

**REAKTİF BOYALARIN MİKOORGANİZMALAR KULLANILARAK  
GİDERİLMESİ**

**REMOVAL OF REACTIVE DYES BY USING  
MICROORGANISMS**

**ZEYNEP KEVSER İĞDE**

**PROF. DR. NEVİN KESKİN**

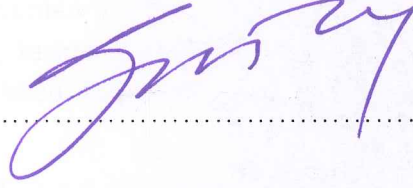
**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

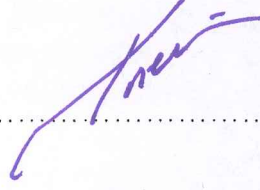
2017

**ZEYNEP KEVSER İĞDE'** nin hazırladığı "**Reaktif Boyaların Mikroorganizmalar Kullanılarak Giderilmesi**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BİYOLOJİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

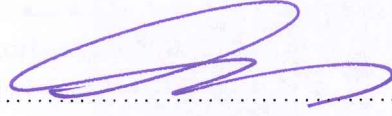
Prof. Dr. Emir CANSUNAR  
Başkan



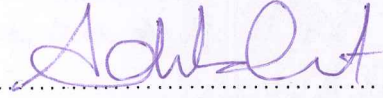
Prof. Dr. Nevin KESKİN  
Danışman



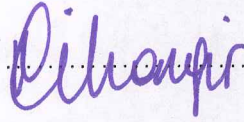
Prof. Dr. Güven URAZ  
Üye



Prof. Dr. Aydın AKBULUT  
Üye



Prof. Dr. Nilüfer CİHANGİR  
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenikle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin/Raporumun 16.06.2022 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun ..... tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

16. / 06 / 2022

  
(İmza)

Öğrencinin Adı Soyadı

Zeynep Kerem İGİT

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

11/05/2017



Zeynep Kevser İğde

## ÖZET

# REAKTİF BOYALARIN MİKROORGANİZMALAR KULLANILARAK GİDERİLMESİ

**ZEYNEP KEVSER İĞDE**

**Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nevin KESKİN**

**Mayıs 2017, X + 50 Sayfa**

Endüstriyel atıksular dünyanın birçok yerinde ciddi çevre kirliliğine neden olmaktadır.

Buna neden olan kirleticilerden biri olan sentetik azo boyaları, tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Azo boyaları kompleks yapılarından dolayı degradasyonu zor moleküllerdir.

Son yıllarda, boya içeren atıksuların biyosorpsiyonu ve biyodegradasyonu için mikroorganizmaların kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Boyaların biyolojik giderimi, diğer giderim yöntemlerine göre ekonomik, etkili ve zararsızdır.

Bu çalışmada, Reaktif Black 5 (RB-5), Reaktif Green 19 (RG-19), Reaktif Brown 10 (RB-10) ve Solochrome Black (SB) boyalarının renk giderimi *Phanerochaete chrysosporium* ve *Chlorella vulgaris* kullanılarak araştırılmıştır. BBM (Bold Basal Medium) besi yerinde üretilen *Chlorella vulgaris*' ten etkili bir sonuç alınamadığından, çalışmaya *P. chrysosporium* ile devam edilmiştir. *P. chrysosporium* ile, en iyi renk giderim oranı denenen besi yerleri arasında, Tien-Kirk besi yerinde, Reactive Black 5 boyasında, %92,5 olarak elde edilmiştir. Diğer boyaların dekolorizasyon oranları ise RG-19 için %83, RB-10 için %63 ve SB için

%63 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle çalışma, RB-5 ve Tien-Kirk besi yeri ile sürdürülmüştür.

Boya konsantrasyonu, pH, sıcaklık, çalkalama hızı, N ve C kaynakları gibi parametrelerin renk giderimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Renk giderimi spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler SPSS 15 Software kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, Reactive Black 5, Reactive Brown ve Solochrome Black boyalarında 3. günün sonunda maksimum renk giderimi gözlenirken, Reactive Green boyasının maksimum renk giderimi 5. günün sonunda gözlenmiştir.

Optimizasyon çalışmalarında denenen parametreler arasında en iyi dekolorizasyonun, pH 4,5' ta, 150 rpm çalkalama hızında, 30 °C sıcaklığında olduğu gözlenmiştir. Denenen karbon kaynakları arasında en iyi renk gideriminin, nişasta içeren besi yerinde ve azot kaynaklarının denendiği besi yerlerinde ise azot içermeyen besi yerinde olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre *Phanerochaete chrysosporium*' un RB-5 boyasının renk giderimi üzerinde oldukça etkili olduğu neticesine varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** *Phanerochaete chrysosporium*, *Chlorella vulgaris*, azo boyaları, biyodegradasyon

## ABSTRACT

### REMOVAL OF REACTIVE DYES BY USING MICROORGANISMS

**ZEYNEP KEVSER İĞDE**

**Master, Department of Biology**

**Supervisor: Prof. Dr. Nevin KESKİN**

**MAY 2017, X + 50 Pages**

Industrial wastewater causes serious environmental pollution in many parts of the world.

Synthetic azo dyes, one of the pollutants causing this, are widely used in the textile industry. Azo dyes are difficult molecules to degrade due to their complex structures.

In recent years, many studies have been carried out using microorganisms for biosorption and biodegradation of dye-containing wastewaters. The biological remediation of the dyes is economical, effective and harmless compared to other remediation methods. The biological remediation of the dyes is economical, effective and harmless compared to other treatment methods.

In this study, the color removal of Reactive Black 5 (RB-5), Reactive Green 19 (RG-19), Reactive Brown 10 (RB-10) and Solochrome Black (SB) dyes was investigated using *Phanerochaete chrysosporium* and *Chlorella vulgaris*. The study was carried on with *P. chrysosporium* since no effective result was obtained from *Chlorella vulgaris* produced in the BBM (Bold Basal Medium) medium. It was obtained with *P. chrysosporium* at the Tien-Kirk feeder, Reactive Black 5, 92.5%,



among the best color removal rate tested. Decolorization rates of other dyes were determined as 83% for RG-19, 63% for RB-10 and 63% for SB. For this reason, the experiment has been diluted with RB-5 and Tien-Kirk media.

The effects of parameters such as dye concentration, pH, temperature, agitation speed, N and C sources on color removal were investigated. Color removal is measured spectrophotometrically. The obtained data were analyzed using SPSS 15 Software. As a result of the work done, Reactive Black 5, Reactive Brown and Solochrome Black dyes showed maximum color clearance at the end of the third day, while Reactive Green, maximum decolorization was observed at the end of the fifth day.

Among the parameters tested in the optimization studies, the best decolorization was observed at a pH 4.5, a shaking speed of 150 rpm and a temperature of 30 °C. Among the tested carbon sources, the best color removal was observed in the nutrient-free medium, in starch-containing medium and in nitrogen-rich medium.

According to the results obtained from this study, it is concluded that Phosphate RB-5 dye of *Phanerochaete chrysosporium* is very effective on color removal.

Keywords: *Phanerochaete chrysosporium*, *Chlorella vulgaris*, azo dyes, biodegradation



## TEŞEKKÜR

Lisans eğitimimden bugüne kadar bana her konuda yardımcı olan, tecrübesini, bilgisini, sevgisini esirgemeyen, çok değerli danışmanım, Prof. Dr. Nevin KESKİN' e, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez süresince yaptığım çalışmalarda yardımlarını esirgemeyen, değerli hocalarım Prof. Dr. Nilüfer CİHANGİR' e, Prof. Dr. Emir CANSUNAR' a, Prof. Dr. Aydın AKBULUT' a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tanıştığımız günden beri, bana destek olan, laboratuvarında geçen günleri eğlenceli ve değerli kılan, zor zamanlarımda beni motive eden canım arkadaşlarım İrem ÇELEBİER ve Meltem ULUSOY'a çok teşekkür ederim.

Çalışmam süresince bana birçok konuda yardımcı olan, neşesiyle motive eden, Özgecan ERDEM'e,

Takıldığım noktalarda bana yardımcı olan, ErKay ÖZGÖR' e,

Ligninolitik enzim ölçme konusunda yardımcı olan, Arş. Gör. Doruk ARACAGÖK' e, çalışmamda ihtiyaç duyduğum bazı kimyasalların temininde yardımcı olan Arş. Gör. Fatma ZİLİFDAR' a, teşekkür ederim.

