



Geliş(Received) :08/11/2019  
Kabul(Accepted) :04/12/2019

Araştırma Makalesi/Research Article  
Doi:10.30708.mantar.644356

## Nemlendirme Sıvısı Olarak Kullanılan Alternatif Endüstriyel Atıkların Bazı Makrofungusların Misel Gelişimi Ve Ligninolitik Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi

Bahar Gülce KORKMAZ<sup>1</sup>, Göksu CEYLAN<sup>2</sup>  
İbrahim SARI<sup>3</sup>, Burak Nuri ACAR<sup>4</sup>, \*Mustafa YAMAÇ<sup>5\*</sup>  
\* Sorumlu Yazar: myamac@ogu.edu.tr

<sup>1,2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ESKİŞEHİR.

<sup>1</sup>Orcid No: 0000-0002-1048-9124 / gggulceekorkmaz@gmail.com

<sup>2</sup>Orcid No: 0000-0003-4203-5087 / goksucey@gmail.com

<sup>3,4</sup> Büyükdere Mahallesi Özkayalar Sokak No:18/14, Odunpazarı ESKİŞEHİR.

<sup>3</sup>Orcid No: 0000-0002-7244-8942 / 13karaceri13@gmail.com

<sup>4</sup>Orcid No: 0000-0003-2066-2397 / burak\_acar16@hotmail.com

<sup>5</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, ESKİŞEHİR.

Orcid No: 0000-0002-7262-0036 / myamac@ogu.edu.tr

**Öz:** Bu çalışmada endüstriyel üretim süreçlerinden açığa çıkan farklı nitelikteki sıvı atıkların makrofungus üretiminde nemlendirme sıvısı olarak kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla kullanılan nemlendirme sıvılarının beş farklı makrofungus türünün misel gelişimi ve ligninolitik enzim aktivitesi üzerine etkisi belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan *Pleurotus cornucopiae*, *Flammulina velutipes*, *Panus neostrigosus*, *Schizophyllum commune* ve *Ganoderma lucidum* kültürleri; Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Biyoloji Bölümü Makrofungus Kültür Koleksiyonundan (OBCC) temin edilmiştir. En iyi misel gelişim ve enzim üretim koşullarının belirlenmesi amacıyla 4 farklı kompost materyali (meşe, kavak, pirinç, buğday) ikişerli kombinasyonlarla 10 gram olacak şekilde karıştırılarak, tek ve karışım halinde kullanılan 9 farklı nemlendirme sıvısıyla %70 oranında nemlendirilmiştir. Pozitif kontrol olarak distile su kullanılmıştır. Her kompost örneğinin pH değeri %1 alçı ve kireç ilavesi ile düzenlenmiştir. Saf fungal kültürlerden çıkarılan 6 mm'lik misel diskleri nemli kompost karışımları içeren petriyelerin merkezine yerleştirilerek 28 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Araştırılan tüm fungus izolatlarının çalışma kapsamında sorgulanan tüm ligninolitik enzimleri farklı seviyelerde ürettiği belirlenmiştir. En yüksek mangan peroksidaz (MnP) aktivitesi *Pleurotus cornucopiae*'de 103,64 u/L, en yüksek lakkaz ve mangan bağımsız peroksidaz (MnBP) aktivitesi *Ganoderma lucidum*' da sırasıyla 118,52 ve 66,86 u/L olarak belirlenmiştir. En yüksek günlük koloni büyüme hızı ve misel gelişimi gösteren izolat *Schizophyllum commune* olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Makrofungus, Ligninolitik enzim, Nemlendirme sıvısı

### The Effect Of Alternative Industrial Wastes Used As Wetting Agents On Mycelial Growth And Ligninolytic Enzyme Activities Of Some Macrofungi

**Abstract:** In this study, the possible using of different type of liquid wastes from industrial production processes as wetting agent in macrofungi production was investigated. The effects of wetting agents on mycelial growth and ligninolytic enzyme activities of five different macrofungi species were determined. *Pleurotus cornucopiae*, *Flammulina velutipes*, *Panus neostrigosus*, *Schizophyllum commune* and *Ganoderma lucidum* cultures were obtained from Macrofungi Culture Collection of Department of Biology, Eskişehir Osmangazi University (OBCC). In order to

## XI. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi-2019



determine the best mycelial growth and enzyme production conditions, 4 different compost materials (oak, poplar, rice, wheat) were mixed in pairs for 10 grams and were moistened by 70% with 4 different wetting agents (whey, olive land water, artificial textile dye waste water, molasses) in single and mixed form. Distilled water was used as positive control. The pH of each compost sample was adjusted by adding 1% gypsum and lime. The 6 mm diameter mycelial discs from pure fungal cultures were placed in the center of petri plates containing compost mixtures and incubated at 28°C. It was determined that all fungi isolates produced different levels of all ligninolytic enzymes used in the study. The highest manganese peroxidase (MnP) activity was determined as 103.64 u/L in *Pleurotus cornucopiae*. On the other hand, the highest laccase and manganese-independent/versatile peroxidase (VP) activity was determined as 118.52 and 66.86 u/L in *Ganoderma lucidum*, respectively. The highest daily mycelial growth rate and mycelial growth were determined in *Schizophyllum commune*.

**Key words:** Macrofungus, Ligninolytic enzyme, Wetting agent

### Giriş

Makrofunguslar uzun yıllardan beri insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Eskiden olduğu gibi günümüzde de birçok insan besin özelliğinden dolayı doğal makrofungusları incelemiştir.

Günümüze değin yapılan bilimsel araştırmalar sonucu bazı makrofungus türlerinin antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antiprotozoal özellik gösteren çeşitli kimyasal bileşiklere sahip oldukları belirlenmiştir (Roupas ve ark., 2012). Organizma yaşadığı ortamda varlığını sürdürebilmek ve çevresindeki rekabetçi türlere üstünlük sağlayabilmek için bu kimyasallara ihtiyaç duymaktadır (Solak ve ark., 2006). Mantarlar, protein, polisakkarit bileşikler (Polisakkarit-K, Polisakkaropeptid ve Lentinan vb.), sekonder metabolitler (terpenler, alkaloidler ve laktonlar vb.) ve enzimler (lakkaz, glukoz oksidaz ve peroksidaz vb.) gibi birçok karmaşık biyomolekül içerirler (Öztürk ve ark., 2009).

