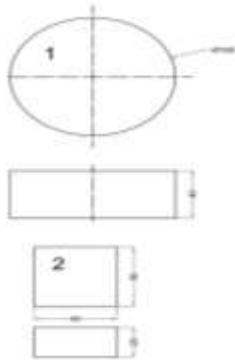
Eğilme testleri ASTM D 1037-12 standartlarında yapılmıştır. Bu standart, numunelerimizi diğer yapı malzemeleriyle kıyaslamamızı sağlamıştır. ASTM D 1037-12 Ahşap esaslı elyaf ve parçacık panel malzemelerin temel özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Üç nokta eğme testi için numune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



Şekil 3.1. Eğilme testi numune boyutları

3.2.8.3. Basma, Çekme ve Isıl İletkenlik Testi

Basma testi Avrupa Standartlarına uygun BS EN 826 standartlarında yapılmıştır. Bu test numunelerin sıkıştırma davranışını belirlemesinin yanında ısı yalıtım ürünlerine uygulanabilecek kısa süreli yük ile basınç gerilmeleri hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır. Basma testleri için numune boyutları 50x50 mm genişliğinde 25 mm yüksekliğinde hazırlanmıştır. Shimadzu AGS-X 100 kN üniversal çekme-basma test cihazı kullanılarak numuneler test edilmiştir (Resim 3.8.). Isıl iletkenlik testi için numune boyutları 100 mm çapında 40 mm yüksekliğinde hazırlanmıştır. Isıl iletkenlik testi için Deneysan HT-350 termal iletkenlik test cihazı kullanılmıştır (Resim3.9.).



Şekil 3.2. (1) Isıl iletkenlik testi numune boyutları, Resim 3.8. Shimadzu AGS-X 100 kN üniversal basma ve çekme test cihazları (Akdoğan, 2019) (2) Basma testi numune boyutları

Çekme testleri ASTM D 1037-12 standartlarında yapılmıştır. Bu standart, numunelerimizi diğer yapı malzemeleriyle kıyaslamamızı sağlamıştır. ASTM D 1037-12 Ahşap esaslı elyaf ve parçacık panel malzemelerin temel özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Çekme testi için 170 mm ye 30 mm ölçülerinde numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 3.3. Çekme testi numune boyutları

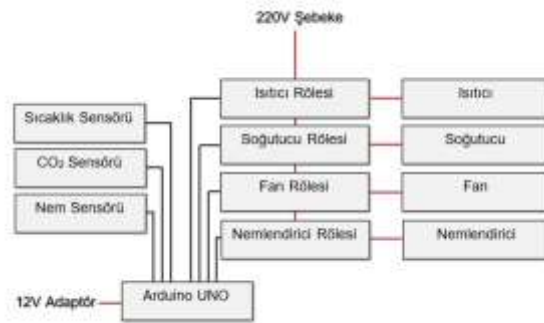


Resim 3.9. Deneysan HT-350 Model Termal
İletkenlik Test Cihazı

3.2.9. Mantar Üretim Çadırı ve Arduino Sistem:

Test numunelerin üretilmesi için 300x300x200 cm boyutlarında Secret Jardin marka Hydro Shoot (HS300) model bitki yetiştirme çadırı kullanılmıştır. Çadırın içerisine kompostların yerleştirilmesi için Leva House marka plastik raflar koyulmuştur.

Çadırın otomatik olarak nem, sıcaklık ve CO₂ takibini yapan sistemin genel şeması aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.4. Çadır içi iklimlendirme otomasyon sistemi şeması

3.2.10. Havalandırma Sistemi

Havalandırma amacıyla iki ayrı Soler Palau marka sessiz fanlar kullanılmıştır. Fanlardan biri çadır içerisine temiz hava basarken diğeri kirli havayı çadır içinden uzaklaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Arduino sisteme bağlı düzenek CO₂ takibini otomatik olarak yapmakta ve CO₂ seviyesi ppm cinsinden belirlenen oranın üzerine çıktığında fanları aktif hale getirmektedir. CO₂ oranı istenilen seviyeye geldiğinde fanlar durmaktadır.

3.2.11. Isıtıcı Sistem

Çadır içi ısı dengesinin sağlanması için The Pure Factory marka elektrikli ısıtıcı sisteme dahil edilmiş ve çalışması arduino sistem kontrolündedir.

3.2.12. Nemlendirme Sistemi

Çadır içi nemin sağlanması için Sinbo marka ultrasonik hava nemlendirici buhar makinesi modifiye edilerek sisteme dahil edilmiş ve çalışması arduino sistem kontrolündedir.

3.2.13. Çadır Altı Zemin İzolasyonu

Çadır altı zemin izolasyonu amacıyla şilte ile 8 mm Parkelam marka laminant parke döşenmiş, çadır bu parke üzerine yerleştirilmiştir.

4. BULGULAR

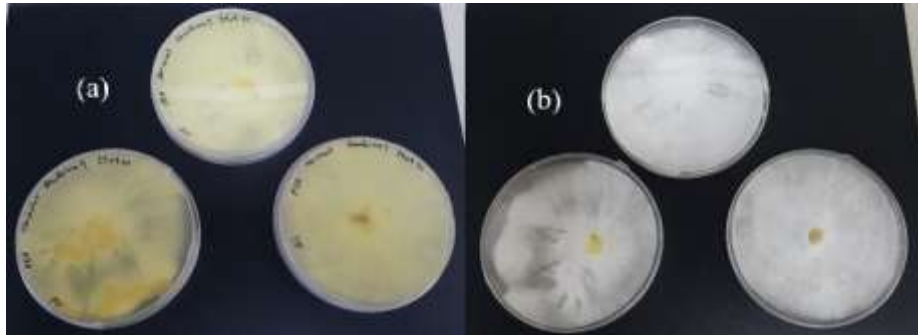
Spawn üretimi amacıyla *G. lucidum* (DNZ19), *G. resinaceum*, *B. cinerae*, *Trichoderma* sp, *S.commune*, *P.ostreatus* gibi çeşitli funguslar denenmiş fakat test numunesi üretim denemeleri için *Ganoderma resinaceum*, *S.commnune*, *P.ostreatus* tercih edilmiştir. *S. commune* ve *P. ostreatus* ile verimli bir şekilde test numunesi elde edilememiştir. Bu sebeple numunelerin *Ganoderma* sp ile üretimi sağlanmıştır.

4.1. Morfolojik Tanılama

Aydın İli Yenipazar İlçesi Hamzabali Mahallesi'nden toplanılan mantar örneğinin morfolojik tanılmasında Hakan Allı'nın 2005 yılındaki doktora tezinde vermiş olduğu mantar tayin anahtarından yararlanılmıştır. Tayin sonucunda mantarımızın *Ganoderma resinaceum* olduğu tespit edilmiştir (Allı, 2005).

