



Geliş(Received) :03/08/2019  
Kabul(Accepted) :09/10/2019

Araştırma Makalesi/Research Article  
Doi:10.30708mantar.601244

## Farklı Mantar Türleri Kullanılarak Sentetik Atıksudan Adsorpsiyon Prosesi ile Boya Giderimi

Muhammed Kamil ODEN<sup>1</sup>, Sinan ALKAN<sup>2\*</sup>, Gıyasettin KAŞIK<sup>3</sup>

\*Sorumlu yazar:sinanalkan42@gmail.com

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Sarayönü Meslek Yüksekokulu, Çevre Koruma Teknolojileri Bölümü, Konya, Türkiye

Orcid No: 0000-0002-0573-5634/muhammedkoden@selcuk.edu.tr

<sup>2,3</sup>Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Orcid No: 0000-0001-7725-1957/sinanalkan42@gmail.com

<sup>3</sup>Orcid No: 0000-0001-8304-6554/gyasettinkasik@hotmail.com

**Öz:** Mantarlar diğer organizmalardan farklı bir alem olarak ayrılırlar ve çevre, doğa ve insanlar için çok önemlidirler. Bakterilerle birlikte, organik madde döngüsünde ve doğada ayrışmada önemli bir rol oynamaktadırlar. Ayrıca diğer organizmalar tarafından parçalanamayan malzemeleri de ayrıştırırlar. Mantarlar aynı zamanda iyi bir akümülatör oldukları için çevrelerindeki ağır metalleri, iyonları ve boya maddelerini çekebilirler. Bu çalışmada laboratuvar ortamında Metilen mavisi ile hazırlanan renkli sentetik atıksudan kirletici giderimi için makromantarların kullanımı araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan mantar türleri; *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach, *Russula delica* Fr., *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm., *Calvatia gigantea* (Batsch) Lloyd'dir. Araştırma kapsamında 1000 mg/L stok Metilen mavisi çözeltisinden elde edilen 50 mg/L başlangıç konsantrasyonundaki renkli sentetik atıksu kullanılmıştır. Deneysel araştırma sonucunda 500 mg/50 mL adsorban dozunda 90 dakika temas süresinde yaklaşık %80'in üzerinde metilen mavisi boya giderimi elde edilmiştir. Bu araştırma çalışmasında kullanılan *P. ostreatus* (M1), *F. fomentarius* (M2), *A. bisporus* (M3), *R. delica* (M4), *A. mellea* (M5), *C. gigantea* (M6) mantarlarının hepsi renk gideriminde oldukça başarılı olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Adsorpsiyon, Mantar, Atıksu Arıtımı, Renk, Boya, Giderim

## Dye Removal from Synthetic Wastewater by Adsorption Process Using Different Fungi Species

**Abstract:** Fungi have separated from other organisms as a different kingdom, and they are very important for the environment, nature, and humans. With the bacteria, they play an important role in the cycle of organic substances, and decomposition in nature. They also decompose materials that cannot be torn apart by other organisms. Fungi are also a good accumulator, so they can absorb heavy metals, ions and dyes around them. In this study, the use of macrofungi for pollutant removal from colored synthetic wastewater prepared with methylene blue in the laboratory was investigated. Fungi species used in the study; *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach, *Russula delica* Fr., *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm., *Calvatia gigantea* (Batsch) Lloyd. In the research, colored synthetic wastewater at a beginning concentration of 50 mg / L obtained from 1000 mg / L stock Methylene blue solution was used. As a result of experimental research, over 80% methylene blue dye removal was obtained at 90 minutes contact time at 500 mg / 50 mL adsorbent dose. All of the fungi *P. ostreatus* (M1), *F. fomentarius* (M2), *A. bisporus* (M3), *R. delica* (M4), *A. mellea* (M5), *C. gigantea* (M6) used in this research study were found to be quite successful in color removal.

**Key words:** Adsorption, Mushroom, Wastewater Treatment, Color, Dye, Removal



## Giriş

Günümüz dünyasında en büyük problemler arasında gelişen teknoloji, değişen üretim prosesleri ve hızlı nüfus artışından dolayı doğal kaynakların hızla tüketilmesi olarak görülmektedir. Doğal kaynaklar hızla artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için tüketilirken aynı zamanda çevreye katı, sıvı ve gaz atıklar verilmektedir. Bu atıkların fiziksel şartlarının önemi yanında içerdikleri kirletici muhtevalarında önemli olmaktadır. Bu bakımdan bilim insanları bu atıkların ve atıksuların çevreye daha az zarar vermesi ve/veya hiç zarar vermemesi yönünde araştırmalar yapmaktadır. Birçok doğal (biyotik veya abiyotik) ve yapay (endüstriyel ve/veya sentetik) unsurun bu kirleticilerin gideriminde kullanılabilirliği araştırılmaktadır.

Her yıl dünya çapında pek çok ülkede tekstil ürünleri için tonlarca boya kullanılmakta ve her geçen yıl gelişen tekstil endüstrisinde kullanılan boya miktarı artmaktadır. Bu tekstil endüstrilerinden salınan fazla atık su miktarı, çevre üzerinde ciddi olumsuz etkilere neden olmaktadır (Radhika ve ark., 2014).

