

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hatice Aysun MERCİMEK

***TRAMETES VERSİCOLOR*'IN TEKSTİL BOYALARININ
GİDERİMİNDE KULLANIM OLANAKLARI**

BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAMETES VERSİCOLOR'IN TEKSTİL BOYALARININ
GİDERİMİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Hatice Aysun MERCİMEK

YÜKSEK LİSANS
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**Bu tez/.../2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

İmza

Prof. Dr. Ömer ÇOLAK

DANIŞMAN

İmza

Prof. Dr. Haluk SORAN

Üye

İmza

Prof.Dr. Sadık DİNÇER

Üye

Bu tez Enstitümüz Biyoteknoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza-Mühür

Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.
Proje No: FEF.2006.YL.81

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRAMETES VERSİCOLOR'IN TEKSTİL BOYALARININ GİDERİMİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Hatice Aysun MERCİMEK

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Ömer ÇOLAK

Yıl : 2007 Sayfa : 64

Jüri : Prof. Dr. Ömer ÇOLAK

Prof. Dr. Haluk SORAN

Prof. Dr. Sadık DİNÇER

Bu çalışmanın amacı; özellikle boya ve tekstil endüstrisi işletmeleri tarafından kullanılan ve bu işletmelerden çevreye bırakılan atık su içerisindeki önemli kirlilik faktörü olan sentetik boyar maddelerin düşük maliyetle ve kısa sürede biyolojik olarak arıtılmasının araştırılmasıdır.

Bu amaçla beyaz çürükçül fungus olan *Trametes versicolor*'ın anyonik özellikte reaktif boyar maddeler (Reactive Black 5, Reactive Blue 19 ve Reactive Red 194) üzerine renk giderim aktivitesi araştırılmıştır. Maksimum renk giderimini belirleyebilmek için farklı boya konsantrasyonları kullanılarak laboratuvar koşullarında hazırlanmış sentetik tekstil atık suyuna misel süspansiyonları eklenmiştir. Çalkalamalı ve statik koşullarda yürütülen bu çalışmada; çalkalamalı kültürlerde 4 gün sonunda renk giderim oranı Reactive Black 5 için % 97, Reactive Blue 19 için % 93 ve Reactive Red 194 için % 92, statik kültürlerde 14 günün sonunda bu oran sırasıyla % 93, % 87 ve % 79 olarak bulunmuştur. Mantarın boyar maddeleri ileri düzeyde metabolize ederek ortamdan elimine ettiği KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) analizi yapılarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tekstil Boyası, Renk Giderimi, Beyaz Çürükçül Funguslar, *Trametes versicolor*

ABSTRACT

THE USE POSSIBILITIES OF *TRAMETES VERSICOLOR* FOR DECOLORIZATION OF TEXTILE DYES

Hatice Aysun MERCİMEK

DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Prof. Dr. Ömer ÇOLAK

Year : 2007 Pages : 64

Jury : Prof.Dr. Ömer ÇOLAK

Prof.Dr. Haluk SORAN

Prof.Dr. Sadık DİNÇER

The aim of this study is to investigate the biological treatment of synthetic dyes, at a low cost and in the shortest possible time, which are used especially in dye and textile industries and are an important polluting agent in the waste water dumped into the environment by these industries.

For this purpose, *Trametes versicolor*'s, white rot fungus, dye decolorizing activity on reactive dyes (.Black 5, R.Blue 19 and R. Red 194) which are anionic was examined. To identify a maximum decolorization, misel suspensions were added into the synthetic textile waste water which was prepared under laboratory conditions using different dye concentrations. In this study, which was carried out under agitated and static conditions; in agitated cultures after 4 days decolorization rate were % 97 for R.Black 5, % 93 for R.Blue 19 and % 92 for R.Red 194, after 14 days this rate for static studies were obtained as % 93, % 87 and % 79, respectively. The ability of fungus to eliminate synthetic dyes from the environment by metabolizing them at high levels was identified through COD (Chemical Oxygen Demand).

Keywords: Textile Dyes, White Rot Fungus, *Trametes versicolor*, Decolorization.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım esnasında bilgi ve deneyimleriyle yol gösterip sabrı ve anlayışıyla bana örnek olan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Ömer ÇOLAK'a teşekkür ederim.

Çalışmamın deney aşamasında yaptıkları yardımlardan dolayı sayın hocalarım Prof.Dr. Sadık DİNÇER'e, Prof.Dr. Burhan ARIKAN'a, Doç.Dr. Hatice KORKMAZ GÜVENMEZ'e, Araş.Gör. Ashabil AYGAN'a, Araş.Gör. Osman GÜLNAZ'a, Araş.Gör. Ayşenur KAYA'ya ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hem deney hem de yazım aşamasında çok yakından ilgisini ve desteğini gördüğüm sevgili hocam Araş.Gör. Gülcihan GÜZELDAĞA'a ve çok yakın dostlarım Biyolog Fatma Esen SARIGÜLLÜ ve Fizikçi Deniz Kadir TAKCI'ya sonsuz teşekkürler ederim.

Ayrıca bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Biyoloji Bölümü Bölüm Başkanlığı'na ve maddi desteklerinden dolayı Ç.Ü. Araştırma Fonu'na teşekkür ederim.

Lisans döneminden beri yanımda olan tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Çalıştığım süre içerisinde benden desteklerini esirgemeyen Adana Marks&Spencer ailesine çok teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında yanımda olup beni yalnız bırakmayan çok sevgili aileme annem Cemile MERCİMEK'e, babam Mehmet MERCİMEK'e, abim Tayfun MERCİMEK'e ve ablam Merih MERCİMEK'e çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Tekstil Atık Sularının Karakteristiği	2
1.2. Boyar Madde İçeren Atık Suların Çevre Üzerine Etkileri	2
1.3. Boyar Maddelerle İlgili Genel Bilgi	3
1.3.1. Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırma	4
1.4. Boyar Madde İçeren Tekstil Atık Sularının Arıtımında Kullanılan Bazı Yöntemler	6
1.4.1. Ozonofikasyon	6
1.4.2. Membran Filtrasyonu	6
1.4.3. Adsorpsiyon	7
1.4.4. Elektrokimyasal Yöntem	8
1.4.5. Kimyasal Flokleştirme ve Çöktürme (Koagülasyon) Yöntemi.....	8
1.4.6. Fotokimyasal Yöntem.....	8
1.4.7. Kimyasal Arıtma Yöntemleri (Oksidasyon ve İndirgeme).....	9
1.4.8. Biyolojik Yöntemler	9
1.5. Beyaz Çürükçül Mantarlar	11
1.6. <i>Trametes versicolor</i>	12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	15
3. MATERYAL VE METOT	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Boyar Maddeler	29
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Besiyerleri.....	30
3.1.2.1. Complete Yeast Medium (CYM)	30

3.1.2.2. Minimal Besiyeri	30
3.1.2.3. Renk Giderim Besiyeri.....	31
3.1.3. Kullanılan Malzemeler	32
3.1.3.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi (KOI) Sırasında Kullanılan Malzemeler	32
3.2. Metot	32
3.2.1. Çalışmada Kullanılan Basidiomycetes	32
3.2.2. <i>Trametes versicolor</i> 'ın Üretimi ve Saklanması.....	32
3.2.3. <i>Trametes versicolor</i> 'ın Misel Formunun Renk Giderim Uygulamaları İçin Hazırlanması	34
3.2.4. Renk Giderim Çalışmalarında Kullanılan Boyar Madde İçerikli Besiyerine Misel Ekilmesi	35
3.2.5. Boyar Madde İçeren Besiyerinin Renk Değişiminin Ölçülmesi.....	35
3.3. Yapılan Testler.....	35
3.3.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi (KOI).....	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	37
4.1. Çalkalamalı Şartlarda Yürütülen Çalışmada Renk Giderimi	37
4.2. Statik Çalışmalarda Renk Giderimi	39
4.3. Çalkalamalı ve Statik Uygulamalar Sonucunda Elde Edilen Renk Giderimi Görüntüleri.....	42
4.3.1. Çalkalamalı Uygulamalara ait Renk Giderim Görüntüleri	42
4.3.2. Statik Uygulamalara ait Renk Giderim Görüntüleri.....	44
4.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI) Giderimine İlişkin Bulgular	45
4.4.1. Çalkalamalı Uygulamalara ait KOI Bulguları	45
4.4.2. Statik Uygulamalara ait KOI Bulguları	47
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	50
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1.	Çalışmada kullanılan boyar maddelerin ticari isimleri ve kimyasal özellikleri	29
Çizelge 3.2.	Çalışmada kullanılan boya stokları, bu stokların sulandırma katsayıları ve boyar maddelerin maximum absorbands değerleri	29
Çizelge 3.3.	Complete Yeast Medium'un içeriği	30
Çizelge 3.4.	Minimal besiyerinin içeriği.....	31
Çizelge 3.5.	Renk giderim besiyerinin içeriği	31
Çizelge 4.1.	Reactive Black 5'in kontrol gruplarının ve misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin absorbands değerleri ve % giderim başarısı.....	37
Çizelge 4.2.	Reactive Blue 19'un kontrol gruplarının ve misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin absorbands değerleri ve % giderim başarısı.....	38
Çizelge 4.3.	Reactive Red 194'ün kontrol gruplarının ve misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin absorbands değerleri ve % giderim başarısı.....	38
Çizelge 4.4.	Reactive Black 5'in kontrol gruplarının ve miselle muamele edilmiş kültürlerin absorbands değerleri ve % giderim başarısı	40
Çizelge 4.5.	Reactive Blue 19'un kontrol gruplarının ve miselle muamele edilmiş kültürlerin absorbands değerleri ve % giderim başarısı	40
Çizelge 4.6.	Reactive Red 194'ün kontrol gruplarının ve miselle muamele edilmiş kültürlerin absorbands değerleri ve % giderim başarısı	41
Çizelge 4.7.	Reaktif Black 5 boyasının çalkalamalı uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu.....	45
Çizelge 4.8.	Reaktif Blue 19 boyasının çalkalamalı uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu.....	46
Çizelge 4.9.	Reaktif Red 194 boyasının çalkalamalı uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu.....	46

Çizelge 4.10.	Reaktif Black 5 boyasının statik uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu	47
Çizelge 4.11.	Reaktif Blue 19 boyasının statik uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu	48
Çizelge 4.12.	Reaktif Red 194 boyasının statik uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu	48

Şekil 1.1. <i>Trametes versicolor</i> 'ın konsantrik renkli halkalarını gösteren doğadan bir görüntü (www.ilmyco.gen)	14
Şekil 1.2. Toplu halde çıkmış <i>Trametes versicolor</i> 'ın doğadan bir görüntüsü (www.hiddenforest.co.nz)	14
Şekil 3.1. CYM plağında 1 hafta gelişmiş <i>T.versicolor</i> görüntüsü	33
Şekil 3.2. <i>T.versicolor</i> 'ın CYM'de geliştirilmiş stok kültürlerine ait görüntü.....	33
Şekil 3.3. Minimal besi yerinde çalkalamalı inkübatörde 1 hafta geliştirilmiş <i>T.versicolor</i> ' ın misel süspansiyonuna ait bir görüntü.....	34
Şekil 4.1. <i>T.versicolor</i> 'ın çalkalamalı uygulamalarda farklı boya konsantrasyonları üzerindeki renk giderimi	39
Şekil 4.2. <i>T.versicolor</i> 'ın statik uygulamalarda farklı boya konsantrasyonları üzerindeki renk giderimi	41
Şekil 4.3. 1500 mg/L Reactive Black 5 tekstil boyası kullanılarak yürütülen çalkalamalı çalışmalara ait bulgular	42
Şekil 4.4. 1500 mg/L Reactive Blue 19 tekstil boyası kullanılarak yürütülen çalkalamalı çalışmalara ait bulgular	43
Şekil 4.5. 1500 mg/L Reactive Red 194 tekstil boyası kullanılarak yürütülen çalkalamalı çalışmalara ait bulgular	43
Şekil 4.6. 1500 mg/L Reactive Black 5 tekstil boyası kullanılarak yürütülen statik çalışmalara ait bulgular	44
Şekil 4.7. 1500 mg/L Reactive Blue 19 tekstil boyası kullanılarak yürütülen statik çalışmalara ait bulgular	44
Şekil 4.8. 1500 mg/L Reactive Red 194 tekstil boyası kullanılarak yürütülen statik çalışmalara ait bulgular.....	45
Şekil 4.9. Çalkalamalı uygulamalara ait % KOI giderimi	47
Şekil 4.10. Statik uygulamalara ait % KOI giderimi	49

1. GİRİŞ

Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen ya da tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ve yapılaşmış kaplamalı ve kaplamasız şehir bölgelerinden, cadde otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzey altı akışması sonucunda gelen sular atık su olarak tanımlanır (Üçpınar, 2003).

Endüstriyel atık suları gıda, tekstil, kağıt ve selüloz, kimya petrol, kömür madenleri, metal, sentetik kauçuk/plastik ve diğer işletmelerden çıkan sular olarak düşünülebilir. Tekstil endüstrisi diğer endüstriyel sektörlere nazaran deşarj hacmi ve çıkış suyu kompozisyonu göz önüne alındığında çevreyi en çok kirleten endüstri olarak nitelendirilmektedir (Uzal ve ark., 2005; Şen ve Demirer, 2003).

Tekstil endüstrisi başta olmak üzere endüstriyel atık suları akarsu, deniz ve alıcı ortamlara bırakılmadan önce çeşitli yöntemlerle arıtılmalı, ayrıca atık su yöntemlerine göre zehirli maddeler ve inhibitörlerden belirli oranda arıtılması gerekmektedir (Uğurlu, 2003).

Son yıllarda Türkiye’de sanayinin hızla gelişmesine paralel olarak tekstil endüstrisinde dev adımlar atılmaktadır. Tekstil sektörü hayatımızın her alanında ihtiyacımız olan ürünleri bize sunarken, yine bizim isteklerimiz doğrultusunda çevre şartlarına dayanıklı ve uzun ömürlü ürünleri sunmaya çalışmaktadır. Tekstil ürünlerine çeşitli özellikler kazandırmak amacıyla yapılan işlemler neticesinde bazı organik ve inorganik kirlilik sebebi maddeler atık suya karışmaktadır. Gerek iplik gerekse kumaş gibi ürünlere renk kazandırmak için yapılan çalışmalar sonucunda meydana gelen kirlilik, tekstil atık suları içinde en büyük paya sahiptir. Bu ürünlere renk kazandırmak için geçmişte bitki köklerinden elde edilen boyar maddeler kullanılırken artık günümüzde daha ucuza daha fazla boyama kapasiteli kimyasal yapılı boyar maddeler kullanılmaktadır. Bu boyar maddelerin kimyasal yapıları değiştirilerek renklerinde solmaya ve diğer çevresel faktörlere dayanıklı (rekalsitrant yapılı) boyar maddeler elde edilmekte ve tekstil sektörü ürünlerinin renklendirilmesinde çoğunlukla bu vb. boyar maddeler kullanılmaktadır (Arslan, 2004).

1.1. Tekstil Atık Sularının Karakteristiği

Tekstil endüstrisi tarafından oluşturulan atık suların ana kaynağı, doğal liflerin yıkanması, ağartılması ve boyanması basamaklarıdır. Kullanılan liflerin, boyar maddelerin işletim sırasında kullanılan kimyasalların ve son ürünlerin çok çeşitli olmasından dolayı meydana gelen atık sular kimyasal kompleksliğe ve farklılığa sahiptir. Bu nedenle, bu tür atık sular alışlagelen atık su arıtım tesisleri ile yeterli derecede arılamamaktadır (Pagga ve Brown, 1986; Donlon ve ark., 1997; Rajagura ve ark., 2000). Boya kazanlarından kaynaklanan atık suyun karakteristiği, boyar maddenin çeşidine, fabrikada uygulanan proseslere, boyamada kullanılan teknoloji çeşidine ve yardımcı bağlayıcı maddelerin konsantrasyonuna bağlı olarak her zaman değişiklik gösterir (Talarposhti ve ark., 2000).

Tekstil atık suları yüksek konsantrasyonda boyar madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) içerir (Kestioğlu ve Yalılı, 2006). Aynı zamanda bu sular yüksek alkalinite ve sıcaklığa sahiptir (Nemerow, 1978).

Tekstil atık sularında boyar maddeler dışındaki önemli kirleticiler; biyolojik olarak zor ayrışan organik maddeler ve inhibitör bileşikler, adsorplanabilir klorlu bileşikler, pH ve tuzlardır (Şen ve Demirer, 2003).

Tekstil sanayinde kullanılan tek kimyasal madde boyar maddeler değildir. Boyar maddelerin dışında: poliakrilatlar, fosfonatlar, deflokulasyon ajanları (lignin gibi), boyar maddeyi liflere fikse eden ajanlar da bulunabilmektedir (Vandevivere ve ark., 1998).

1.2. Boyar Madde İçeren Atık Suların Çevre Üzerine Etkileri

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar madde kaynaklı renk atık sularda tanımlanmış ilk kirleticidir ve nehirlere veya karaya deşarj edilmeden önce atık sudan uzaklaştırılmalıdır. Boyar madde içeren atık sular doğal bir su ortamına karışıkları zaman ışığın yansımaya neden oldukları için ışığın suya girişini engelleyerek sudaki doğal ekolojik dengeyi bozarlar. Böylece fotosentez solunum

dengesi bozulmaktadır. Sonuçta da çözünmüş oksijen seviyesi azalmakta ve aerobik organizmaları olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun sonucu anaerobik sürecin başlamasıdır. Boyar maddeler, görünüm, ışık geçirgenliği ve gaz çözünürlüğünü etkilediklerinden dolayı alıcı ortama verilmeden önce mutlaka rengin giderilmesi gereklidir (Banat ve ark., 1996). Boyar maddeler ve tekstil fabrikası atık sularının bir kısmının toksik etkileri de belirtilmiştir (Ramchandani ve ark., 1994; Hu ve Wu, 2001).

Tekstil atık sularındaki en önemli kirleticilerden biri olan sıcaklık ise akuatik canlıların büyüme hızını yükselterek organik maddelerin dekompozisyonunu hızlandırır. Böylece oksijen tüketim hızı artar (Kök., 1998).