Mantarın bazidyokarp yapısı briyantini gibi parlak ve kahverengimsi kestane renkli ise *G. lucidum* olarak adlandırılmaktadır. Mantarın bazidyokarp yapısı çok parlak olmayıp kırmızımsı kahverengi, bazidyokarp mat sarı, mum ya da reçine sızıntılarıyla kaplı olup zon bulunmuyorsa *G. resinaceum* olarak adlandırılmaktadır (Allı, 2005).

Örneğimizin genetik sekanslama ile *G.resinaceum* olduğu desteklenmiştir. *Ganoderma* sp ait MEA içeren petri üzerindeki 5. gün petri görüntüleri aşağıdadır (Resim 4.1a., 4.1b.).



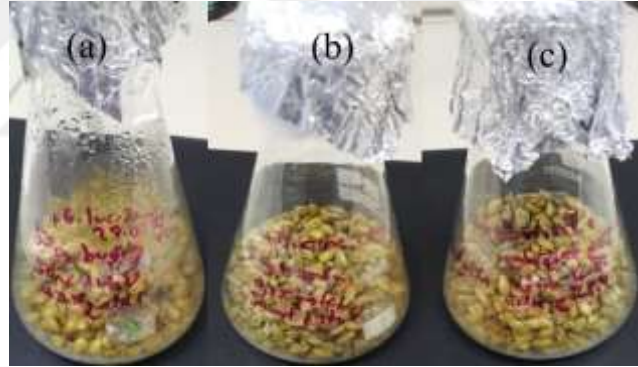
Resim 4.1. *Ganoderma* sp petri misel görüntüsü 5.gün



Resim 4.2. *G.resinaceum* mikroskop misel görüntüsü

4.2. Spawn Üretimi

Buğday taneleri kullanılarak hazırlanan spawn üretimine ait 1. gün, 3.gün, 6.gün, 10 gün fotoğrafları aşağıdaki gibidir:



Resim 4.3. (a), (b), (c) Spawn üretimi 1. Gün



Resim 4.4. (a), (b), (c) Spawn üretimi 3. gün



Resim 4.5. (a), (b), (c) Spawn üretimi 6. gün



Resim 4.6. (a), (b), (c), Spawn üretimi 10 gün

4.3. Buğday Sapı Üzerinde Miselyum Üretimi

0,5 cm ile 1 cm arasında boyutlarda küçültülen buğday saplarına 90 mm büyüklüğündeki petrilerin 1/4'ü kesilerek yapılan miselyum ekimi ile tarım artıklarına miselyum sardırılmıştır.



Resim 4.7. Buğday sapında misel üretimi

4.4. Kalıplama ve Kalıptan Çıkarma

Buğday artıklarına bir miktar sardırıldıktan sonra şişe içerisinden el ile kalıplara aktarılır. Kalıba aktarılan misel içerikli kompost, kalıpta boş yer kalmayacak şekilde üzerinden hafifçe bastırılarak kalıba dağıtılır (Resim 4.9.). Birkaç haftalık inkübasyon sonunda kalıplama tamamlanır (Resim 4.10.).



Resim 4.8. Malzeme kalıplama



Resim 4.9. Kalıplaması tamamlanmış malzeme

4.5. Kurutma ve Teste Hazır Numuneler

Kalıptan çıkarılan numuneler pauster fırınında 70°C sıcaklıkta 8 saat kurutuldu (Resim 4.11.). Kurutma sonrasında numuneler testlere hazır hale gelmiştir (Resim 4.12.).



Resim 4.10. Kurutma işlemi



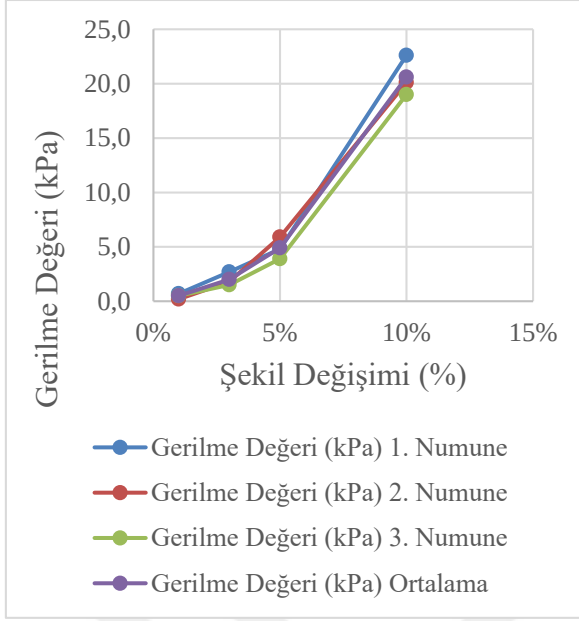
Resim 4.11. Kurutulmuş teste hazır numuneler

4.6. Basma Testi

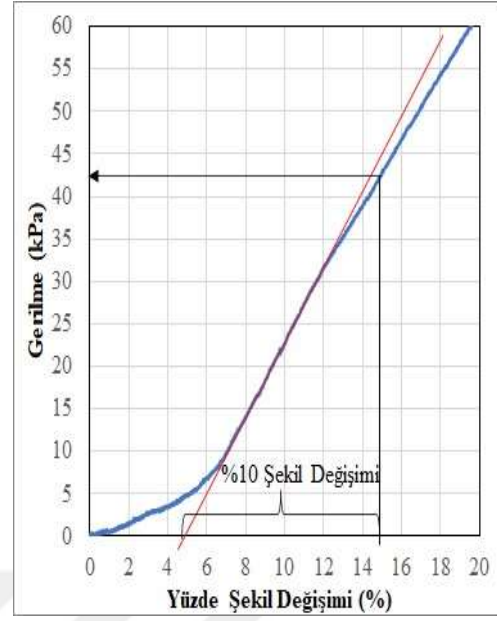
BS EN 826 standardına göre yapılmış olan basma testlerinde, %10 şekil değişimine göre gerilme değerleri basma dayanım değerleri olarak kabul edilmiştir. Test öncesi 250 Pa ön yükleme yapılmıştır (Resim 4.13.). Basma hızı $0,1 \times d$ ($d=25$ mm yüksekliğe göre) 2,5 mm/min hızda yapılmıştır. %1, %2, %5 ve %10 şekil değişimindeki gerilme değerleri not edilmiştir (Resim 4.1.). Resim 4.11. (d) şıkında yer alan ezilmiş örnek %100 basma oranında elde edilmiştir. %100 basma oranına ait grafik Şekil 4.2.'de yer almaktadır. Basma dayanımı sonucu %10'luk şekil değişiminde 42,5 kPa olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.2.). Elastisite modülü (kPa) 432,471 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.4.).