Çocukluğumdan beri her anımda yanımda olan ve ölene kadar olmasını temenni ettiğim dostum Selin YILDIZ' a,

Lisans dönemimde hayatıma giren, dertlerimi sabırla dinleyen, birlikte gülüp ağladığım, her konuda yanımda olan canım arkadaşım Yağmur AKIN' a çok teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, canım aileme sabırları, destekleri, sevgileri ve tüm fedakarlıkları için çok teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Tekstil Endüstrisi Kaynaklı Su Kirliliği.....	3
2.1.1. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Boyalar .....	6
2.1.2. Tekstil Azo Boyaları .....	6
2.2. Boyar Maddelerin Giderim Yöntemleri .....	10
biyolojik giderim yöntemleri.....	10
2.2.1. Fiziksel Giderim Yöntemleri .....	10
2.2.2. Kimyasal Giderim Yöntemleri.....	10
2.2.3. Biyolojik Giderim Yöntemleri .....	12
2.2.3.1. Biyolojik Dekolorizasyon Mekanizmaları.....	13
2.2.3.2. <i>Phanerochaete chrysosporium</i> 'un Ligninolitik Sistemi.....	16
3. MATERYAL VE METOD .....	18
3.1.Kullanılan Mikroorganizmalar .....	18
3.2.Kullanılan Boyalar .....	18
3.3. Boya Çözeltilerinin Kullanıma Hazırlanması ve Dalga Boylarının Saptanması.....	18
3.4. Kullanılan Besiyerleri.....	19
3.5.Çalışmada Kullanılan <i>Chlorella vulgaris</i> ' in Üretimi ve Boya Giderim Oranları .....	22
3.6. Çalışmada Kullanılan Fungus; <i>Phanerochaete chrysosporium</i> Üretimi ve Saklanması .....	22
3.7.YPGM Besi Yerinin Dekolorizasyonda Kullanılması.....	23
3.8. <i>Phanerochaete chrysosporium</i> ' un Spor Solüsyonunun Hazırlanması.....	23

3.9. <i>Phanerochaete chrysosporium</i> ' un Sıvı Besi Yerinde Üretilmesi ve Saklanması .....	23
3.10. <i>Phanerochaete chrysosporium</i> ' un Boyar Madde Giderim Oranları ve Boya Seçimi .....	24
3.11. İnokülüm Miktarının Dekolorizasyona Etkisi .....	24
3.12. Başlangıç pH' sının Dekolorizasyona Etkisi .....	24
3.13. Boya Konsantrasyonunun Dekolorizasyona Etkisi .....	24
3.14. Sıcaklığın Dekolorizasyona Etkisi .....	25
3.15. Azot Kaynağının Dekolorizasyona Etkisi .....	25
3.16. Karbon Kaynağının Dekolorizasyona Etkisi .....	25
3.17. Çalkalama Hızının Dekolorizasyona Etkisi .....	25
3.18. Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi .....	26
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	27
4.1. <i>Chlorella</i> sp. ' nin Boyar Madde Giderim Oranları .....	27
4.2. YPGM besi yerinin dekolorizasyona etkisi, .....	27
4.3. <i>Phanerochaete chrysosporium</i> ' un Boyar Madde Giderim Oranları ve Maksimum Giderim Olan Boyanın Belirlenmesi .....	28
4.4. İnokülüm Miktarının Dekolorizasyona Etkisi .....	30
4.5. Başlangıç pH' sının Dekolorizasyona Etkisi .....	32
4.6. Boya Konsantrasyonunun Dekolorizasyona Etkisi .....	34
4.7. Sıcaklığın Dekolorizasyona Etkisi .....	35
4.8. Azot Kaynağının Boya Dekolorizasyonuna Etkisi .....	36
4.9. Karbon kaynağının Dekolorizasyona Etkisi .....	39
4.10. Çalkalama Hızının <i>P. chyrosporium</i> ' un Dekolorizasyonuna Etkisi .....	40
5. KAYNAKLAR .....	41

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1: Tekstil Sanayii (Pamuklu Tekstil ve Benzerleri).....	5
Çizelge 2.2: Tekstil sanayinde yaygın kullanılan azo boyaların kimyasal formülleri ve renk indeksleri.....	7
Çizelge 2.3: Canlı hücreler ile renk giderimi sonuçları.....	13
Çizelge 2.4: Ölü fungal hücrelerle renk giderim sonuçları.....	14
Çizelge 3.1: Boyar maddelerin maksimum absorban değerleri.....	17
Çizelge 3.2: YPGM modifiye besi yerinin içeriği.....	18
Çizelge 3.3: Tien-Kirk besi yeri içeriği.....	19
Çizelge 3.4: BBM besi yeri içeriği.....	20
Çizelge 4.1: YPGM besi yerinde <i>P. chrysosporium</i> 'un boya giderim oranları ve kuru ağırlıkları.....	25
Çizelge 4.2: <i>P. chrysosporium</i> ile RB 5, RG 19, RB 10, SB boyalarının renk giderim oranları.....	27
Çizelge 4.3: pH değerlerinin RB-5 boyasının renk giderimine etkisi.....	31
Çizelge 4.4: Çeşitli azot kaynaklarının RB-5 boyasının renk giderimine etkisi ve fungus kültürlerinin kuru ağırlıkları.....	35
Çizelge 4.5: Farklı karbon kaynaklarına bağlı olarak elde edilen dekolorizasyon oranları.....	37
Çizelge 4.6: Çalkalama hızına bağlı olarak elde edilen renk giderim yüzdeleri ve peletlerin kuru ağırlıkları.....	38

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Reactive Black 5 boyasının kimyasal yapısı.....	7
Şekil 2.2: Reactive Brown boyasının kimyasal yapısı .....	8
Şekil 2.3: Reactive Green 19 boyasının kimyasal yapısı.....	8
Şekil 2.4: Solochrome Black boyasının kimyasal yapısı.....	8
Şekil 2.5 : <i>Phanerochaete chrysosporium</i> ' un lignolitik sistemi.....	16
Şekil 4.1: YPGM besi yerinde üretilen <i>P. chrysosporium</i> peletlerinin renk gideriminden sonra kurutulması.....	26
Şekil 4.2: Reactive Green boyasının renk gideriminden önceki ve sonraki görüntüsü .....	28
Şekil 4.3 : Reactive Black-5 boyasının renk gideriminden önceki ve sonraki görüntüsü .....	28
Şekil 4.4: Mikroorganizma inokülüm miktarının RB-5 dekolorizasyonuna olan etkisi.....	29
Şekil 4.5: 5 ml mikroorganizma ekimi yapılmış olan kültürde (RB-5 boyası) meydana gelen renk giderimi .....	30
Şekil 4.6 : pH değerlerinin RB-5 dekolorizasyonuna olan etkisi.....	32
Şekil 4.7: Boya konantrasyonuna bağlı olarak RB-5' in dekolorizasyon oranları .....	33
Şekil 4.8: Sıcaklık artışının RB-5 boyasının renk giderimine etkisi.....	34
Şekil 4.9: RB-5 boyasının dekolorizasyon öncesi .....	36
Şekil 4.10 : Yeast ekstrakt içeren besi yerindeki renk giderimi.....	36

Şekil 4.11: Azot kaynağı eklenmeyen besi yerindeki renk giderimi .....36

Şekil 4.12: Sodyum Nitrat içeren besi yerindeki renk giderimi.....36



# 1. GİRİŞ

Son yıllar boyunca sanayileşme nedeniyle çeşitli su kaynaklarının kirlenmesinde endişe verici bir artış olmuştur [1]. Tekstil endüstrisi su kütlelerinin kirlenmesine öncülük etmektedir. Az miktarda organik boyanın bile suda oluşturduğu renk çok önemlidir, çünkü olası zararlı etkilerinin yanı sıra sudaki renk, estetik açıdan rahatsız edicidir [2].

Günümüzde sentetik boyalar içeren atıkların boşaltılmasına büyük önem verilmektedir. Her yıl sanayi atıklarında 280.000 ton tekstil boyası tahliye edilmektedir [3].

Ticari sentetik boyalar arasında, azo boyaları geniş bir renk yelpazesine ve yapıya sahip en büyük sınıftır ve toplam tekstil boyar maddelerinin % 70'i kadarını temsil etmektedir [4].

Azo boyaları, gıda, ilaç, kağıt, kozmetik, tekstil ve deri endüstrilerindeki çeşitli uygulamalarda düzenli olarak kullanılmaktadır [5].

Bu boyalar, azo bağına sahip (-N = N-) aromatik ve heterosiklik bileşikler sınıfına ait olup, toksik, mutajenik ve hatta kanserojenik özelliklere sahiptirler. Bu olumsuz özellikleri, doğada, bitki, hayvan ve insanlar da dahil olmak üzere, yaşam sistemini etkilemektedir [6].