Aynı zamanda boyar maddenin liflere fikse etmesine aracılık eden ajanların oluşturduğu kirleticiler ise toksisite değerlerinden dolayı toplu balık ölümleri gibi doğal ortamlarında yaşamakta olan canlılara etki ederler. Ortamın florasının ve faunasının değişimine yol açmaktadırlar (Banat ve ark., 1996).

Memeli hayvanlarda azo boyalarının indirgenmesi bağırsaktaki bazı bakteriler ve karaciğerdeki hepatik enzimler tarafından gerçekleştirilmektedir. İndirgenme sonucu ortaya çıkan aromatik yapıdaki moleküller canlıya toksik etkide bulunmaktadır (Rafii ve ark., 1995).

1.3. Boyar Maddelerle İlgili Genel Bilgi

Sentetik boyalar tekstil, boya, kağıt ve baskı endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde 100.000'in üzerinde sentetik boya ticari olarak kullanılmakta ve yılda 700.000 ton boya üretimi yapılmaktadır (Kapdan ve Kargı, 2000).

Boyar madde molekülleri, aromatik yapı gibi, görünür ışığı (400-750nm dalga boyunda) absorbe eden ve boyanın elyafın üzerine ve içine tutunması sağlayan kromojen gruplar içerir. Kromojen gruplar, kromofor adı verilen grupları içeren aromatik yapıdır. Kromofor renk verici anlamındadır ve kimyasal yapılarına göre; Nitroso, Nitro, Azo, Etilen, Karbonil, Karbon-Azot, Kükürt grupları olmak üzere 7 gruba ayrılırlar (Vandevivere ve ark., 1998). Bir ya da birden çok bağ içermektedir.

Bu bağlar değişkendir ve ışığı absorplayarak boyanın parlak renkli görünümünü sağlamaktadırlar. En yaygın kromofor grubu üretilen boyaların %90-80'ini oluşturan azo ($-N=N-$) sınıfıdır (Sarioğlu ve Dean, 1998).

Ayrıca boya molekülünde oksokrom kısmı da bulunmaktadır. Bu grup moleküle elektrolitik çözünme özelliği ve boya molekülünün tuz meydana getirmesini sağlayan bir gruptur. Oksokrom grubu boyanın renk tonunu da değiştirebilir, fakat gerçek rengin ortaya çıkmasını sağlayamaz. Boyanın asidik veya bazik olduğunu da belirleyen bu gruplara örnek olarak $-NR_2^+$, $-NH_2^+$, NH^+ , $-OH^-$, $-I^-$, $-Br^-$ ve Cl^- gösterilebilir (Temiz, 1994).

Boyar maddeler; çözünürlük, kimyasal yapı, boyama özellikleri gibi çeşitli karakteristikleri göz önüne alınarak sınıflandırılır (Kurbanova ve ark., 1998).

Genel bir sınıflandırma yapmak gerekirse boyar maddeler üç grupta incelenebilir (Fu ve Viraraghavan, 2002).

1. Katyonik boyar maddeler: Bazik boyar maddeler
2. Anyonik boyar maddeler: Direkt, asit ve reaktif boyar maddeler
3. İyonik olmayan boyar maddeler: Dispers boyar maddeler

Bu boyar madde çeşitleri ve uygulama tipleri göz önünde tutulacak olunursa, en çok kullanılan boyar maddeler azo-reaktif boyar maddelerdir. Çünkü %20-30'luk market payı vardır. Kullanılan bu boyar maddelerin %15'i yıkama gibi işlemler sonrasında çevreye karışmaktadır (Carliell ve ark., 1995; Phillips, 1996; Swamy, 1998).

1.3.1. Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırma

1. Bazik Boyar Maddeler: Organik bazların hidroklorürleri şeklinde olup katyonik grubu renkli kısımda taşırlar. N veya S atomu içerirler. Yapılarından dolayı bazik (proton alan) olarak etki ettiklerinden anyonik grup içeren liflerle bağlanırlar. Elyaf-boyar madde ilişkisi iyoniktir. Boyar madde katyonu, elyafın anyonik gruplarıyla tuz oluşturur (Başer ve İnancı, 1990).

2. Asit Boyar Maddeler: OH^- , SO_3H^- , $COOH^-$ gibi oksokrom grupları içerirler. Bu boyalar Na^+ , K^+ , Ca^+ , NH_4^+ vb. gruplarla tuz oluştururlar ve çözelti

içinde negatif yükü verecek şekilde iyonlaşırlar. Yün, ipek ve derilerin boyanmasında kullanılırlar (Rys ve Zollinger, 1972).

3. Direkt Boyar Maddeler: Bunlar genellikle sülfonik, bazen de karboksilik asitlerin sodyum tuzlarıdır. Suda çözünebilen bileşikler olan direkt boyar maddeler önceden bir işlem yapılmaksızın boyar madde çözeltisinden selüloz veya yüne doğrudan doğruya çekilirler. Elyafın iç misellerinde hiçbir kimyasal bağ meydana getirmeksizin depo edilirler (Başer ve İnanıcı, 1990). Kağıt, deri, yün, ipek, naylon ve bast elyafın boyanmasında kullanılırlar (Özcan, 1984).

4. Dispers Boyar Maddeler: Amino ve hidroksil grupları içeren düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir (Bozdoğan, 1984). Suda eser miktarda çözünebildiklerinden dolayı elyafa sudaki dispersiyonları halinde uygulanırlar. Boyar maddeler, boyama işlemi sırasında dispersiyon ortamından elyaf üzerine difüzyon yolu ile çekilirler. Boyama, boyar maddenin elyaf içinde çözünmesi şeklinde gerçekleşir. Poliester, poliamid ve akrilik elyafın boyanmasında kullanılırlar (Başer ve İnanıcı, 1990).

5. Reaktif Boyar Maddeler: Reaktif boyar maddeler uygun koşullar altında lif ile kimyasal reaksiyona girerek, kovalent bağ özelliğine sahip tek boyar madde sınıfıdır. Küçük ve basit molekül yapısına sahiptirler. Molekül ağırlıkları genellikle 69-221 g/mol'dür. Küçük partikül özelliği life hızlı bir şekilde nüfuz etmelerini sağlar. Reaktif boyar maddeler suda kolay çözünürler. Selülozun –OH, poliamidin –NH₂, protein esaslı liflerin –NH₂, SH (merkaptan) grupları ile gerçek kovalent bağlar oluşturarak liflere bağlanırlar. Reaktif grup molekülün renkli kısmına bağlıdır. Selülozik elyafın boyanmasında kullanılan, son yıllarda geliştirilen, bu boyar maddeler yün, ipek, orlon, akrilik karışımları ve poliamid boyanmasında da kullanılırlar (Başer ve İnanıcı, 1990).

1.4. Boyar Madde İçeren Tekstil Atık Sularının Arıtımında Kullanılan Bazı Yöntemler

Boyar madde içeren atık sulardan renk giderimi için kullanılan kesin bir metot yoktur. Atık suyun çeşidine göre kullanılacak yöntem değişmektedir (Robinson ve ark., 2001).

1.4.1. Ozonofikasyon

Ozon tekstil atık sularının arıtılmasında kullanılan kimyasal oksidasyon yöntemlerinden biridir. Ozonlama ile suda çözünmeyen dispers boyalar dışındaki bütün boyaların rengi giderilebilir. Fakat ham tekstil atık suyunda ozonlama yeterince verimli olmadığından dolayı son uygulama olarak veya en azından kimyasal koagülasyonu takiben kullanımı daha verimli olur. Ozonlama sonucunda kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) çok azalır ve BOI artar. Diğer bir problem ise boyar maddeleri ozon tarafından parçalama ürünlerinin özellikle omurgasız sucul canlılar üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu yöndedir. Pek çok boyar madde kükürt klorür ve klor içeriğinden dolayı parçalanma ürünleri bazen oldukça toksik olabilmektedir (Robinson ve ark., 2001). Çıkış sularının ozonlandıktan sonra tekrar kullanılabilmesi arıtım tesisi için kimyasal madde ve su tasarrufu sağlamaktadır (Perkins ve ark., 1995).

1.4.2. Membran Filtrasyonu

Bu yöntem boyanın sürekli olarak arıtılması, konsantre edilmesi ve en önemlisi atık sudan arıtılmasını mümkün kılan ve en çok tercih edilen fiziksel yöntemlerden biridir (Kocaer ve Alkan, 2002). Membran filtrasyonun arıtmadan çıkan suyun yeniden kullanımı ve bazı boyar maddelerin geri kazanımı gibi avantajları vardır (Cing, 2001). Diğer yöntemlere göre en önemli üstünlüğü sistemin

sıcaklığa, beklenmedik bir kimyasal çevreye ve mikrobiyal aktiviteye karşı dirençli olmasıdır (Kocaer ve Alkan, 2002).

Şu anda ticari amaçlı olarak kullanılan membran sistemleri olarak ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon, ters osmoz, gaz ayırma ve elektrodializ sayılabilir (Başbüyük ve ark., 1998).

Ancak membran sistemi kullanıldığında ortaya membranlarda yoğunlaşan maddenin uzaklaştırılması problemi ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı renk gideriminde tek başına kullanılamamaktadır (Cing, 2001).

1.4.3. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon teknikleri alışlagelen metotlar için fazla kararlı olan kirleticilerin giderimindeki verimlilikten dolayı son yıllarda ilgi görmektedir. Adsorpsiyon prosesi; boya/solvent etkileşimi, adsorbanın yüzey alanı, tanecik büyüklüğü, sıcaklık, pH ve temas süresi gibi pek çok fizikokimyasal faktörün etkisi altındadır. Adsorpsiyonla renk gideriminde en yaygın olarak aktif karbon kullanılmaktadır. Aktif karbonla renk giderimi özellikle asidik, bazik ve dispers boyalar için etkiliyken, reaktif ve direkt boyalar için daha az bir renk giderimi söz konusudur (Kocaer ve Alkan, 2002).

Aktif karbon granül veya toz halinde kullanılabilir. Genel olarak aktif karbon kolonlara doldurulur ve atık su bu kolonlardan geçirilerek arıtım gerçekleştirilir (Cing, 2001).

Tekstil atık sularının renginin gideriminde adsorban olarak kullanılan silika, kil, şeker kamışı posası, mısır bitkisi, pirinç, uçucu kül, kitin ve bataklık kömürü de kullanılmaktadır. Yüksek adsorbsiyon kapasitesine sahip bu tip adsorbanlarla düşük maliyetli arıtım sağlanabilmesine rağmen kullanılmış adsorban miktarı çok yüksek olup sudan uzaklaştırmaları oldukça pahalı ve zahmetli olacaktır (Başbüyük ve ark., 1998).

1.4.4. Elektrokimyasal Yöntem

Bu yöntem 1990'ların ortalarında geliştirilen yeni bir yöntemdir. Asidik boyaların gideriminde kullanılan bu yöntem alüminyum ya da demir bileşiklerini oluşturmada bir demir ya da alüminyum elektrot kullanılmasını temeline dayanmaktadır. Bu oluşan floklar kendiliğinden çökebileceği gibi ortama inorganik maddelerin eklenmesiyle elde edilen çökeltmeden daha iyi bir çökeltme verimi sağlanabilir (Cing, 2001).

Bu teknoloji renk, KOI, toplam organik karbon, askıdaki katı ve ağır metallerin tekstil atık sularından uzaklaştırılmasında kullanılmakla birlikte elektrokimyasal arıtım sürecinde oluşan kloroorganik bileşiklerinin miktarının çok yüksek olması gibi dezavantajları tespit edilmiştir (Naumczyk ve ark., 1996).

1.4.5. Kimyasal Floklaştırma ve Çöktürme (Koagülasyon) Yöntemi

Bu yöntemde floklaşma ve çökeltme kimyasal maddeler kullanılarak gerçekleştirilir. En çok kullanılan kimyasallar $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $FeSO_4$, Mg ve kireç sayılabilir (Kocaer ve Alkan, 2002). Ancak son zamanlarda boyar maddelerin yapılarında meydana gelen değişimler boyar maddelerin bu kimyasallarla arıtılmasını güçleştirmektedir.

Katyonik boyalar kimyasal yapılarından dolayı son derece zayıf veya hiç koagüle olamamaktadır. Asit, direkt ve reaktif boyalar ise koagüle olmakla birlikte oluşan flokların kalitesi çok zayıf olup ortama flokülant ilavesi bile çökeltme verimini pek arttıramamaktadır. Dispers boyalarda ise koagülasyon ve flokülasyon yöntemleriyle tam bir renk giderimi sağlanamaktadır (Robinson ve ark., 2001).

1.4.6. Fotokimyasal Yöntem

Bu yöntem boya moleküllerini, hidrojen peroksit varlığında UV radyasyonu ile CO_2 ve H_2O 'a dönüştürür. Parçalanma yüksek konsantrasyonlardaki hidroksil

radikallerin oluşmasıyla meydana gelmektedir. Yani, UV ışığı hidrojen peroksiti aktive ederek iki hidroksil radikaline parçalanmasını sağlar. Böylece organik maddenin kimyasal oksidasyonu gerçekleşmektedir (Kocaer ve Alkan, 2002).

1.4.7. Kimyasal Arıtma Yöntemleri (Oksidasyon ve İndirgeme)

Renkli atıksuların kimyasal oksidasyonu için klor, klordioksit, hidrojen peroksit ve azot kullanılır.

Klorla yapılan renk giderim çalışmalarında sodyum hipoklorit (NaClO) kullanılarak boya molekülünün amino grubuna etki edilir ve azo bağının kırılması ile parçalanması sağlanır. Bu metot asit ve direkt boyalar için tatmin edici sonuçlar vermektedir. Klordioksit (ClO_2) klordan daha az etkili olup reaktif, direkt, dispers ve anyonik metalik boyar maddelerin parçalanmasında hayli etkilidir (Cing, 2001).

Hidrojen peroksit (H_2O_2) asidik ortamda demir ve fenton reaktifini oluşturmaktadır. Burada hidroksil radikalleri ortaya çıkmakta ve oluşan bu radikaller boyar maddenin rengini gidermektedir. Pek çok boyar maddenin gideriminde kullanılan fenton yöntemi oldukça yüksek bir maliyete sahiptir (Robinson ve ark., 2001).

Kimyasal arıtma yöntemlerinin KOİ, renk ve toksisite giderimi gibi avantajlarının yanı sıra proses floklaşma işlemi içerdiği için atık sudaki kirleticilerin çamura transfer olması ve bunun sonucu çamur problemi oluşması gibi dezavantajları da vardır (Robinson ve ark., 2001).

1.4.8. Biyolojik Yöntemler

Biyolojik yöntemler tekstil endüstrisi için önerilen ve daha önce bahsettiğimiz fiziksel ve kimyasal yöntemlere karşın daha az çamur üretmesi, maliyetinin düşük olması veya alıcı ortamları için daha az zararlı yan ürünlerin oluşması gibi özelliklerinden dolayı tekstil endüstrisi atık sularının arıtımı için ideal çözüm olarak kabul edilmektedir (Kocaer ve Alkan, 2002).

Genel olarak tekstil atık sularının arıtımında aktif çamur kullanılmaktadır. Fakat bu sistem uygulandığında çıkan sular her zaman renkli olmaktadır. Aktif çamur çözünen bazik ve direkt boyaların önemli bir kısmının rengini giderir. Fakat geniş oranda kullanılan reaktif ve asit boyar maddeleri çok az uzaklaştırılabilir. Ayrıca tekstil atık sularının sürekli değişken bileşiminden dolayı bakteriyi canlı tutmak zorlaşmaktadır (Başibüyük ve ark., 1998).

Son zamanlarda tekstil atık sularının renk gideriminde anaerobik ve aerobik sistemlerin beraber kullanılması üzerine çalışmalar yoğunlaşmaktadır. Aerobik prosesler tek başına azo boyalarının parçalanması için yetersizdir. Azo boyalarının parçalanmasında ilk basamağı boyaya rengini veren elektrofilik azo bağının indirgen koşulların sağlandığı anaerobik ortamda kırılması ve renksiz hale gelmesidir. Anaerobik koşullarda azo boyalarının parçalanması ile aromatik aminlere kolaylıkla parçalanabilmektedir. Ancak oluşan bu aromatik aminler genellikle anaerobik koşullarda daha ileri parçalanmaya dirençlidir (Kuai ve ark., 1998). Oluşan bu aromatik aminlerin aerobik kademede giderimi ile boyar maddelerin anaerobik/aerobik proseslerle mineralizasyonu gerçekleştirilmiştir (Zaoyan ve ark., 1992; An ve ark., 1996).

Aerobik yöntem tek başına kullanıldığında, suda iyi çözünen bazik direkt ve bazı azo boya atıklarının olması durumunda mikroorganizmalar bu tür bileşikler biyolojik olarak indirgeyememekle birlikte boyanın bir kısmını adsorbe ederek atık suyun rengini almakta ve renk giderimi sağlanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı bu iki sistemin bir arada kullanılması tercih edilmektedir (Kocaer ve Alkan, 2002).

Tekstil atık sularındaki en önemli kirlilik kaynağı olan boyar maddelerin mikrobiyal hücreler üzerinde adsorpsiyonu da son yıllarda çok araştırılan konular arasındadır. Bu amaçla bakteri, maya, mantar, alg gibi değişik tipte organizmalar boyar maddelerin sulu ortamlardan giderimi için kullanılmaktadırlar (Özmihçı ve Kargı, 2004).

Günümüzde biyoteknoloji alanında özellikle atık suların arıtılması konusunda pekçok çalışmalar yapılmaktadır. Atık ve çevre biyoteknolojisinin en önemli amaçlarından birisi atıkların içeriğini doğanın özümleyeceği düzeye indirmektedir. Normalde kullanılan arıtım sistemleri doğadakilerin modifiye şeklidir. Biyolojik

olarak arıtım da bunu hedefler. Çünkü doğada mikroorganizmalar belirli bir hızda organik molekülleri yıkar. Biyoteknoloji bu modelleri erlenlere, havuzlara, fermentörlere uygular. Yürütülen çalışmalar arasında tekstil boya fabrikası atıklarının arıtılması ve renginin giderilmesi sayılabilir (Yeşilada, 1995).

Atık ve çevre biyoteknoloji alanında yapılan biyoloji arıtım çalışmalarında en çok kullanılan organizmalar beyaz çürükçül mantarlardır.