Tekstil sektöründe birçok yardımcı kimyasal maddenin yanında, sayısız renk ve türde boyarmadde kullanılmakta ve buna bağlı olarak gerek üretim gerekse kullanım sırasında çok miktarda renkli atıksu açığa çıkmaktadır (Demir ve ark., 2006, Kapdan ve ark., 2000).

Boyalar gıda, ilaç, kozmetik, baskı, tekstil ve deri endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak dünya üzerindeki su rezervlerinin kullanılan bu boya atıklarından her geçen gün kirlendiği bilinmektedir (Chung ve ark., 1992; Couto, 2009; Oden ve Küçükçongar, 2018; Tochwawng ve ark., 2019). Ayrıca, bu boyalar kanserojen ve toksik özellikleri nedeniyle de sorun yaratmaktadırlar. Bu nedenle, bu tür boyaların doğal su kaynaklarına boşaltılmadan önce arıtılarak doğaya bırakılması oldukça önemlidir (Field ve ark., 1995; Mathur ve ark., 2006; Puvaneswari ve ark., 2006; Khan ve Malik, 2014; ). Bunun için uygun arıtma sistemleri ve bu sistemleri daha kullanışlı yapacak yeni teknikler gereklidir. Ayrıca yeni teknikler denenerek bu arıtma işlemlerinin hem daha hızlı, hem daha düşük maliyetli, hem de daha kolay uygulanabilir olması için araştırmalar yapmak gerekmektedir. Bu amaçla yaptığımız çalışmada endüstride kullanılan boyalardan biri olan Metilen mavisinin farklı mantar türleri ile sentetik atıksudan adsorpsiyon prosesi uygulanarak ortamdan uzaklaştırılması gözlemlenmiştir.

Özellikle mantarlar doğada ayrıştırıcı özellikleri ve bünyelerinde ürettikleri parçalayıcı enzimler sayesinde bakterilerden sonra dünya üzerindeki atıkları besin

zincirine kazandıran önemli ve büyük bir canlı grubudur. Ayrıca hücre yapılarının akümülatif özellikleri sayesinde çevrelerinde bulunan ağır metalleri, iyonları ve boyaları bünyelerine çekerek biriktirebilirler (Kaşık, 2010). Bu sayede aslında mantarlar da likenler gibi çok iyi bir çevre indikatörleridir.

Çalışmamızda doğada bolca bulunan ve faydası saymakla bitmeyecek olan mantarların biyoabsorban olarak farklı bir kullanımı ortaya konmaya çalışılmıştır. Farklı mantar örneklerinden oluşan toz haldeki malzemeler adsorpsiyon sisteminde renkli atıksulardan boya giderimi başarısı ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında kesikli sistem ve çalkalaması prosesi tercih edilmiş olup Metilen mavisini boyası giderilmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metod

Araştırma çalışmasında *P. ostreatus* (M1), *F. fomentarius* (M2), *A. bisporus* (M3), *R. delica* (M4), *A. mellea* (M5), *C. gigantea* (M6) isimli altı (6) mantar türü renk giderim performansı bakımından kullanılmıştır (Tablo1). Mantar örnekleri Selçuk Üniversitesi Mantarcılık Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan kültür odasında kültürü yapılarak yetiştirilen (M3) veya doğadan doğrudan toplanan mantarlardan (M1, M2, M4, M5 ve M6) oluşmaktadır. Özellikle doğadan uygun şekilde toplanarak laboratuvara getirilen mantarlarla birlikte kültürü yapılan *A. bisporus* (M3), özel yaptırılan hava sikülasyonlu mantar kurutma cihazında 40-50°C'de bir hafta boyunca kurutulmuşlardır. Fungaryum uygulama prosedürlerine göre kuruyan mantarlar teker teker öğütme makinesinde öğütülerek toz haline getirilmiştir. Ancak sadece *F. fomentarius* (M2) doku farklılığından ötürü öğütüldüğünde toz halinden daha çok kaba yün gibi bir formda küçük parçalara ayrılmıştır. Her bir mantar örneğinden 100 mg tartılarak ayrı ayrı şişelere toz halinde doldurulmuştur.

Tablo 1'den anlaşılacağı gibi farklı familya ve yetiştirme ortamlarına sahip altı farklı mantar türünün renkli sentetik atıksudan kirletici gideriminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deneysel araştırma sırasında kullanılan tüm malzemeler ve sarf kimyasallar literatüre uygun standart metodlar doğrultusunda taşınmış ve muhafaza edilmiştir. Deneysel araştırma sırasında kullanılan malzeme ve cihazlar ise saf su (Nüve NS 104), termal çalkalamalı inkübatör (Nüve SL 350 ve ZHWY-200B), Santrifüj (NF 800), UV-VIS spektrofotometre (Libra Biochrom S60), pH metre (WTW 330i-Set) ve Kern 440-35N hassas terazidir.