Bu atıkların çevreye salınması, boyaların ve bunların parçalanma ürünlerinin zararlı etkileri ciddi çevre sorunlarına sebep olduğundan istenmemektedir. Bu nedenle, boya ihtiva eden atık suyun çevreye boşaltılmadan önce arıtım işlemine tabi tutulması son derece önemlidir [7],[8].

Kapsamlı şekilde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları, boyaların iyileştirilmesi için çevre dostu bir alternatif olarak biyolojik yöntemlere odaklanmıştır [9]. Azo boya biyodegradasyonu üzerine yapılan birçok çalışma, yüksek aktiviteleri, yaygın dağılımları ve güçlü uygulanabilirliği sebebi ile bakteri ve mantar üzerine yoğunlaşmıştır [10]. Bununla birlikte, dekolorizasyon sonrası oluşan aromatik aminler gibi ürünler bakterilerin aktivitesini engelleyebilmektedir [11]. Buna karşın funguslar, kompleks organik bileşikleri;



lakkaz, mangan peroksidaz ve lignin peroksidaz gibi hücre dışı ligninolitik enzimler ile katalizör yoluyla degrade edebilmektedir [12].

*Pleurotus ostreatus*, *Pichia sp.*, *Penicillium sp.* ve *Candida tropicalis* gibi birçok fungal türün, azo boyalarını adsorpsiyon ve/veya enzimatik aktivite ile renksizleştirdiği teyit edilmiştir. Ayrıca, bazı funguslar azo boyalarını kısmen veya tamamen mineralize edebilir [13].

Bu çalışmada; beyaz çürükçül fungus olan *Phanerochaete chrysosporium* ve bir alg türü olan *Chlorella vulgaris*, ticari değeri olan ve azo grubu içerisinde bulunan Reactive Black 5, Reactive Green 19, Reactive Brown 10 ve Solochrome Black boyalarının renk giderimi için çalışılmış ve çeşitli parametreler denenerek optimize edilmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Tekstil Endüstrisi Kaynaklı Su Kirliliği

Son yıllarda sanayinin hızla gelişmesi ile tekstil endüstrisinde de önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Daha dayanıklı ve uzun ömürlü ürünler üretilmesi amacı ile uygulanan işlemler sonucunda, bazı organik ve inorganik kirleticiler atık sulara karışmaktadır [15].

Su kirliliği, genel anlamda evsel ve endüstriyel atıkların, tarımda kullanılan doğal ve yapay maddelerin su ortamlarına arıtılmaksızın boşaltılmaları gibi sebeplerle gerçekleşir.

Tercih edilen kimyasallar ve işlem sırasında kullanılan su hacmi, ortaya çıkan atık suyun miktarını ve özelliklerini belirleyen önemli etkenlerdir [14].

Atıksuların özellikleri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç kısımda incelenmektedir [15].

**Fiziksel özellikleri;** suyun sıcaklığı, pH'ı, kokusu ve tadı, renk ve bulanıklığı, suda bulunan toplam katı madde derişimidir. Sıcaklık ve pH, nehirlerdeki ve göllerdeki biyolojik aktivitenin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır. Sıcaklık, gazların sudaki çözünürlüğüne etki etmektedir.

**Kimyasal özellikleri,** atık suda bulunan azotlu ve fosforlu maddeler, ağır metaller, radyoaktif maddeler, yağ/gres, deterjanlar ve pestisitler tarafından belirlenmektedir. Bu kirleticiler suyun yoğunluğunu, osmotik basıncını, iletkenliğini, tuzluluğunu etkileyerek sudaki canlıların yaşamını negatif olarak etkilemektedir.

**Biyolojik özelliklerini ise,** patojenik bakteri, virüs ve protozoa gibi mikroorganizmalar oluşturmaktadır [16].

Endüstriyel atık sular, ayrışmaz ya da güç ayrışabilir türden maddelerin yanı sıra, toksik bileşenleri de içerdiklerinden, bu suların alıcı ortamlara boşaltılmalarının etkileri çok daha olumsuz ve kalıcıdır [17].

Renkli atık sular içerisinde, tekstil endüstrisinden ve boyar madde endüstrisinden kaynaklanan atık sular, içeriği sebebi ile arıtımı en zor olanlardır. Bu

endüstrilerden kaynaklanan atık sular yüksek alkalinite, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, total çözünmüş katı madde, ile genellikle 1 g/dm<sup>3</sup> 'ün altında boya konsantrasyonu ile karakterize edilmektedir [18].

Tekstil endüstrileri, yaş dokuma işlemleri için fazla miktarda su ve kimyasal tüketmektedir. Boyama işlemleri ve diğer işlemlerde kullanılan bu organik ve inorganik formdaki bileşiklerin çeşitliliği ile ortaya çıkan atık suların içeriği de farklılık göstermektedir.

Her yıl sanayi atıklarında 280.000 ton tekstil boyası tahliye edilmektedir [19].

Reaktif boyalarla 1 kg pamuğu boyamak için 0.6-0.8 kg NaCl, 30-60 g boya maddesi ve 70-150 L su gereklidir; Bu işlem sonucunda üretilen atık su, % 20 oranında sabitlenmemiş reaktif boya, yüksek tuz içeriği ve boyamaya yardımcı maddeleri içermektedir [20].

Bu boyar maddelerin bazı sucul organizmalarda birikmesi ile toksik ve kanserojenik ürünler meydana gelebilmektedir. Bu nedenle renkli tekstil endüstrisi atık sularının dekolorizasyonu ekoloji açısından da önemlidir [21],[22].

Alıcı suya verilen boya, çok az miktarda olsa bile ışık geçirgenliğinin ve gaz çözünürlüğünün azalmasına neden olduğu için, fotosentetik aktiviteyi olumsuz yönde etkilemektedir [23],[24].

Bu sebeple endüstriyel atık sular, estetik faktörlerden ve canlı yaşamına olan olumsuz etkilerinden dolayı arıtılmadan göl ve akarsulara boşaltılmamalıdır[7].

Su kirliliği yönetmeliğine göre tekstil endüstrisi atık sularının alıcı ortamlara deşarj standartları çizelge 2.1'de görüldüğü gibidir [17 ].

**Çizelge 2.1:** Tekstil Sanayii (Pamuklu Tekstil ve Benzerleri)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Kimyasal oksijen İhtiyacı(KOİ)	(mg/L)	250	200
ASKIDA KATI MADDE(AKM)	(mg/L)	160	120
AMONYUM AZOTU (NH <sub>4</sub> -N)	(mg/L)	5	-
SERBEST KLOR	(mg/L)	0.3	-
TOPLAM KROM	(mg/L)	2	1
SÜLFÜR (S <sup>-2</sup> )	(mg/L)	0.1	-
SÜLFİT	(mg/L)	1	-
YAĞ VE GRES	(mg/L)	10	-
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)	-	4	3
pH	-	6-9	6-9
<b>(Ek satır:RG-24/4/2011-27914)</b>	(Pt-Co)	280	260
Renk			

### 2.1.1. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Boyalar

Sentetik boyalar tekstil, gıda, kağıt ve deri endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır ancak tekstil imalatında birincil önemdedir [25].

Bu boyaların sentetik orijinleri ve kompleks aromatik yapıları onları güçlü ve zor parçalanabilir yapmaktadır [26].

Boyalar;

- anyonik (direkt, asit ve reaktif boyalar),
- katyonik (bazik boyalar) ve
- non-iyonik (dispers boyalar) olarak sınıflandırılmaktadır.

Anyonik ve noniyonik boyalardaki kromoforlar çoğunlukla azo grupları veya antrakinon türleri içermektedir. Metal ile kompleks oluşturan boyalar çoğunlukla krom bazlıdır. Antrakinon esaslı boyalar erimiş aromatik yapıları nedeniyle bozunmaya karşı daha dirençlidir.

### 2.1.2. Tekstil Azo Boyaları

Azo boyaları, hızlı boyama etkinliği ve ışığı absorblama yeteneği ile tekstil endüstrisinde en çok kullanılan boyalardır ve üretilen toplam boyaların % 60'ını oluşturmaktadır [27].

Yapılarında bir veya daha fazla sayıda azo grup içerdiklerinden diğer boyalardan farklılık göstermektedir. İçerdikleri bu azo grup ile birbirine bağlanmış aromatik yan gruplar da bulundurabilmektedir. Azo boyaların sudaki çözünürlüğü yapısında bulunan bu yardımcı gruplara göre değişim göstermektedir.

Sülfat (-SO<sub>3</sub>) veya karboksil grubu (-COO-) içeren gıda boyaları ve reaktif boyalar sınıfındaki bazı azo boyaların sudaki çözünürlüğü, yüksek olmaktadır [28].