Sanayileşme sürecinden önce, organik maddelerin üretimi ve ayrışması arasında bir denge söz konusu olduğu bilinmektedir. Ayrışma sadece organik maddelerin zararlı birikimini önlemek için değil, aynı zamanda besin maddelerinin ve organik maddelerin geri dönüşümü için de önemlidir (Mohammad ve ark., 2012). Dünyada tarımsal ürünlerin hasadı ve sanayide işlenmesi sırasında sıvı ve katı atıklar oluşmaktadır. Bu atıkların doğrudan çevreye verilmesiyle çevre kirliliği, besin ve biyokütle kaybı oluşmaktadır. Biyolojik arıtım, endüstriyel süreçlerden alıcı sistemlere transfer olan organik maddeler için en önemli giderim prosesidir. Tekstil endüstrisi atık suları için önerilen fiziksel ve kimyasal yöntemlerin yüksek maliyet gerektirmeleri uygulanmalarının sınırlı olmasına neden olmuştur. Atık suların biyolojik arıtımında kullanılan başlıca mikroorganizmalar; bakteriler, mantarlar ve alglerdir

(Dönmez 2002, Sadettin ve Dönmez 2007). Gelişmiş ülkelerde artarak biriken tarım ve endüstri atıkları araştırmacıları, düşük maliyetli atık materyallerinin mantar yetiştiriciliğinde kullanılarak değerlendirilmesi yönünde çalışmaya yöneltmiştir. Lignoselülozca zengin atık maddelerin değerlendirilmesinde, en ekonomik ürünün mantar olduğu ve bu atıkların mantar yetiştiriciliğinde kompost yapımında kullanılabileceği ifade edilmektedir (Pekşen ve Günay 2009).

Makrofunguslar, bitki polimerleri olan lignin, hemiselüloz ve selülozu düşük molekül ağırlıklı çözünür bileşiklere tamamen indirgeyecek enzim sistemine sahip olmaları açısından özel öneme sahip bir organizma grubudur. Bu çözülebilir bileşikler daha sonra mantar miselleri tarafından absorbe edilirler (Singh ve ark., 2014). Enzim sistemleri, türlere, suşlara ve kültür koşullarına bağlı olarak farklı özellikler gösterir (Maciel ve ark., 2010). Beyaz çürükçül funguslar, ligninin karbondioksit ve suya kadar mineralizasyonunu sağlayan tek grup olarak önemli bir yere sahiptir (Boyle ve ark., 1992). Şimdiye kadar bilinen beyaz çürüklük mantarların tüm enzimleri temelde iki gruba ayrılabilir. Bunlardan ilk grup hem karbonhidrat bileşenleri (selüloz, hemiselüloz) hem de lignin bileşenlerine doğrudan saldıran enzimleri içerir (Leonowicz ve ark., 1999). Bu lignosellulolitik enzimler lignin peroksidaz, mangan peroksidaz, lakkaz, selülaz ve ksilanaz gibi enzimlerdir. İkinci grup, lignini tek başına parçalamayan, bunun yerine ilk gruptaki enzimlerle işbirliği yapan, süperoksit dismutaz ve glisoksal oksidaz gibi enzimleri içerir (Voběrková ve ark., 2018). Lignin içeren dokuların, diğer biyopolimerlerin aksine, tekrarlanan birimler dizisi arasında kolayca hidrolize olabilen bağlara sahip olmayan karmaşık ve düzensiz yapısından dolayı bozulmaları zordur (Martirani ve ark., 1996). Lignin yıkımından asıl sorumlu ligninolitik

## XI. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi-2019



enzimler lakkaz, lignin peroksidaz ve mangan peroksidaz olarak bildirilmektedir (Maciel ve ark., 2010). Bu enzimler polifenoller, sentetik boyalar, aromatik aminler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi substratları kapsayan çok geniş bir substrat spektrumuna sahiptir. Ayrıca fenolik olmayan birçok substratı da kullanabildiği bilinmektedir (Bayburt ve ark., 2014).

Beyaz çürükçül funguslar aynı zamanda Dünyada besinsel ve tıbbi özellikleri nedeni ile yaygın biçimde üretilen organizmalardır. *Pleurotus*, *Ganoderma*, *Trametes* ve *Schizophyllum* gibi makrofungus cinslerinin bu amaçlarla yaygın biçimde üretimi yapılmaktadır. Bu funguslar sahip oldukları enzim sistemleri nedeni ile fermente olmayan kompostların nemlendirilmesi ile oluşan ortamlarda üretilmektedir. Günümüze dek gerçekleştirilen çalışmalarda beyaz çürükçül fungusların üretiminde kompost nemlendirme sıvısı olarak zeytin atık sıvısı (Kalmış ve ark., 2008; Koutrotsis ve ark., 2016), mısır ıslatma suyu (Loss ve ark., 2009) ve süt ürünleri atık sıvıları (Naranian ve ark., 2011) gibi endüstriyel atık sıvılar kullanılmıştır. Beyaz çürükçül fungusların ligninolitik enzimlerinin önemi dikkate alınarak bu çalışmada *Pleurotus cornucopiae* (Paulet) Rolland, *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer, *Panus neostrigosus* Drechsler-Santos & Wartchow, *Schizophyllum commune* Fr. ve *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. izolatlarının farklı nemlendirme sıvıları kullanımı sonucunda ligninolitik enzim aktiviteleri ve misel gelişim hızları araştırılmıştır. Böylece, endüstriyel sıvı atıkların kullanımına olanak/alternatif oluşturmak amaçlanmış ve çalışmada kullanılan her türün en yüksek enzim aktivitesi ve misel gelişimi gösterdiği nemlendirme sıvıları belirlenmiştir.

### Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan *Pleurotus cornucopiae*, *Flammulina velutipes*, *Panus neostrigosus*, *Schizophyllum commune* ve *Ganoderma lucidum* kültürleri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü Makrofungus Kültür Koleksiyonundan (OBCC) temin edilmiştir. İzolatlar, 4°C'de vermikülit-buğday kepeği ortamında saklanmış ve düzenli olarak 6-8 ayda bir taze ortamlara aktarılmıştır.

### Nemlendirme Sıvısı Seçimi

Kompostların nem değerlerini %70 olacak şekilde ayarlamak için nemlendirme sıvısı olarak melaslı su (% 0.025), peynir altı suyu (% 25), zeytin kara suyu (% 25) ve boyalı su (% 0.04 Amaranth, % 0.02 RBBR, % 0.02 Kristal viyole, % 0.02 Malaşit yeşili, % 0.02 Red 195) kullanılmıştır. Çalışmada pozitif kontrol olarak distile su

kullanılmıştır. Farklı endüstriyel sıvı atıkların tek tek ve karışımlar halinde kullanılmasıyla 9 farklı deney tasarlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Deneyde kullanılan nemlendirme sıvıları

NEMLENDİRME SIVISI	DENEY GRUPLARI								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Distile Su	+								
Melaslı Su		+				+	+	+	+
Peynir Altı Suyu			+			+			+
Zeytin Kara Suyu				+			+		+
Boyalı Su					+			+	+

### Kompost Hazırlığı

Çalışma izolatlarının misel gelişimi için kendi yaşam ortamlarına en uygun olan ve birçok araştırmacı tarafından da tercih edilen kompost materyalleri kullanılmıştır. *Schizophyllum commune*, *Panus neostrigosus* ve *Pleurotus cornucopiae* izolatları için kompost olarak %80 kavak talaşı + %20 buğday kepeği ortamı kullanılmıştır. *Ganoderma lucidum* için kompost olarak %80 meşe talaşı + %20 buğday kepeği kullanılırken; *Flammulina velutipes* için kompost olarak %80 kavak talaşı + %20 pirinç kepeği ortamları kullanılmıştır. Her kompost materyalinin pH değeri %1'lik kireç ve alçı karışımı ilave edilerek dengelenmiştir.

Önceden Patates Dekstroza Agar (PDA)'da aktiflenmiş olan, saf fungal kültürlerden çıkarılan 6 mm'lik misel diskleri nemli kompost karışımları içeren petrielerin merkezine yerleştirilerek 28 °C'de inkübasyona bırakılmıştır.

### Ekstraksiyon

Çalışılan tüm izolatların miselleri petrieleri tamamen kapladığında ekstraksiyon aşamasına geçilmiştir. Miseller kompost materyalleriyle iyice karıştırıldıktan sonra distile su ilave edilerek elde edilen karışım (1:10) 1

## XI. Türkiye Yemelik Mantar Kongresi-2019



saat, 4 °C'de, 200 rpm'de çalkalanmıştır. Karışım Whatman 1 filtre kağıdından geçirilerek filtre edilmiştir.

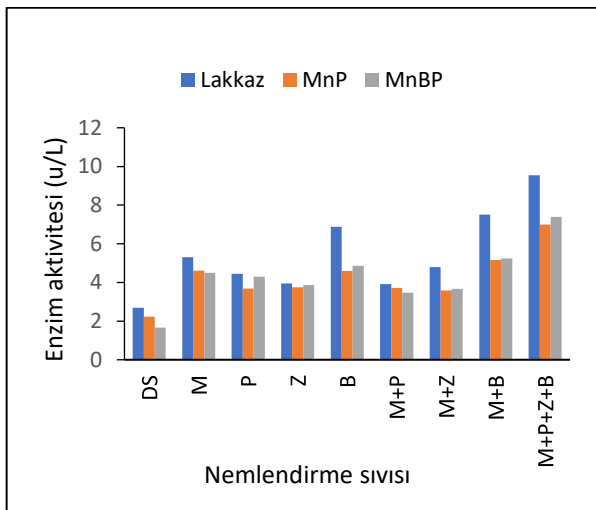
### Ligninolitik Enzim Aktivite Yöntemleri

Lakkaz aktivitesi, 420 nm dalga boyunda 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), (ABTS) oksidasyonunun 3 dk boyunca spektrofotometrik olarak izlenmesi ile belirlenmiştir. Mangan Peroksidaz (MnP) ve mangan bağımsız peroksidaz (MnBP) aktiviteleri 469 nm dalga boyunda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> varlığında 2,6 dimethoxyphenol (DMP) oksidasyonunun MnSO<sub>4</sub> varlığında (MnP) ve yokluğunda (MnBP) 3 dk boyunca spektrofotometrik olarak izlenmesi ile belirlenmiştir (Bayburt ve ark., 2014).

### Bulgular

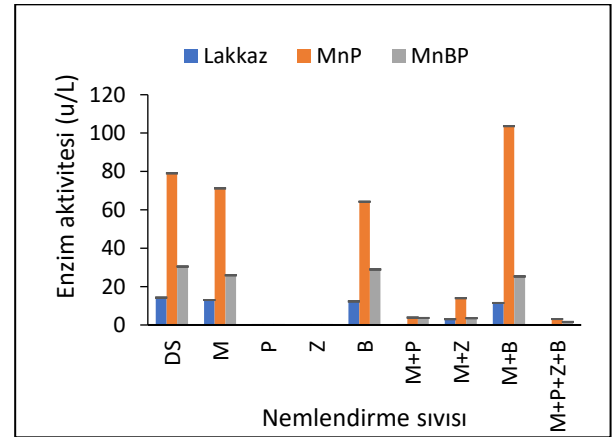
Gerçekleştirilen enzim aktivitesi belirleme çalışmasında *Schizophyllum commune* izolatının enzim aktivitesi elde edilememiştir. *Pleurotus cornucopiae*, *Flammulina velutipes*, *Panus neostrigosus* ve *Ganoderma lucidum* izolatlarının her biri için 9 farklı ekstraksiyon sıvısı ile elde edilen enzim aktivitesi sonuçları Şekil 1 - 4' te sunulmuştur. Çalışılan enzim aktivitesi sonuçları hem türün misel gelişimine hem de nemlendirme sıvısına bağlı olarak değişim göstermektedir.