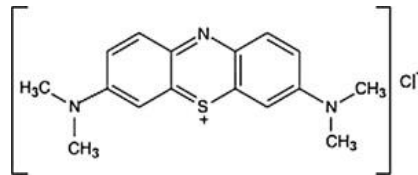


Tablo 1: Çalışmada kullanılan makromantar örnekleri ve bilgileri

Mantarın kodu	Mantarın adı	Familiya	Habitat
M1	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	<i>Pleurotaceae</i>	Kesilmiş Kavak kütüğü üzerinde
M2	<i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.	<i>Polyporaceae</i>	Kavak ağacı üzerinde
M3	<i>Agaricus bisporus</i> (J.E. Lange) Imbach	<i>Agaricaceae</i>	Kültür ortamında
M4	<i>Russula delica</i> Fr.	<i>Russulaceae</i>	Çam ormanı ibreler arasında
M5	<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.	<i>Physalacriaceae</i>	Çam, Meşe karışık ormanda
M6	<i>Calvatia gigantea</i> (Batsch) Lloyd	<i>Agaricaceae</i>	Çayırılık alan, dere kenarında

Metilen mavisi tuz formunda olan bazik, katyonik boyar maddedir. Bu özelliğinden dolayı suda iyi çözünen bir reaktif olduğundan araştırmalarda kullanılmaktadır (Akçakoca ve Atav, 2006; Yemiş ve Yenil, 2018). Renk kaynağı olarak seçilen ve arıtım çalışmasında kullanılan Metilen mavisi molekül formülü  $C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$  ve

molekül ağırlığı ise  $319.90 \text{ g mol}^{-1}$ 'dür. Boyanın CAS numarası 61-73-4 ve dalga boyu  $\lambda_{\max} = 661 \text{ nm}$ 'dir. Metilen mavisinin kimyasal formülü ise Şekil 1'de gösterilmektedir (Gürses ve ark., 2004; Khosravi ve Eftekar, 2014; Oden ve Küçükçongar, 2018).



Şekil.1 Metilen Mavisi Kimyasal Formülü (Khosravi ve Eftekar, 2014)

Çalışmanın yapılabilmesi için, 1000 mL deiyonize su içerisinde metilen mavisi çözülerek stok çözeltisi hazırlandı ve tüm deneyler aynı laboratuvar şartlarında yürütüldü. Farklı adsorbanların doz ve süre optimizasyon kriterlerinin belirlenmesi sırasında sulu çözelti hacmi 50 mL olarak belirlendi. 50 mg/L boya çözeltisi konsantrasyonunda adsorban dozu (0,1-1 g) ve temas süresi (0-150 dk) optimize edilmeye çalışılmıştır. Kararlaştırılan optimizasyon aralıklarında deney yürütüldükten sonra adsorbandan adsorbati ayırmak için hazırlanan 15 mL'lik numune örnekleri 4000 rpm değerinde 15 dakika santrifüj edilmiştir (Şekil 2).

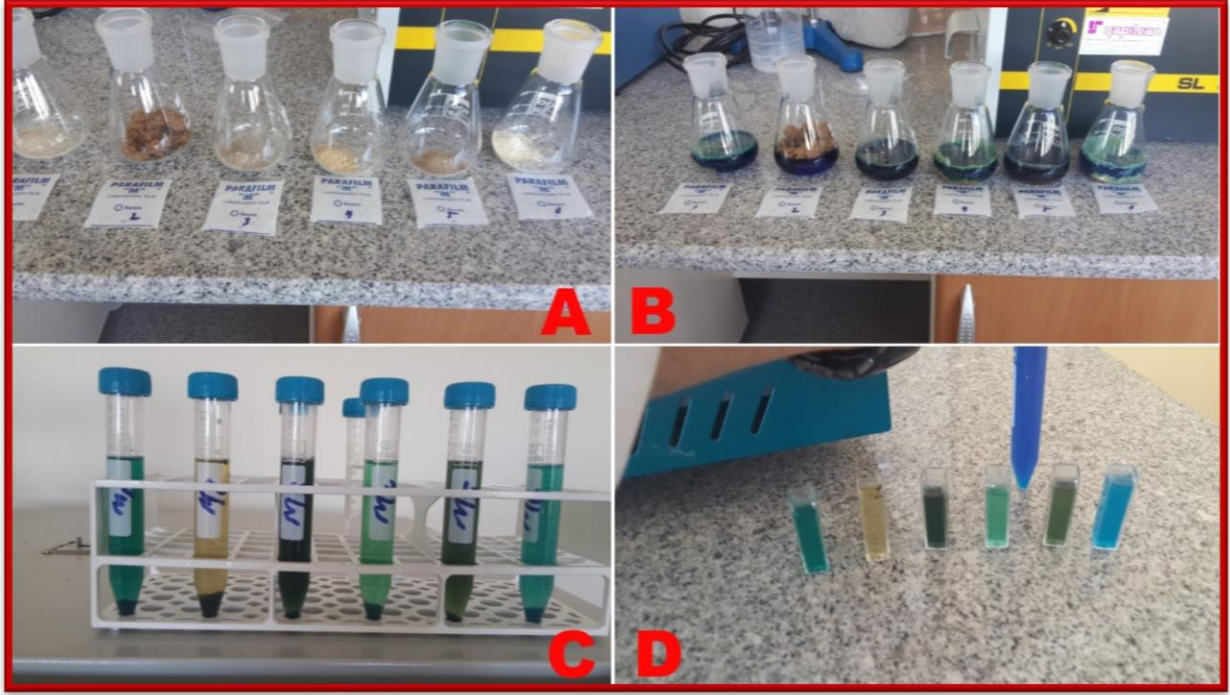
Sentetik atıksudan boya giderim verimi hesaplanması; başlangıç boya konsantrasyonu ( $C_0$ ) ve çözültide kalan konsantrasyon ( $C_e$ ) ile oranlanarak hesaplanmaktadır. Eşitlik (1)'de gösterilmiştir.