Azo boyalarından bazıları (disperse boyalar) ise hidrofobiktir ve nitro (-NO<sub>2</sub>) ve kloro (-Cl) yardımcı grupları içerdiklerinden suda çözünmemektedir [29].

Pek çok durumda tekstil azo boyalarının bozunmasından sonra oluşan metabolitler, toksik veya mutajenik etki gösterirler [30].

Bu nedenle, biyolojik bozunma tekniğinin fizibilitesini değerlendirmek için aromatik kirleticilerin ve metabolitlerinin toksisitesini ölçmek gereklidir. Kirlilik kontrolü için indikatör bitki olan *Phaseolus mungo* ve *Sorghum vulgare* tohumlarında, boyaların ve metabolitlerin fitotoksosite testi rapor edilmiştir [31].

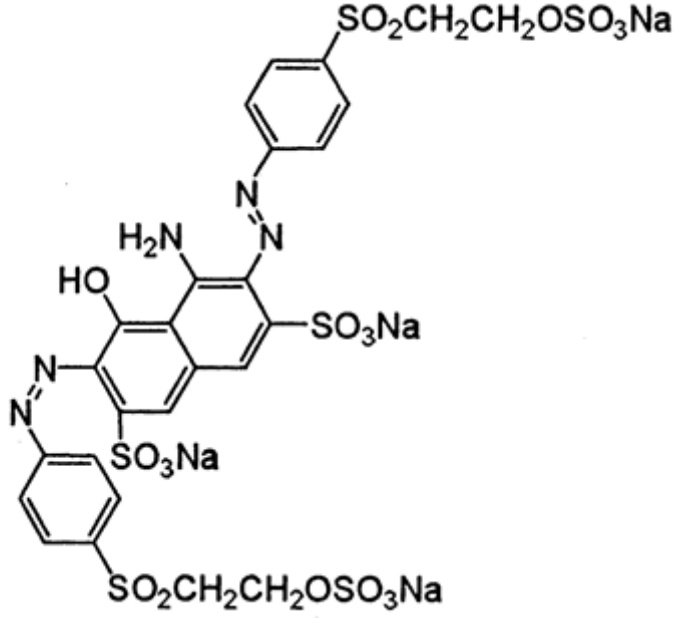
Tekstil boyalarının ve endüstri atığının arıtımı için mikroorganizmaları kullanan fizyokimyasal arıtma yöntemleri probleminin üstesinden gelmek için çok sayıda biyoteknolojik yaklaşım önerilmiştir. Tekstil boya maddesinin biyolojik olarak parçalanması, maliyet etkinliği, çevreyle dost doğası ve daha az toksik ve / veya toksik olmayan bileşikler üretmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır [32].

Azo boya grubu içerisinde yer alan Reactive Black 5, Reactive Green 19, Reactive Brown 10 ve Solochrome Black boyalarının kimyasal formülleri Çizelge 2.2' de verilmiştir.

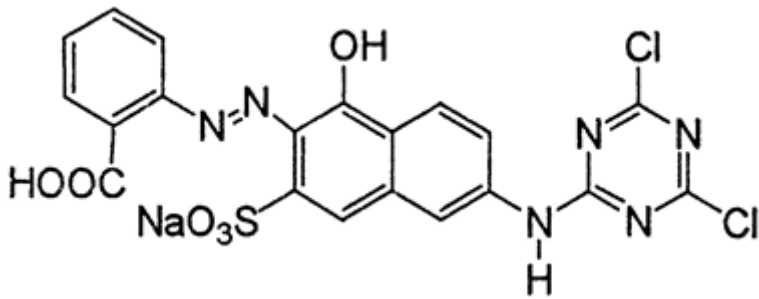
**Çizelge 2.2:** Tekstil sanayinde yaygın kullanılan azo boyaların kimyasal formülleri ve renk indeksleri

Boya	Kimyasal Formül	Colour Index
Reactive Black 5	$C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6$	C.I.20505
Reactive Brown 10	$C_{20}H_{11}Cl_2N_6NaO_6S$	C.I.179060
Reactive Green 19	$C_{40}H_{23}Cl_2N_{15}Na_6O_{19}S_6$	C.I.205075
Solochrome Black	$C_{20}H_{13}N_3O_7S$	-

Tekstil sanayinde yaygın kullanılan azo boyaların kimyasal yapıları aşağıda gösterildiği gibidir [33] , [34], [35], [36].

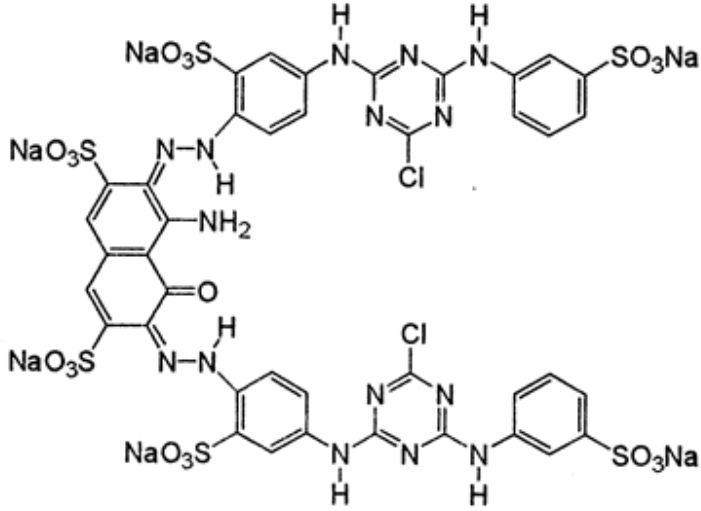


- **Şekil 2.1:** Reactive Black 5 boyasının kimyasal yapısı

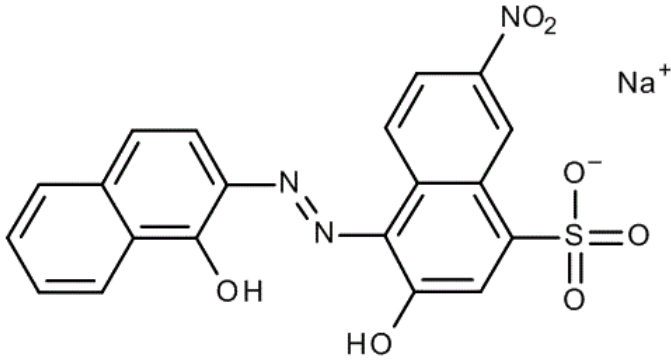


**Şekil 2.2:** Reactive Brown 10 boyasının kimyasal yapısı





**Şekil 2.3:** Reactive Green 19 boyasının kimyasal yapısı



**Şekil 2.4:** Solochrome Black boyasının kimyasal yapısı

## **2.2. Boyar Maddelerin Giderim Yöntemleri**

Tekstil endüstrisi atıkları, boyar maddelerin kompleks kimyasal yapıları nedeniyle, biyodegradasyonu oldukça güç, kirlilik oranı yüksek atıklar sınıfında değerlendirilmektedir [37].

Boya atık suyunu arıtmak için kabul gören genel metodolojiler üç kategoride sınıflandırılmaktadır;

- fiziksel ,
- kimyasal,
- biyolojik giderim yöntemleri.

### **2.2.1. Fiziksel Giderim Yöntemleri**

Kimyasal topaklayıcılar, sedimentasyon havuzları ve temizleyiciler de dahil olmak üzere asılı parçacıkların yer çekimini artırmak için kullanılabilen çeşitli proses seçenekleri vardır. Çoğu belediye ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde kullanılan birincil arıtmanın temel şekli sedimentasyondur [38].

Filtrasyon teknolojisi, mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters ozmoz içme suyu ve atık su arıtma uygulamalarının ayrılmaz bir bileşenidir. Yüksek basınçla çalışma, önemli miktarda enerji tüketimi, membranın yüksek maliyeti ve nispeten kısa bir membran ömrü olduğundan, renkli atık su arıtımında kullanımı sınırlıdır [39].

### **2.2.2. Kimyasal Giderim Yöntemleri**

Kimyasal giderimde flokülasyon/koagülasyon renk gideriminde etkili yollardan biridir [40]. Alimünyum, kalsiyum ya da demir iyonları gibi ajanların flokülasyonu başlatmasına dayalı bir işlemdir [41]. Genellikle maliyet açısından mümkündür(fakat bazen kimyasalların maliyetinden dolayı pahalı olur). Bununla birlikte, işlemin en önemli dezavantajı, nihai ürünün çok miktarda üretilen

konsantre bir çamur olmasıdır [42]. Bu işlem suda çözünen azo, reaktif, asit ve özellikle bazik boyalar için uygun değildir [43].