*Flammulina velutipes* izolatı için maksimum lakkaz, mangan peroksidaz ve mangan bağımsız peroksidaz aktiviteleri sırasıyla 9.54 u/L 7.00 u/L, 7.40 u/L olarak 9 numaralı nemlendirme sıvısında (melas, boya karışımı, peynir altı suyu ve zeytin kara suyu) en yüksek olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



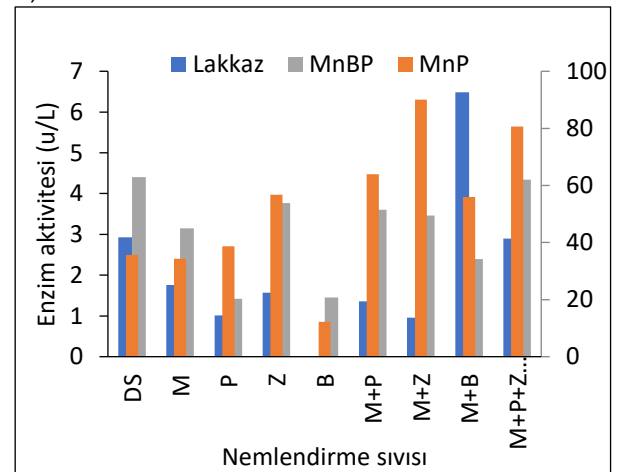
Şekil 1. *Flammulina velutipes* izolatının enzim aktivitesi sonuçlarının karşılaştırılması

*Pleurotus cornucopiae* izolatında 3 (peynir altı suyu) ve 4 (zeytin kara suyu) nolu nemlendirme sıvılarının bulunduğu petrielerde büyüme olmamıştır. En yüksek MnP aktivitesi 103.64 u/L olarak melaslı su ve boyalı su karışımının bulunduğu nemlendirme sıvısında gözlemlenirken; en yüksek lakkaz ve MnBP aktivitesi 14.27 u/L ve 30.45 u/L olarak distile su ile nemlendirilmiş deney grubunda gözlemlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. *Pleurotus cornucopiae* izolatının enzim aktivitesi sonuçlarının karşılaştırılması

*Panus neostrigosus* izolatında lakkaz aktivitesi en yüksek 6.49 u/L olarak 8 nolu deneyde (Melaslı su - boya karışımı) belirlenirken; boyalı su karışımının nemlendirme sıvısı olarak kullanıldığı deney grubunda aktivite çıkmamıştır. En yüksek MnP aktivitesi 90.08 u/L (melaslı su - zeytin kara suyu karışımı) ve en yüksek MnBP aktiviteleri 4.41 u/L (distile su) olarak belirlenmiştir (Şekil 3).

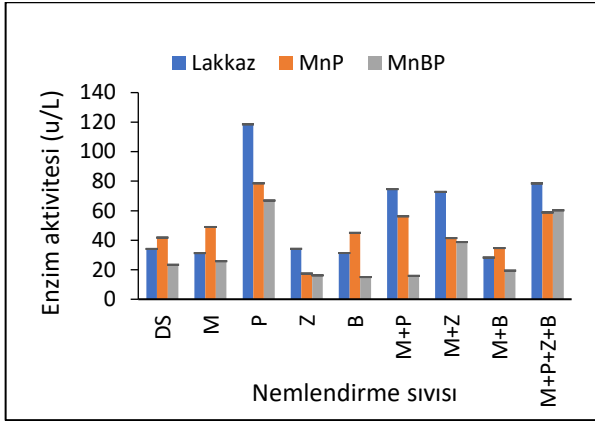


Şekil 3. *Panus neostrigosus* izolatının enzim aktivitesi sonuçlarının karşılaştırılması

## XI. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi-2019



En yüksek lakkaz, mangan peroksidaz ve mangan bağımsız peroksidaz aktivitesi ise *Ganoderma lucidum*'da 118.52, 78.54 ve 66.86 u/L olarak nemlendirme sıvısı olarak peyniraltı suyu kullanıldığı durumda belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. *Ganoderma lucidum* izolatının enzim aktivitesi sonuçlarının karşılaştırılması

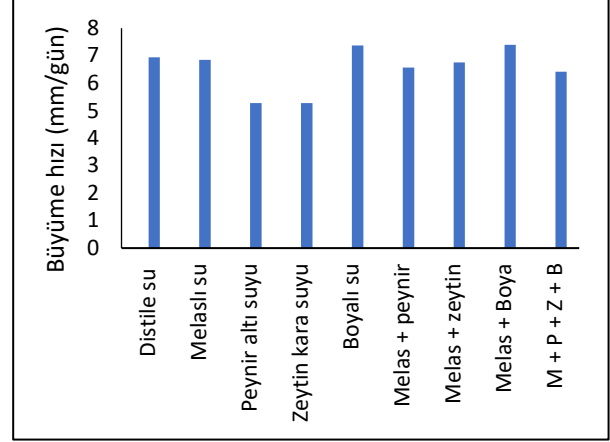
Sonuç olarak *Pleurotus cornucopiae* ve *Ganoderma lucidum* izolatlarının diğer izolatlar göre daha yüksek enzim aktivitesi gösterdiği, melas içeren nemlendirme sıvılarının tüm izolatların enzim aktivitesine çok olumlu etki gösterdiği anlaşılmaktadır.