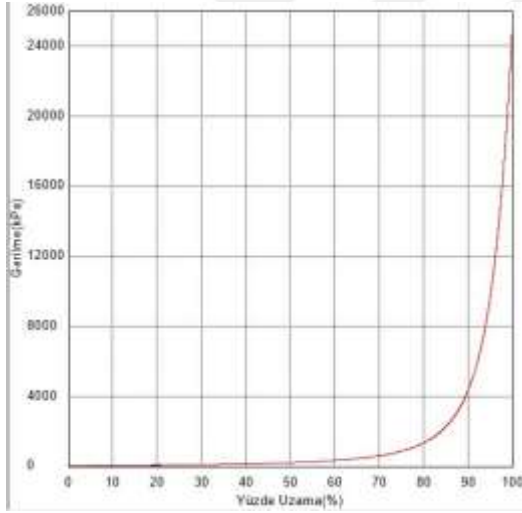
Resim 4.12. Basma testi



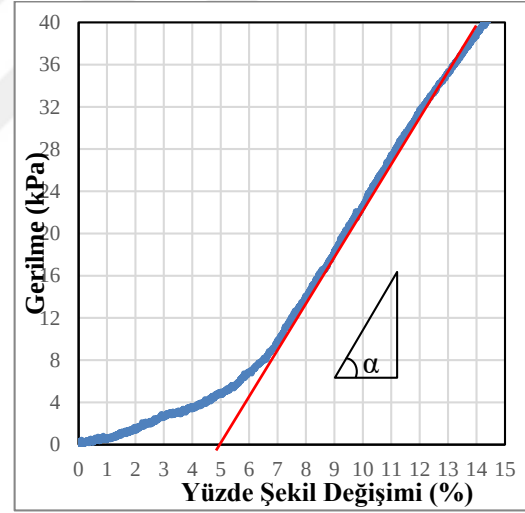
Şekil 4.1. Basma testi sonuç grafiği



Şekil 4.2. %10 şekil değişimi basma dayanım grafiği



Şekil 4.3. Basma testi %100 basma grafiği

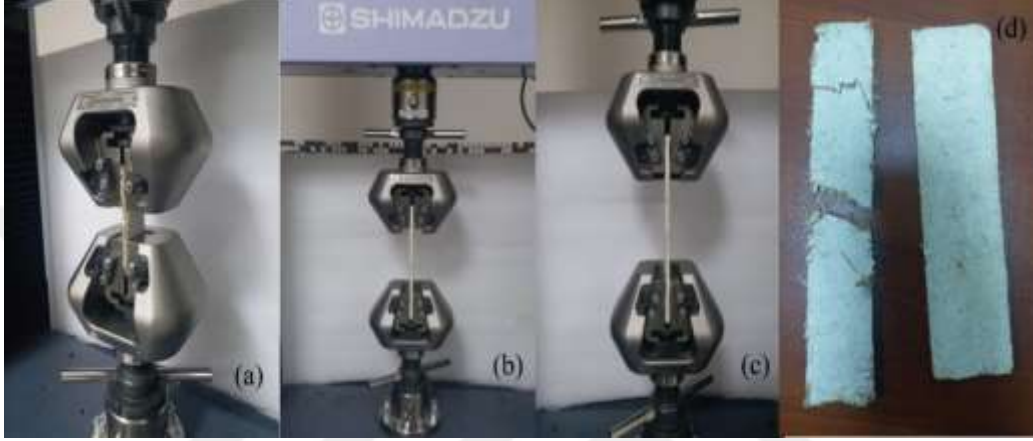


Şekil 4.4. Elastisite modülü (kPa)

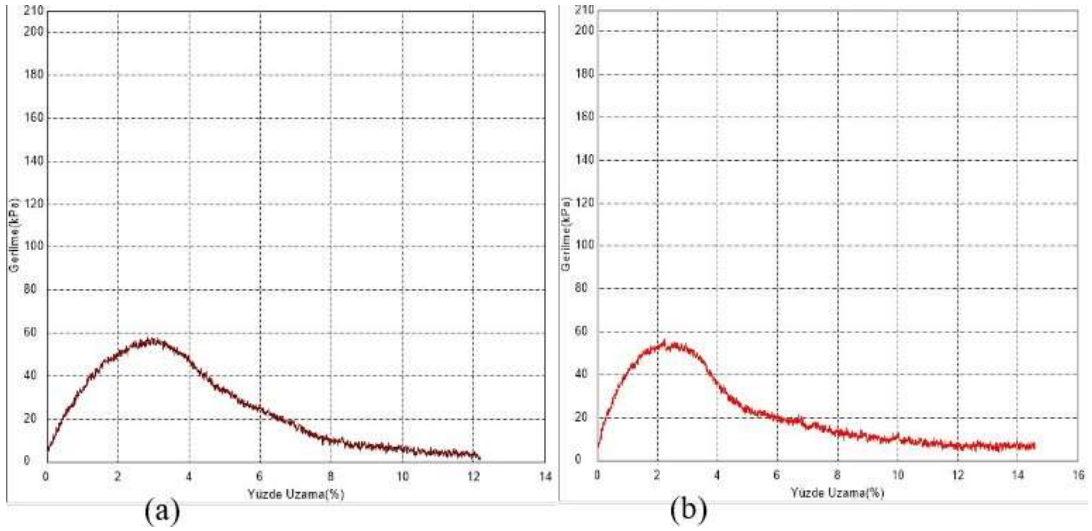
4.7. Çekme Testi

Çekme testinde kullanılacak olan numuneler test sayısını arttırmak amacıyla ortandan iki eşit parçaya kesilip 4 numune elde edilerek teste tabi tutulmuşlardır (Resim 4.14.). Çekme testleri ISO 1926 standardına göre yapılmıştır. Çekme hızı olarak 5 mm/dk