**Oksidasyon:** Atık suyun oksitleyici ajanlarla muameleye tabi tutulduğu bir yöntemdir. Genel olarak iki şekilde uygulanmaktadır. Klor, hidrojen peroksit, fenton reaktifi, ozon veya potasyum permanganat kullanılarak kimyasal oksidasyon ve UV yardımcı oksidasyon atıkların, özellikle birincil muameleden (sedimentasyondan) elde edilenlerin arıtılmasında kullanılır

Düşük miktarlarda ve kısa tepki süreleri gerektirdiğinden, renk giderme işlemleri için en sık kullanılan yöntemler arasındadır. Boyaları kısmen veya tamamen indirgemek için kullanılırlar (genellikle aldehitler, karboksilatlar, sülfatlar ve azot gibi daha düşük molekül ağırlıklı türlere). Teorik olarak kompleks molekülleri karbondioksit ve suya kadar indirgeyerek, boyanın tam oksidasyonunu sağlayabilirler. Bu işlemde pH ve katalizörlerin oksidasyon sürecinde önemli bir rol oynadığını dikkate almak gerekir.

Klor, kullanılan güçlü bir oksitleyici maddedir ve ayrıca kalsiyum hipoklorit ve sodyum hipoklorit olarak da uygulanabilir. Su arıtımı için en yaygın olarak kullanılan dezenfektan olmasının yanı sıra, pulp ve tekstil ağartma gibi renk giderimi için yaygın olarak kullanılır. Suda çözünür olan reaktif, asit, direkt ve metal kompleks boyaları, hipoklorit tarafından kolayca renksizleştirilir, [44].

Ancak bazı reaktif boyar maddelerin kompleks yapılarından dolayı, renk giderme işlemi genellikle uzun reaksiyon süreleri gerektirdiği için, bu yöntem, çok tercih edilmemektedir. Suda çözünmeyen dispers ve vat boyalar bu işlemde renk giderme işlemine dirençlidir [44],[45].

Atık sularda klor gazı kullanımı renk giderimi için düşük maliyetli bir metodoloji olmasına rağmen, kaçınılmaz yan reaksiyonlara neden olmaktadır. Toksik trihalometan da dahil olmak üzere organoklor bileşikleri üreterek, arıtılmış suyun emilebilir organik halojen muhtevasını arttırmaktadır [46].

**Fenton reaktifi;** bir hidrojen peroksit çözeltisi ve bir demir katalizörü, renkli atık suyu oksitlemek için kullanılır. Oluşan bu reaktif, hidrojen peroksitten daha güçlüdür [47].

En büyük dezavantajı genellikle <3.5'lik dar pH aralığı içerisinde etkili olması, çamur oluşumunu içermesi ve daha uzun reaksiyon süresi gerektirmesidir [48].

**Ozonlama,** oksijenden üretilen ozonla gerçekleştirilen bu işlem, çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş ve tekstil atıklarının (reaktif boyalar) renk gideriminde etkili olduğu saptanmıştır [49]. Ozonlama işleminin kimyasal oksijen ihtiyacını (KOİ) etkili bir şekilde giderdiği belirtilmektedir. İşlemin dezavantajlarından biri gaz halinde uygunlanmasıdır. Ayrıca işlem sonunda su miktarı artmaktadır [50].

**Elektrokimyasal yöntem** üçüncü bir muamele olarak rengi gidermek için kullanılmaktadır [51]. Renk giderimi, çözünmeyen anotlarla elektro oksidasyon veya saf malzemelerini kullanarak elektro-koagülasyon ile gerçekleştirilebilmektedir.

Bu teknik, KOİ'nin azaltılarak, çözülebilir ve çözünmeyen boyaların renk gidermesinde etkilidir.

Dezavantajları, yüksek elektrik maliyeti ve çamur üretimi ve aynı zamanda klorlu organik maddelerden, dolaylı oksidasyona bağlı ağır metallerden kaynaklanan kirliliktir [52].

### **2.2.3. Biyolojik Giderim Yöntemleri**

Biyolojik arıtma, renkli atık su arıtımında kullanılan en yaygın yöntemdir.

Metodoloji, nispeten ucuz, düşük işletme maliyeti, toksik olmayan nihai ürünler gibi önemli avantajlar sunmaktadır.

Biyolojik arıtım işlemleri aerobik (oksijen varlığında), anaerobik (oksijensiz) veya kombine aerobik-anaerobik olabilir.

Çeşitli boya renk giderimi ve mineralizasyonu için çok sayıda mikroorganizma türü kullanılmıştır [53].

Bakteri, fungus, alg gibi geniş bir mikroorganizma grubu hem canlı hem de ölü formlarıyla dekolizasyon çalışmalarında sıkça kullanılmış ve etkinliği görülmüştür.

Fungus ve bakteriler, buldukları ortama kolay uyum sağlayabilmeleri ve çeşitli organik bileşikler parçalayabilen enzim sistemlerine sahip olmaları sebebiyle, renk giderimi çalışmalarında ön plana çıkmaktadır. Özellikle beyaz çürükçül fungusların, sahip oldukları ligninolitik enzim sistemi sayesinde kompleks bileşikler, mineralize edebildiği birçok çalışmada gösterilmiştir [54].

Alglerin de azo boya renk giderimi için, indüklenen azoredüktaz enzimi ile degradasyona uğrattığı bilinmektedir. Birçok alg türünün, azo boya renk giderimi için kendi aromatik aminlerine indirgeyebildiği ve aromatik aminleri daha basit organik bileşiklere veya CO<sub>2</sub>'e metabolize edebildiği rapor edilmiştir. Ayrıca alglerin azo boya renk giderimi için, karbon ve azot kaynağı olarak kullanılabilecek sisteme sahip olduğu literatürde yer almaktadır [55], [56].

Alglerin biyosorbent olarak kullanıldığı dekolizasyon çalışmalarına yoğunlaşmış ve renk gideriminde de etkili sonuçlar elde edilmiştir. [57].

Mikroorganizmalar renk gideriminde adsorpsiyon, biyosorpsiyon, biyoakümülyasyon, biyodegradasyon gibi mekanizmaları kullanarak etkinlik göstermektedir [58].

### **2.2.3.1. Biyolojik Dekolizasyon Mekanizmaları**

Filamentli funguslar, toprakta, yaşayan bitkilerde ve organik atık maddeler gibi ekolojik nişlerde yaşayan, her yerde bulunur.

Fungusların metabolizmalarını, hızla değişen karbon ve azot kaynaklarına göre adapte edebilme yeteneği, hayatta kalmaları için önemlidir.

Bu metabolik aktivite, poliaromatik hidrokarbonlar, organik atıklar, boya atıkları ve steroid bileşikleri gibi çeşitli kompleks organik kirleticileri parçalayabilen geniş bir iç ve hücre dışı enzim kümesinin üretilmesi yoluyla elde edilir [59].

Ürettikleri LiP, MnP, lakkaz gibi ligninolitik enzimleri sayesinde, renkli ve metalik atıkların parçalanmasında fungus sistemleri en uygun olanı gibi görünmektedir [60].

**Biyodegradasyon;** canlı hücrelerin renk gideriminde kullanılan en önemli mekanizmadır. Lignin değiştirici enzimlerin, lakkazın, manganez peroksidazın (MnP) ve lignin peroksidazın (LiP) üretimine bağlı olarak sağladığı biyolojik bozunumdur.

LiP, MnP ve lakkazın boyaların renk giderimindeki etkinliği her fungusa göre farklılık göstermektedir [61].

Azo boyaların biyodegradasyonunda ilk olarak, azo boyanın indirgenmesi gerçekleşmektedir. Ardından indirgenme ile ortaya çıkan ürünlerin parçalanması gerçekleşmektedir.

Azo boyanın redüksiyonu ile boyadaki renk oluşumunu sağlayan azo bağı yıkılmaktadır. Bu tepkime sonucunda renk giderimi sağlansa da ortamda aromatik aminler bulunmaya devam etmektedir. Bu yüzden tam bir boya degradasyonu için azo boya indirgenmesinin ardından mineralizasyonun da olması gerekmektedir [62].

Anaerobik koşullar altında aromatik aminler üretilebileceğinden, elde edilen mineralizasyon açısından aerobik koşullar altında renk giderimi tercih edilmektedir [63]

**Biyosorpsiyon** mekanizmasında, araştırmacılar, fungus biyokütlesi içinde bulunan karboksil, amino, fosfat ve lipid fraksiyonları gibi işlevsel grupların oynadığı rolleri incelemiştir ve biyosorpsiyon esnasında karboksil ve amino gruplarının temel bağlanma alanları olduğunu tespit etmişlerdir [61].