#### Misel Gelişim Hızı

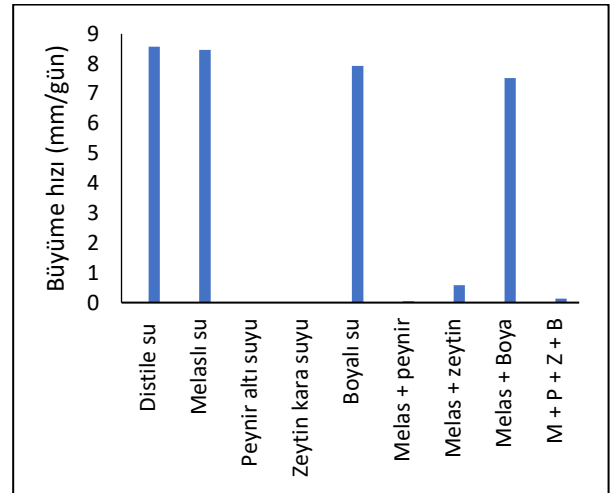
Tüm çalışma izolatlarının günlük koloni çapları dijital kumpas kullanılarak mm cinsinden ölçülmüş ve her nemlendirme sıvısı için zamana bağlı koloni çapları grafikleri elde edilmiştir.

*Flammulina velutipes* izolatının en hızlı koloni büyümesini melaslı su ve boya karışımı olan 8 numaralı deney grubunda 7.39 mm/gün gerçekleştirdiği sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 5).

En yüksek koloni büyüme hızı *Pleurotus cornucopiae* izolatında 7,93 mm/gün olarak pozitif kontrolde gözlemlenmiştir (Şekil 6). Distile su, melaslı su, boyalı su ve melaslı su-boyalı su karışımında büyüme gözlemlenirken diğer nemlendirme sıvılarının bulunduğu deney gruplarında miselyal gelişim olmamıştır.



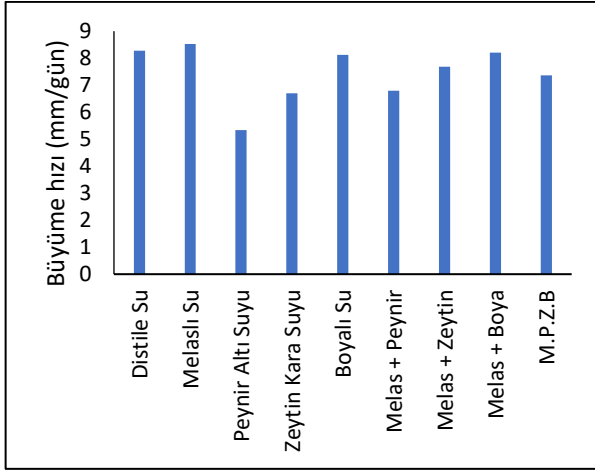
Şekil 5. *Flammulina velutipes* izolatının farklı nemlendirme sıvılarındaki günlük koloni büyüme hızı



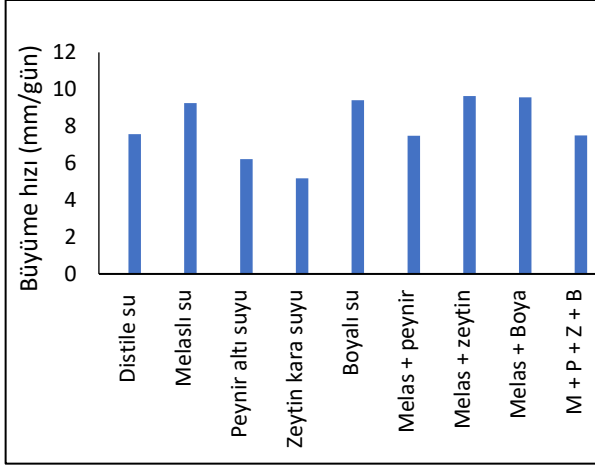
Şekil 6. *Pleurotus cornucopiae* izolatının farklı nemlendirme sıvılarındaki günlük koloni büyüme hızı

*Panus neostrigosus* izolatında en yüksek koloni büyüme hızı, distile sudan daha yüksek bir değer ile melaslı su karışımında 8,53 mm/gün olarak belirlenmiştir (Şekil 7). *Ganoderma lucidum* izolatında en yüksek koloni büyüme hızı ise 9.12 mm/gün olarak melaslı su-boyalı su karışımında gözlemlenmiştir (Şekil 8).

## XI. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi-2019

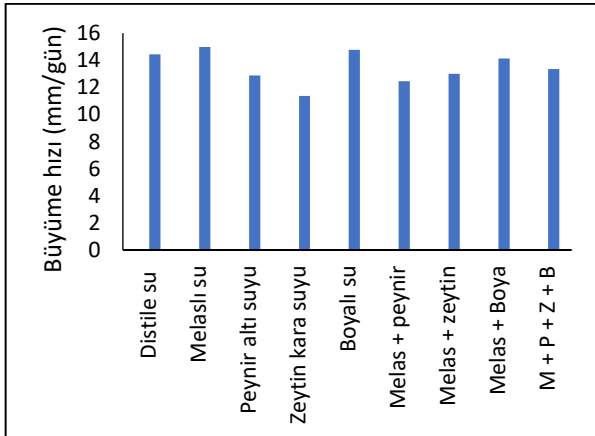


Şekil 7. *Panus neostrigosus* izolatının farklı nemlendirme sıvılarındaki günlük koloni büyüme hızı



Şekil 8. *Ganoderma lucidum* izolatının farklı nemlendirme sıvılarındaki günlük koloni büyüme hızı

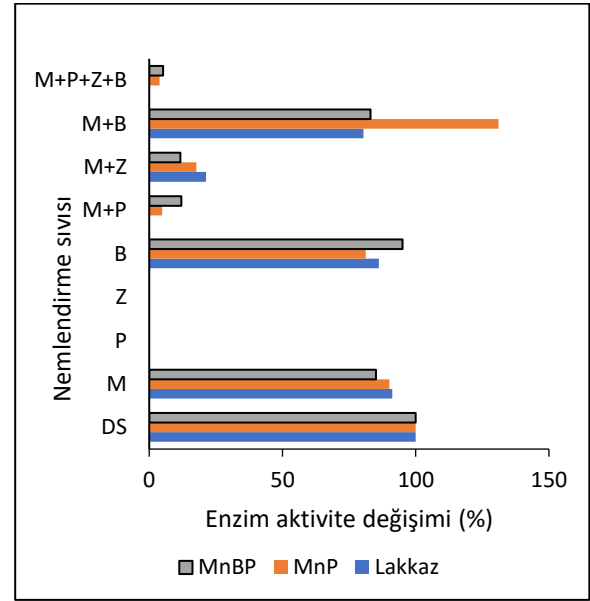
*Schizophyllum commune* izolatı tüm nemlendirme sıvılarında misel gelişimini 6 günde tamamlamıştır. En yüksek misel gelişimini melaslı su karışımının bulunduğu nemlendirme sıvısında 14.99 mm/gün olarak göstermiştir (Şekil 9).