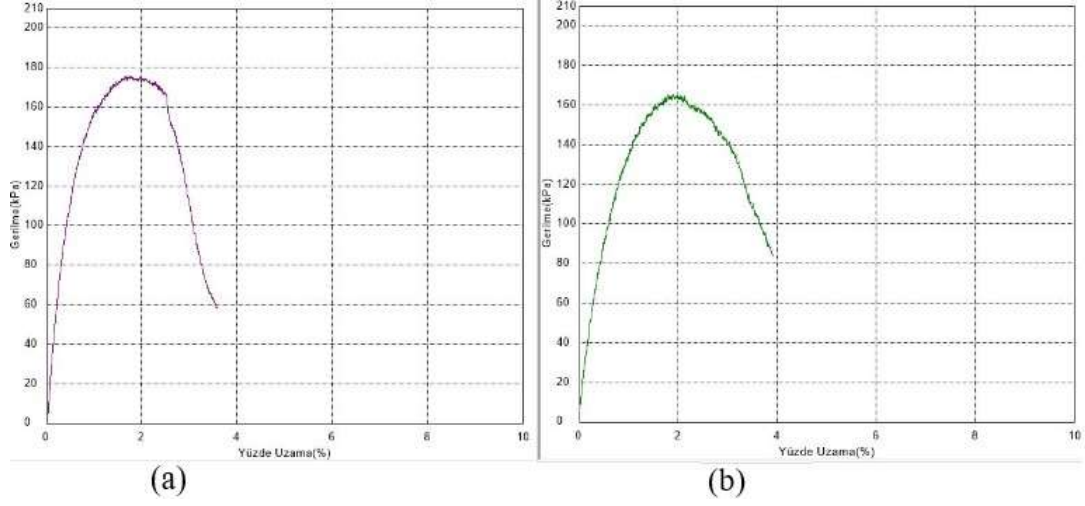
ayarlanmıştır. Numunelerden, gerilme değerleri az çıkan 2 tanesi yaklaşık 57 kPa çekme dayanımına, yaklaşık 3100 kPa elastisite modülü değerine ve yaklaşık %13 kopma uzamasına sahiptir (Resim 4.14. (a), (b)). Yüksek çıkanlarda ise 170 kPa çekme dayanımına, yaklaşık 19500 kPa elastisite modülü değerine ve yaklaşık %1,7 kopma uzamasına sahiptir (Resim 4.14.(c), (d)).



Resim 4.13. Çekme testi



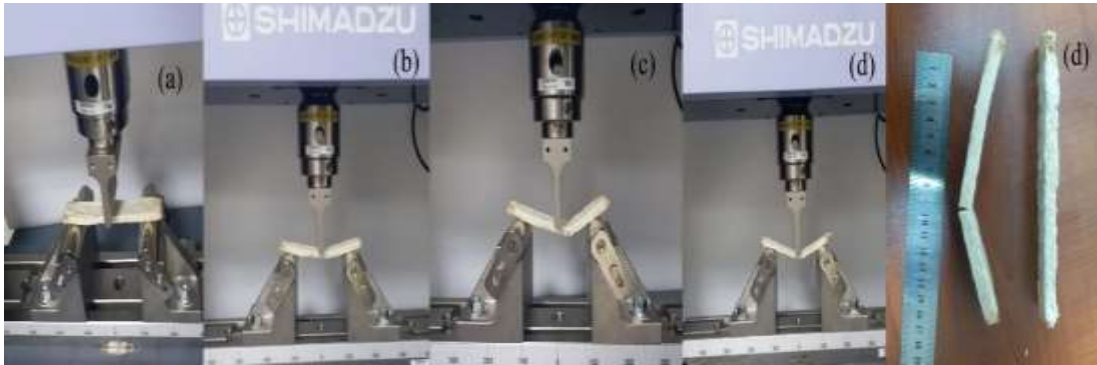
Şekil 4.5. Çekme testi sonuç grafiği kPa değeri düşük olan numune



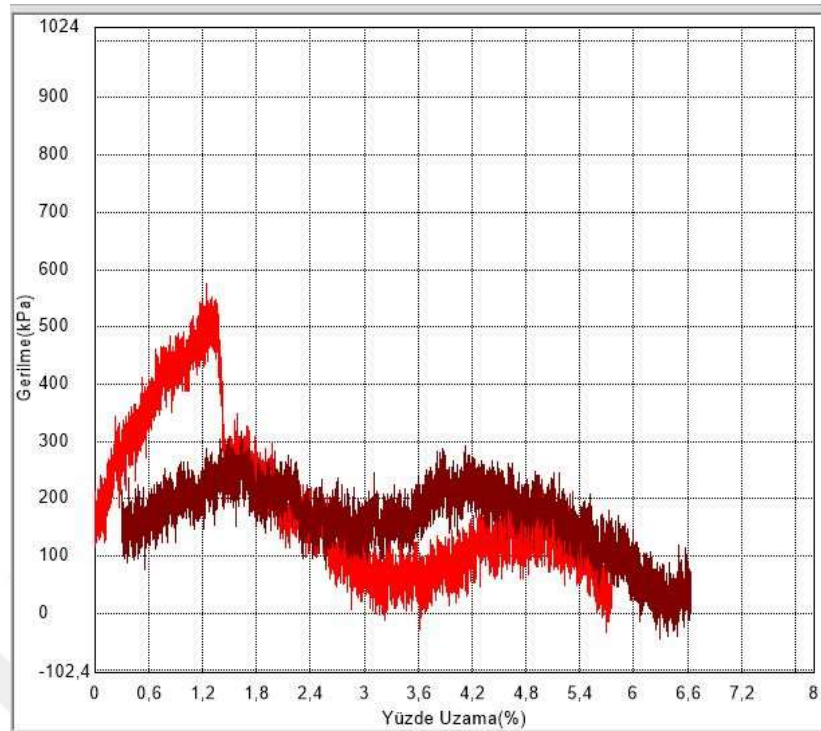
Şekil 4.6. Çekme testi sonuç grafiği kPa değeri yüksek olan numune

4.8. Üç Nokta Eğme Testi

Üç nokta eğme testi Astm D 790 standardına göre 120 mm açıklıkta, 3 mm/dk hızda yapılmıştır ve 2 adet numune eğilme testine tabi tutulmuştur (Resim 4.15.). Eğilme test sonuçlarında malzemeler yaklaşık %6 şekil değişiminde kırılmıştır. En yüksek eğilme gerilmesi ortalama 300 kPa değerindedir (Şekil 4.5.).