Ölü hücreler için mekanizma adsorpsiyon, biriktirme ve iyon değişimi gibi fiziko-kimyasal etkileşimleri içeren ise biyosorpsiyondur.

Aşağıdaki çizelgelerde (2.3),(2.4), canlı ve ölü fungal hücreler ile, çeşitli azo boyaların renk giderimi ve giderim mekanizmaları özetlenmiştir [64].

**Çizelge 2.3:**Canlı hücreler ile renk giderimi sonuçları

<b>Kültür</b>	<b>Boya</b>	<b>Giderim Oranı</b>	<b>Mekanizma</b>
<i>Funalia trogii</i>	Reactive Blue 19 Reactive Blue 49 Acid Violet 43 Reactive Orange 16	>99	Lakkaz, MnP
<i>Aspergillus sp.</i>	Reactive Blue Reactive Black	99 75	Biyodegradasyon
<i>Aspergillus niger</i>	Acid Blue	80	Biyosorpsiyon
<i>P.chrysosporium</i>	Reactive Red Direkt boyalar	92-100 100	Lignin degradasyonu, Biyodegradasyon,adsorpsiyon ve MnP
<i>P. ostreatus</i>	Remazol Billiant Blue R	100	Lakkaz,biyodegradasyon
<i>Trametes versicolor</i>	Direct Blue	63,2	Biyosorpsiyon
<i>Pleurotus pulmonaris</i>	Congo red	93	Biyodegradasyon,adsorpsiyon, ve lakkaz
<i>Geotrichum sp.</i>	Reactive Black5 Reactive Red 158 Reactive Yellow 27	>99	Biyodegradasyon, MnP ve lakkaz



**Çizelge 2.4:** Ölü fungal hücrelerle renk giderim sonuçları

<b>Kültür</b>	<b>Boya</b>	<b>Giderim oranı</b>	<b>Mekanizma</b>
<i>Aspergillus niger</i>	Acid Blue 29	99	Biyosorpsiyon
<i>P. chrysosporium</i>	Astrozone Blue FGRL	60	Adsorpsiyon
<i>Rhizopus arrhizus</i>	Reactive Black 5	62,5	Adsorpsiyon
<i>Trametes versicolor</i>	Direct Blue 1	95,2	Biyosorpsiyon
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Reactive Brilliant	94,7	Kemisorpsiyon
<i>Aspergillus niger</i>	Direct Blue 199	44,9	Biyosorpsiyon

### **2.2.3.2. *Phanerochaete chrysosporium*' un Ligninolitik Sistemi**

*Phanerochaete chrysosporium*, 1974 yılında, Hal Burdsall tarafından, odun çürütücü fungus olarak tanımlanmıştır [65] .

Sınıflandırılması aşağıdaki gibidir:

Alem: Fungi

Şube: Basidiomycota

Sınıf : Agaricomycotina

Takım: Agaricomycetes

Aile : Phanerochaeteaceae

Cins : *Phanerochaete*

Tür : *Phanerochaete chrysosporium*

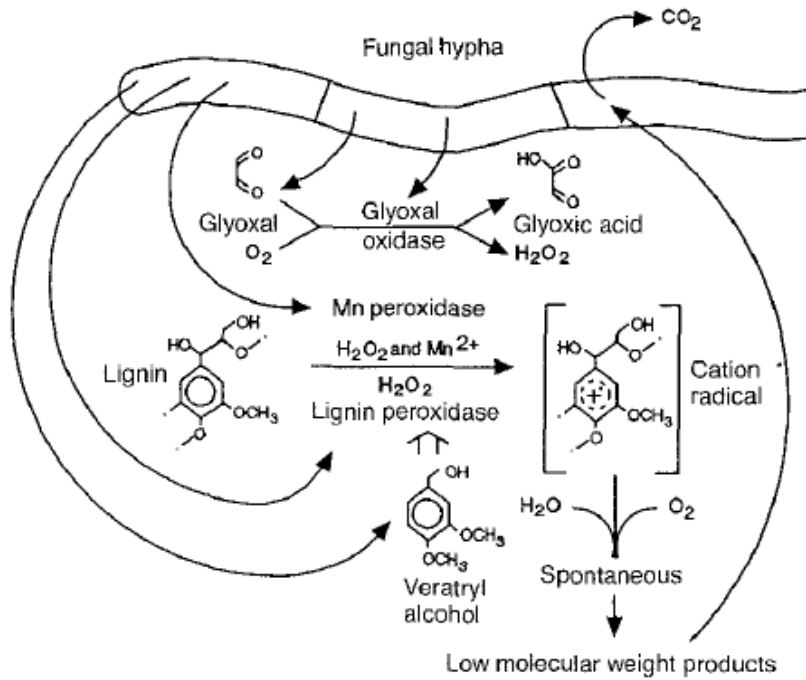
*Phanerochaete chrysosporium*, lignin biyodegradasyonu (ligninoliz) için gereken fizyolojik koşulları ve enzimleri incelemek için yaygın olarak kullanılan model organizmadır.

Lignin biyodegradasyonunun fizyolojik önemi, mikroorganizmaların gerçek substrat olan hemiselüloz ve selüloza daha iyi erişebilmesi için lignin matrisinin tahrip edilmesidir.

Lignin peroksidazlar, lignin molekülünün fenolik olmayan parçasından bir elektron çıkarır, böylece bir katyon radikali meydana getirir ve rastgele başlayan oksitleyici kimyasal tepkime, ligninin oksijenasyonu ve depolimerizasyonu ile sonuçlanır.

Veratril alkol,  $H_2O_2$  ile inaktivasyona karşı LiP' in stabilize edilmesinde önemli bir role sahiptir.

Manganeze bağlı peroksidazlar Mn (II) 'yi Mn (III)' e oksitleyerek işlev görürler. Mn (III), lignin molekülünün uzak bölgelerine yayılabilir ve oksidasyon işlemini başlatan düşük molekül ağırlıklı bir arabulucu olarak davranır [66] [67] . (Şekil 2.5)



**Şekil 2.5 :** *Phanerochaete chrysosporium*' un lignolitik sistemi

### **3. MATERYAL VE METOD**

#### **3.1.Kullanılan Mikroorganizmalar**

Çalışmada, *Basidomycetes* sınıfına dahil olan beyaz çürükçül funguslardan *Phanerochaete chrysosporium* ve yeşil alg olan *Chlorella vulgaris* kullanılmıştır.

#### **3.2.Kullanılan Boyalar**

Çalışmada dört farklı boyar madde kullanılmıştır.

Reactive Black 5 (Remazol Black) (Sigma-Aldrich),

Reactive Green 19 (Sigma-Aldrich)

Reactive Brown 10 (Sigma-Aldrich) ve

Solochrome Black (Merck) .

Kullanılan boyaların özellikleri çizelge 2.2' de gösterilmiştir.

#### **3.3. Boya Çözeltilerinin Kullanıma Hazırlanması ve Dalga Boylarının Saptanması**

Çalışmada kullanılan stok boyar maddeler 0,005 gr boya/1ml distile su olacak şekilde hazırlandı. Hazırlanan stok boya çözeltileri otoklavda 121 °C, 1 atm basınçta 15 dakika steril edildi. 100 ml besi yerine, hazırlanan bu stok çözeltiden 1 ml eklenerek 50 ppm 'lik konsantrasyon elde edildi. Boyaların maksimum absorbans değerleri spektrofotometrede absorbans eğrisi ile saptandı (çizelge 3.1).