$$\text{Boya Giderimi (\%)} = \left[ \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \right] \times 100 \quad (1)$$

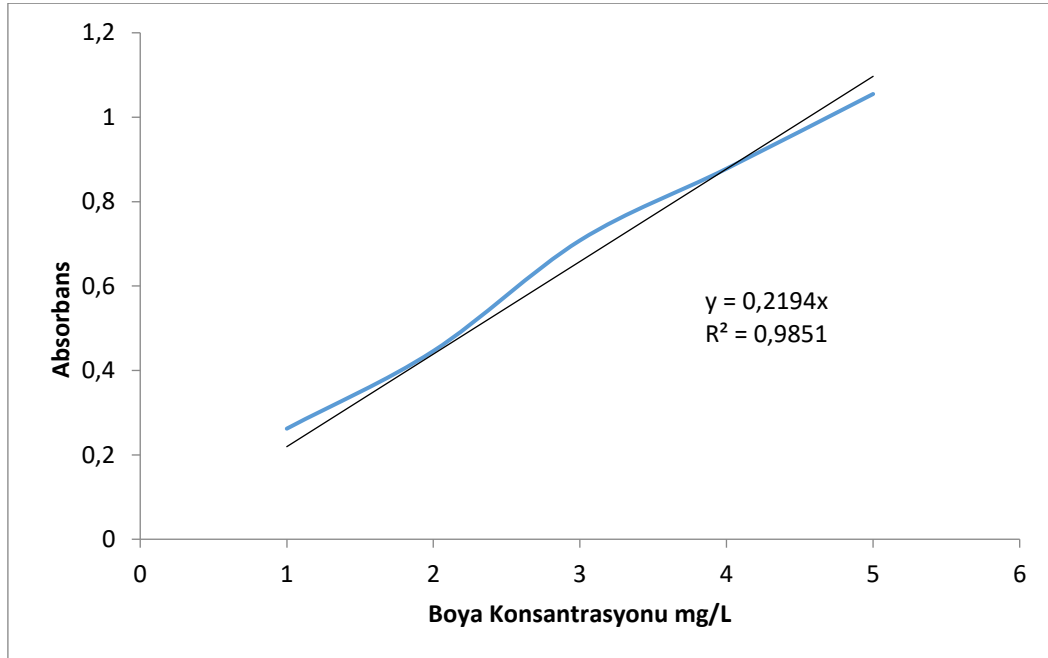
Deneylerde kullanılacak boyarmadde içeren atıksuyun maksimum dalga boyu spektroskopik analiz metotlarından absorpsiyon spektrofotometresi yardımıyla daha önce belirlenen dalga boyunda gerçekleştirilmiştir.

### Bulgular

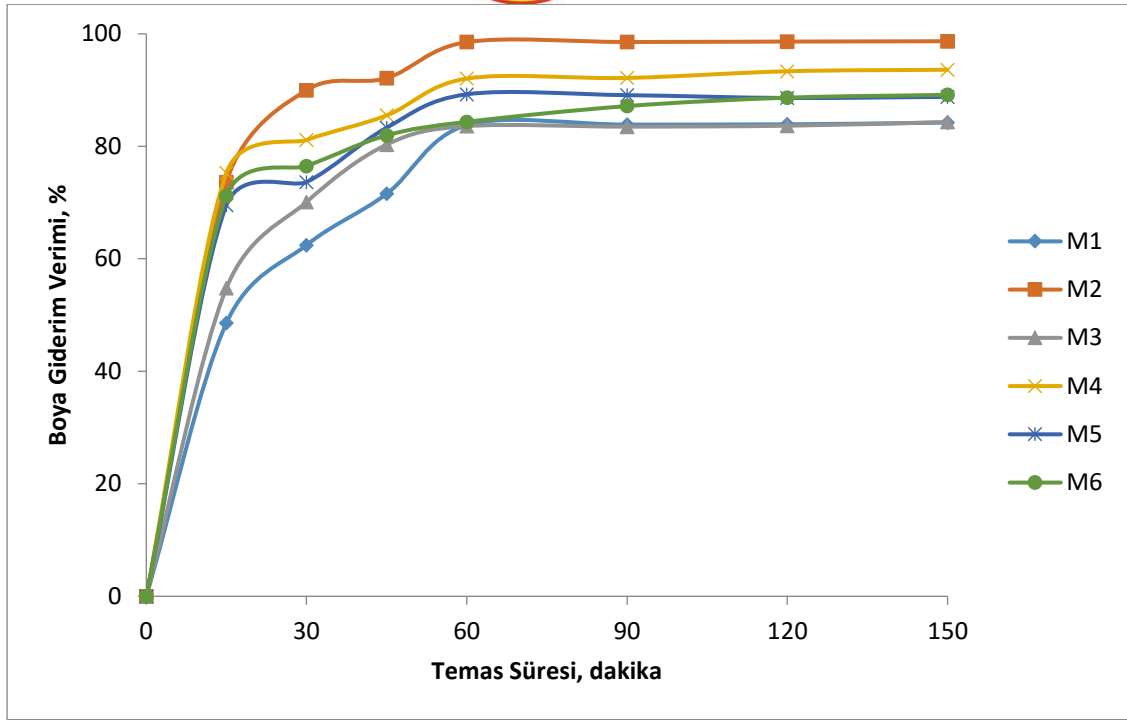
Araştırma çalışması sırasında metilen mavisine ait kalibrasyon eğrisi çıkarılmıştır. Bu eğrinin denklemi ile konsantrasyon verilerine datalar dönüştürülmüştür. Elde edilen korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) değeri ile doğruluğu teyit edilmiştir (Şekil 3). Mantar türlerinin sentetik atıksudan boya madde giderim performansı sırasında *P. ostreatus* (M1), *F. fomentarius* (M2), *A. bisporus* (M3), *R. delica* (M4), *A. mellea* (M5), *C. gigantea* (M6) mantarlarının genel olarak temas süresi ve doz miktarı optimizasyonları yapılmıştır. Bu parametrelerden elde edilen verilere ait grafikler Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilmiştir.