1.5. Beyaz Çürükçül Mantarlar

Basidiomycetes sınıfına ait olan beyaz çürükçül mantarların sentezledikleri lakkaz, Mn-peroksidaz, lignin peroksidaz ve NADH peroksidaz (NADH oksidaz) ekstrasellüler enzimleri biyoteknolojik çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Boyar madde giderimi başta olmak üzere pek çok biyoteknolojik çalışmalarda kullanılan bu mantarlara *Trametes (Cariolus) versicolor*, *Funalia trogii*, *Phanerochate chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus*, *P.sajor-caju* ve *P.eryngii*'yi örnek olarak verebiliriz. İlk çalışmalarda *P.chrysosporium* üzerine yoğunlaşılmasına rağmen, son zamanlarda *T.versicolor*, *P.eryngii* ve *Clitocybula dusenii* tekstil atık sularının renk gideriminde çok geniş kullanım alanı bulmaktadır (Wesenberg ve ark., 2002; Chagas ve Durrant, 2001; Aretxago ve ark, 2001).

Beyaz çürükçül mantarların ve bu mantarlardan saflaştırılan enzimlerin kullanıldığı biyoteknolojik çalışmalara pek çok örnek vermek mümkündür. Bunlar arasında;

1. Enzim üretiminde kullanımı (Rogalski ve ark., 1991).
2. Ağır metallerin biyolojik adsorpsiyonunda kullanımı (Dhawale ve ark., 1996; Gabriel ve ark., 1996).
3. Boyar maddelerin ve tekstil fabrikası atık sularının renginin gideriminde kullanımı (Nyanhongo ve ark., 2002; Swamy ve Ramsay, 1999).
4. Kağıt ve kağıt hamuru üreten endüstrilerde ligninin parçalanmasında kullanımı (Kuhad ve ark., 1997).
5. Zeytinyağı fabrikası atık suyunun arıtımında/renginin gideriminde kullanımı (Jaouani ve ark., 2006; Yeşilada ve Bozcuk, 1990).

6. Mikrobiyal protein kaynağı olarak kullanımı (Cardoso ve Nicoli, 1981).
7. Hormon üretiminde kullanımı (Yeşilada ve ark., 1990).
8. Pestisid ve herbisid 'lerin biyolojik yıkımında kullanımı (Duran ve Esposito, 2000).
9. Kağıt, tekstil ve petrokimya endüstrilerinden alıcı ortama bırakılan endüstriyel atıkların toksisitesinin azaltılmasında kullanımı (Couto ve Herrere, 2006).
10. Anti-kanser ilaçlarının üretiminde katalizör olarak kullanımı (Couto ve Herrere, 2006).
11. Son zamanlarda kozmetik ve dermatolojik ürünlerin hazırlanmasında kullanımı (Golz-Berner ve ark., 2004).
12. Nanobiyoteknoloji alanında biosensor olarak kullanımı (Haghighi ve ark., 2003).

1.6. *Trametes versicolor*

Polyporaceae grubuna ait bu mantar *Coriolus versicolor* adıyla da bilinmektedir. Yüzey ince tüylü ve organizmanın genetiğine ve bulunduğu çevreye göre değişen farklı renk tonlarına sahip konsantrik renkli halkalar yeşil, gri, mavi, kahverengi, sarı, pas sarısı kuşaklar kenarları krem veya beyaz renkli bir kuşakla çerçevelenmiştir (Şekil 1.1). Hindi kuyruğunu andırır. Dünyada çok yaygın olup odun tahripçisidir. Bu mantar bazen beyaz çürükçül etmen bazen de parazit olarak ağaçlar üzerinde görülür. İlkbahar ve sonbaharda ölü ve kurumak üzere olan ağaç kütüklerinde toplu şekilde çıkar (Şekil 1.2). Bu mantarın sahip olduğu ligninolitik enzimleri çevre biyoteknolojisi başta olmak üzere biyoteknolojide çok geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu mantarın çok değerli tıbbi bileşikleri vardır. Taşıdığı en önemli bileşik crystin (PSC) adıyla bilinmektedir. PSC proteinlere bağlı polysakkarit demektir. Bu bileşik AIDS dahil bir çok virüsün gelişmesini baskı altına alır. Kanserlerin çoğunda olumlu etki yaptığı da bilinmektedir. Özellikle gastrointestinal kanserlerde Japonya'da ilaç olarak kullanılmaktadır. (Stamets P., 2000).

Sentetik boyar maddeler, özellikle boyar madde ve tekstil endüstrilerinden açığa çıkan endüstriyel atık sular ile çevreye verilmektedir. Bu endüstrilerden çevreye verilen atık suların içerdiği en önemli kirlilik faktörü olan sentetik boyar maddelerin alıcı ortama bırakılmadan önce uygun yöntemlerle arıtılması gerekmektedir. Çalışmamızda sentetik boyar maddelerin maliyeti düşük ve kısa sürede biyolojik olarak arıtılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla beyaz çürükçül mantar olan *Trametes versicolor* kullanılmıştır.



Şekil 1.1. *Trametes versicolor*'ın konsantrik renkli halkalarını gösteren doğadan bir görüntü (www.ilmyco.gen)



Şekil 1.2. Toplu halde çıkmış *Trametes versicolor*'ın doğadan bir görüntüsü (www.hiddenforest.co.nz)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Amaral ve ark. (2004), tarafından yapılan çalışmalarda *Trametes versicolor*'ın 3 adet sentetik tekstil boyasının (R.Orange 4, R.Red 23 ve R.Black 5) eşit miktarda karışımıyla oluşturulan sentetik atık su ve gerçek tekstil atık suyundaki renk giderimi araştırılmıştır. Glukoz'un varlığında ve yokluğunda sürdürülen bu çalışmalarda farklı boya konsantrasyonları (0, 50, 100 ve 300 mg/L) test edilmiştir. 10 günlük süre sonunda glukozun varlığında ve pH 4,5 iken 50-100 mg/L boya konsantrasyonlarında rengin %97'si; 300 mg/L boya konsantrasyonunda %87'si giderilmiştir. 42 kez sulandırılmış gerçek tekstil atık suyunda ise 50 mg/L boya konsantrasyonunda renk giderimi %92 olarak saptanmıştır.

Yeşilada ve ark. (2003), tarafından yürütülen bu çalışmada başlangıç pH'sı, boya konsantrasyonları, pellet miktarı, sıcaklık ve çalkalama gibi çeşitli koşulların *Funalia trogii*'nin renk giderimi aktivitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Başlangıç pH'sı hariç bütün durumların *F.trogii*'nin renk giderim aktivitesi üzerine önemli olduğu saptanmıştır. *F.trogii* peletlerinin renk aktivitesinin uzunluğu tekrarlı-kesikli çalışmalarda ayrıca araştırılmıştır. 13-132 mg/L gibi düşük boya konsantrasyonlarında peletlerin renk giderim verimi 5 gün için yüksek ve karalı kalmıştır. Boya konsantrasyonunun 264 mg/L olduğu durumlarda tekrarlı-kesikli çalışmalarında ilk 3. gününde yaklaşık %96 oranında yüksek renk giderim verimi elde edilmiştir. Fakat renk giderim verimi çalışmanın 5. gününün sonunda düşmüştür. Pelet miktarının değiştirilmesi renk giderim yüzdesini arttırdığı gözlenmiştir. *F.trogii*'nin renk giderim aktivitesini uzatmak ve verimini arttırmak için test ortamına MnSO₄, NH₄Cl, glukoz ve peynir altı suyu ilave edilmiştir.

P.chrysosporium'un azo ve heterosiklik boya Orange II, Tropaeolin O, Congo Red, Azure B boyalarını biyolojik olarak yıktığı gösterilmiştir. Bu çalışmalarda renk giderimi oranının boya kompleksliği, azot varlığı ve kültürdeki ligninolitik aktiviteye bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. Düşük azot konsantrasyonunda rengin %90'ı yüksek azot konsantrasyonunda ise rengin %63-93'ü giderilmiştir. Genellikle azot sınırlamasının sağlanması, lignolitik aktiviteyi

arttırarak lignin peroksidaz ve Mn bağımlı peroksidaz aktivitesini arttırmakta ve böylece renk gideriminin arttığı gözlenmiştir. (Cripps ve ark., 1990).

Diğer bir çalışmada *T.versicolor*'ın Amaranth, Tropaeolin, R.blue 15, Congo red, R.Black 5, Cibacran Brilliant Red 36-P, Cibacron Brilliant Yellow 3B-A ve Remazol Brilliant Blue R boyları üzerindeki renk giderimi etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma 2 g/L glukoz ve 30-55mg/L boya içeren sentetik besiyerinde gerçekleştirilmiştir. Spektrofotometrik analizler sonucunda Amaranth, Tropaeolin O, Congo Red, R.blue 15 ve R.black 5'in sırasıyla 3,5; 24,8; 22; 20 ve 48 saat sonra tamamen renklerinin giderildiği saptanmıştır. Fakat Cibacron Brilliant Red 36-P, Cibacron Brilliant Yellow 3B-A ve Remazol Brilliant Blue R boylarının renklerinin kısmen giderildiği belirtilmiştir (Ramsay ve Nguyen, 2002).

Renganathan ve ark. (2006), tarafından Acid Orange 7, Acid Red 18 ve Reaktive Black 5'in *Schizophyllum commune*'nin gelişimi üzerindeki etkisi ve bu boyların giderimi çalışılmıştır. Bu çalışmada farklı başlangıç pH değerlerinin (1-6) ve boya konsantrasyonlarının (10-100 mg/L) renk giderimi ve mantarların gelişimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Mantarların gelişimi ve bu üç azo boyanın renginin giderimi için optimal pH'nın 2 olduğu saptanmıştır. Boya konsantrasyonunun artması mantarın gelişimini inhibe ettiği belirlenmiştir. En düşük boya konsantrasyonlarında maksimum renk giderimi gözlenmiştir. Diğer 2 boya ile karşılaştırıldığında Reaktive Black 5'in giderim yüzdesinin çok yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Beyaz çürükçül mantarla desteklenmiş döner disk sistemi kullanarak Nilsson ve ark. (2006), tekstil boylarının renginin giderimini çalışmışlardır. Çalışmanın ilk kısmı Reaktive Blue 4 (anthraquinone boya) ve Reaktive Red 2 (azo boya) ile hazırlanmış sentetik atık su ile yürütülürken, son kısmı ise Tanzania'daki bir tekstil endüstrisinden alınan gerçek tekstil atık suyu ile gerçekleştirilmiştir. *Trametes versicolor*'ın karbon kaynağı olarak glukoz kullanıldığında Reaktive Blue 4 ve Reaktive Red 2 boylarının renklerini giderdiği gözlenmiştir. Ayrıca mantarın kayın ağacı odunlarından oluşan diskler üzerinde geliştirildiğinde Reaktive Blue 4'ün rengini %70 oranında giderdiği saptanmıştır. Glukoz eklenmeden de gerçekleştirilen bu çalışmada; 200 mg/L boya konsantrasyonunda ve 3 günlük hidrolik bekleme

süresi sonunda boya giderimi gözlenmiştir. Gerçek tekstil atık suyunun boya giderimi organik (bitki kaynaklı) süngerler üzerinde geliştirilen *Pleurotus flabellatus* mantarı kullanılarak test edilmiştir. 25 saat'lik hidrolik bekleme süresi sonunda sistemin çıkış suyu 584 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülmüştür. Sistemin giriş suyundaki boya oranı 0,3 iken çıkış suyundaki bu oranın 0,1 olması boyanın renginin giderildiğini göstermiştir.

İşlenmesi güç boyaların renginin giderimi ölü ağaç kabuklarından izole edilen *Ganoderma* sp. WR-1 izolat'ı kullanarak çalışılmıştır. Revenkar ve Lele (2007), adlı araştırmacıların gerçekleştirdiği bu çalışmada, fermentasyon besiyeri faktörlerin zaman bağlı kombinasyonu orthogonal matrix metodu (MINITAB 13.30' software) kullanılarak optimize edilmiştir. %2 nişasta ve %0,125 maya özütü içeren optimize besiyerinde 8 saatlik süre sonunda 100 ppm Amaranth boyasının renginin %96'sı giderilmiştir. *Ganoderma* WR-1 izolatı kullanılarak elde edilen renk giderim oranı *Trametes versicolor* ve *Phanerochaete chrysosporium* ile yapılan çalışmalarla kıyaslandığında çok yüksek olduğu fark edilmiştir. *Ganoderma* sp. WR-1 izolat'ı tekstil endüstrisi atık suları ile muamele edildiğinde 12 gün içerisinde rengin tamamını giderdiği gözlenmiştir.

Blânquez ve ark. (2004), pek çok metal kompleks boyalarının karışımından oluşan Grey Lanaset G boyasının renginin giderimi araştırmışlardır. Deneyler, *Trametes versicolor*'ın lakkaz enzimini üretmesine müsaade eden koşullarda devamlı pelet eklenmesi yapılan bir biyoreaktörde gerçekleştirilmiştir. Maksimum düzeyde %90 renk giderimi gözlenmesine rağmen, renk giderimi ile ekstraselüler enzimler arasında direkt bir bağlantı kurulamamıştır. Dahası, ekstraselüler enzimlerin in vitro koşullarda boyayı parçalama yeteneği olmadığı açığa çıkarılmıştır. Böylece, boyanın adsorpsiyonu ve hücre içine transferi, boyanın metal kompleks bağlarının parçalanması sonucu hücre içerisinde metal bileşenlerin açığa çıkması ile takip edilmiştir. Biyomass'ın ve muamele solüsyonun metal (Cr ve Co) içeriği, boyanın intraselüller enzimler tarafından parçalandığını göstermektedir.

Murugesan ve ark. (2006), tekstil boyalarının renginin gideriminde biofilm teknolojisini kullanmışlardır. Bu çalışmalarda *Pleurotus sajor-caju*'dan saflaştırılmış lakkaz enzimi kullanılarak Reaktive Black 5'in renginin giderimi test edilmiştir.

Çalışmalar sonucunda enzimin boyayı giderebilmesi için 1-hydroxy-benzotriazole (HBT)'nin gerekli olduğu saptanmıştır. Boya ($25-100 \text{ mgL}^{-1}$), enzim ($0,5-2,5 \text{ UmL}^{-1}$), HBT ($0,5-1,5 \text{ mM}$) konsantrasyonları ve inkübasyon zamanı (24-48 saat) gibi 4 farklı parametrenin renk giderimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. R.Black 5'in maksimum düzeyde (%84,4) giderilebilmesi için boya, enzim, HBT'nin optimum konsantrasyonları ve zamanın sırasıyla $62,5 \text{ mgL}^{-1}$; $2,5 \text{ UmL}^{-1}$; $1,5 \text{ mM}$ ve 36 saat olması gerektiği belirlenmiştir. Bu parametreler arasındaki karşılıklı etkileşime bakıldığında; en düşük boya konsantrasyonunda enzim konsantrasyonu artırılarak renk gideriminin arttığı gözlenmiştir. HBT ve boya konsantrasyonu arasındaki etkileşimin önemli olmadığı belirlenmiştir.

Swamy (1998), tarafından Amaranth, Remazol Black B, Remazol Orange, Remazol Brilliant Blue, Reactive Blue ve Trapaedin O boyalarının agar plaklarında renk giderimi test edilmiştir. *Bjerkandera* sp. BOS55, *Phanerochaete chrysosporium* ve *Trametes versicolor* beyaz çürükçül mantarların kullanıldığı bu çalışmada 9 günlük peryotta rengin büyük bir kısmı giderilmiştir. Bu üç beyaz çürükçül mantarın statik ve sulu kültürlerde besiyerinin yüzeyi boyunca somut bir şekilde gelişen misel yapısının boyaların rengini gidermediği gözlenmiştir. Çalkalamı kültürde *Bjerkandera* sp. BOS55 peletleri yalnızca Amaranth, Remazol Black B ve Remazol Orange boyalarının rengini giderirken *P..chrysosporium* ve *T.versicolor* peletleri pek çok boyanın rengini gidermiştir. *Bjerkandera* sp. BOS55 ve *Phanerochaete chrysosporium*'un batch kültürlerine tekrarlı boya eklemeleri yapılmış ve renk giderim veriminin düştüğü gözlenmiştir. Buna karşın *Trametes versicolor*'ın farklı boyaların ve boya karışımlarının tekrarlı eklendiği batch kültürlerinde peletlerin boyayı gözle görülebilir bir biyosorpsiyonu olmaksızın rengi çok hızlı bir şekilde giderdiği saptanmıştır. Solüsyonun seçimi hem boya eklenmesi hem de renk giderimi sırasında pH'nın sabit tutulması için önemli bir etkiye sahiptir. pH stabilitesini sağlamak amacıyla 2,2'dimetil süksinik asit kullanılmıştır.

Boyar madde Drimaren Blue K2RL'nin beyaz çürükçül fungus *Funalia trogii* ATCC 200800 tarafından renk giderimi incelenmiştir. Araştırmada *F.trogii* bitkisel kökenli bir materyal olan *Luffa cylindrica*'ya tutuklanmış ve %80'nin üzerinde renk giderimi sağlandığında ortamlara yeniden boyar madde eklenmiştir. Çalışma 150

rpm, 30°C, pH 5,0'da gerçekleştirilmiştir. Karbon ve azot kaynağı eklenmeyen *Luffa cylindrica* içeren ortamlarda fungusun renk giderimindeki etkinliği araştırılmış, bu amaçla ortamlara 5 farklı konsantrasyonda boyar madde eklenmiştir. Çalışma sonucunda kontrol grubunda ve boyar madde içeren ortamlarda lakkaz ve peroksidaz enzim aktivitesine rastlanmıştır. Ortamda şeker ve azot eklenmemiş olmasına karşın renk gideriminin gerçekleştiği saptanmıştır. Yapılan mikroskobik ve makroskobik incelemelerde boyar maddenin fungus yüzeyine adsorbe olmadığı ancak lif üzerine adsorbe olduğu (7-11 mg/L) tespit edilmiştir. Tutuklanmış fungusun maksimum renk giderim kapasitesinin bulunabilmesi için ortamlara farklı konsantrasyonlarda (25-50-100-150-200 mg/L) boyar madde eklenmiştir. Çalışma sonucunda *Luffa cylindrica*'nın fungusların tutuklanmasında kullanılabilecek bir materyal olduğu, *F.trogii* kültürleri tarafında Drimaren Blue K2RL'nin renginin giderilebildiği, karbon ve azot kaynağı eklenmeyen ortamlarda renk gideriminin etkili şekilde gerçekleştiği bulunmuştur (Mazmancı ve ark., 2006).