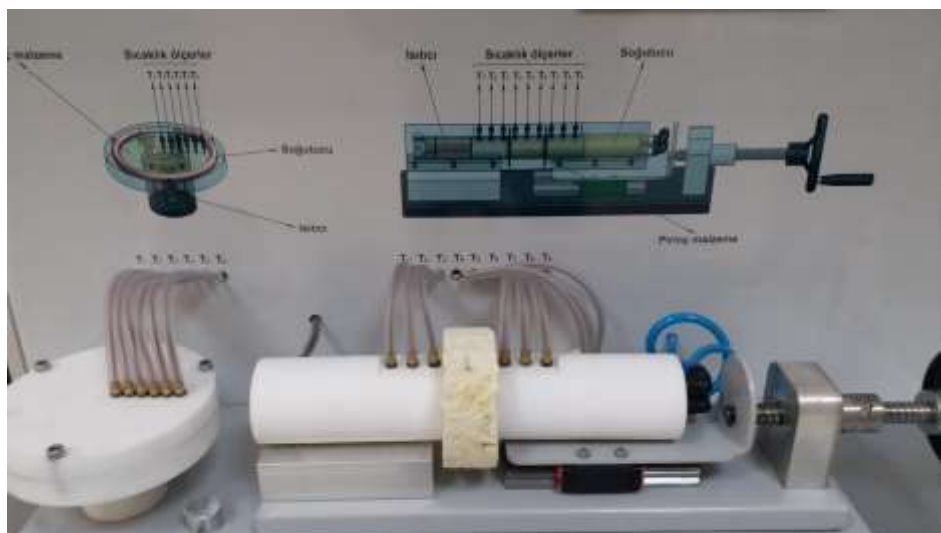


Resim 4.14. Üç nokta eğme testi



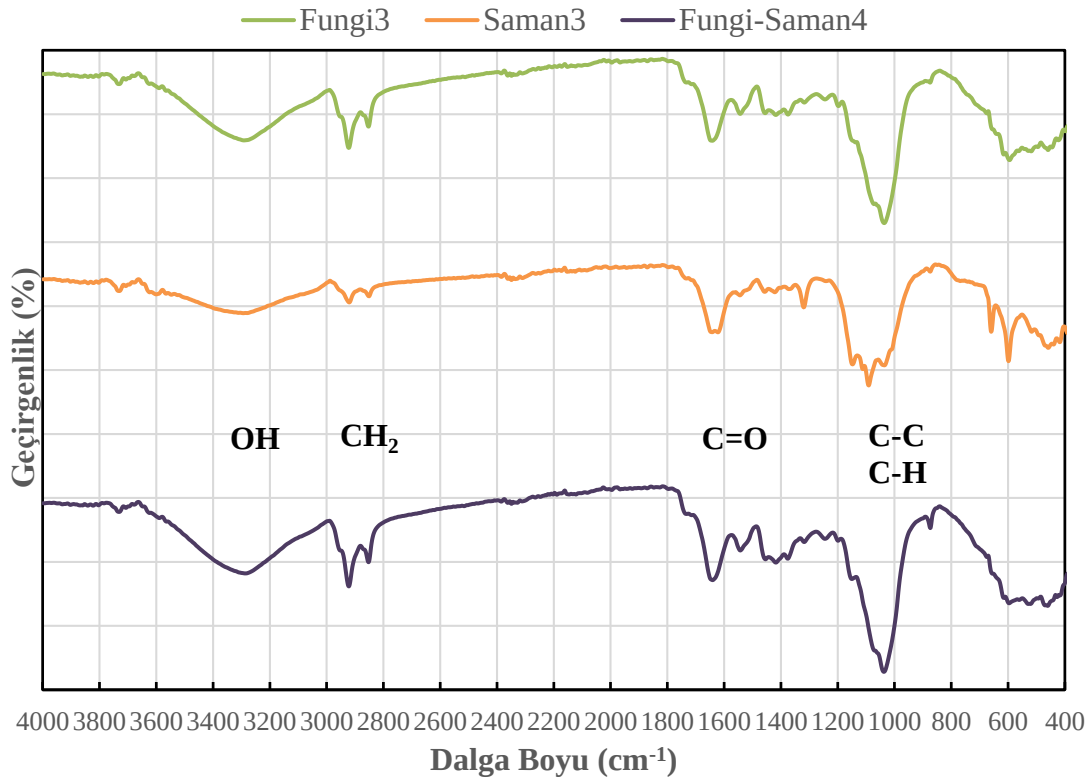
4.9. Isıl İletkenlik Katsayısı Testi

Buğday samanı ve *G. resinaceum* kullanılarak elde edilen kompozit malzemenin ısı iletkenlik katsayısı 0,4 W/(m.K) olarak tespit edilmiştir (Resim 4.16.).



4.10. FT-IR Analizi

FTIR spektroskopisi miselyum tabanlı biyokompozitimizin fonksiyonel gruplarını karakterize etmek amacıyla kullanılmıştır. Numune üretiminde kullanılan buğday samanı, miseli kullanılan *G. resinaceum* mantarı ve buğday samanı- *G.resinaceum* birlikteliğine ait FTIR grafikleri Şekil 4.6.'da verilmiştir. 3300 cm^{-1} bandında (O-H) valenz (gerilme) titreşimi, 2850-2900 cm^{-1} bandında (C-H) valenz titreşimi, 1650 cm^{-1} bandında (C=O) valenz titreşimi elde edilmiştir. 1050 cm^{-1} bandı (C-C) valenz titreşimi olabileceği gibi (C-H) deformasyon titreşimi veya (C-O) over titreşimi de olabilir. 400-1500/1550 cm^{-1} bant aralığı parmak izi bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bu bant aralığında valenz, deformasyon, torsiyon gibi bütün titreşimler rezonansa gelir. Bu nedenle kesin yorum yapmak için bu bant aralığı karakteristik değildir (Angelova vd., 2021).



Şekil 4.8. FTIR analiz grafiği

5. TARTIŞMA

Islam vd. (2017) ürettikleri miselyum malzemenin mekanik ve morfolojik özelliklerini anlamak için yaptıkları testlerde, malzemenin yoğunluğuna bağlı olarak değişen 600-2000 kPa basınç dayanımı sonucuna ulaşmışlardır.

Yang vd. (2017) araştırmalarında substrat olarak buğday kepeği, mısır tanesi gibi bitkisel materyaller, mantar olarak *Irpex lacteus* kullanmışlardır. Yaptıkları testler sonucunda basma direnci olarak 350-570 kPa, ısıl iletkenlik katsayısı sonucu olarak 0,05-0,07 W/(m.K) değerlerini elde etmişlerdir.

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

Angelova vd (2021) gül ve lavanta bitkilerine ait atıklar ve *G. resinaceum* miselleri kullanarak ürettikleri kompozit malzemeye yaptıkları ftr analizi bizim ftr analiz sonucu ile benzerlik göstermektedir. Malzemelerine yaptıkları basınç dayanımı testinde %10'luk şekilsel değişimde, substratı gül bitkisi atıkları olan malzeme için 718kPa, lavanta bitkisi atıkları olan malzeme için 1029 kPa değerlerini elde etmişlerdir.

Kurkmaz (2021), yaptıkları çalışma *G. lucidum* misellerini, substrat olarak çam talaşı, kavak talaşı ve meşe talaşı kullanarak kompozit malzemeler üretmişlerdir. Malzemelere yaptıkları basınç direnç testinde 270-500 kPa sonucunu elde etmişlerdir.

Kutbay (2022) yaptığı çalışmada *P. ostreatus* misellerini ve buğday sapı samanını kullanmıştır. Yaptıkları basınç gerilimi testlerinde maksimum basınç geriliminde ortalama 400 kPa değerlerini elde etmişlerdir.

Bu çalışmada kompozit malzeme üretimi için doğadan izole ettiğimiz *G. resinaceum* mantarını ve substrat olarak buğday sapı samanını kullandık. Basınç dayanımı testi sonucunda %10 şekil değişiminde 42,5 kPa değeri bulunmuştur. Kompozit malzememizin ısıl iletkenlik katsayısı $\lambda=0,4$ W/(m.K) değerindedir. Elastisite modülü 432,471 kPa değerindedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, doğadan izole ettiğimiz *G. resinaceum* ve buğday sap samanı kullanılarak miselyum malzeme üretilmiştir. Üretilen miselyum malzeme üç boyutlu yazıcıda basılan kalıplar yardımıyla şekillendirilerek testlere uygun numuneler hazırlanmıştır.