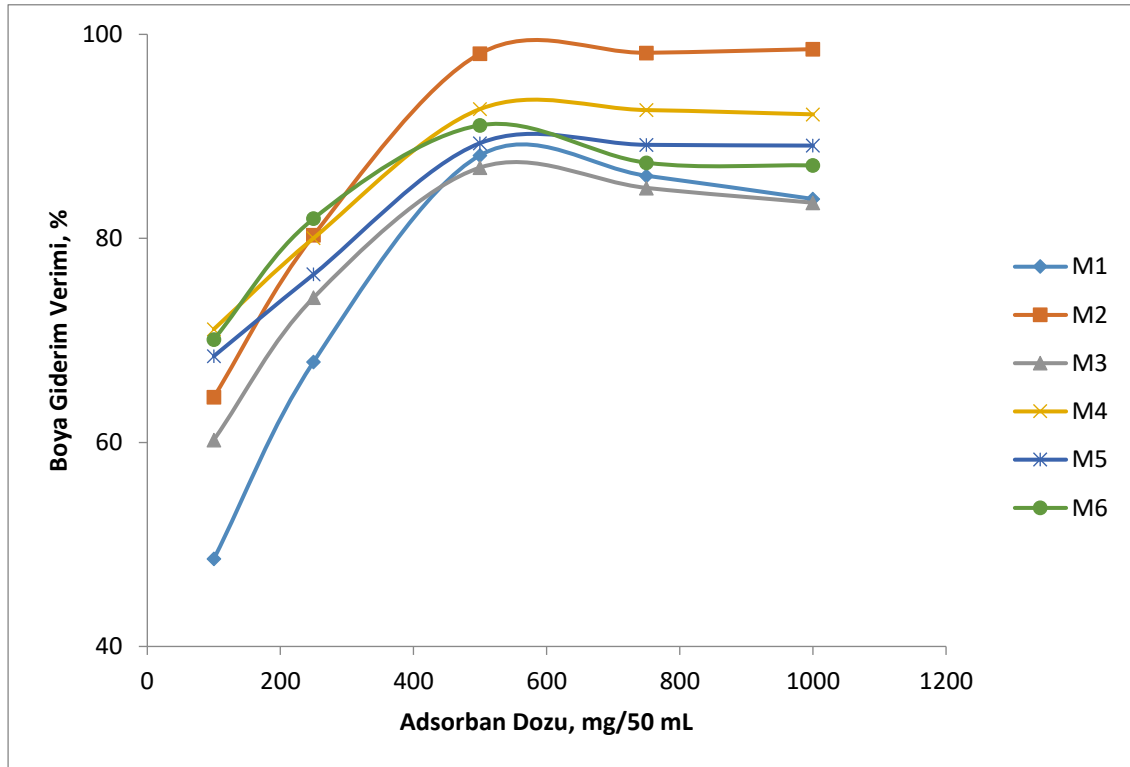
Şekil 2. A- Çalışmada kullanılan mantarların erlenlere tartılarak konulması, B- Mantarların üzerlerine çözelti olarak hazırlanan Metilen Mavisinin ilavesi, C- Mantarlarla hazırlanan düzeneğin santrifüj edildikten sonraki çökeltisi, D- Santrifüj tüplerindeki çözeltinin süzöldükten sonra renk farklılıkları



Şekil 3. Metilen mavisini için elde edilen kalibrasyon eğrisi



Şekil 4. Mantar Çeşitlerine ait farklı temas sürelerinde boyar madde giderim verimleri ( $C_0$ :50 mg/L, pH: orjinal, Doz:1000 mg, Temas Süresi: 150 dak, Karıştırma Hızı: 200 rpm, Sıcaklık:298 K)