**Çizelge 3.1:** Boyar maddelerin maksimum absorbans değerleri

<b>Boya</b>	<b>Absorbans Değeri</b>
Reaktif Black 5	565 nm
Reaktif Green 19	674 nm
Reaktif Brown 10	520 nm
Solochrome Black	526 nm

### 3.4. Kullanılan Besiyerleri

Sabouraud Dextrose Agar (MERCK),

Sabouraud Dextrose Broth (MERCK),

**YPGM (Yeast Peptone Glucose Medium) Besi yeri**, aşağıdaki çizelge 3.2' de gösterildiği gibi modifiye edilerek kullanılmıştır [61]

**Çizelge 3.2:** YPGM modifiye besi yerinin içeriği

<b>İÇERİK</b>	<b>g/L</b>
<b>MAYA EKSTRAKTI</b>	<b>2</b>
<b>MALT</b>	<b>10</b>
<b>PEPTON</b>	<b>2</b>
<b>GLUKOZ</b>	<b>10</b>
<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>2</b>
<b>MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	<b>1</b>

Tien- Kirk Besi Yeri [68 ],

Çizelge 3.3: Tien-Kirk besi yeri içeriği

İÇERİK	g/L
Potassium Di Hydrogen Phosphate	2
Calcium Chloride	0,114
Magnesium Sulfate	0,7
Ammonium Chloride	0,12
Glucose	2
Thiamine-HCl	0,001
Tween 80	0,05

#### İz Elementler

•

FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	70 µg
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	48 µg
MnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	35 µg
CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	7 µg

**BBM(Bold Basal Medium) Besi Yeri [69],**

**Çizelge 3.4: BBM besi yeri içeriği**

	<b>BİLEŞİK</b>	<b>gr/L</b>
1	<b>NaNO<sub>3</sub></b>	<b>25</b>
2	<b>CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O</b>	<b>2,5</b>
3	<b>MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	<b>7,5</b>
4	<b>K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub></b>	<b>7,5</b>
5	<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>17,5</b>
6	<b>NaCl</b>	<b>2,5</b>
7	<b>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub></b>	<b>11,42</b>
8	<b>EDTA.Na<sub>2</sub></b>	<b>50</b>
	<b>KOH</b>	<b>31</b>
9	<b>FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	<b>4,98</b>
	<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>1 ml</b>
10	<b>ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b>	<b>8,82</b>
	<b>MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O</b>	<b>1,44</b>
	<b>MoO<sub>3</sub></b>	<b>0,71</b>
	<b>CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O</b>	<b>1,57</b>
	<b>CoNO<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O</b>	<b>0,49</b>

Besi yerini hazırlarken 1 L distile suya ;

- Çizelgedeki 1, 2, 3, 4, 5, 6 numaralı solüsyonlardan 10 ml,
- 7, 8, 9 numaralı solüsyonlardan 1 ml ve
- 10. Solüsyondan 2 ml eklenmiştir.

### **3.5.Çalışmada Kullanılan *Chlorella vulgaris*' in Üretimi ve Boya Giderim Oranları**

Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 500 ml *Chlorella vulgaris*. Temin edilmiştir. Eldeki kültürden 25 ml *Chlorella vulgaris* / 75 ml besi yeri olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan kültür 10 gün süre ile iklim dolabında ve 150 rpm' deki çalkalamalı etüvde olmak üzere iki ayrı ortamda inkübasyona bırakılmıştır.

10 gün inkübe edilen kültürlere, 1'er ml, 50 ppm konsantrasyonunda, RB-5, RG, RB ve SB boya eklenerek 10 gün boyunca renk giderim oranları spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

### **3.6. Çalışmada Kullanılan Fungus; *Phanerochaete chrysosporium* Üretimi ve Saklanması**

Çalışmada kullanılan *Phanerochaete chrysosporium* Hacettepe Üniversitesi Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı'ndan temin edilmiştir. Fungus her 3 haftada bir SDA (Sabouraud Dextrose Agar) besi yerine 2-4 gün süre ile 30 °C'deki etüve inkübasyon için bırakılmıştır. Bu şekilde hazırlanan stok kültürler +4 °C 'de saklanmıştır.



### 3.7.YPGM Besi Yerinin Dekolorizasyonda Kullanılması

SDB besi yerinde üretilen funguslar YPGM besi yerine inoküle edildikten sonra dekolorize edilecek boyalar besi ortamına eklenerek 30 °C, 150 rpm'deki çalkalamalı inkübatöre yerleştirilmiştir.

### 3.8. *Phanerochaete chrysosporium'* un Spor Solüsyonunun Hazırlanması

Spor solüsyonu hazırlanmasında, SDA besi yerlerine, %1'lik Tween 80 bulunan

10ml steril distile su eklenmiştir. Spor ve misellerin birbirinden ayrılması için 1 dakika en yüksek devirde vortekslenmiştir.

Spor sayımında Improved Neubauer lamininin ortasında yer alan 25 kareden, 0,004 mm<sup>3</sup> hacimli 9 kare seçilmiş ve sayım yapılmıştır. Elde edilen spor sayısı 0,036 ile

bölünerek 1 µl'deki spor sayısı bulunmuş 1000 ile çarparak 1ml spor sayısına

ulaşmıştır [70].

9 karedeki spor sayılarının toplamı

1 ml'deki spor sayısı = ----- x 1000

0,036

### 3.9. *Phanerochaete chrysosporium'* un Sıvı Besi Yerinde Üretilmesi ve Saklanması

Hazırlanan spor solüsyonu, 1x10<sup>7</sup> spor/ 250 ml SDB besi yeri olacak şekilde, 500ml 'lik erlenlere eklenerek, 3-4 gün süre ile 30°C, 150 rpm'de çalkalamalı etüvde inkübasyona bırakılarak renk gideriminin çalışılacağı besi yerlerinde kullanılmak üzere +4 °C' de muhafaza edilmiştir.

### **3.10. *Phanerochaete chrysosporium*' un Boyar Madde Giderim Oranları ve Boya Seçimi**

Kullanıma hazırlanan stok boyaların her birinden 1' er ml, 250 ml'lik erlenlerde bulunan 100 ml Tien-Kirk ve YPGM besi yerlerine eklendi. SDB besi yerinde 3-4 gün inkübe edilen stok kültürden 3'er ml bu ortama eklendi ve tekrar 30 °C, 150 rpm'de inkübasyona bırakıldı. 24 saatte bir inkübasyon durdurularak yüzde dekolorizasyon değerleri hesaplandı. En yüksek giderimin olduğu boyar madde ile çalışmaya devam edildi.

### **3.11. İnokülüm Miktarının Dekolorizasyona Etkisi**

SDA yatık agardaki stok kültürün spor süspansiyonu hazırlandı ve SDB besi yerine eklendi. SDB besi yerine eklenen kültür 2-4 günlük inkübasyona bırakıldı. Mikroorganizma farklı miktarlarda (1ml, 3ml, 5ml, 10ml) olmak üzere Tien-Kirk besiyerine eklendi. Ardından 1ml RB-5 boyası eklenerek tekrar inkübasyona bırakıldı. 24 saatlik ölçümler yapılarak yüzde dekolorizasyonları hesaplandı.

### **3.12. Başlangıç pH' sının Dekolorizasyona Etkisi**

Renk giderimi için kullanılan Tien-Kirk besi yerinin pH'sı, 1 M NaOH ve 1 M HCl kullanılarak 3, 4, 5, 6 ve 7 değerlerine ayarlandı. pH 'ları belirtilen değerlere ayarlanmış, 100 ml besi yeri ve 1 ml Reactive Black-5 içeren kültürler inkübasyona bırakıldı.

### **3.13.Boya Konsantrasyonunun Dekolorizasyona Etkisi**

Çalışmada kullanılan Tien-Kirk besi yerine farklı konsantrasyonlarda (100 ppm, 200 ppm, 300 ppm ,400 ppm) olacak şekilde 1'er ml Reactive Black 5 boyası eklendi ve 30 °C, 150 rpm'de inkübasyona bırakıldı .

### **3.14. Sıcaklığın Dekolorizasyona Etkisi**

Hazırlanan sıvı kültürler 15°C, 20°C, 30 °C ve 40 °C olmak üzere dört farklı sıcaklıkta 150 rpm'de inkübasyona bırakıldı. Renk giderimi sonuçlarına göre en uygun sıcaklık belirlendi.

### **3.15. Azot Kaynağının Dekolorizasyona Etkisi**

Tien-Kirk besi yerinde azot kaynağı olarak kullanılan  $NH_4Cl$  yerine  $NaNO_3$ ,  $NH_4SO_4$ , yeast olmak üzere dört farklı azot kaynağı denendi. Ayrıca bir de azot kaynağı eklenmeden besi yeri hazırlandı. Farklı azot kaynakları ile hazırlanan besi yerlerine stok kültürden 5'er ml inokülüm yapıldı ve 1'er ml RB-5 boyasından eklenerek inkübasyona bırakıldı. Spektrofotometrik ölçümler sonunda hangi azot kaynağının dekolorizasyonda daha etkili olduğu tespit edildi.

### **3.16. Karbon Kaynağının Dekolorizasyona Etkisi**

Tien-Kirk besi yerinde karbon kaynağı olarak kullanılan glikoz yerine, fruktoz, maltoz, laktoz, ksiloz, nişasta olmak üzere 5 farklı karbon kaynağı denendi. Ayrıca bir de karbon kaynağı eklenmeden besi yeri hazırlandı. Hazırlanan besi yerlerine stok kültürden 5'er ml inokülüm yapıldı ve 1'er ml, RB-5 boyasından eklenerek inkübasyona bırakıldı. Spektrofotometrik ölçümler sonunda hangi karbon kaynağının renk gideriminde daha etkili olduğu tespit edildi.