Yapılan araştırmalar sonunda ürettiğimiz numuneler basınç dayanım testleri yönünden yapılan çalışmalara göre daha zayıftır. Isıl iletkenlik katsayısı değeri $\lambda=0,4 \text{ W/(m.K)}$ olduğu için Avrupa Standartlarına göre malzememiz ısı yalıtım malzemesi olmamakla birlikte yapı malzeme niteliği taşıyabilir (TMMOB, 2023).

Substrat türü ve mantarlarda değişikliklere gidilerek yeni çalışmalar yapılabilir. Mevcut malzemeye elektriksel iletkenlik testi, akustik testler, sertlik, tokluk, yanma, ısıl genleşme testi ve neme dayanım benzeri testler yapılabilir.

Ürettiğimiz miselyum malzeme ısıl iletkenlik katsayısı olarak Avrupa standartlarının altında olduğu tespit edilmiştir. Dayanım olarak henüz yetersizdir ve yapı malzemesi olarak kullanabilmek için geliştirilmesi gerekmektedir. Farklı substratlar (pamuk sapı, pirinç kavuzu vb.) ve karışım substratlar kullanılarak malzeme üretimi yapılabilir. Farklı kalıplar tasarlanıp inşaat sanayi dışında kullanılabilecek, petrol tabanlı plastiklere alternatif, çevreci, biyobozunur, ürünler oluşturulabilir. Mühendislik, tasarım ve mimarlık gibi alanlar eşliğinde yeni çalışmalar yapılması, farklı ve geniş kullanım alanına sahip malzemelerin ortaya çıkmasına zemin hazırlayabilir.

KAYNAKLAR

- Abhijith, R., Anagha Ashok, and C. R. Rejeesh. "Sustainable packaging applications from mycelium to substitute polystyrene: a review." *Materials Today: Proceedings* 5.1 (2018): 2139-2145.
- Adanacıoğlu, N., Yıldız, Ü., Erdinç, O. Ğ. U. R., AYKAS, L., Ayfer, T. A. N., & Taylan, T. (2016). Türkiye Makromantar Genetik Kaynakları I. Ege Bölgesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(1), 46-61.
- Adamatzky, A., & Gandia, A. (2022). Living mycelium composites discern weights via patterns of electrical activity. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 7(1), 26-32.
- Ahmet, Ç. A. T., ÇOMAK, T., & ÇATAL, M. İstiridye mantarının (*Pleurotus ostreatus*) tohumluk misel üretimi üzerine bir ön çalışma. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31(1), 21-25, (2018).
- Akdoğan, E. (2019) *Polimer esaslı kompozit malzemelere farklı dolgu maddelerinin ilavesinin mekanik ve ısı özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi* Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Allı, H. (2005) *Aydın yöresinin makrofungusları* Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Alemu, D., Tafesse, M., & Gudetta Deressa, Y. (2022). Production of Mycoblock from the Mycelium of the Fungus *Pleurotus ostreatus* for Use as Sustainable Construction Materials. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022.
- Anderson, S. (2014). The Plastic-Eating Fungi That Could Solve Our Garbage Problem.
- Angelova, G., Brazkova, M., Stefanova, P., Blazheva, D., Vladev, V., Petkova, N., ... & Krastanov, A. (2021). Waste rose flower and lavender straw biomass—An innovative lignocellulose feedstock for mycelium bio-materials development using newly isolated *Ganoderma resinaceum* GA1M. *Journal of Fungi*, 7(10), 866.

- Appels, F. V., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M., Dijksterhuis, J., ... & Wösten, H. A. (2019). Fabrication factors influencing mechanical, moisture-and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials & Design*, 161, 64-71.
- Arifin, Yusnani Hajar, and Yusri Yusuf. "Mycelium fibers as new resource for environmental sustainability." *Procedia Engineering* 53 (2013): 504-508.
- Attias, Noam, et al. "Developing novel applications of mycelium based bio-composite materials for design and architecture." *Proceedings of Building with Biobased Materials: Best practice and Performance Specification, 6th–7th September* (2017): 76-77.
- Attias, N., Danai, O., Tarazi, E., Pereman, I., & Grobman, Y. J. (2019). Implementing bio-design tools to develop mycelium-based products. *The Design Journal*, 22(sup1), 1647-1657.
- Attias, N., Danai, O., Abitbol, T., Tarazi, E., Ezov, N., Pereman, I., & Grobman, Y. J. (2020). Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119037.
- Bartnicki-Garcia, S. (1968). Cell wall chemistry, morphogenesis, and taxonomy of fungi. *Annual Reviews in Microbiology*, 22(1), 87-108.
- Baş, T., Günver, G., & Vural, I. (2000). Bazı mantar türlerinde misel yaşının gelişme hızına etkisi üzerine araştırmalar. *Türkiye VI. Yemeklik Mantar Kongresi Bildirileri*, 20-22.
- Butu, A., Rodino, S., Miu, B., & Butu, M. (2020). Mycelium-based materials for the ecodesign of bioeconomy. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 15(4), 1129-1140.
- Bekir, Ç. Ö. L., BALCI, E., & Güneş, H. (2017). Schizophyllum commune Fr. türünden misel eldesi, moleküler tanımlanması ve antitümör etkisinin araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 586-591.
- Bhat, T., Jones, M., Kandare, E., Yuen, R., Wang, C. H., & John, S. (2018, June). Biomass and Waste-derived Sustainable Mycelium Composite Construction Materials with Enhanced Fire Safety. In *18th European Conference on Composite Materials, ECCM 2018*. Applied Mechanics Laboratory.