Şekil 5. Mantar Çeşitlerine ait farklı adsorban dozlarına karşı boyar madde giderim verimleri ( $C_0$ :50 mg/L, pH: orjinal, Temas Süresi: 90 dak, Karıştırma Hızı: 200 rpm, Sıcaklık:298 K)





Araştırma kapsamında metilen mavisi optimizasyon çalışması sırasında bazı parametreler sabit tutulmuş olup deney tamamlanincaya kadar değişiklik yapılmamıştır. Adsorpsiyon işlemleri sırasında sabit olan parametreler ise karıştırma hızı 200 rpm, laboratuvar sıcaklığı 25 °C ve tüm deney numuleri için pH değerleri ise orijinal olarak yürütülmüştür. Numuneler kesikli adsorpsiyon sisteminden alındıktan sonra eşit bekleme süreleri sonrasında 15 mL'lik falkon santrifüj tüpleri içerisine 10'ar mL olacak şekilde hazırlanmıştır. Santrifüj cihazında 4000 rpm karıştırma hızında 15 dakika süresince işlem tamamlanmıştır. Elde edilen veriler ışığında tüm mantar çeşitleri için 90 dakika temas süresinde yaklaşık %80 üzerinde verim elde edildiği görülmüştür.

Orijinal pH değerlerinde her bir numune için 150 dakikalık temas süresi, 1000 mg mantar dozu, 200 rpm karıştırma hızında ve 25 °C ortam sıcaklığında gerçekleştirilen deneylerde elde edilen veriler ise; M1 için %83,86, M2 için %98,55, M3 için %83,50, M4 için %92,16, M5 için %89,09 ve M6 için %87,15 metilen mavisi boya giderim verimleri hesaplanmıştır.

### Tartışma

Araştırma kapsamında 1000 mg/L stok Metilen mavisi çözeltisinden elde edilen 50 mg/L konsantrasyondaki renkli sentetik atıksu ile yürütülmüştür. Adsorpsiyon sisteminde farklı deneysel çalışma şartlarının belirlenmesi sırasında sulu çözelti hacmi 50 mL olarak belirlenmiş olup absorban dozu (0,1-1 g) ve temas süresi (0-150 dk) kriterleri arasından araştırılmıştır. Diğer mevcut çalışma şartları ise karıştırma hızı (200 rpm), ham pH değerlerinde ve sıcaklık (25 °C)'de tamamlanmıştır.

Deneysel araştırma sonucunda 500 mg/50 mL absorban dozunda 90 dakika temas süresinde yaklaşık %80'in üzerinde metilen mavisi boya giderimi ile ilgili önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bu araştırma çalışmasında kullanılan *P. ostreatus* (M1), *F. fomentarius* (M2), *A. bisporus* (M3), *R. delica* (M4), *A. mellea* (M5), *C. gigantea* (M6) mantarlarının hepsi renk gideriminde oldukça başarılı oldukları tespit edilmiştir. Bu

malzemelerin doğadan temin edilebildiği veyahut endüstriyel olarak yetiştirildiği düşünüldüğünde katma değer sağlaması ve ikincil bir kullanım sahasının bu çalışma ile ortaya sunulduğu önemli bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat yapılan çalışmaların laboratuvar ölçekli ve sentetik atıksu ile yapıldığı düşünüldüğünde elbette çalışmanın gerçek bir atıksu ile denenmesi ile daha net ve sahaya yönelik sonuç yargılarına varılacaktır. Bu noktada yaptığımız çalışma sayesinde ileride yapılacak daha kapsamlı çalışmalara ışık tutacağı ve sektörel olarak da çevre kirliliğinin önlenmesi açısından farklı yöntemlerin kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 2 incelendiğinde literatürde yer alan bazı mantar çeşitleri ile gerçekleştirilen renk giderim çalışmaları yer almaktadır. Benzer şekilde diğer araştırmalarla karşılaştırma yapıldığında bizim çalışmamızla benzer yüksek oranlarda olumlu sonuçlar bulunmuştur. Demir ve arkadaşları (2006) tarafından yapılan çalışmada *Phanerochaete chrysosporium* mantarı ile remazol yellow ve red boyaların giderimden yaklaşık %50 giderim elde etmiştir. Yang ve arkadaşları (2009) yılında yapılan azo boya grubundaki boyaların gideriminde ise %70 civarında verim elde edildiği görülmektedir. Tian ve arkadaşları (2011) yılında yapılan araştırma çalışmasında 100 mg/L Congo red isimli boya konsantrasyonunda, 4 g/L adsorban dozunda (*Tricholoma lobayense*), 60 dakikalık temas süresi ve 180 rpm karıştırma hızında yaklaşık %80 üzerinde verim elde ettiği görülmüştür. Bu çalışma bizim çalışmamız ile karşılaştırıldığında farklı boya, mantar türleri ve dozlar kullanılmasına rağmen boya giderimi konusunda iki çalışmada da tüm mantarlarda verim %80'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Işık ve arkadaşları tarafından (2019) yılında yapılan araştırma çalışmasında ise yüksek renk giderim verim elde edilmiş fakat oldukça fazla temas süresi (3-5 gün) göze çarpmaktadır. Tablo 2'de de görüleceği üzere gerçekleştirdiğimiz çalışmada yaklaşık 90 dakikalık temas süresinde %80 üzerinde verim elde edildiği ve çalışmamızın diğer çalışmalar ile benzerlik ve farklılıkları ayrıntılı bir şekilde ortaya konmuştur.