Ramsay ve ark. (2005), su yosunu bazlı bir ortamda geliştirilen *Trametes versicolor*'ın tekrarlı batch kültürlerde tekstil boyalarının renk giderimini çalışmışlardır. Bu çalışmada boya içeren 3 farklı modifiye Kirk's besiyeri kullanılmıştır (1. 0,22g⁻¹ amonyum tartarate, 2. aynı solüsyon thiamin, iz elementler ve glukoz, 3. yalnızca 1,5-10g⁻¹ glukoz içeren Kirk's besiyeri). Yalnızca glukoz (0,5 g⁻¹) içeren besiyerinde Amaranth, Reactive Black 5, Reaktive Blue 19 ve Direct Black 22'nin renklerinin %75'i giderilmiştir. Aynı zamanda bu boyaların karışımlarının da renginin tamamen giderildiği belirlenmiştir. Sıvı besiyerinde homojenize edilerek geliştirilmiş misel parçaları 1 g⁻¹ CaCl₂ içeren stok solüsyonunda 6°C'de 48 gün saklanmıştır. Stok solüsyonda saklanan bu misellerle boya gideriminin çok daha hızlı olduğu gözlenmiştir.

Yeşilada ve Özcan (1998), tarafından yapılan çalışmada beyaz çürükçül fungus olan *Trametes versicolor*'ın kültür filtratının Orange II boyasının renk giderimi üzerindeki etkisini araştırılmıştır. Renk giderim hızı ve genişliğinin fungus tam kültür süzüntüsünün yaşına (üreme safhasına) bağlı olarak değiştiği saptanmıştır. 12 gün üretilmiş *Funalia trogii*, *Pleurotus sajor-caju* ve *Phanerochaete chrysosporium* ME446'nın tam kültür filtratlarının da renk giderim yetenekleri

araştırılmıştır. *Phanerochaete chrysosporium* ME446 kullanılan 4 boyanın hiçbirinin rengini giderememiştir. Enzim inhibitörü olan siyanid ve azid, kültür filtratının boya rengini giderim yeteneğini inhibe etmişlerdir. Kültür filtratının ısı ile muamelesi de renk giderim aktivitesini sonlandırmıştır. Bu çalışmada elde edilen renk giderim aktivitesi mangan bağımsız bir aktivitedir. Sonuçlar Orange II'nin renginin gideriminde hem H₂O₂ bağımlı ve hem de H₂O₂ bağımsız enzimlerin rol oynayabileceğini göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada kültür süzüntüsünün yaşı ile renk giderim aktivitesinin ilişkisi ortaya çıkarılmıştır.

Bir zygomycete olan; *Rhizopus oryzae*'nin tekstil atık sularındaki boyar maddelerin rengini giderdikleri ve kimyasal beyazlaştırıcılar gibi toksik bileşikler parçaladıklarını saptanmıştır. Bu mantarların optimal sıcaklığı (25-45°C) ve pH (3-5) ayarlanmış 1g/L glukoz içeren besiyerinde 24 saat içerisinde rengin %92-95'i, kimyasal oksijen ihtiyacının %50'si, adsorblanabilir organik halojenlerin %72'si ve konsantre edilebilir halojenlerin %37'sini giderdiği gözlenmiştir (Nagarathnamma ve Bajpai, 1998).

Machado ve ark. (2005), Reamazol Brilliant Blue R (RBBR) tekstil boyasını tropikal ekosistemden izole edilmiş 125 basidiomycete mantarında ligninolitik aktiviteyi değerlendirmek amacıyla substrat olarak kullanmışlardır. Seçilmiş bu mantarlar katı besiyerinde geliştirildiğinde ekstrasellüler renk giderim aktivitesi göstermişlerdir. Ayrıca organoklorinlerle kontamine olmuş toprakta da renk giderim aktivitesi incelenmiştir. 106 mantar malt extract agarda (MEA, %2) gelişmesi sırasında RBBR boyasının rengini gidermiştir. Bu 106 mantarın 96'sı referans olarak kullanılan *P.chrysosporium*'dan daha güçlü misel gelişimi ve renk giderim aktivitesi göstermiştir. Şeker kamışı posası (B6S) içeren katı besiyerinde geliştirilen 35 mantarın ekstrasellüler ekstratlarının renk giderimi ve peroksidaz aktivitesi araştırılmıştır. Bu mantarların tümü peroksidaz aktivitesi göstermiştir, fakat bunların 5'i RBBR boyasının rengini giderememiştir. Ligninolitik enzimlerin farklı şekilleri 12 mantar ekstratında belirlenmiştir. Mn-bağımlı peroksidaz (MnP) *Peniophora cinerea*, *Psilocybe castanella*, *Trametes villosa*'nın 3 suşu, *Trametes versicolor*, *Melanoporia nigra* ve *Trichoptum byssogenum* tarafından üretilmektedir. 12 mantarın tümünün lakkaz aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. *Trogia buccinalis*

en yüksek renk giderimi aktivitesi gösterirken MnP üretmemektedir. MnP üretmeksizin RBBR'nin renk giderimi *Lentinum*'un 3 suşunda da gözlenmiştir. Peroksidaz ve lakkaz'ın yüksek seviyeleri ile RBBR'nin renginin giderimi arasında bir bağlantı saptanamamıştır. Ekstraselüller eksratlarca RBBR'nin renginin giderimi *P.castanella*, *L.crinitus*, *P.cinerea* ve *T.villosa*'nın 2 suşunun pentaklorofenol ve teksaklorobenzenle kontamine olmuş topraklarda gelişimleri boyunca da belirlenmiştir. Bu mantarlar organoklorin bileşiklerin varlığında geliştirildiklerinde steril topraklara oranla daha yüksek renk giderimi göstermişlerdir.

Mohorčič ve ark. (2004), kültüre edilmiş mantarlarca (*Bjerkandera adusta*, *Irpex lacteus* ve *Hypoxylon fragiforme*) Reactive Black 5 sentetik tekstil boyasının renginin giderimini çalışmışlardır. Bu çalışmada fungal aktivitesi besiyerinin renginin değişimine bağlı olarak değerlendirilmiştir. *B.adusta* içeren sıvı kültürlerde 10 günden daha kısa bir sürede besiyerinin renginin siyah-mavi'den sarı renge dönüştüğü gözlenmiştir. Bu mantar misellerle sabitleştirilmiş 5L'lik bir karıştırılmalı tank biyoreaktöründe kültüre edilmek için seçilmiştir. Bu reaktörde 0,2 g/L başlangıç konsantrasyonunda boyanın rengi 20 günde giderilmiştir. 3 farklı dalga boyundaki (436, 525 ve 620 nm) spektral adsorpsiyon katsayıları göz önünde bulundurulduğunda final sıvısının rengi hemen hemen ekolojik olarak kabul edilebilir bir seviyededir. Oksidatif enzimler (lakkaz, lignin peroksidaz, Mn (mangan) bağımlı ve Mn-bağımsız peroksidaz)'ın aktivitelerinin ölçümleri, *B.adusta*'nın Reaktif Black 5 diazo boyasının renginin gideriminden lignin peroksidaz ve Mn-bağımlı peroksidaz'ın sorumlu olduğunu göstermiştir.

Machado ve ark. (2006), Brazilia ekosisteminden izole edilen *Trametes villosa* ve *Pycnoporus sanguineus* 'un pamuk üretim fabrikasında kullanılan reaktif tekstil boyalarının renk giderimini araştırmışlardır. Mantarın gelişimi ve renk giderimi çalışmaları 0.002g L⁻¹ boya içeren malt extract agarda yürütüldüğünde; *P.sanguineus* yalnızca 9 günde tüm rengi giderirken *Trametes villosa*'nın 28 günde giderdiği gözlenmiştir. Mantarın sentetik sıvı besiyerinde geliştirilmesi sırasında, Drimaren Brilliant Blue boyasının giderilmesi üzerinde kültür koşullarının (çalkalamalı, boya ve nitrojen konsantrasyonu) etkisi değerlendirilmiştir. *Trametes villosa*'nın çalkalamalı kültürlerde boyanın % 85' ni 7 gün içerisinde giderdiği belirlenmiştir. *T.*

villosa ve *P. sanguineus*' un saf kültürlerinin 10 tekstil boyasının karışımından oluşan sentetik atık suyun rengini yüksek oranda giderdiği belirlenmiştir. Bu mantarların karışık kültürleri kullanıldığında ise saf kültürlerle kıyasla daha yüksek renk giderimi verimi elde edilmiştir.

Azo, triphenyl methane, heterocyclic ve polimerik boyaların renginin giderimini *Phanerochaete chrysosporium*'dan izole edilen 3 lignin peroksidaz izoenzimleri (Lip 4.65 (H2), Lip 4.15 (H7) ve Lip 3.85 (H8)) kullanılarak araştırılmıştır. Renk giderici olarak kullanılan bu izoenzimler ile kültür besiyerinden izole edilen saf enzim sistemleri karşılaştırılmıştır. Azo, triphenyl methone, heterocyclic ve polimerik boyaları içeren 10 farklı boya tipleri saf enzim preparasyonları ile muamele edilmiştir. Bu saf enzimlerle çoğu boyanın renginin %75'den fazlası giderilirken, yalnızca Congo Red, Poly R-478 ve Poly T-128 boyalarının renkleri sırasıyla %54, %46 ve %48 oranlarında giderilmiştir. 5 farklı boya tipi saflaştırılmış izoenzimlerle muamele edilerek renk giderimi test edilmiştir. Lip 3.85 izoenzimi methylene blue ve methyl orange'ın renklerinin %20'sini, toluidine blue O boyasının renginin %60'dan fazlasını gidermiştir (Ollikka ve ark., 1993).

Phanerochaete chrysosporium'un kullanıldığı renk giderim çalışmalarının çoğu steril koşullarda gerçekleştirilmiştir. Fakat Gao ve ark. (2006), steril olmayan koşullarda *Phanerochaete chrysosporium*'un sıvı besiyerinde askıda kalmış, naylon ağ ve polyurethane köpükleri üzerine tutuklanmış misel peletlerini kullanarak çalkalamalı sıvı kültürlerde Reactive Brilliant Red K2BP boyasının renginin sırasıyla %0, %52 ve %95 değerlerinde giderildiğini göstermişlerdir. Askıda kalmış inkübasyon sisteminin ve naylon ağı sistemin mayalarla kontamine olması renk giderimini azaltmıştır. Polyurethane köüğünün 3 boyutlu retiküler yapısı misellerin besin ve O₂'ni etkili bir şekilde almasını sağlayarak *Phanerochaete chrysosporium*'un besiyerinde gelişmesini hızlandırdığı gözlenmiştir. Sonuçta polyurethane köpükleriyle çalışılan kültürlerde diğer mikroorganizmaların kolonizasyonu engellenmiştir.

Abadulla ve ark. (2000), tarafından yapılan diğer bir çalışmada *Trametes hirsuta* ve bu organizmadan saflaştırılan lakkaz enziminin alüminyum üzerine

sabitleştirildiği bir membran reaktör sistemi kullanarak triarylmethane, indigoid, azo ve anthraquinonic boyaların renk giderimini ve boyaların toksisitelerinin azaltılmasını araştırmışlardır. Lakkazın alüminyum üzerine sabitleştirilmesi ile enzimin termal stabilitesinin ve halojenler bakır şelatörler ve boya eklenmesi gibi bazı enzim inhibitörlerine karşı toleransının arttırılması amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda anthraquinonic ve indigo carmine (Acid Blue 7)'nin azo boyalardan 2 kat daha hızlı parçalandığı gözlenmiştir. Ve anthraquinonic boyaların biyoreaktör sisteminde %80 oranında toksisitesinin azaldığı saptanmıştır.

Shin ve ark. (2002), hint keneviri üzerine sabitleştirdikleri *Trametes versicolor* ATCC 20869 suşunun renk giderim aktivitesini araştırmışlardır. 4 haftalık inkübasyon süresi sonunda, sabitleştirilmiş mantarın Amaranth boyasının (50mg/L) rengini glukoz eklemesi yapılmaksızın $5 \text{ mg L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ oranında giderdiği belirlenmiştir. 1 g L^{-1} glukoz eklemesi yapıldığında boyanın çok daha hızlı ($8 \text{ mg L}^{-1} \text{ h}^{-1}$) parçalandığı gözlenmiştir. Bu çalışma sonucunda renk giderimi siklusunun sayısı arttıkça giderim veriminin azaldığı anlaşılmıştır.

Minussi ve ark. (2001), 4 adet çürükçül mantarın (*Trametes versicolor*, *Trametes villosa*, *Phanerochaete chrysosporium* ve *Lentinus edodes*) katı besiyerinde hazırlanan kültürlerini tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan reaktif boyaların (Reactive Blue 19, Reactive Red 195, Reactive Yellow 145 ve Reactive Black 5) renk gideriminde kullanılmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda tüm boyaların renginin giderildiği gözlenirken en hızlı renk giderimi *Lentinus edodes* plaklarında belirlenmiştir. Bu plaklarda 7 gün içinde tüm boyaların renkleri tamamen giderilmiştir.

Tunus'un kuzeybatısındaki çürümüş akasya ağaçlarından izole edilen *Trametes troglia* B6J suşunun katı besiyerinde tekstil boyalarının renklerini giderdiği belirlenmiştir. Renk giderimi, besiyerine Cu^{+2} eklendiğinde daha hızlı olmasına rağmen Cu^{+2} varlığında ve yokluğunda da gerçekleşmiştir. Mantar Neolane blue, Neolane yellow, Neolane pink ve Bezaktiv S-BF turquoise boyalarının renklerini yüksek değerlerde giderirken Basacryl yellow ve Maxilon blue içeren plaklarda Cu^{+2} varlığında bile mantarın gelişimi ve renk giderimi kabiliyetinin yavaşladığı

gözlenmiştir. Benzer sonuçlar bu mantardan saflaştırılan lakkaz enzimi ile yapılan çalışmada da elde edilmiştir (Mechichi ve ark. 2006).

Bali ve ark. (2004), tekstil boyamada kullanılan iki ticari boyanın (Direct Yellow 12 (DY12) ve Direct Red 28 (DR28)) sentetik atık sulardan ileri oksidasyon prosesleri ile arıtımını incelemişlerdir. Her iki boyanın da tam mineralizasyonu mümkün olmakla birlikte DR28'in fotokimyasal parçalanmaya daha dirençli olduğu görülmüştür. UV/H₂O₂ prosesi ile 60 dakikalık bir reaksiyon süresi sonunda DY12 için renk giderimi açısından %98 verim elde edilirken, bu değerin DR28 için %40 civarında olduğu ve 120 dakika sonunda da %70'e çıktığı görülmüştür. 120 dakikalık reaksiyon süresi sonunda elde edilen mineralizasyon verimleri ise sırasıyla %55 ve %12 olarak bulunmuştur. Sisteme katalizör olarak Fe(II)'nin ilavesi renk giderme hızını önemli ölçüde arttırmış ve sadece 5 dakikalık bir reaksiyon süresi sonunda DY12 ve DR28 için elde edilen verimler sırasıyla %88 ve %85 olarak belirlenmiştir. Elde edilen maksimum mineralizasyon verimleri ve reaksiyon süreleri ise DY12 ve DR28 için sırasıyla %100 - 60 dak. ve %98 - 90 dak. olarak bulunmuştur.

Tekstil boyar maddelerinin bir aktif çamur ünitesinde adsorpsiyonlu biyolojik arıtım ile giderimi incelenmiştir. Adsorban seçimi amacıyla toz (PAC) ve granülerler (GAC) aktif karbonun yanı sıra zeolit, odun külü ve odun talaşı gibi adsorbanlar da kullanılarak renk giderim kapasiteleri saptanmıştır. Uygun organizma kültürü seçimi için bazı evsel ve endüstriyel (İzmir Pak-Maya, Manisa Organize Sanayi Bölgesi) atık su arıtma tesislerinden alınan aktif çamur türlerinin tekstil endüstrisinde kullanılan Direct Yellow FGR-U %200 boyar maddesinin sentetik atık sudan giderim etkinlikleri değerlendirilmiştir. Çalkalayıcıda kesikli olarak yapılan adsorpsiyon deneyleri sonucunda odun külünün renk giderim etkinlikleri değerlendirilmiştir. Çalkalayıcıda kesikli olarak yapılan adsorpsiyon deneyleri sonucunda odun külünün renk giderim kapasitesinin aktif karbonla kıyaslanabilir değerde olduğu ve atık sudan etkin olarak renk giderimi sağladığı görülmüştür (Kapdan ve Kargı, 2000).

Toz aktif çamurun değişik boyar maddelerin gideriminde biyosorpsiyon performansı Özmişçi ve Kargı (2004), tarafından yapılan çalışmada değerlendirilmiştir. Toz aktif çamur, altı farklı boyar madde için denenmiş ve boyar madde giderme verimine bakılmıştır. Boyar madde giderme performansları denen

her boya için artan toz aktif çamur konsantrasyonlarıyla artmıştır. Toz aktif çamur ile Direct Yellow 12 boyar maddesinde en iyi renk giderme performansı gözlenirken, Levafix rot boyar maddesiyle en düşük verim elde edilmiştir.

Son yıllarda tekstil atık sularının renk giderim çalışmalarında genellikle daha ucuz ve etkili olan biyolojik yöntemler tercih edilmektedir. Ve bu amaçla en çok kullanılan mikroorganizmalar beyaz çürükçül mantarlar olmasında rağmen bakteriler, mayalar ve hatta alglerle de pek çok çalışmalar yapılmaktadır.

Jones ve ark. (2003), *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium intracellulare*, *Mycobacterium scrofulaceum*, *Mycobacterium marinum*, *Mycobacterium chelonae*'nın malaşin yeşili ve kristal viyole boyalarının yüksek konsantrasyonlarına karşı toleranslı olduklarını belirlemişlerdir. Bu türlerin suşlarının hücreleri her iki boyanın da rengini giderebilmektedir. Bu renk giderimi antimikrobiyal bir aktivite olmamakla birlikte mycobakterlerin dirençliliklerinden kaynaklandığı bulunmuştur. Malaşin yeşilinin parçalama ürünleri, malaşin yeşili içeren besi yeri ortamında geliştirilen *M.avium* suşunun A5 hücrelerinin yağ fraksiyonunda bulunmuştur. Mycobakteriyel hücre yüzey yağlarının boyaları tutması ile oluşan dirençliliğin renk giderimini gerçekleştirdiği belirlenmiştir. *M.avium*'un membran fraksiyonu ile yapılan renk gideriminin saf ekstratlar kullanılan çalışmalardan 5 kat daha hızlı olduğu gözlenmiştir.