- Bıyık, H. H., Ün, Z., Törün, B., & Poyrazoğlu, E. (2018). Fungal Biodiversity of Strawberry Fields in Aydın, TURKEY. *International Journal of Secondary Metabolite*, 5(2), 60-66.
- Büyüksırt, T., & Kuleaşan, H. (2014). Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ve Gıda Analizlerinde Kullanımı. *Gıda*, 39(4), 235-241.
- Carlile, M. J., Watkinson, S. C., & Gooday, G. W. (2001). *The fungi*. Gulf Professional Publishing.
- Chang, S. T. (1995). Ganoderma—the leader in production and technology of mushroom nutraceuticals. *Recent advances in Ganoderma lucidum research*, 43-52.
- Chang, S. T., & Buswell, J. A. (1996). Mushroom nutraceuticals. *World Journal of Microbiology and biotechnology*, 12(5), 473-476.
- Colmo, C., & Ayres, P. (2020). 3d printed Bio-hybrid structures-Investigating the architectural potentials of mycoremediation.
- Dicker, M. P., Duckworth, P. F., Baker, A. B., Francois, G., Hazzard, M. K., & Weaver, P. M. (2014). Green composites: A review of material attributes and complementary applications. *Composites part A: applied science and manufacturing*, 56, 280-289.
- Ekblad, A., Wallander, H., Godbold, D. L., Cruz, C., Johnson, D., Baldrian, P., ... & Plassard, C. (2013). The production and turnover of extramatrical mycelium of ectomycorrhizal fungi in forest soils: role in carbon cycling. *Plant and Soil*, 366(1), 1-27.
- Elbasdı, A. G. (2016) *Miselyum Esaslı Bir Materyalin Esnek Kalıp Üzerindeki Büyüme Davranışı Üzerine Bir Araştırma* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Elsacker, E., Vandeloek, S., Van Wylick, A., Ruytinx, J., De Laet, L., & Peeters, E. (2020). A comprehensive framework for the production of mycelium-based lignocellulosic composites. *Science of The Total Environment*, 725, 138431.
- Elsacker, E. V. (2021). Mycelium matters-an interdisciplinary exploration of the fabrication and properties of mycelium-based materials.

- Elsacker, E., Peeters, E., & De Laet, L. (2022). Large-scale robotic extrusion-based additive manufacturing with living mycelium materials. *Sustainable Futures*, 100085.
- Elsacker, E., De Laet, L., & Peeters, E. (2022). Functional Grading of Mycelium Materials with Inorganic Particles: The Effect of Nanoclay on the Biological, Chemical and Mechanical Properties. *Biomimetics*, 7(2), 57.
- Fairus, M. J. B. M., Bahrin, E. K., Arbaain, E. N. N., & Ramli, N. O. R. H. A. Y. A. T. I. (2022). Mycelium-based composite: A way forward for renewable material. *J. Sustain. Sci. Manag*, 17, 271-280.
- Ghazvinian, A. (2021). A Sustainable Alternative to Architectural Materials: Mycelium-Based Bio-Composites.
- Ghazvinian, A., & Gürsoy, B. (2022). Mycelium-Based Composite Graded Materials: Assessing the Effects of Time and Substrate Mixture on Mechanical Properties. *Biomimetics*, 7(2), 48.
- Girometta, C., Picco, A. M., Baiguera, R. M., Dondi, D., Babbini, S., Cartabia, M., ... & Savino, E. (2019). Physico-mechanical and thermodynamic properties of mycelium-based biocomposites: a review. *Sustainability*, 11(1), 281.
- Grimm, D., & Wösten, H. A. (2018). Mushroom cultivation in the circular economy. *Applied microbiology and biotechnology*, 102(18), 7795-7803.
- Gross, T., & Sayama, H. (2009). Adaptive networks. In *Adaptive networks* (pp. 1-8). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gül, Ü. D. (2020). Biyoteknolojik tekniklerle mikrobiyal vitamin üretimi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 3(2), 227-240.
- Güzeldağ, G. (2007) *Polyporaceae türlerinde (ganoderma spp.,ve trametes spp.) üretim ve biyoteknolojik optimizasyon olanaklarının araştırılması* Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced materials from fungal mycelium: fabrication and tuning of physical properties. *Scientific reports*, 7(1), 1-11.

- Hassan, F. R. H., Medany, G. M., & Hussein, S. A. (2010). Cultivation of the king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) in Egypt. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(1), 99-105.
- Holkar, Somnath Kadappa, and Ram Chandra. "Triveni Enterprises." *Journal of environmental biology* 37 (2016): 7-12.
- Holt, G. A., McIntyre, G., Flagg, D., Bayer, E., Wanjura, J. D., & Pelletier, M. G. (2012). Fungal mycelium and cotton plant materials in the manufacture of biodegradable molded packaging material: Evaluation study of select blends of cotton byproducts. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 6(4), 431-439.
- Islam, M. R., Tudryn, G., Bucinell, R., Schadler, L., & Picu, R. C. (2017). Morphology and mechanics of fungal mycelium. *Scientific reports*, 7(1), 1-12.
- Jiang, L., Walczyk, D., & McIntyre, G. (2014). A new process for manufacturing biocomposite laminate and sandwich parts using mycelium as a binder. *ASC 2014 proceedings*, 8-10.
- Jiang, L., Walczyk, D., McIntyre, G., & Bucinell, R. (2016, June). A new approach to manufacturing biocomposite sandwich structures: Mycelium-based cores. In *International Manufacturing Science and Engineering Conference* (Vol. 49897, p. V001T02A025). American Society of Mechanical Engineers.
- Jones, Mitchell, et al. "Mycelium composites: A review of engineering characteristics and growth kinetics." *Journal of Bionanoscience* 11.4 (2017): 241-257.
- Jones, M., Bhat, T., Huynh, T., Kandare, E., Yuen, R., Wang, C. H., & John, S. (2018). Waste-derived low-cost mycelium composite construction materials with improved fire safety. *Fire and Materials*, 42(7), 816-825.
- Karana, E., Blauwhoff, D., Hultink, E. J., & Camere, S. (2018). When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. *International Journal of Design*, 12(2).
- Karasüleymanoğlu, K., Ş. (2014) *Aydın yöresinden toplanan lactarius cinsine ait türlerin morfolojik ve moleküler tanısı* Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

- Kavanagh, K. (Ed.). (2017). *Fungi: biology and applications*. John Wiley & Sons.
- Kibar, B., Akdeniz Duran, H. & Pekşen, A. (2016) Pleurotus ostreatus Yetiştiriciliğinde Katkı Maddesi Olarak Mısır Silajının Kullanımı, *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 2 (1), 10-17.
- Kibar, B. (2019). Farklı Pleurotus ostreatus (İstiridye Mantarı) izolatlarının verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 223-230. Kibar, B., Akdeniz Duran, H., & Pekşen, A. (2016).
- Kurkmaz, M. (2021) *Miselyum Esaslı Biyo-Kompozit Panel Üretimi ve Bazı Performans Özelliklerinin Belirlenmesi* Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Muğla.
- Kutbay, N. H. (2022) *Miselyum ile geliştirilen biyokompozit malzemelerin analizi ve kullanım alanlarının değerlendirilmesi* Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Lelivelt, R. J. J., Lindner, G., Teuffel, P., & Lamers, H. (2015). The production process and compressive strength of mycelium-based materials. In *First International Conference on Bio-based Building Materials*. 22-25 June 2015, Clermont-Ferrand, France (pp. 1-6).
- Lelivelt, R. J. J. (2015). The mechanical possibilities of mycelium materials. *Eindhoven university of technology (TU/e)*.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Stahl, D. A. (2017). Brock Mikroorganizmaların Biyolojisi, (çev. C. Çökmüş). *Ondördüncü Baskı*, Ankara: Palme Yayıncılık, 40-522.
- Moriana, R., Vilaplana, F., Karlsson, S., & Ribes-Greus, A. (2011). Improved thermo-mechanical properties by the addition of natural fibres in starch-based sustainable biocomposites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42(1), 30-40.
- Morreale, M., Scaffaro, R., Maio, A., & La Mantia, F. P. (2008). Effect of adding wood flour to the physical properties of a biodegradable polymer. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39(3), 503-513.