Tablo 2. Mantar ile Boya Giderimi Üzerine Yapılan Diğer Akademik Çalışmalar

Mantar Adı	Proses	Kirletici Adı	Giderim Verimi, % veya $q_e$	Proses Kriterleri	Kaynak
<i>Botrytis cinerea</i>	Adsorption	Reaktif Mavi 19	13 mg/g	--	Polman ve Breckenridge, 1996
<i>Coriolus versicolor</i>	Reaktör	Boya	% 99	pH:4.5 Zaman:15 saat	Hai ve ark., 2006
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	Reaktör	Remazol Sarı RR Gran, Remazol Kırmızı RR Gran, Remazol Mavi RR Gran, KÖİ, Aramatik Grup, Cu (II)	% 53.49, %34, %20 %93.6, % 22.3, % 56	$C_0$ : 50 mg/L,	Demir ve ark., 2006
Mantar konsorsiyumu	Biyoreaktör	Azo Boya	% 70–80	Zaman: 12 saat	Yang ve ark., 2009
ZnO nano-mushrooms	Fotodegradasyon	Methyl orange	% 92	Zaman: 210 min	Kumar ve ark., 2013
<i>Alternaria alternata</i> CMERI F6	Biyodegradasyon	Kongo Kırmızısı	%99.99	$C_0$ : 600 mg/L, Zaman: 48 h, pH:5, Hız:150 rpm Doz: 0.2 g	Chakraborty ve ark., 2013
<i>Agaricus bisporus</i>	Adsorpsiyon	Bazik Kırmızı 18, Levafix Braun E-RN, Asit Kırmızı 111	400, 169.5, 140.9 mg/g	Zaman: 4 h, pH:3 and 8, Doz: 0.2 g	Toptaş, 2014
<i>Aspergillus carbonarius</i> M333 ve <i>Penicillium glabrum</i> Pg1	Paketlenmiş Yatak Biyoreaktör	Tekstil Endüstrisi Boyalı Gerçek Atıksu	% 98.2	pH:5.5	Aıkan ve ark., 2019
<i>Aspergillus carbonarius</i> M333	Biyoaktif Ultrafiltrasyon Membran	Gerçek Boya içeren Tekstil Endüstrisi Atıksuyu (Basic Red 18 ve Remozal Brilliant Blue R)	% 91	İnkübasyon Süresi: 3-5 gün	Işık ve ark., 2019
M1,M2 M3,M4 M5,M6	Adsorpsiyon	Metilen Mavisi	>% 80	Zaman:90dk, Doz:500 mg/50 mL Hız:200 rpm, pH:orj	Bu Çalışma

### Sonuç

Bu çalışma kapsamında saymakla bitmeyen mantarlar aleminin içerisinde bazı morfolojik özellikleri farklı mantar türlerinin çevresel olarak tehdit özelliği bulunan atıksulardan biyosorpsiyonla renk giderme performansının araştırılması amaçlanmıştır. Laboratuvar ortamında yapılan çalışmamızda çeşitli mantarlar kullanılarak metilen mavisi gideriminde elde edilen verim % 80'in üzerinde olmuştur. Yapılan bu çalışmalarla birlikte bizim yaptığımız çalışma da göstermiştir ki, boya gideriminde mantarların kullanılması mantarın türüne ve boyanın kimyasal yapısına bağlı olarak genellikle olumlu sonuçlar ortaya koymaktadır. Elbette yapılan çalışmanın

ham renkli atıksular üzerinde denenmesi, adsorpsiyon reaksiyon datalarının (kinetik, izoterm ve termodinamik gibi) elde edilerek geliştirilmesi daha net ve doğru yargılara varılmasını sağlayacağı unutulmamalıdır.

### Bilgi ve Teşekkür

Araştırma çalışmasının tamamlanması sırasında tüm yazarlar eşit olarak görev yapmıştır. Çalışmanın deneysel kısımları Selçuk Üniversitesine ait araştırma laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmalarımıza sağlanan tüm kaynak kullanımı ve destek adına Selçuk Üniversitesi yönetici ve idarecilerine teşekkür ederiz.