Şekil 9. *Schizophyllum commune* izolatının farklı nemlendirme sıvılarındaki günlük koloni büyüme hızı

## Tartışma

*Pleurotus cornucopiae* izolatında MnP aktivitesi diğer çalışılan enzim aktiviteleri içinde dikkat çekmektedir. Pozitif kontrol ile karşılaştırıldığında yaklaşık 1.3 katı daha yüksek aktivite gösterdiği görülmektedir (Şekil 10). En yüksek koloni büyüme hızı pozitif kontrolde 8.57 mm/gün iken, en düşük koloni büyüme hızı 0.14 mm/gün olarak tüm endüstriyel atıkların kullanıldığı nemlendirme sıvısında belirlenmiştir (Tablo 2).



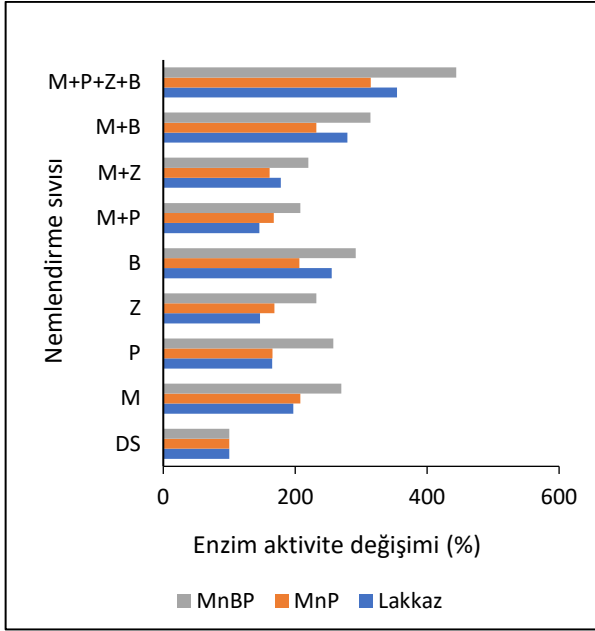
Şekil 10. *Pleurotus cornucopiae* izolatının farklı nemlendirme sıvılarındaki % değişimi

Tablo 2. Çalışma izolatlarının farklı nemlendirme sıvılarındaki koloni büyüme hızı (mm/gün)

Deney	<i>P. c.</i>	<i>F. v.</i>	<i>P. n.</i>	<i>G. l.</i>	<i>S. c.</i>
1	8.57	6.94	8.28	7.03	14.43
2	8.47	6.85	8.53	8.07	14.99
3	-	5.28	5.34	4.96	12.88
4	-	5.27	6.70	4.16	11.38
5	7.93	7.37	8.12	7.83	14.78
6	0.05	6.57	6.79	5.03	12.46
7	0.59	6.76	7.68	4.73	12.99
8	7.52	7.39	8.21	5.98	14.13
9	0.14	6.42	7.36	5.85	13.35

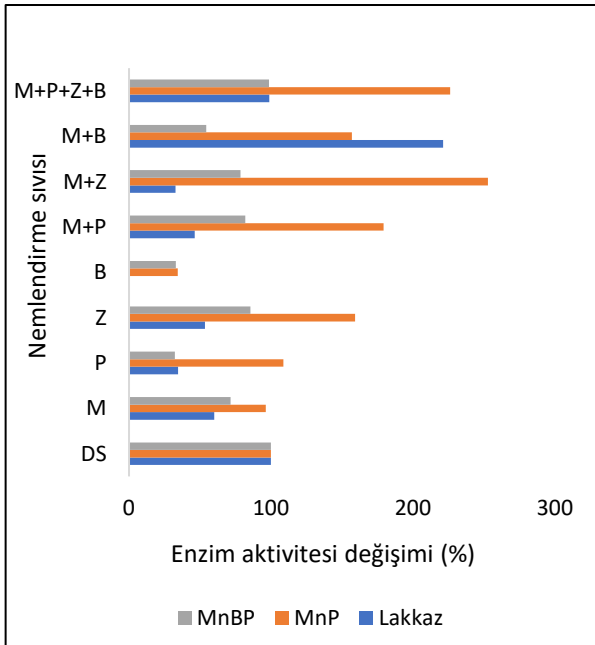
*Flammulina velutipes* izolatı tüm endüstriyel atıkların bulunduğu deney gurubunda pozitif kontrolün yaklaşık olarak MnBP 4.5, MnP 3.1 ve lakkaz 3.5 katı olduğu belirlenmiştir (Şekil 11). En yüksek koloni büyüme hızı 7.39 mm/gün olarak melaslı su-boyalı su karışımında belirlenmiştir (Tablo 2).

## XI. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi-2019



Şekil 11. *Flammulina velutipes* izolatının farklı nemlendirme sıvılarındaki % değişimi

*Panus neostrigosus* izolatı pozitif kontrolün MnP aktivitesine karşı 2.5, lakkaz aktivitesine karşı ise 2.2 katı olduğu belirlenmiştir (Şekil 12). En yüksek koloni büyüme hızı melaslı su karışımında 8.53 mm/gün olarak bulunmuştur (Tablo 2).