- Nashiruddin, N. I., Chua, K. S., Mansor, A. F., A Rahman, R., Lai, J. C., Wan Azelee, N. I., & El Enshasy, H. (2022). Effect of growth factors on the production of mycelium-based biofoam. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24(1), 351-361.
- Ozkan, D., Morrow, R., Zhang, M., & Dade-Robertson, M. (2022). Are Mushrooms Parametric?. *Biomimetics*, 7(2), 60.
- Özyurt, G., & Karabalık, K. (2009). Enerji verimliliği, binaların enerji performansı ve Türkiye'deki durum. *TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri*, 457(54), 32-34.
- Rogers, R. (2012). *The fungal pharmacy: the complete guide to medicinal mushrooms and lichens of North America*. North Atlantic Books.
- Pelletier, M. G., Holt, G. A., Wanjura, J. D., Bayer, E., & McIntyre, G. (2013). An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates. *Industrial Crops and Products*, 51, 480-485.
- Pınarbaşı, M. M. (2018) *Deneyisel Spinal Kord Yaralanmasında Levetirasetam Ve Manyetik Alanın Tedavi Edici Etkilerinin İncelenmesi* Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Rafiee, K., Schritt, H., Pleissner, D., Kaur, G., & Brar, S. K. (2021). Biodegradable green composites: It's never too late to mend. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 30, 100482.
- Salahuddin, A. H. (2008). *Biological Activities of Schizophyllum commune Fr.* Faculty of Science University of Malaya Kuala Lumpur (Doctoral dissertation, Thesis, 194s).
- Schaffartzik, A., Mayer, A., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Loy, C., & Krausmann, F. (2014). The global metabolic transition: Regional patterns and trends of global material flows, 1950–2010. *Global Environmental Change*, 26, 87-97.
- Scott, J., Ozkan, D., Hoenerloh, A., Birch, E., Kaiser, R., Agraviador, A., ... & Elsacker, E. (2021). Bioknit Building: Strategies for living textile architectures. In *CEES 2021 International Conference Construction, Energy Environment and Sustainability*. Newcastle University.
- Stamets, P. "Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press." *Bekerly, Toronto* 267 (2000).

- Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer STOWA. (2019) *From Biomass To Mycelium Composite: An Exploration On Cellulose And Weed Residues* <http://www.stowa.nl> (Erişim tarihi 05.01.2023)
- Silverman, J. (2018). *Development and testing of mycelium-based composite materials for shoe sole applications*. University of Delaware.
- Wasser, S. P., & Weis, A. L. (1999). General Description of the Most Important Medicinal Higher Basidiomycetes Mushrooms. 1. *International Journal of medicinal mushrooms*, 1(4).
- Sydor, M., Cofta, G., Doczekalska, B., & Bonenberg, A. (2022). Fungi in Mycelium-Based Composites: Usage and Recommendations. *Materials*, 15(18), 6283.
- Tacer-Caba, Z., Varis, J. J., Lankinen, P., & Mikkonen, K. S. (2020). Comparison of novel fungal mycelia strains and sustainable growth substrates to produce humidity-resistant biocomposites. *Materials & Design*, 192, 108728.
- TMMOB. (2023) *Ankara Makina Mühendisleri Odası* https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/0f0c65cbf947d1c_ek.pdf [Erişim Tarihi:13/03/2023]
- Travaglini, S., Noble, J., Ross, P. G., and Dharan, C. K. H. (2013). “Mycology matrix composites.” Proc., 28th Annual Technical Conf. of the American Society for Composites, C. Bakis, ed., DEStech Publications, Inc., Lancaster, PA, 517–535.
- Van Wylick, A., Elsacker, E., Yap, L. L., Peeters, E., & De Laet, L. (2022). Mycelium Composites and their Biodegradability: An Exploration on the Disintegration of Mycelium-Based Materials in Soil. In *Construction Technologies and Architecture* (Vol. 1, pp. 652-659). Trans Tech Publications Ltd.
- Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September 1993 U.S. Congress, Office of Technology Assessment (COTA), Biopolymers: Making Materials Nature’s Way-Background Paper, OTA-BP-E-102.
- Webster, J., & Weber, R. (2007). *Introduction to fungi*. Cambridge university press.

- Yang, Z., Zhang, F., Still, B., White, M., & Amstislavski, P. (2017). Physical and mechanical properties of fungal mycelium-based biofoam. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29(7), 04017030.
- Yavuz, Ş. A., & Gül, Ü. D. (2022). Sağlık alanındaki biyoteknolojik ürünlerin üretimi için mantarların kullanımı. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 79(1), 163-172.
- Xing, Y., Brewer, M., El-Gharabawy, H., Griffith, G., & Jones, P. (2018, February). Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 121, No. 2, p. 022032). IOP Publishing.



T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİMSEL ETİK BEYANI

“BAZI MANTAR MİSELYUMLARINDAN YALITIM MALZEMESİ ÜRETİMİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Aykan ÖZGÜR

01/02/2023

ÖZ GEÇMİŞ

Soyadı, Adı : Özgür AYKAN

Yabancı Dil :

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi/ Biyoloji Bölümü	25/06/2018
Lisans Tamamlama	Atatürk Üniversitesi/ Sağlık Yönetimi	09/07/2017
Ön Lisans	Trakya Üniversitesi/ Tıbbi Görüntüleme Teknikleri	10/08/2011

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer/Kurum	Unvan
2011-2014	Söke/ F. Faik Kocagöz Devlet Hastanesi	Radyoloji Teknikeri
2014-2017	Aydın/ Atatürk Devlet Hastanesi	Radyoloji Teknikeri
2017-	Çine/ Çine Devlet Hastanesi	Radyoloji Teknikeri

AKADEMİK YAYINLAR

1.BİLDİRİLER

A) Uluslararası Kongrelerde Yapılan Bildiriler

- A. ÖZGÜR, H. H. BIYIK, E. POYRAZOĞLU & S. ÖZTÜRK KÖSE

CONSTRUCTION MATERIAL AND LEATHER PRODUCTION FROM FUNGI

Konferans Adı: 2nd International Eurasian Mycology Congress Yer: KONYA, TÜRKİYE

- S. ÖZTÜRK KÖSE, H. H. BIYIK, E. POYRAZOĞLU & A. ÖZGÜR

Isolation of Adapted Species in Rattletrap Figs

Konferans Adı: 2nd International Eurasian Mycology Congress Yer: KONYA, TÜRKİYE