## Kaynaklar

- Akçakoca, E. P., Atav, R., (2006). PAC Liflerinin Bazik (Katyonik) Boyarmaddelerle Boyanma Mekanizmaları, TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası, Tekstil ve Mühendis, Vol. 61, pp. 41-47.
- Arikan, E. B., Isik, Z., Bouras, H. D., & Dizge, N. (2019). Investigation of immobilized filamentous fungi for treatment of real textile industry wastewater using up flow packed bed bioreactor. *Bioresource Technology Reports*, 7, 100197.
- Chakraborty, S., Basak, B., Dutta, S., Bhunia, B., & Dey, A. (2013). Decolorization and biodegradation of congo red dye by a novel white rot fungus *Alternaria alternata* CMERI F6. *Bioresource technology*, 147, 662-666.
- Chung, K. T., Stevens, S. E., & Cerniglia, C. E. (1992). The reduction of azo dyes by the intestinal microflora. *Critical reviews in microbiology*, 18(3), 175-190.
- Couto, S. R. (2009). Dye removal by immobilised fungi. *Biotechnology advances*, 27(3), 227-235.
- Demir, G., Özcan, HK., Elmaslar, E., Borat, M., (2006). Decolorization Of Azo Dyes By The White Rot Fungus *Phanerochaete chrysosporium*, *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, *Sigma* 2006/3, 74-85.
- Field, M. S., Wilhelm, R. G., Quinlan, J. F., & Aley, T. J. (1995). An assessment of the potential adverse properties of fluorescent tracer dyes used for groundwater tracing. *Environmental Monitoring and Assessment*, 38(1), 75-96.
- Gürses, A., Karaca, S., Doğar, Ç., Bayrak, R., Açıkıldız, M., & Yalçın, M. (2004). Determination of adsorptive properties of clay/water system: methylene blue sorption. *Journal of Colloid and Interface Science*, 269(2), 310-314.
- Hai, F. I., Yamamoto, K., & Fukushi, K. (2006). Development of a submerged membrane fungi reactor for textile wastewater treatment. *Desalination*, 192(1-3), 315-322.
- Isik, Z., Arikan, E. B., Bouras, H. D., & Dizge, N. (2019). Bioactive ultrafiltration membrane manufactured from *Aspergillus carbonarius* M333 filamentous fungi for treatment of real textile wastewater. *Bioresource Technology Reports*, 5, 212-219.
- Kapdan, I., Kargı, F., McMullan, G. (2000). Comparison of White Rot Fungi Cultures for Decolorization of Textile Dyestuffs, *Bioprocess Engineering*, 22, 347-351.
- Kaşık, G (2010). *Mantar bilimi*, Marifet Matbaa ve Kağıtçılık, Konya.
- Khan, S., & Malik, A. (2014). Environmental and health effects of textile industry wastewater. In *Environmental deterioration and human health* (pp. 55-71). Springer, Dordrecht.
- Khosravi I. and Eftekhari M. (2014), Na 0.5 Li 0.5 CoO 2 nanopowders: Facile synthesis, characterization and their application for the removal of methylene blue dye from aqueous solution, *Advanced Powder Technology*, 25(6), 1721-1727.
- Kumar, R., Kumar, G., & Umar, A. (2013). ZnO nano-mushrooms for photocatalytic degradation of methyl orange. *Materials Letters*, 97, 100-103.
- Mathur, N., Bhatnagar, P., & Bakre, P. (2006). Assessing mutagenicity of textile dyes from Pali (Rajasthan) using Ames bioassay. *Applied ecology and environmental research*, 4(1), 111-118.
- Oden, M. K., & Kucukcongur, S. (2018). Acid and ultrasound assisted modification of boron enrichment process waste and using for methylene blue removal from aqueous solutions. *Global Nest Journal*, 20(2), 234-242.
- Polman, K., & Breckenridge, C. R. (1996). Biomass-Mediated Binding and Recovery of Textile Dyes from Waste Effluents. *Textile Chemist & Colorist*, 28(4).
- Puvanewari, N., Muthukrishnan, J., & Gunasekaran, P. (2006). Toxicity assessment and microbial degradation of azo dyes, *Indian Journal of Experimental Biology (IJEB)*, 44, 618-626.
- Radhika, R., Jebapriya, G.R., Gnanadoss, J.J. (2014). Decolourization of Synthetic Textile Dyes using the Edible Mushroom Fungi *Pleurotus*. *Pakistan Journal of Biological Science*, 17(2), 248-253.
- Tian, X., Li, C., Yang, H., Ye, Z., & Xu, H. (2011). Spent mushroom: a new low-cost adsorbent for removal of congo red from aqueous solutions. *Desalination and Water Treatment*, 27(1-3), 319-326.
- Tochhawng L., Mishra V.K., Passari A.K., Singh B.P. (2019) Endophytic Fungi: Role in Dye Decolorization. In: Singh B. (eds) *Advances in Endophytic Fungal Research*. Fungal Biology. Springer, Cham., 1-15.
- Toptas, A., Demierege, S., Mavioglu Ayan, E., & Yanik, J. (2014). Spent mushroom compost as biosorbent for dye biosorption. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 42(12), 1721-1728.
- Yang, Q., Li, C., Li, H., Li, Y., & Yu, N. (2009). Degradation of synthetic reactive azo dyes and treatment of textile wastewater by a fungi consortium reactor. *Biochemical Engineering Journal*, 43(3), 225-230.
- Yemiş, F., & Yenil, N. (2018). Metilen Mavisi Ve Alizarin'in Lüminesans Spektrometresi İle Asitlik Sabitlerinin Tayini Ve Bazı Metal Duyarlılıklarının İncelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 317-330.