Corynebacterium glutamicum temelli fermantasyon atıklarının 24 saat'lik peryotlarda 1N'lik HNO₃ ile beslenmesiyle oluşturulan biyomass proton yoğunluğuyla zenginleştirilmiştir. Oluşturulan bu biyomass Won ve ark. (2006), tarafından Reactive Black 5'in renginin gideriminde kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada boya konsantrasyonu, pH, zaman, tuz konsantrasyonu ve sıcaklık gibi çeşitli parametrelerin renk giderimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. pH'nın 1-3 olduğu aralıkta renk gideriminin %100'e yakın olduğu belirlenmiştir. Lagmuir model'i kullanılarak maksimum biyosorpsiyonun 20°C ve 40°C'lerde sırasıyla 169,5 ve 185,2 mg/g olduğu hesaplanmıştır. Yüksek tuz konsantrasyonunun renk giderimini önemli ölçüde etkilemediği gözlenmiştir.

Işık ve Sponza (2003), Türkiye'de tekstil endüstrisinde kullanılan iki azo boyanın (Congo Red (CR) ve Direct Black 38 (DB38)) parçalanması için iki

fakültatif mikroorganizmayı (*Escherichia coli* ve *Pseudomonas* sp.) kullanarak anaerobik ve aerobik şartlarda çalışmışlardır. Mikroorganizmaları 5 gün boyunca 100 mg/L boya ve 1000 mg glikoz-KOI / I içeren numunede inkübe etmişlerdir. CR ve DB38 boyalarından meydana gelen renklerin, *E.coli* kullanılan anaerobik şartlarda, sırasıyla %98 ve %72 ve *Pseudomonas* sp. kullanılan anaerobik şartlarda ise sırasıyla %100 ve %83 verimle giderildiğini tespit etmişlerdir. Ancak, aerobik inkübasyon sonucunda renk giderimi olmadığı tespit edilmiştir.

Çetin ve Dönmez (2005), tarafından yapılan çalışmada, tekstil boya atık sularından izole edilerek melasda büyütülmüş karışık kültürlerle kesikli bir anaerobik sistemde tekstil atık sularından yüksek renk giderimi için optimum şartları belirlemişlerdir. Renk giderimi için optimum pH değeri bütün boya numuneleri için 8 olarak tespit edilmiştir. 24 saatlik inkübasyon süresi baz alınarak yapılan uygulamada, karışık kültürlerin en yüksek renk giderme oranı Reaktif Red RB için %94,9, Reaktif Black B için %91, Remazol Blue için %63,6 olarak bulunmuştur. 12 saat inkübasyon süresi ve 35°C’de Reaktif Red RB için renk giderimi %82-98 civarında elde edilmiştir. Çalışma ile anaerobik şartlar altında karışık kültürlerin atık sulardan reaktif boya gideriminde etkili olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Georgiou ve ark. (2003), pamuk endüstrisi atık sularının ve azo-reaktif boyalarından oluşturulan yapay atık suların renk eliminasyonunu araştırmak için anaerobik bir teknik kullanmışlardır. Tüm çalışmalar manyetik bir karıştırıcı kullanılarak yavaşça karıştırılan 2L’lik batch tipi bir reaktörde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Levafix ve Remazol boya gruplarını temsil eden kırmızı, mavi ve sarı renkli her gruptan 3’er adet olmak üzere 6 farklı boya kullanılmıştır. Yapay atık su 20 mg/L boya ve 1 g/L sodyum asetat ile hazırlanmıştır. pH’sı asetik asit (%10 v/v) kullanılarak 6,6-7,2 aralığında tutulan bu yapay atık su içerisine 10 mL/L asetat parçalayıcı bakteriler eklenerek sıcaklığı 37°C olan reaktöre konulmuştur. Reaktörden alınan örnekler 0,2 µm çaplı filtreler kullanılarak filtre edildikten sonra spektrofotometrede analiz edilmiştir. 1 günlük süre sonunda renk eliminasyonunun gerçekleştiği gözlenirken 4-5. günde tüm boya solüsyonlarının renginin tamamıyla giderildiği belirlenmiştir. pH’ı sabitleştirmek amacıyla kullanılan asetik asit aynı zamanda asetat-parçalayıcı bakterilerin metabolizması için dış substrat (elektron-

verici) kaynağı olarak kullanılmıştır. Pamuk endüstrisi atık sularının renginin giderimi dış substrat kaynağı (asetik asit) eklenmeksizin incelenmiştir. Renk gideriminde başarılı olunamamıştır. Tekstil atık sularının organik içeriği, atık suların renginin tamamen giderimi ve anaerobik bakterilerin gelişimi için yeterli substrat kaynağı içermemektedir. Aynı atık suyun anaerobik eliminasyonu dış substrat kaynağı olarak asetik asit ve asetat-parçalayıcı bakteriler kullanıldığında 4. günde rengin tamamı giderilmiştir.

Arıtım sistemlerinde yaygın olarak kullanılan 3 alg türü (*Chara* sp., *Cladophora* sp. ve *Chlorella* sp.) sentetik olarak hazırlanan bir hidroliz boyar maddenin Remazol Turkish Blue 6 ve Zn (II), Cd (II), Co (II) ağır metallerinin biyosorpsiyonu için kullanılmıştır. Kesikli olarak yürütülen denemelerde, değişik boyar madde (40-100 mg/L) ve ağır metal konsantrasyonu (20-60 mg/L) ve değişen pH aralığında (2,0-8,0) alg türlerinin biyosorpsiyon karakteristikleri araştırılmıştır. En iyi giderimin sağlandığı optimum pH *Cladophora* sp. ile yapılan çalışmada Cd (II), Zn (II) ve Co (II) için sırasıyla; 6,0; 5,0 ve 5,0; *Chara* sp. ile yapılan çalışmada 6,0; 5,0 ve 6,0; *Chlorella* sp. ile yürütülen çalışmada 5,0; 6,0 ve 5,0 olarak belirlenmiştir. Boyar madde gideriminde üç alg türü için optimum pH 2,0 olarak bulunmuştur. Boyar madde ile yapılan çalışmada en iyi giderim verimi ise *Chlorella* sp. ile elde edilmiştir. Sonuç olarak seçilen 3 alg türünün hem renk hem de ağır metal gideriminde etkili olduğu görülmüştür (Elmacı ve ark., 2005).

Reaktif tekstil boyalarının (Remazol Blue, Reactive Black, Reactive Red) biyoakümüasyonu, giriş pH'sı ve boyar madde konsantrasyonu değiştirilerek, melaslı ortamda büyütülen *Candida tropicalis* mayası ile Dönmez (2002), tarafından incelenmiştir. Denenen tüm boyalar için optimum pH 3 olarak tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra biyoakümüasyon miktarı azalan boyar madde konsantrasyonlarıyla artmıştır. Yüksek boyar madde konsantrasyonlarının ise mayanın büyümesini inhibe ederek inkübasyon süresinin uzamasına neden olduğu belirlenmiştir.

Bir ascomycete maya türü olan *Issatchenkia occidentalis*'in pek çok azo boyasının renk giderim çalışmalarında kullanılmıştır. 0,2 mM boya, %2 glukoz ve temel mineral tuzlar içeren sıvı besiyerinde gerçekleştirilen bu çalışmada, mikraerofilik koşullarda ilk 15. saatte rengin %80'den fazlasının giderildiği

gözlenmiştir. Buna karşın anoksik koşullarda herhangi bir renk giderimi oluşmadığı belirlenmiştir (Ramalho ve ark., 2004).

Remazol Blue ve Remazol Black 5 reaktif boyalarının renklerinin giderimi *Candida tropicalis* kullanılarak araştırılmıştır. Aksu ve Dönmez (2005), adlı araştırmacılar tarafından sıvı besiyerinde sürdürülen bu çalışmada karbon kaynağı olarak melas kullanılmıştır. Sabit bir melas konsantrasyonunda, boya konsantrasyonu 1000 mgL⁻¹'a kadar arttırıldığında mayanın her iki boyanın da rengini giderebilmesine rağmen 300-1000 mgL⁻¹ arasında test edilen tüm boya konsantrasyonlarının mayanın gelişimini inhibe ettikleri sonucuna varılmıştır. Her iki boya için; sabit bir boya konsantrasyonunda melas konsantrasyonu 15 gL⁻¹'a arttırıldığında renk giderimi veriminin arttığı gözlenmiştir. 10 gL⁻¹ melas ve 1000 mgL⁻¹ boya konsantrasyonu içeren besi yerinde her iki boyanın maksimum oranda renklerinin giderildiği saptanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT**3.1. Materyal****3.1.1. Çalışmada Kullanılan Boyar Maddeler**

Çalışmada Eksoy Kimya fabrikasından temin edilen 3 adet reaktif boyar madde kullanılmıştır. Bu boyar maddenin özellikleri Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan boyar maddelerin ticari isimleri ve kimyasal özellikleri

Boyar Madde	Ticari İsmi	Kimyasal Formülü	Molekül Ağırlığı (g/mol)
Reactive Black 5	SYNOZOL BLACK 5 150%	$C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6$	991,82
Reactive Blue 19	SYNOZOL BRILL.BLUE R SP	$C_{22}H_{16}N_2Na_2O_{11}S_3$	626,54
Reactive Red 194	SYNOZOL RED HF-3P	$C_{27}H_{18}O_{16}N_7S_5ClNa_4$	984,21

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan boya stokları, bu stokların sulandırma katsayıları ve boyar maddelerin maximum absorbands değerleri

Boyar Madde	*Boya Stokları	Sulandırma Katsayısı	Maximum Absorbans Değeri (nm)
Reactive Black 5	100-1500 mg/L	20	598
Reactive Blue 19	100-1500 mg/L	20	591
Reactive Red 194	100-1500 mg/L	20	519

* Stok düzeyleri 100-300-500-700-1000-1500 mg/L şeklinde hazırlanmıştır.

Boya stokları 121°C'de 1,2 atm basınçta 15 dakika steril edildikten sonra çalışmalarda belirlenen konsantrasyonlara uygun olarak besiyerine ilave edilmiştir.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Besiyerleri

Çalışma türüne bağlı olarak Complete Yeast Medium (CYM), minimal besiyeri ve renk giderim besiyeri kullanılmıştır.

3.1.2.1. Complete Yeast Medium (CYM)

Trametes versicolor'ın misel formunun çalışma süresince devamlılığını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır (Raper ve Miller, 1972).

Çizelge 3.3. Complete Yeast Medium'un içeriği

Besiyeri Bileşenleri	Miktar (g/L)
Pepton	2
Yeast	2
Glukoz	20
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,5
KH ₂ PO ₄	0,46
K ₂ HPO ₄	1
Agar	20

Yukarıda belirtilen bileşenler saf su içerisinde çözündükten sonra pH'ı 7,4-7,5'a ayarlanarak 121°C'de 1,2 atm basınçta 15 dakika steril edildikten sonra kullanılmıştır.

3.1.2.2. Minimal Besiyeri

Renk gideriminde kullanılan misel süspansiyonun üretilmesi amacıyla hazırlanmıştır (Borchert ve Libra, 2001).

Çizelge 3.4. Minimal besiyerinin içeriği

Besiyeri Bileşenleri	Miktar (g/L)
Malt extract	25
KH ₂ PO ₄	2
K ₂ HPO ₄	0.4

Yukarıda belirtilen bileşenler saf su içerisinde çözündükten sonra pH'ı 5,5'e ayarlanarak 121°C'de 1,2 atm basınçta 15 dakika steril edildikten sonra kullanılmıştır.

3.1.2.3. Renk Giderim Besiyeri

Trametes versicolor'ın misel süspansiyonunun renk giderim üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla hazırlanmıştır. Ramsay ve ark. (2005), tarafından hazırlanan besiyeri tarafımızdan modifiye edilerek kullanılmıştır.

Çizelge 3.5. Renk giderim besiyerinin içeriği

Besiyeri Bileşenleri	Miktar (g/L)
Malt extract	25
Glukoz	1

Yukarıda belirtilen bileşenler saf su içerisinde çözündükten sonra pH'ı 3,6-3,7'ye ayarlanarak 121°C'de 1,2 atm basınçta 15 dakika steril edildikten sonra kullanılmıştır.

3.1.3. Kullanılan Malzemeler**3.1.3.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi (KOİ) Sırasında Kullanılan Malzemeler**

Çalkalamalı ve statik kültürlerin kimyasal oksijen ihtiyacı analizinin yapılabilmesi için Çizelge 3.2’de belirtilen boya konsantrasyonlarından 100-500 ve 1500mg/L seçilmiştir. HACH marka KOİ kitlerinin kullanıldığı bu analizde numuneler 5.000-60.000mg/L aralığında çalışılmıştır.

3.2. Metot**3.2.1. Çalışmada Kullanılan Basidiomycetes**

Çalışmada Basidiomycetes sınıfına dahil olan beyaz çürükçül mantar *Trametes versicolor* doğadan temin edilerek laboratuvar koşullarında misel kültürü yapılarak üretilmiştir.

3.2.2. *Trametes versicolor*’ın Üretimi ve Saklanması

Trametes versicolor miseli complete yeast (CYM) besiyerine ekilerek 24-28°C’de 1 hafta süreyle inkübasyona bırakılmıştır. *T.versicolor*’ın besiyerinde gelişen misel formu Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Mantar 3-4 haftada bir pasajlanmıştır. CYM besiyeri kullanılarak eğik katı şeklinde (Şekil 3.2) sonraki çalışmalar için stok kültürler hazırlanarak +4°C’de saklanmıştır.



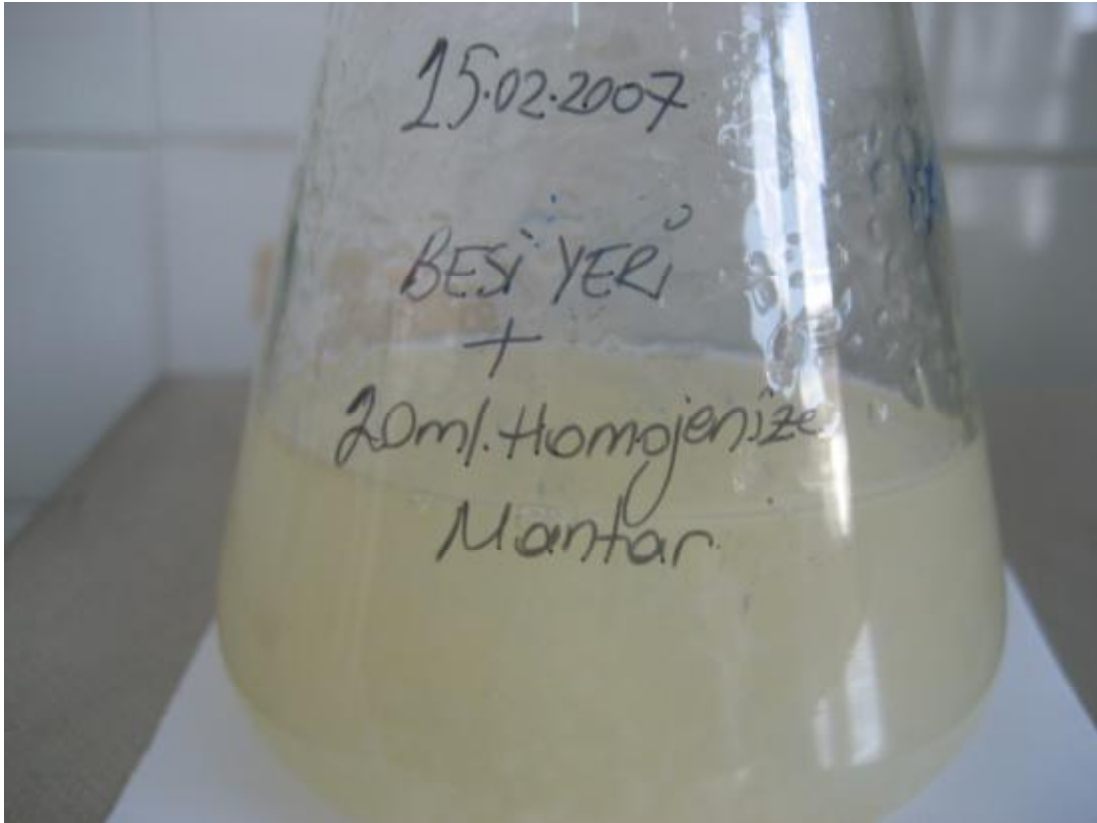
Şekil 3.1. CYM plağında 1 hafta gelişmiş *T.versicolor* görüntüsü



Şekil 3.2. *T.versicolor*'ın CYM'de geliştirilmiş stok kültürlerine ait görüntü

3.2.3. *Trametes versicolor*'ın Misel Formunun Renk Giderim Uygulamaları İçin Hazırlanması

Complete Yeast besiyerinde gelişen misel formları 0,5 cm genişliğinde kesilerek içerisinde 1 mm çaplı cam boncuklar ve steril saf su dolu şişelere konularak vortekslenmiştir. Çalkalama sonucunda elde edilen misel süspansiyonu (20 mL) 100 mL minimal besiyeri içeren 250 mL'lik erlenlere aktarılmıştır. Hazırlanan misel süspansiyonu renk giderim çalışmalarında kullanılmak üzere 30°C'de 200 rpm'de çalkalamalı inkübatörde 1 hafta süreyle üretilmiştir ve daha sonraki uygulamalar için saklanmıştır. Şekil 3.3'de minimal besiyerinde 1 hafta inkübe edilmiş misel süspansiyonu gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Minimal besi yerinde çalkalamalı inkübatörde 1 hafta geliştirilmiş *T.versicolor*'ın misel süspansiyonuna ait bir görüntü

3.2.4. Renk Giderim Çalışmalarında Kullanılan Boyar Madde İçerikli Besiyerine Misel Ekilmesi

Çizelge 3.2’de belirtilen boya stoklarından çalkalamalı koşullarda yürütülecek çalışmalar için 100 mL renk giderim besiyeri içeren 250 mL’lik erlenlere 5’er mL, statik çalışmalar için ise 2’şer mL boya solüsyonları eklendikten sonra çalkalamalı ve statik çalışmalar için 10’ar mL misel süspansiyonu eklenmiştir.