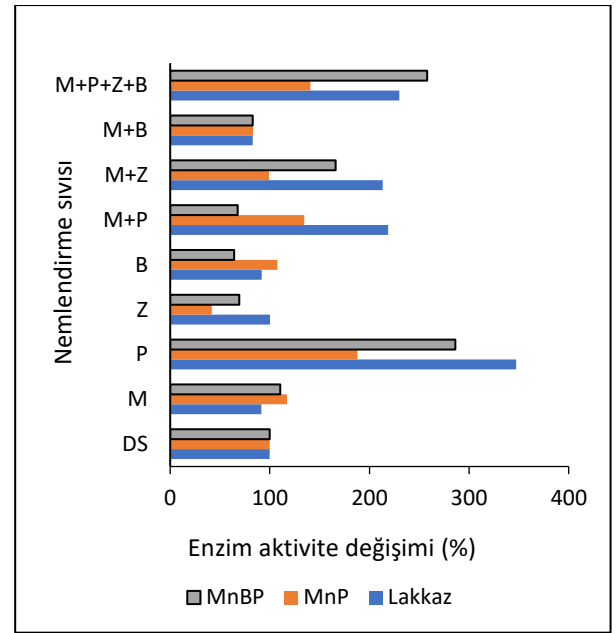


Şekil 12. *Panus neostrigosus* izolatının farklı nemlendirme sıvılarındaki % değişimi

*Ganoderma lucidum* izolatı peynir altı suyunda pozitif kontrolün yaklaşık olarak sırasıyla MnP 2.8, MnBP 1.8 ve lakkaz 3.4 katı olarak belirlenmiştir (Şekil 13).

Melaslı su karışımında en yüksek koloni büyüme hızı 8.07 mm/gün olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

*Schizophyllum commune* izolatları hiçbir enzim aktivitesi göstermemesine karşın koloni büyüme hızı olarak diğer türler arasında en hızlı büyümeyi 6 günde melaslı su karışımının bulunduğu nemlendirme sıvısında 14.99 mm/gün olarak göstermiştir (Tablo 2).



Şekil 13. *Ganoderma lucidum* izolatının farklı nemlendirme sıvılarındaki % değişimi

Çalışılan tüm makrofungus izolatlarının ligninolitik enzimleri farklı seviyelerde ürettiği belirlenmiştir. En yüksek mangan peroksidaz (MnP) aktivitesi *Pleurotus cornucopiae*'de 103.64 u/L, en yüksek lakkaz ve mangan bağımsız peroksidaz (MnBP) aktivitesi *Ganoderma lucidum*' da sırasıyla 118.52 ve 66.86 u/L olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada *Pleurotus cornucopiae*, *Flammulina velutipes*, *Panus neostrigosus*, *Schizophyllum commune* ve *Ganoderma lucidum* izolatlarının uygun kompost ortamları belirlendikten sonra elde edilen yeni ligninolitik enzim kaynaklarının çevresel kirlilik etmeni olan endüstriyel sıvı atıkların degradasyonu / detoksifikasyonuna alternatif oluşturmak ve bu atıkların makrofungus üretim süreçlerinde nemlendirme sıvısı olarak kullanımları konusunda farkındalık yaratmak amaçlanmıştır.

Beyaz çürükçül funguslar tarafından üretilen ligninolitik enziminin miktar ve çeşidinin, fungus türüne bağlı olduğu kadar ortamın besinsel ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiği rapor edilmektedir (Elisashvili et al., 2008). Bu çalışmada

## XI. Türkiye Yemelik Mantar Kongresi-2019



nemlendirme sıvısı olarak kullanılan melas karbon, peynir altı suyu ise azot açısından zengin materyallerdir. Ligninolitik enzim aktivitesi gösteren izolatların hepsinde nemlendirme sıvılarının besinsel içeriklerinin farklı olmasından kaynaklı olarak farklı enzimatik sonuçlar ve farklı misel gelişim hızı değerleri elde edilmiştir.

Literatürde farklı endüstriyel atık suların makrofungus üretiminde nemlendirme sıvısı olarak kullanımına ilişkin raporlar çok sınırlıdır. Ulaşabildiğimiz kadarı ile sadece zeytin atık sıvısı, mısır ıslatma suyu ve süt ürünleri üretiminden kaynaklanan atık suların farklı *Pleurotus* türlerinin ve *Hericium erinaceus*' un üretiminde kullanımına ilişkin raporlar sunulmuştur (Kalmış ve ark., 2008; Loss ve ark., 2009; Naranian ve ark., 2011; Koutrotsis ve ark., 2016). Bu çalışmalarda Kalmış ve ark. (2008), *P. ostreatus* üretiminde % 25 oranındaki zeytin atık sıvısının nemlendirme sıvısı olarak kullanıldığı üretim sisteminde kontrol grubu olarak kullanılan çeşme suyu ile istatistiksel olarak benzer biyolojik etkinlik değeri verdiğini bildirmektedir. Benzer olarak Koutrotsis ve ark. (2016), *Hericium erinaceus* üretiminde nemlendirme sıvısı olarak kullanılan zeytin atık sıvısının dekolorizasyon, total fenolik madde ve fitotoksinite değerlerini sırası ile % 65, % 47 ve % 52 oranlarında azalttığını rapor etmişlerdir.

Mısır ıslatma suyunu *Pleurotus* türlerinin üretiminde nemlendirme sıvısı olarak kullanan Loss ve ark. (2009), *Pleurotus ostreatus* izolatlarının üretiminde

biyolojik etkinlik değerlerini olumlu biçimde etkilediğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen biyolojik etkinlik değerinin % 91.12' ye kadar arttığı görülmektedir.

Naranian ve ark. (2011) ise *P. ostreatus* ve *P. sajor-caju* (Geçerli ismi ile *Lentinus sajor-caju*) üretiminde nemlendirme sıvısı olarak süt ürünlerinden kaynaklanan atık sıvıları % 5 – 40 oranlarında kullanmışlardır. Sonuç olarak özellikle düşük konsantrasyonlardaki süt ürünleri atık sıvılarının miselyal büyüme oranını 6.6 mm/gün, ergosterol verimini 437 µg/g değerlerine ulaştırdığı görülmektedir. Ayrıca, % 10 oranında kullanılan süt ürünleri atık sıvısı biyolojik etkinlik değerini % 108.68 oranına ulaştırmıştır.