Çalkalamalı kültürler 30°C’de 180 rpm’de 4 gün süreyle inkübasyona bırakılırken, statik kültürler 30°C’de 14 gün süreyle inkübe edilmiştir.

3.2.5. Boyar Madde İçeren Besiyerinin Renk Değişiminin Ölçülmesi

Çalkalamalı ve statik çalışmalarda besiyerine boya ilave edildikten sonra misel eklenmemiş erlenler kontrol grubu olarak ayrılmıştır.

Boyar madde içeren besiyerindeki renk değişimi absorbans olarak belirlenmiştir. *T.versicolor*’ın miseli ile muamele sonucunda mantarın aktivitesine bağlı olarak gözlenen renk değişimi her boyar madde için Çizelge 3.2’de verilen maksimum dalga boyunda spektrofotometrede (UV Visible spektrofotometre CECIL 5000) ölçülmüştür.

3.3. Yapılan Testler

3.3.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi (KOİ)

Renk gideriminin basit bir kimyasal bağın tahrip olması sebebiyle sadece renk değişikliği ve/veya renksizleşme şeklinde mi gerçekleştiği, yahut da boyar maddenin mantar tarafından ileri düzeyde metabolize edilerek ortamdan elimine edilip edilmediğinin araştırılması amacıyla KOİ analizi yapılmıştır.

100-500 ve 1500 mg/L boya konsantrasyonu içeren kontrol gruplarından ve misel süspansiyonu ile muamele edilmiş örneklerden LCK 914 5.000-60.000 mg/L

O₂ KOI test kitlerine 0.2 mL ilave edilerek HACH marka DRB 200 thermal reaktörde 148°C’de 2 saat bekletilmiştir. Thermal reaktörden çıkarılan örneklerin soğutulması için 15-20 dak. beklendikten sonra örnekler HACH marka DR 2800 spektrofotometrede 605 nm’de okutularak KOI analizi yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çalkalamalı Şartlarda Yürütülen Çalışmada Renk Giderimi

T.versicolor misel süspansiyonuna çalışmada kullanılan boyar maddelerin farklı konsantrasyonları (Çizelge 3.2) eklenerek hazırlanan sıvı kültürlerin 4 günlük çalkalamalı inkübasyonu takiben 3 boyanın da renginin giderildiği gözlenmiştir. Benzer sonuçlar Heinfling ve ark. (1997), tarafından yapılan çalışmada *Phanerochaete ctrysosporium*, *Trametes versicolor* ve *Bjerkandera adusta*'nın çalkalamalı kültürleri ile üç azo boya ve iki fitolasiyanin boyanın rengini 4 gün sonunda %95 oranında giderdiği belirtilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Reactive Black 5'in kontrol gruplarının ve misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin absorbans değerleri ve % giderim başarıları

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Gruplarının Absorbans Değerleri	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürlerin Absorbans Değerleri	% Giderim Başarısı
100	0,318	0,082	74
300	0,701	0,088	84
500	1,400	0,082	94
700	1,472	0,085	94
1000	2,570	0,085	96
1500	2,880	0,076	97

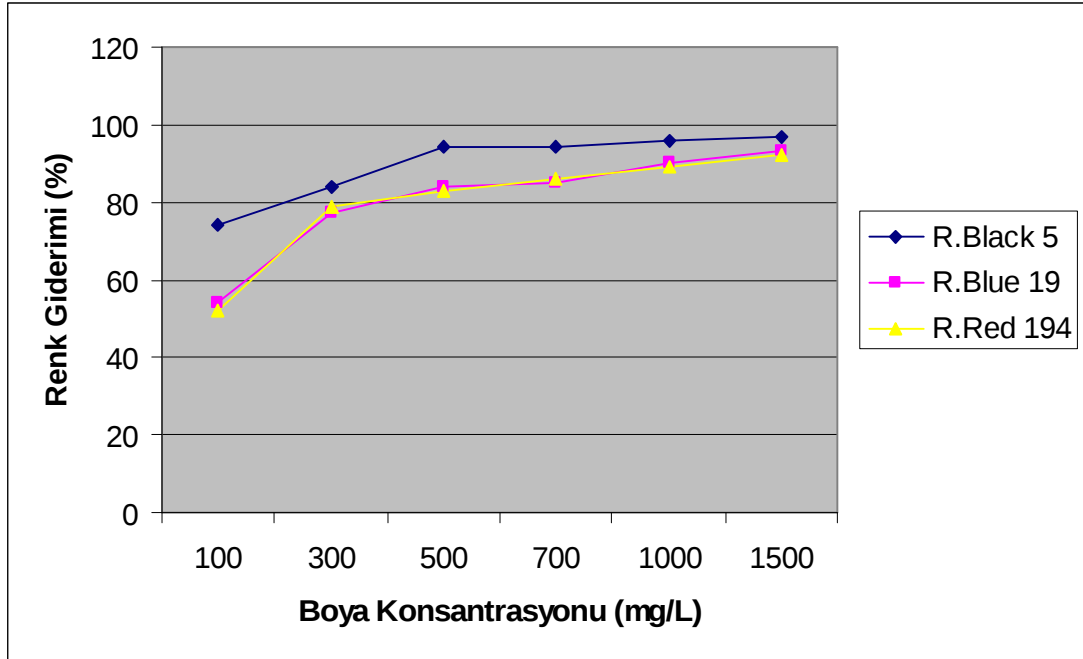
Çizelge 4.2. Reactive Blue 19'un kontrol gruplarının ve misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin absorbens değerleri ve % giderim başarıları

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Gruplarının Absorbans Değerleri	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürlerin Absorbans Değerleri	% Giderim Başarısı
100	0,189	0,086	54
300	0,327	0,072	77
500	0,480	0,075	84
700	0,573	0,080	85
1000	0,770	0,076	90
1500	1,005	0,067	93

Çizelge 4.3. Reactive Red 194'ün kontrol gruplarının ve misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin absorbens değerleri ve % giderim başarıları

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Gruplarının Absorbans Değerleri	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürlerin Absorbans Değerleri	% Giderim Başarısı
100	0,254	0,120	52
300	0,451	0,094	79
500	0,533	0,089	83
700	0,630	0,084	86
1000	0,935	0,098	89
1500	1,211	0,092	92

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'de görüldüğü gibi boyar madde konsantrasyonu arttıkça renk giderim yüzdesinin arttığı gözlenmiştir. 4 günlük süre sonunda 1500 mg/L boya konsantrasyonunda R.Black 5'in %97'si, R.Blue 19'un %93'ü, R.Red 194'ün %92'si giderilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. *T.versicolor*'ın çalkalamalı uygulamalarda farklı boya konsantrasyonları üzerindeki renk giderimi

Park ve ark. (2006), tarafından yapılan çalışmada *Funalia trogii*'nin çalkalamalı sıvı kültürleri ile 8 adet tekstil boyasının renginin 3 gün içinde giderildiğinin belirtmesi yönündeki sonuçlar çalışmamızı destekleyen niteliktedir.

4.2. Statik Çalışmalarda Renk Giderimi

Statik çalışmalarda 14 gün inkübasyon süresi sonunda boyar maddelerin farklı konsantrasyonlarının (Çizelge 3.2) renginin giderildiği gözlenmiştir. Benzer sonuçlar Kirby ve ark. (2000), tarafından yapılan çalışmada 8 sentetik azo boyası (200 mg/L) *Phlebia tremellosa* ile statik koşullarda muamele sonucunda 14 günde %96'nın üzerinde renk giderimi olduğu belirtilmiştir.

Urta ve ark.(2006), tarafından yapılan diğer bir statik çalışmada *Phanerochaete chrysosporium*'un 13 tekstil boyasının rengini %90'dan fazla oranda giderdiği saptanmıştır.

Moreira ve ark. (2000), beyaz çürükçül fungusların Poli R-478, Orange II ve RB38 boyaalarının renginin 14 günlük üretim sonucunda %90 üzerinde giderildiği yönünde çalışmamızı destekler sonuçlar belirtmişlerdir.

Statik uygulamaların sonuçları Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.4. Reactive Black 5'in kontrol gruplarının ve miselle muamele edilmiş kültürlerin absorbans değerleri ve % giderim başarısı

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Gruplarının Absorbans Değerleri	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürlerin Absorbans Değerleri	% Giderim Başarısı
100	0,246	0,174	29
300	0,436	0,114	73
500	0,682	0,097	85
700	0,825	0,093	88
1000	1,273	0,103	91
1500	1,629	0,100	93

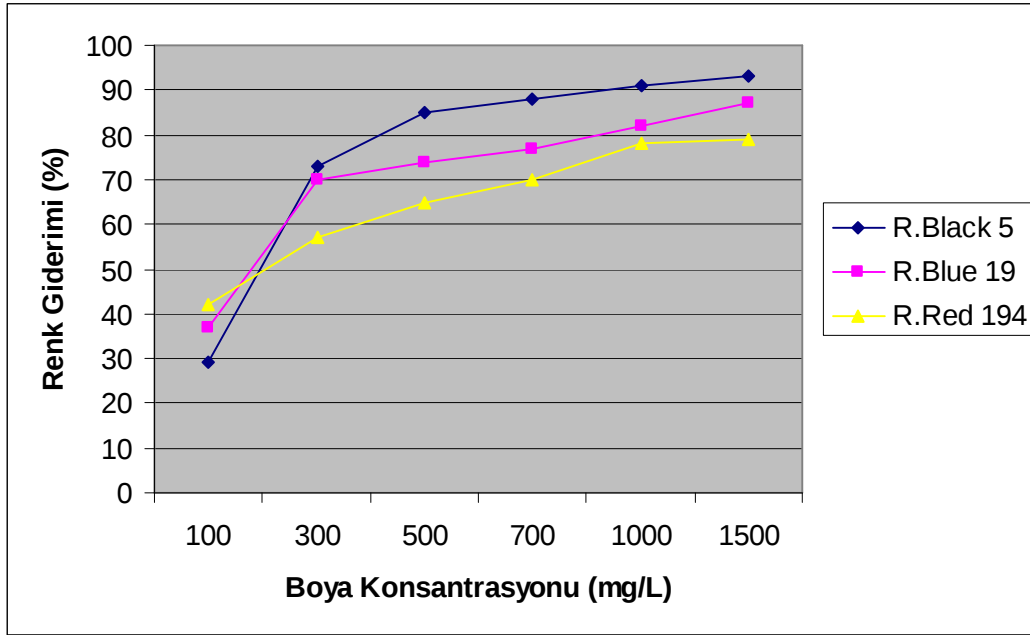
Çizelge 4.5. Reactive Blue 19'un kontrol gruplarının ve miselle muamele edilmiş kültürlerin absorbans değerleri ve % giderim başarısı

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Gruplarının Absorbans Değerleri	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürlerin Absorbans Değerleri	% Giderim Başarısı
100	0,186	0,117	37
300	0,300	0,090	70
500	0,333	0,085	74
700	0,396	0,091	77
1000	0,500	0,088	82
1500	0,680	0,082	87

Çizelge 4.6. Reactive Red 194'ün kontrol gruplarının ve miselle muamele edilmiş kültürlerin absorbens değerleri ve % giderim başarıları

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Gruplarının Absorbans Değerleri	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürlerin Absorbans Değerleri	% Giderim Başarısı
100	0,269	0,156	42
300	0,298	0,126	57
500	0,345	0,118	65
700	0,467	0,139	70
1000	0,560	0,120	78
1500	0,681	0,139	79

Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'ya bakıldığında statik uygulamalarda da çalkalamalı çalışmalara benzer şekilde boya konsantrasyonu arttıkça renk giderim veriminin yükseldiği gözlenmiştir. En yüksek boya konsantrasyonunda (1500 mg/L) R.Black 5, R.Blue 19, R.red 194 sırasıyla %93, 87 ve 79 oranında giderilmiştir (Şekil 4.2).



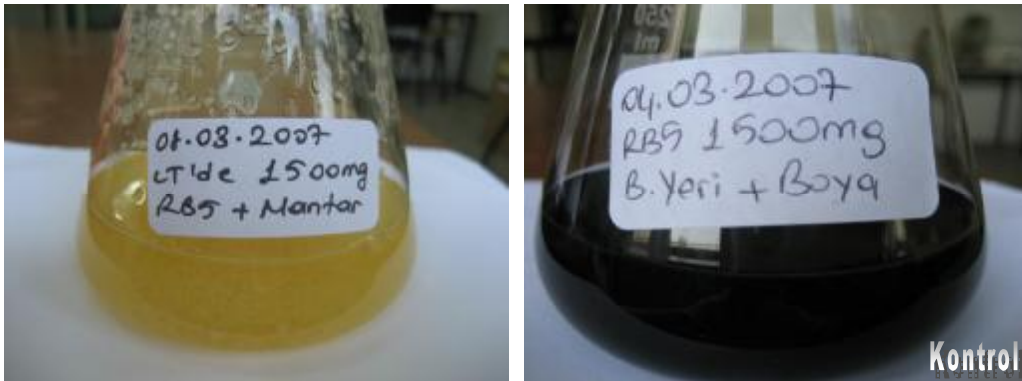
Şekil 4.2. *T.versicolor*'ın statik uygulamalarda farklı boya konsantrasyonları üzerindeki renk giderimi

Çalkalamalı ve statik koşullarda yürütülen bu çalışmada; en yüksek boyar madde konsantrasyonunda (1500 mg/L) renk giderim oranı çalkalamalı kültürlerde 4 gün sonunda Reactive Black 5 için % 97, Reactive Blue 19 için % 93 ve Reactive Red 194 için % 92, statik kültürlerde 14 günün sonunda bu oran sırasıyla % 93, % 87 ve % 79 olarak bulunmuştur. Ve bu bulgular doğrultusunda çalkalamalı koşullarda renk gideriminin daha kısa sürede ve yüksek verimde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Sani ve ark. (1998), tarafından *Phanerochaete chrysosporium* ile statik ve çalkalamalı koşullarda yürütülen çalışmada Red HE-38, Malaşit yeşili, Denizci (navy) mavisi ve Magenta kristal boyaları kullanılmıştır. Bu çalışmada çalkalamalı kültürlerde pek çok boyanın %80'ni giderilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda çalkalamalı kültürlerde %96 ve statik kültürlerde %93 oranında renk giderimi elde edilmesi yönünde çalışmamızı destekler sonuçlar rapor edilmiştir.

4.3. Çalkalamalı ve Statik Uygulamalar Sonucunda Elde Edilen Renk Giderimi Görüntüleri

4.3.1. Çalkalamalı Uygulamalara ait Renk Giderim Görüntüleri



Şekil 4.3. 1500 mg/L Reactive Black 5 tekstil boyası kullanılarak yürütülen çalkalamalı çalışmalara ait bulgular



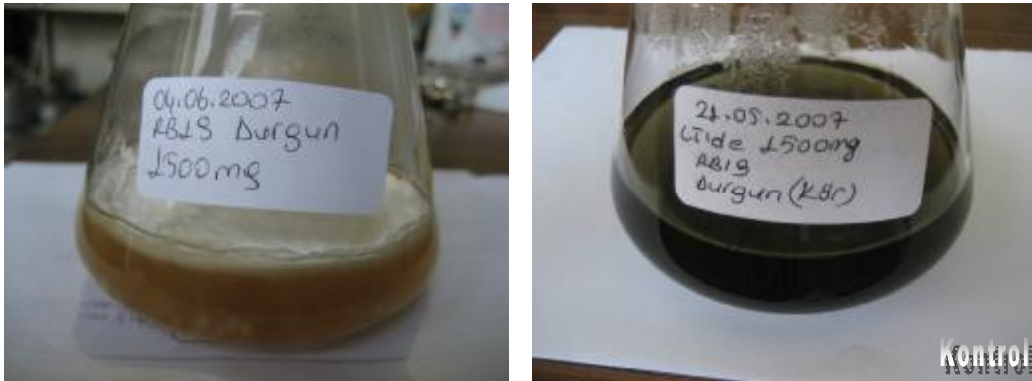
Şekil 4.4. 1500 mg/L Reactive Blue 19 tekstil boyası kullanılarak yürütülen çalkalamalı çalışmalara ait bulgular



Şekil 4.5. 1500 mg/L Reactive Red 194 tekstil boyası kullanılarak yürütülen çalkalamalı çalışmalara ait bulgular

4.3.2. Statik Uygulamalara ait Renk Giderim Görüntüleri

Şekil 4.6. 1500 mg/L Reactive Black 5 tekstil boyası kullanılarak yürütülen statik çalışmalara ait bulgular



Şekil 4.7. 1500 mg/L Reactive Blue 19 tekstil boyası kullanılarak yürütülen statik çalışmalara ait bulgular



Şekil 4.8. 1500 mg/L Reactive Red 194 tekstil boyası kullanılarak yürütülen statik çalışmalara ait bulgular

4.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderimine İlişkin Bulgular

4.4.1. Çalkalamalı Uygulamalara ait KOİ Bulguları

Çalışmada kullanılan boyar maddelerin 100-500 ve 1500 mg/L boya konsantrasyonu içeren kontrol gruplarının ve bu grupların çalkalamalı koşullarda 4 gün misel süspansiyonu ile muamele edilmiş örneklerinden elde edilen KOİ değerleri ve % kirlilik eliminasyonuna ait veriler Çizelge 4.7, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da sayısal olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Reaktif Black 5 boyasının çalkalamalı uygulamalarına ait KOİ değerleri ve % kirlilik eliminasyonu

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Grubu (mg/L O ₂)	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürler (mg/L O ₂)	% Kirlilik Eliminasyonu
100	43,500	13,400	69
500	43,600	6,000	86
1500	45,100	3,890	91

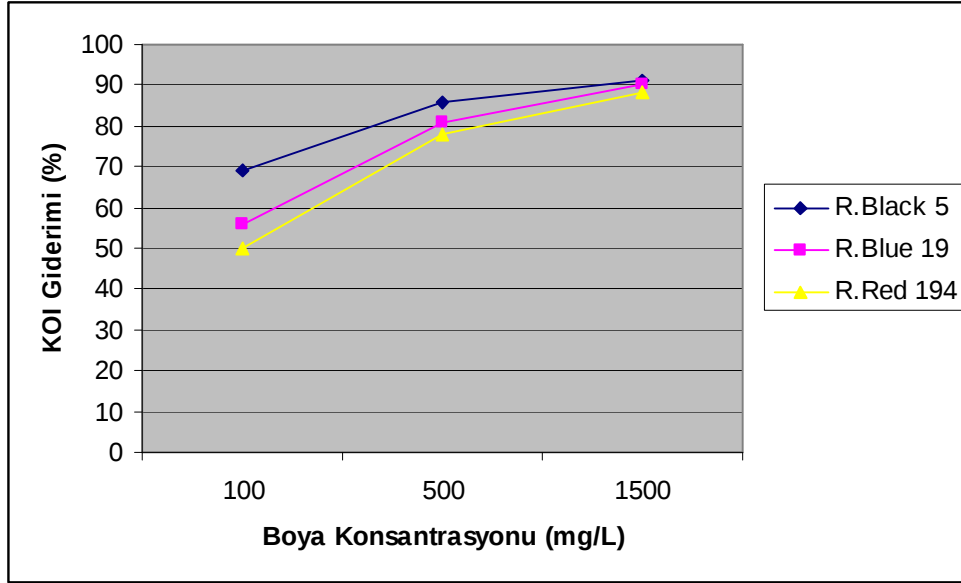
Çizelge 4.8. Reaktif Blue 19 boyasının çalkalamalı uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Grubu (mg/L O ₂)	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürler (mg/L O ₂)	% Kirlilik Eliminasyonu
100	43,600	19,080	56
500	43,800	8,320	81
1500	44,900	4,260	90

Çizelge 4.9. Reaktif Red 194 boyasının çalkalamalı uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Grubu (mg/L O ₂)	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürler (mg/L O ₂)	% Kirlilik Eliminasyonu
100	41,000	20,500	50
500	41,100	8,640	78
1500	41,300	4,790	88

Çalkalamalı uygulamalar sonucunda elde edilen KOI analizleri incelendiğinde en yüksek boya konsantrasyonunda (1500mg/L) R.Black 5, R.Blue 19 ve R.Red 194'ün kirlilik eliminasyonu %91, 90 ve 88 düzeylerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Çalkalamalı uygulamalara ait % KOI giderimi

4.4.2. Statik Uygulamalara ait KOI Bulguları

Statik çalışmalarda 14 gün inkübasyon süresi sonucunda elde edilen KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonuna ait veriler Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de sayısal olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 4.10. Reaktif Black 5 boyasının statik uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Grubu (mg/L O ₂)	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürler (mg/L O ₂)	% Kirlilik Eliminasyonu
100	39,200	26,660	31
500	41,000	11,07	73
1500	41,600	3,960	90

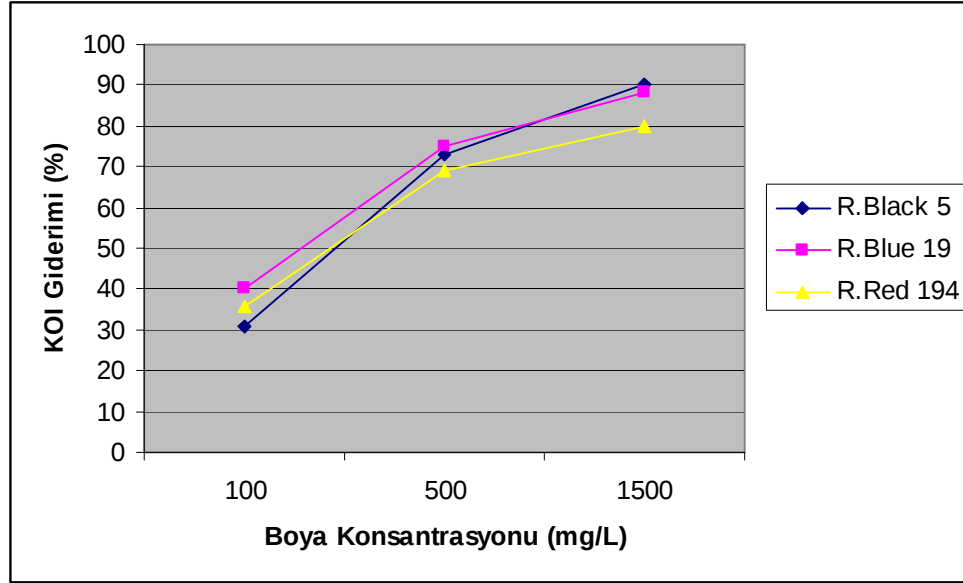
Çizelge 4.11. Reaktif Blue 19 boyasının statik uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Grubu (mg/L O ₂)	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürler (mg/L O ₂)	% Kirlilik Eliminasyonu
100	39,600	23,760	40
500	41,000	10,250	75
1500	41,400	4,540	88

Çizelge 4.12. Reaktif Red 194 boyasının statik uygulamalarına ait KOI değerleri ve % kirlilik eliminasyonu

Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Kontrol Grubu (mg/L O ₂)	Misel Süspansiyonu İle Muamele Edilmiş Kültürler (mg/L O ₂)	% Kirlilik Eliminasyonu
100	38,900	24,890	36
500	39,900	12,360	69
1500	40,200	7,720	80

Statik uygulamalara ait KOI verilerine bakıldığında çalkalamalı uygulamaların sonuçlarına benzer bir şekilde boyar madde konsantrasyonu arttıkça kirlilik eliminasyonunun arttığı gözlenmiştir. 1500mg/L boya konsantrasyonunda R.Black 5, R.Blue 19 ve R.Red 194'ün kirlilik giderimi sırasıyla %90, 88 ve 80 düzeylerinde bulunmuştur. Bu sonuçlar Şekil 4.10'da grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Statik uygulamalara ait % KOI giderimi

KOI analizleri değerlendirildiğinde sentetik tekstil atık su içerisindeki boya madde konsantrasyonu arttıkça hidrolik yükün arttığı belirlenmiştir. Çalkalamalı ve statik uygulamalar sonucunda hidrolik yük arttıkça *T.versicolor* misel süspansiyonun renk giderim ve kirlilik eliminasyonu başarısının arttığı gözlemlenmiştir.

Renk giderim bulguları incelendiğinde misel süspansiyonları Reactive Black 5 boyasını çalkalamalı uygulamalarda %97, statik uygulamalarda %93 oranında gidermiştir. Reactive Blue 19 ve Reaactive Red 194 boya ları kullanılarak yürütülen çalkalamalı çalışmalarda bu boyaların % 93 ve 92'si, statik çalışmalarda ise %87 ve 79'u giderilmiştir. Bu yöndeki bulgular incelendiğinde Reactive Black 5'in çalışmada kullanılan diğer boya maddelere göre daha yüksek verimde giderildiği sonucuna varılmıştır.

Çalışmalar süresince misel süspansiyonun renksiz olduğunun gözlenmesi ve KOI analizleri sonucu belirlenen değerlerin renk giderimi sonuçları ile paralellik göstermesi, misel süspansiyonun boya maddeleri yüksek düzeyde metabolize ederek elimine ettiğini desteklemektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Modern bir tekstil fabrikasının 1 saatte çevreye deşarj ettiği atık su miktarı 300-500m³ arasında değişmektedir. Her ne kadar organik kirli atık su üreten birçok işletmenin kirlilik yoğunluğuna kıyasla tekstil endüstrisi atık suları fazla kirli değilmiş gibi bir izlenim bıraksalar da aşırı yüksek miktarlarda üretildiğinde çevre için korkunç bir kirlilik birikimi ifade etmektedirler. Bunun yanı sıra hidrolik yükleri de yüksek düzeydedir.

Yüksek hacimli ve bileşimi büyük değişimler gösteren tekstil atık suları çevre kirlenmesine neden olan boyar maddeler ve toksik bileşikler içermektedir. Boyar maddelerin çevre şartlarına dayanıklı olmasının istenmesi ve tekstil atık sularında boyaların karışık olarak bulunmasından geleneksel arıtım yöntemleriyle arıtılmaları pek kolay değildir. Bu nedenle son zamanlarda bu atık suların arıtılmasında maliyeti düşük ve uygulanabilirliği yüksek biyolojik giderim prosesleri tercih edilmektedir. Biyolojik giderim prosesleri arasında geniş oranda yapısal olarak farklı kirleticileri yıkabilme özelliklerinden dolayı beyaz çürükcül mantarlar çalışılmaktadır (Cing, 2001).

Bu çalışmada beyaz çürükcül mantar olan *Trametes versicolor*'ın R.Black 5, R.Blue 19 ve R.Red 194 sentetik tekstil boyları üzerindeki renk giderim aktivitesi aktarılmıştır. Farklı boya konsantrasyonları kullanılarak laboratuvar koşullarında hazırlanan sentetik tekstil atık suyuna *T.versicolor* misel süspansiyonu eklenmiştir. Çalkalamalı ve statik koşullarda yürütölen bu çalışmada boya konsantrasyonu arttıkça renk giderim oranının arttıği gözlenmiştir. Çalkalamalı uygulamalarda en yüksek boya konsantrasyonunda 4 günlük inkübasyon süresi sonunda R.Black 5, R.Blue 19 ve R.Red 194 için sırasıyla % 97, % 93 ve % 92; statik uygulamalarda ise 14 günün sonunda % 93, % 87 ve % 79 oranında giderim belirlenmiştir. 14 günlük süre bir tekstil fabrikasının atık suyunun arıtımı için uygun bir süre değildir. Çünkü hidrolik bekleme süresi çok uzun olduğundan karşılanamayacak boyutta büyük tesisler gerekmektedir.

Çalkalamalı koşullarda yürütölen renk giderim çalışmaları sonuçlarının statik koşullardakilere oranla daha kısa sürede ve yüksek verimde olması boya ve tekstil

endüstrisinde boyalı atık suların arıtımı için pratik işlemlerin gerçekleştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Renk giderim çalışmalarında inkübasyon süresince misel süspansiyonun renksiz olduğunun gözlenmesi boyar maddelerin biyolojik olarak yıkıldığını dolayısıyla adsorpsiyon şeklinde fizikokimyasal bir etkenin ortaya çıkmadığını göstermektedir.

Teknik uygulamalarda bu mantarların yoğunlaştırılmış veya peletlenmiş misellerin boyar maddeli atık su üretilen işletmelerin çıkış noktalarına kurulacak özel ünitelere verilmesi kanımızca çok daha ucuz ve uygulanabilir bir biyolojik çözüm anlamına gelmektedir.

Bu mantarlardan etkili enzimlerin saflaştırılarak izole edilmesi de düşünülebilir. Hatta fazla pahalı olmayacak uygulamaya dönük enzim üretim ve izolasyon tekniklerinin araştırılması faydalı olacaktır.

Polyporaceae grubu diğer mantarların gerek bölgesel temin edilebilirlikleri dikkate alınarak boyar madde üzerine renk giderim etkinliklerinin de araştırılması enteresan olacaktır.

Ülkemizin bulunduğu coğrafik bölgenin çok farklı ekolojik nişler içermesi ve çok yüksek düzeyde iklimatik zenginlik taşıması sebebiyle her iklim bölgemiz için o koşulları optimal kabul eden mantar türleri ile bu uygulamalara dönük araştırmalar yapılması düşünülebilir.

Tekstil endüstrilerinin arıtımından sonraki çıkış suyunun toksik özellik taşıması alıcı ortam olan çevre yönünden önemli bir risk faktörü olacağından renk giderim çalışmaları sonucu oluşan yan ürünlerin toksik özellikte olup olmadıklarının kromotografik yöntemler kullanılarak belirlenmesi uygun olacaktır.

Amacımız insanoğlunun moda tutkusu yüzünden mükemmel kimya, mükemmel boya, parlak renk ve solmaz tekstil ürünleri şeklinde yapılan ilerlemelerin giderilemez boya şekline dönüp kara parçalarını ve yüzey sularını rengarenk fakat biyolojik yaşamı imha eden ürünlere dönüşmemesidir.

KAYNAKLAR

- ABADULLA, E., TZANOV, T., COSTA, S., ROBRA, K.H., CAVACO PAULO, A. and GÜBITZ, G.M., 2000. Decolorization and Detoxification of Textil Dyes With a Laccase From *Trametes hirsuta*. Appl. and Environ. Microbiol., 68: 3357-3362.
- AKSU, Z. and DÖNMEZ, G., 2005. Combined Effects of Molasses Sucrose and Reactive Dye on The Growth and Dye Bioaccumulation Properties of *Candida tropicalis*. Process Biochemistry, 40: 2443-2454.
- AMARAL, P.F.F., FERNANDES, D.L.A., TAVARES, A.P.M., XAVIER, A.B.M.R., CAMMAROTA, M.C., COUTINHO, J.P.A. and COELHO, M.A.Z., 2004. Decolorization of Dyes From Textile Wastewater by *Trametes versicolor*. Environ. Technol., 25: 1313-1320.
- AN, H., QIAN, Yu., GU, X. and TANG, W.Z., 1996. Biological Treatment of Dye Wastewater using Anaerobic-Oxic System. Chemosphere, 33(12): 2533-2452
- ARETXAGA, A., ROMERO, S., SARRA, M. and VICENT, T., 2001. Adsorption Step in The Biological Degradation of a Textile Dye. Biotechnol. Prog., 17: 664-668.
- ARSLAN, H.A., 2004. Bazı Boyar Madde Gruplarının Aktif Çamur Biyokütlesi Tarafından Adsorplanabilme Özelliği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi. Adana.
- BALI, U., ÇATALKAYA, E.Ç. and ŞENGÜL, F., 2004. Direct Yellow 12 ve Direct Red 28 Tekstil Boyar Maddelerinin İleri Oksidasyon Yöntemleri (UV, UV / H₂O₂ , Foto-Fenton) İle Arıtımı. I. Ulusal Çevre Kongresi, Sivas, 207-216.
- BANAT, I.M., NIGAM, P., SINGH, D. and MARCHANT, R., 1996. Microbial Decolorization of Textil-Dye Containing Effluents: A Review. Bioresource Technology, 58: 217-227

- BAŞER, İ. and İNANICI, Y., 1990. Boyar Madde Kimyası. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, 47-52, 35-37, 90-187.
- BAŞIBÜYÜK, M., YÜCEER, A. and YILMAZ, T., 1998. Tekstil Atık Sularında Renk Giderilmesinde Kullanılan İleri Teknolojiler. I. Atık Su Sempozyumu, Kayseri, 82-87.
- BLANQUEZ, P., CASAS, N., FONT, X., GABARRELL, X., SARRA, M., CAMİNAL, G. and VİCENT, T., 2004. Mechanism of Textile Metal Dye Biotransformation by *Trametes versicolor*. Water Research, 38: 2166-2172.
- BORCHERT, M. and LİBRA, J.A., 2001. Decolorization of Reactive Dyes by The White Rot Fungus *Trametes versicolor* in Sequencing Batch Reactors. Biotechnology and Bioengineering, 75(3): 313-321.
- BOZDOĞAN, A., 1984. Atık Sulardaki Tekstil Boyar Maddeleri Renginin Devrettirilen Koagülant İle Giderilmesi. Doktora Tezi, İ.T.Ü., İstanbul.
- CARDOSO, M.B. and NİCOLİ, J.R., 1981. Single Cell Protein From The Thermotolerant Fungus *Phanerochaete chrysosporium* Grown in Vinasse. Nutrition Reports International, 24(2): 249-255.
- CARLİELL, C.M., BARCLAY, S.J., NAIDOO, N., BUCKLEY, C.A., MULHOLLAND, D.A. and SENİOR, E., 1995. Microbial Decolourisation of a Reactive Azo Dye Under Anaerobic Conditions. Water(SA), 21: 61-69.
- CHAGAS, E.P. and DURRANT, L.R., 2001. Decolorization of Azo Dyes by *Phanerochaete chrysosporium* and *Pleurotus sajor-caju*. Enzyme Microb. Technol., 29: 473-477.
- CİNG, S., 2001. Tekstil Boyalarının Renginin Giderilminde Mikroorganizma Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- CRIPSS, C., BUMPUS, J.A. and AUST, S.D., 1990. Biodegradation of Azo and Heterocyclic Dyes by *Phanerochaete chrysosporium*. Appl. Environ. Microbiol., 56: 1114-1118.

- COUTO, S.R. and HERRERA, J.L.T., 2006. Industrial and Biotechnological Applications of Laccase: A Review. *Biotechnology Advances*, 24: 500-513.
- ÇETİN, D. and DÖNMEZ, G., 2005. Decolorization of Reactive Dyes by Mixed Cultures Isolated From Textile Effluent Under Anaerobic Conditions. *Enzyme and Microbial Technology*, 7: 926-930.
- DHAWALE, S.S., LANE, A.C. and DHAWALE, S.W., 1996. Effects of Mercury on White Rot Fungus *Phanerochaete chrysosporium*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 56: 825-832.
- DONLON, B., RAZO-FLORES, E., LUIJTEN, M., SWARTS, H., LETTINGA, G. and FIELD, J., 1997. Detoxification and Partial Mineralization of The Azo Dye Mordant Orange I in a Continuous Upflow Anaerobic Sludge-Blanket Reactor. *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 47: 83-90.
- DÖNMEZ, G., 2002. Bioaccumulation of The Reactive Textile Dyes by *Candida tropicalis* Growing in Molasses Medium. *Enzyme and Microbial Technology*, 30: 363-366.
- DURAN, N. and ESPOSÍTO, E., 2000. Potential Applications of Oxidative Enzymes and Phenoloxidase-Like Compounds in Wastewater and Soil Treatment: A Review. *Appl. Catal B Environ.*, 28: 83-99.
- ELMACI, A., YONAR, T., ÖZENGİN, N. and TÜRKOĞLU, H., 2005. Zn(II), Cd(II), Co(II) ve Remozal Turkish Blue-G Boyar Maddesinin Sulu Çözeltilerinde Kurutulmuş *Chara* sp., *Cladophora* sp. ve *Chlorella* sp. Türleri ile Biosorpsiyonun Araştırılması. *Ekoloji*, 55: 24-31.
- FU, Y. and VIRARAGHAVAN, T., 2002. Removal of Congo Red From an Aqueous Solution by Fungus *Aspergillus niger*. *Advances in Environmental Research*, 7: 239-247.
- GABRIEL, J., KOFRONOVA, O., RYCHLOVSKY, P. and KRENZELOK, M., 1996. Accumulation and Effect of Cadmium in The Wood-Rotting Basidiomycete *Daedalea quercina*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. 57: 383-390.