Literatürde sunulan az sayıdaki araştırma, endüstriyel atık suların makrofungus üretiminde nemlendirme sıvısı olarak oldukça başarılı biçimde kullanıldığı örnekleri içermektedir. Ancak bu çalışmada kullanılan atık sıvılar henüz herhangi bir araştırmaya konu olmamıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında ülkemizde yaygın olarak bulunan endüstriyel sıvı atıkların alternatif kullanım alanlarında değerlendirilmesi açısından umut vaad edici bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen verilerin, makrofungus üretimine yönelik sonraki çalışmalarda ekonomik ve ekolojik açılarından yararlı olacağı düşünülmektedir. Doğa dostu bir yaklaşım olarak görülen bu araştırma konusunun gelecekte daha fazla araştırmaya konu olmasını umuyoruz.

### Kaynaklar

- Bayburt, C., Karaduman, A., Çelik, U. ve Yamaç, M. (2014). Farklı Gelişim Dönemlerinde *Pleurotus ostreatus* Kompostundan Ligninolitik Enzim Ekstraksiyonu İçin Uygun Yöntem Seçimi. *Mantar Dergisi*, 5 (2) 17-24.
- Boyle, C.D., Kropp, B.R. ve Reid, I.D. (1992). Solubilization and Mineralization of Lignin by White Rot Fungi. *Appl. Environ. Microbiol.*, 58 (10) 3217-3224.
- Dönmez, G. (2002). Bioaccumulation of the Reactive Textile Dyes by *Candida tropicalis* Growing in Molasses Medium. *Enzyme and Microbial. Technol.*, 30 (3) 363-366.
- Elisashvili, V., Kachlishvili, E. ve Penninckx, M. (2008). Effect of Growth Substrate, Method of Fermentation, and Nitrogen Source on Lignocellulose-Degrading Enzymes Production by White-Rot Basidiomycetes. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 35 (11) 1531-1538.
- Kalmış, E., Azbar, N., Yıldız, H. ve Kalyoncu, F., (2008). Feasibility of Using Olive Mill Effluent (OME) as a Wetting Agent during the Cultivation of Oyster Mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on Wheat Straw. *Bioresour. Technol.*, 99 164–169.
- Koutrotsios, G., Larou, E., Mountzouris, K.C. ve Zervakis, G.I. (2016). Detoxification of Olive Mill Wastewater and Bioconversion of Olive Crop Residues into High-Value-Added Biomass by the Choice Edible Mushroom *Hericium erinaceus*. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 180 195-209.
- Leonowicz, A., Matuszewska, A., Luterek, J., Ziegenhagen, D., Wojtaś-Wasilewska, M., Cho, N.S. ve Rogalski, J. (1999). Biodegradation of Lignin by White Rot Fungi. *Fungal Gen. Biol.*, 27 (23) 175-185.
- Loss, E., Royer, A.R., Barreto-Rodrigues, M. ve Barana, A.C. (2009). Use of Maize Wastewater for the Cultivation of the *Pleurotus* spp. Mushroom and Optimization of Its Biological Efficiency. *J. Hazard. Mat.*, 166 1522-1525.
- Maciel, M.J.M. ve Ribeiro, H.C.T. (2010). Industrial and Biotechnological Applications of Ligninolytic Enzymes of the Basidiomycota: A Review. *Electronic J. Biotechnol.*, 13 (6) 14-15.
- Martirani, L., Giardina, P., Marzullo, L. ve Sannia, G. (1996). Reduction of Phenol Content and Toxicity in Olive Oil Mill Waste Waters with the Ligninolytic Fungus *Pleurotus ostreatus*. *Water Res.*, 30 (8) 1914-1918.



## XI. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi-2019



- Mohammad, N., Alam, M. Z., Kabbashi, N. A. ve Ahsan, A. (2012). Effective Composting of Oil Palm Industrial Waste by Filamentous Fungi: A Review. *Res. Conserv. Recycling*, 58 69-78.
- Naraian, R., Srivastava, J. ve Garg, S.K. (2011). Influence of Dairy Spent Wash (DSW) on Different Cultivation Phases and Yield Response of Two *Pleurotus* mushrooms. *Ann. Microbiol.*, 61 853-862.
- Öztürk, A. ve Çopur, Ö.U. (2009). Mantar bileşenlerinin teröpatik etkileri. *Bahçe*, 38 (1) 19-24.
- Pekşen, A. ve Günay, A. (2009). Kültür Mantarı (*Agaricus bisporus* (L.) Sing.) Yetiştiriciliğinde Çay Atığı ve Buğday Sapı Karışımından Hazırlanan Kompostların Kullanımı. *Ekoloji Dergisi*, 19 (73) 48-54.
- Roupas, P., Keogh, J., Noakes, M., Margetts, C. ve Taylor, P., (2012). The Role of Edible Mushrooms in Health: Evaluation of the Evidence. *J. Func. Foods*, 4 687-709.
- Singh, A.D., Abdullah, N. ve Vikineswary, S. (2003). Optimization of Extraction of Bulk Enzymes from Spent Mushroom Compost. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 78 (7) 743-752.
- Solak, M. H., Kalmis, E., Sağlam, H. ve Kalyoncu, F. (2006). Antimicrobial Activity of Two Wild Mushrooms *Clitocybe alexandri* (Gill.) Konr. and *Rhizopogon roseolus* (Corda) TM Fries Collected from Turkey. *Phytotherapy Res.*, 20 (12) 1085-1087.
- Voběrková, S., Solčány, V., Vršanská, M. ve Adam, V. (2018). Immobilization of Ligninolytic Enzymes from White-rot Fungi in Cross Linked Aggregates. *Chemosphere*, 202 694-707.