- GAO, D., WEN, X., ZENG, Y. and QIAN, Y., 2006. Decolourization of a Textile-Reactive Dye With *Phanerochaete chrysosporium* Incubated in Different Ways Under Non-Sterile Conditions. *Water Practice Technology*, 5: 10801-10806
- GEORGIOU, D., DINSKE, J., METALLINO, C. and AIVASIDIS, A., 2003. Decolorization of Azo-Reactive Dyes and Cotton-Textile Wastewater Using Anaerobic Digestion and Acetate-Consuming Bacteria. 8. International Conference on Environmental Science and Technology, Greece, 253-260.
- GOLZ-BERNER, K., WALZEL, B., ZASTROW, L. and DOUCET, O., 2004. Cosmetic and Dermatological Preparation Containing Copper-Binding Proteins for Skin Lightening. *Int Pat Appl.* WO2004017931.
- HAGHIGHI, B., GORTON, L., RUZGAS, T. and JONSSON, L.J., 2003. Characterization of Graphite Electrodes Modified With Laccase From *Trametes versicolor* and Their Use For Bioelectrochemical Monitoring of Phenolic Compounds in Flow Injection Analysis. *Anal. Chim. Acta*, 487: 3-14.
- HEINFLING, A., BERGBAUER, M. and SZEWZYK, U., 1997. Biodegradation of Azo and Phthalocyanine Dyes by *Trametes versicolor* and *Bjerkandera adusta* *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 48: 261-266.
- HU, T.L. and WU, S.C., 2001. Assessment of The Effect of Dye RP₂B on The Growth of a Nitrogen Fixing Cyanobacterium – *Anabaena* sp. *Bioresource Technology*, 77: 93-95.
- IŞIK, M. and SPONZA, D.T., 2003. Effect of Oxygen on Decolorization of Azo Dyes by *Escherichia coli* and *Pseudomonas* sp. and Fate of Aromatic Amines. *Process Biochemistry*, 38: 1183-1192.
- JAOUANİ, A., TABKA, M.G. and PENNICKX, M.J., 2006. Lignin Modifying Enzymes of *Coriolopsis polyzona* and Their Role in Olive Oil Mill Wastewater Decolourisation. *Chemosphere*, 9: 1421-1430.

- JONES, J.J. and FALKINHAM III. J.O., 2003. Decolorization of Malachite Green and Crystal Violet by Waterborne Pathogenic Mycobacteria. Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 7: 2323-2326.
- KAPDAN, İ.K. and KARGI, F., 2000. Atık Sulardan Tekstil Boyar Maddelerinin Adsorpsiyonlu Biyolojik Arıtım İle Giderimi. Turk J. Engin. Environ. Sci., 24: 161-169.
- KESTİOĞLU, K. and YALILI, M., 2006. Yüksek KOİ İçerikli Tekstil Atık Sularının Kimyasal Çökeltim ve Adsorpsiyon Yöntemleriyle Arıtılabilirliği. Ekoloji, 59: 27-31.
- KIRBY, N., MARCHANT, R. and MCMULLAN, G., 2000. Decolourisation of Synthetic Textile Dyes by *Phlebia tremellosa*. FEMS Microbiology Letters, 188: 93-96.
- KOCAER, F.O. and ALKAN, U., 2002. Boyar Madde İçeren Tekstil Atık Sularının Arıtım Alternatifleri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi, 1: 47-55.
- KÖK, K., 1998. Endüstriyel Atık Sular ve Uygulanabilecek Kontrol ve Yöntemler. I. Atık Su Sempozyumu, Kayseri, 96-101.
- KUHAD, R.C., SINGH, A. and ERİKSSON, K., 1997. Microorganisms and Enzymes Involved in The Degradation of Plant Fiber Cell Wall. In: Eriksson KEL, Editor. Biotechnology in The Pulp and Paper Industry. Advances in Biochemical Engineering Biotechnology. Berlin: Springer Verlag: 1997.
- KUAİ, L., DE VREESE, I. and VANDEVIVERE, P., 1998. GAC-Amended UASB Reactor for The Stable Treatment of Toxic Textile Wastewater. Environmental Technology, 19: 1111-1117.
- KURBANOVA, R., MIRZAOĞLU, R., AHMEDOVA, G., ŞEKER, R. and ÖZCAN, E., 1998. Boya ve Tekstil Kimyası ve Teknolojisi. Selçuk Üni. Fen-Edeb. Fak. Yay. No: 34, Konya, 264.

- MACHADO, K.M.G., MATHEUS, D.R. and BONONI, V.L.R., 2005. Ligninolytic Enzymes Production and Removal of Brilliant Blue R Decolorization by Tropical Brazilian Basidiomycetes Fungi. *Brazilian Journal of Microbiology*, 36: 246-252.
- MACHADO, K.M.G., COMPART, L.C.A., MORAIS, R.O., ROSA, L.H. and SANTOS, M.H., 2006. Biodegradation of Reactive Textile Dyes by Basidiomycetous Fungi From Brazilian Ecosystem. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37: 481-487.
- MAZMANCI, M.A., AYTEN, N., AY, T., ÜNYAYAR, A. and ERKURT, E.A., 2006. *Luffa cylindrica*’ ya Tutuklanmış Beyaz Çürükçül Fungus *Funali trogii* ATCC 200800 İle Drimaren Blue K2RL Boyar Maddesinin Renk Giderimi. 5. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İstanbul.
- MECHİCHİ, H.Z., MECHİCHİ, T., DHOUB, A., SAYADI, S., MARTÍNEZ, A.T. and MARTÍNEZ, M.J., 2006. Laccase Purification and Characterization From *Trametes trogii* Isolated in Tunisia: Decolorization of Textile Dyes by The Purified Enzyme. *Enzym. and Microbial Technology*, 39: 141-148.
- MINUSSI, R.C., DE MORAES, S.G., PASTORE, G.M. and DURAN, N., 2001. Biodecolorization Screening of Synthetic Dyes by Four White – Rot Fungi in a Solid Medium: Possible Role of Siderophores. *Letters in Appl. Microbiol.*, 33: 21-25.
- MOHORČIĆ, M., FRIENDRICH, J. and PAVKO, A., 2004. Decoloration of The Diazo Dye Reactive Black 5 by Immobilised *Bjerkandera adusta* in a Stirred Tank Bioreactor. *Acta Chim. Slov.*, 51: 619-628.
- MOREIRA, M.T., MIELGO, I., FEIJO, G. and LEMA, J.M., 2000. Evaluation of Different Fungal Strains in The Decolourisation of Synthetic Dyes. *Biotechnology Letters*, 22: 1499-1503.

- MURUGESAN, K., DHAMİJA, A., NAM, I.-H., KIM, Y.-M., and CHANG, Y.-S., 2006. Decolourization of Reactive Black 5 by Laccase: Optimization by Response Surface Methodology. *Dyes and Pigments*, 1-9.
- NAGARATHNAMMA, R. and BAJPAI, P., 1999. Decolorization and Detoxification of Extraction-Stage Effluent From Chlorine Bleaching of Kraft Pulp by *Rhizopus oryzae*. *Appl. and Environmental Microbiology*, 3: 1078-1082.
- NAUMCYZK, J., SZYPRKOWİCZ, L. and ZILIO-GRANDI, F., 1996. Electrochemical Treatment of Textile Wastewaters. *Water Science and Technology*, 34(11): 17-24.
- NEMEROV, N.L., 1978. Industrial Water Pollution Characteristic and Treatment. Addison-Wesley Publishing Company, 733s.
- NİLSSON, I., MÖLLER, A., MATTİASSON, B., RUBİNDAMAYUGİ, M.S.T. and WELANDER, U., 2006. Decolorization of Synthetic and Real Textile Wastewater by The Use of White – Rot Fungi. *Enzyme and Microbial Technology*, 38: 94-100.
- NYANHANGO, G.S., GOMES, J., GÜBITZ, G.M., ZVAUYA, R., READ, J. and STEİNER, W., 2002. Decolorization of Textile Dyes by Laccase From a Newly İsolated Strain of *Trametes modesta*. *Water Res.*, 36: 1449-1465.
- OLIKKA, P., ALHONMAKI, K., LEPPANEN, V-M., GLUMOFF, T., RAIJOLA, T. and SUOMİNEN, I., 1993. Decolorization of Azo, Triphenly Methane, Heterocyclic and Polymeric Dyes by Lignin Peroxidase Isoenzymes From *Phanerochaete chrysosporium*. *Appl. Environ. Microbio.*, 12: 4010-4016.
- ÖZCAN, Y., 1984. Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Sayı 3176, No:60, Fatih Yayınevi Matbaası, İstanbul.

- ÖZMIHÇI, S. and KARGI, F., 2004. Toz Aktif Çamurun Değişik Boyar Maddelerin Gideriminde Biosorpsiyon Performansının Değerlendirilmesi. I. Ulusal Çevre Kongresi, Sivas, 479-486.
- PAGGA, U. and BROWN, D., 1986. The Degradation of Dyestuffs: Part II Behaviour of Dyestuffs in Anaerobic Biodegradation Tests. Chemosphere, 15(4): 479-491.
- PARK, C., LEE, M., LEE, B., KİM, S.-W., CHASE, H.A., LEE, J. and KİM, s., 2006. Biodegradation and Biosorption for Decolorization of Synthetic Dyes by *Funalia trogii*. Biochemical Engineering Journal, 17: 1-7.
- PHILIPS, D., 1996. Enviromentally Friendly, Productive and Realiabe: Priorited for Cotton Dyes and Dyeing Processes. J. Soc. Dyers Color., 12: 183-186.
- PERKINS, W.S., WALSH, W.K., REED, I.E. and NAMBOODRI, C.G., 1995. A Demonstration of Reuse of Spent Dyebath Water Following Color Removal With Ozone. Textile Chemist and Colorist, 28(1): 31-37.
- RAFFI, F., MOORE, J.D., RUSELER-VAN EMBDEN, J.G.H. and CERNIGLIA, C.E., 1995. Bacterial Reduction of Azo Dyes Used in Foods, Drugs and Cosmetics, Microecology and Therapy, 25: 147-156.
- RAJAGURU, P., KALAISELVI, K., PALANIVEL, M. and SUBBURAM, V., 2000. Biodegradation of Azo Dyes in a Sequential Anaerobic-Aerobic System. Appl. Microbiol. Biotechnol., 54: 268-273.
- RAPER, J. and MILLER, R., 1972. Genetics Analysis of The Life Cycle of *Agaricus bisporus*. Mycologia, 64: 1088-1117.
- RAMALHO, P.A., CARDOSO, M.H., CAVACO-PAULO, A. and RAMALHO, M.T., 2004. Characterization of Azo Reduction Activity in a Novel Ascomycete Yeast Strain. Appl. and Environmental Microbiology, 70(4): 2279-2288.
- RAMCHANDANI, S., DAS, M. and KHANNA, S.K., 1994. Fd. Chemic. Toxic, 32(6): 559-563.

- RAMSAY, J.A., MOK, W.H.W., LUU, Y.-S. and SAVAGE, M., 2005. Decoloration of Textile Dyes by Alginated - Immobilized *Trametes versicolor*. Chemosphere, 61: 956-964.
- RAMSAY, J.A. and NGUYEN, T., 2002. Decoloration of Textile Dyes by *Trametes versicolor* and Its Effect on Dye Toxicity. Biotechnology Letters, 24: 1757-1761.
- RENGANATHAN, S., THILAGARAJ, W.R., MIRANDA, L.R., GAUTAM, P. and VELAN, M., 2006. Accumulation of Acid Orange 7, Acid Red 18 and Reactive Black 5 by Growing *Schizophyllum commune*. Bioresource Technology, 97: 2189-2193.
- REVENKAR, M.S. and LELE, S.S., 2007. Synthetic Dye Decolorization by White Rot Fungus, *Ganoderma* sp. WR-1. Bioresource Technology, 98: 775-780.
- ROBINSON, T., MCMULLAN, G., MARCHANT, R. and NIGAM, P., 2001. Remediation of Dyes in Textile Effluent: A Critical Review on Current Treatment Technologies With a Proposed Alternative. Bioresource Technology, 77:247-255.
- ROGALSKI, J., LUNDELL, T., LEONOWICZ, A. and HATAKKA, A., 1991. Production of Laccase Lignin Peroxidsase by Various Strains of *Trametes versicolor* Depending on Culture Condition. Acta Microbiological Polnica, 40: 221-234.
- RYS, P. and ZOLLINGER, H., 1972. Fundamentals of The Chemistry and Application of Dyes, Willey, London, 3-21, 160-183, 83.
- SANI, R.K., AZMI, W. and BANERJEE, U.C., 1998. Comparison of Static and Shaken Culture in Decolorization of Textile Dyes and Dye Effluent by *Phanerochaete chrysosporium*. Folia Microbiol., 43(1): 85-88.
- SARIOĞLU, M. and DEAN, C., 1998. Tekstil Atık Sularından Renk Giderimi İçin UASB(Yukarı Akışlı Çamur Yatağı) Reaktörünün Kullanılması Örneği. İ.T.Ü. 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, 37-42.

- SHİN, M., NGUYEN, T. and RAMSAY, J., 2002. Evulation of Support Materials for The Surface İmmobilization and Decolorization of Amaranth by *Trametes versicolor*. Appl. Microbiol. Biotechol, 60: 218-233.
- STAMETS, P., 2000. Growing Gournet and Medicinal Mushrooms 3RD ED., Ten Speed Pres, Berkely, C.A., 382-386.
- SWAMY, J., 1998. The Biodecoloration of Textile Dyes by White – Rot Fungus *Trametes versicolor*. A Master Thesis Submitted to The Department of Chemical Engineering, 1-100.
- SWAMY, J. and RAMSAY, J.A., 1999. The Evaluation of White – Rot Fungi in The Decolorization of Textile Dyes. Enzyme. Microb. Technol., 24: 130-137.
- ŞEN, S. and DEMİRER, G.N., 2003. Anaerobic Treatment of Real Textile Wastewater With a Fluidized Bedreactor. Water Research, 37: 1868-1878.
- TALARPOSHTI, A.M., DONNELLY, T. and ANDERSON, G.K., 2000. Colour Removal From a Simulated Dye Wastewater Using a Two-Phase Anaerobic Packed Bed Reactor. Water Research, 35(2): 425-432.
- TEMİZ, A., 1994. Genel Mikrobiyoloji Uygulama Teknikleri. Şafak Matbaacılık, Ankara, 86-89.
- UĞURLU, M., 2003. Kağıt Endüstrisi Atık Sulardan Lignin ve Fenol'ün Perlit Minerali İle Giderimi. Ekoloji, 47: 11-16.
- URRA, J., SEPULVEDA, L., CONTRERAS, E. and PALMA, C., 2006. Screening of Static Culture and Comparison of Batch and Continuous Culture for The Textile Dye Biological Decolorization by *Phanerochaete chrysosporium*. Brizilian J. of Chemical Engineering, 03: 281-290.
- UZAL, N., YILMAZ, L. and YETİŞ, Ü., 2005. İndigo Boyama Atıklarının Ön Arıtımı: Kimyasal Çöktürme Ön Filtrasyon Süreçlerinin Karşılaştırılması. 6. Ulusal Çevre Müh. Kongresi, 429-437.
- ÜÇPINAR, S., 2003. Sıvı Atıklar. Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 5: 9-18.

- VANDEVIVERE, P.C., BIANCHI, R. and VERSRAETE, W., 1998. Treatment and Reuse of Wastewater From The Textile Wet – Processing Industry: Review of Emerging Technologies. Chem. Technol. Biotechnol., 72: 289-302.
- YEŞİLADA, Ö., 1995. Decolorization of Crystal Violet by Fungi. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 11: 601-602.
- YEŞİLADA, Ö., and BOZCUK, A.N., 1990. Alkol Fabrikası Atığının Renginin Gideriminde Bazı Beyaz Çürükçül Fungusların Kullanımı. Çevre Biyolojisi Sempozyumu, Ankara.
- YEŞİLADA, Ö., and TOPÇUOĞLU, F. Ş., ÜNYAYAR, A., ÜNYAYAR, S., FIŞKIN, K. and BOZCUK, s., 1990. Şlempe İçeren İnkübasyon Ortamında Bazı Beyaz Çürükçül Funguslarda Absisik Asit(ABA) Üretimi. 5. Ulusal Biyoloji Kongresi, Erzurum.
- YEŞİLADA, Ö., and ÖZCAN, B., 1998. Decolorization of Orange II Dye With The Crude Culture Filtrate of White Rot Fungus, *Coriolus versicolor*. Tr. J. of Biology, 22: 463-476.
- YEŞİLADA, Ö., ASMA, D. and CİNG, S., 2003. Decolorization of Textile Dyes by Fungal Pellets. Process Biochemistry, 38: 933-938.
- WESENBERG, D., BUCHON, F. and AGATHOS, S.N., 2002. Degradation of Dye Containing Textile Effluent by Agaric White - Rot Fungus *Clitocybula dusenii*. Biotechnology Letters, 24: 989-993.
- WON, S.W., KIM, H.-J., CHOI, S.-H., CHUNG, B.-W., KIM, K.-J. and YUN, Y.-S., 2006. Performance, Kinetics and Equilibrium in Biosorption of Anionic Dye Reactive Black 5 by The Waste Biomass of *Crynebacterium glutamicum* As a Low – Cost Biosorbent. Chemical Engineering Journal, 121: 37-43.

www.hiddenforest.co.nz

www.ilmyco.gen

ZAOYAN, Y., KE, S., GUANGLING, S., FAN, Y., JINSHAN, D. and HUANIAN, M., 1992. Anaerobic – Aerobic Treatment of a Dye Wastewater by Combination of RBC With Activated Sludge. *Water Sci. Technol.*, 26(9-11): 2093-2096.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Adana’da doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi Adana’da tamamladım. 2000 yılında Ç.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’nde lisans eğitimime başladım. 2004 yılında Biyolog lisansı ile mezun oldum. 2005 yılında Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Pedagojik Formasyon (Tezsiz Yüksek Lisans) programını tamamladım. 2005 yılında Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimime başladım. Halen öğrenimime devam etmekteyim.