### **3.17. Çalkalama Hızının Dekolorizasyona Etkisi**

Tien-Kirk besi yerine, stok kültürden 5'er ml'lik inokülüm yapıldı ve 1'er ml RB-5 boyasından eklendi. Hazırlanan kültürler 100 rpm, 150 rpm ve 180 rpm olmak üzere çeşitli çalkalama hızlarına ayarlanan inkübatörlerde inkübasyona bırakıldı. 3 gün sonunda yapılan ölçümlerde, renk gideriminde en etkili çalkalama hızı belirlendi.

### 3.18. Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Fungus kitlesi darası alınmış filtre kağıtları ile süzöldükten sonra kurutuldu. Filtre kağıtları kurutulduktan sonra tartılmış ve elde edilen değerler gr kuru miselyum/100 ml besi yeri olarak hesaplanmıştır.



## 4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1. *Chlorella vulgaris* ' in Boyar Madde Giderim Oranları

10 gün süre ile yapılan spektrofotometrik ölçümler sonucu *Chlorella vulgaris*' in renk giderim oranları belirlenmiştir. Düşük miktarda elde edilen dekolorizasyon oranının, mevcut laboratuvar koşullarında meydana gelen aksaklıktan ve istenilen 12 h aydınlık/12 h karanlık periyodunun elektrik kesintilerinden dolayı tam olarak sağlanamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çok düşük miktarda gerçekleşen renk giderimi nedeni ile, çalışmaya *Phanerochaete chrysosporium* ile devam edilmiştir.

### 4.2. YPGM besi yerinin dekolorizasyona etkisi,

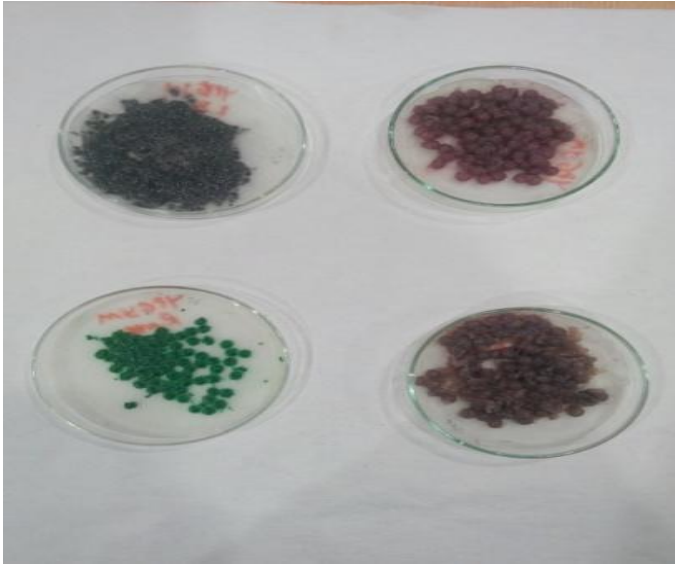
Çalışmamızın başında iki ayrı besi yeri kullanılarak, R.Black-5, R.Brown, R. Green ve Solochrome Black boyaalarının dekolorizasyon yüzdeleri belirlenmiştir. Zengin besi yeri içeriğine sahip YPYGM besi yeri kullanıldığında

*P. chrysosporium* peletleri daha iri boyutlarda üremiştir. Başlangıçta beyaz renkte olan peletler renk giderimi başladığında, boyanın rengini almaya başlamıştır. Bu da bize renk giderim mekanizması hakkında bilgi vermektedir. Biyosorpsiyon mekanizması ile renk giderimi gerçekleşmiştir. Kuru ağırlıkları ile birlikte dekolorizasyon yüzdeleri çizelgede görüldüğü gibidir (Çizelge 4.1)

Her ne kadar iyi sonuçlar alınmış olsa da bu besi yerinin zengin içeriği sebebi ile genellikle kontaminasyonla karşılaşmıştır. Bu sebep ile çalışmaya Tien-Kirk besi yeri ile devam edilmiştir.

**Çizelge 4.1:** YPGM besi yerinde *P. chrysosporium*'un boya giderim oranları ve kuru ağırlıkları

Kullanılan Boya	% Dekolorizasyon	Kuru Ağırlık gr/100ml
Reactive Black-5	%90	0,17
Reactive Green 19	%99	0,42
Reactive Brown 10	%77	0,66
Solochrome Black	%98	0,71



**Şekil 4.1:** YPGM besi yerinde üretilen *P. chrysosporium* peletlerinin renk gideriminden sonra kurutulması( Fotoğraf: Zeynep Kevser İğde)

#### **4.3.Phanerochaete chrysosporium 'un Boyar Madde Giderim Oranları ve Maksimum Giderim Olan Boyanın Belirlenmesi**

Ligninolitik enzim ürettiği bilinen *Phanerochaete chrysosporium* kullanılarak, tekstil endüstrisinde sıkça tercih edilen Reactive Black 5, Reactive Brown 10, Reactive Green 19 ve Solochrome Black boya maddelerinin renk giderimi çalışılmıştır. Çalışmanın bu kısmında, belirlenen boyar maddelerin yüzde dekolorizasyon oranları araştırılmıştır. *P. chrysosporium*, SDB besi yerinde 3-5 gün süre ile, 30 °C ve 150 rpm 'de üretilerek boya gideriminde kullanılacak besi yeri için hazırlanmıştır. 50 ppm boyar madde içeren Tien-Kirk besi yerine, mikroorganizma eklendikten sonra,

3 gün boyunca, 30 °C, 150 Rpm 'de inkübasyona bırakılmış ve boya dekolorizasyonları belirlenmiştir. Maksimum giderim %92,5 olarak Reactive Black 5 boyasında gözlenirken, diğer boyaların giderim yüzdeleri de Reactive Green19 %83 (Şekil4.2), Reactive Brown10 %63, Solochrome Black %63 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). En yüksek giderim oranına sahip olan RB-5 boyası ile çalışmalara devam edilmiştir (Şekil 4.3).

Literatüre bakıldığında; Kapdan ve arkadaşları 2000 yılında *P. chrysosporium* ile yaptıkları çalışmalarda çeşitli boyalar kullanılarak %92, %98 ve %100 oranlarında dekolorizasyon elde ettiklerini bildirmişlerdir [71 65]. Başka bir karşılaştırmalı çalışmada ise Swamy ve arkadaşları (1999) *P. chrysosporium* ile %100, *Trametes versicolor* ile %100 oranlarında boya giderimi elde etmişlerdir [72].

Senthilkumar ve arkadaşları (2011) ise yaptıkları çalışmada *P. chrysosporium* ile Amido Black 10 boyar maddesinde %98 dekolorizasyon elde etmişlerdir [73] .

Pakshirajan ve arkadaşları 2009 yılındaki çalışmalarında LiP ve MnP aktivitelerinin sonucu olarak %98 oranında boya giderimi elde ettiklerini rapor etmişlerdir. Böylece dekolorizasyonun enzimatik aktivite ile elde edildiği sonucuna buradan da varabiliriz [74].

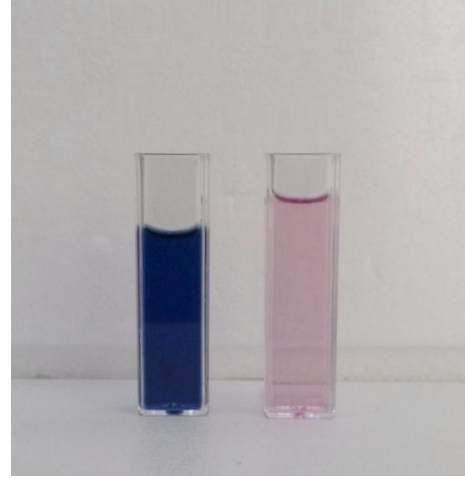
Önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlar da çalışmamızı destekler niteliktedir. Boya gideriminde beyaz çürükçüllerin sahip olduğu enzimler efektiftir.

**Çizelge 4.2:** *P.chrysosporium* ile RB 5, RG 19, RB 10, SB boyalarının renk giderim oranları

Boya	%Dekolorizasyon Oranı
Reactive Black 5	92,5
Reactive Green 19	83
Reactive Brown 10	63
Solochrome Black	63



**Şekil 4.2:** Reactive Green boyasının renk gideriminden önceki ve sonraki görüntüsü



**Şekil 4.3 :** Reactive Black-5 boyasının renk gideriminden önceki ve sonraki görüntüsü

#### 4.4. İnokülüm Miktarının Dekolorizasyona Etkisi

Renk gideriminde kullanılan fungus sporlarının miktarının önemi daha önce yapılan çeşitli çalışmalarda da vurgulanmıştır. Çalışmamızın bu aşamasında inokülüm miktarının renk giderimine olan etkisi araştırılmıştır.

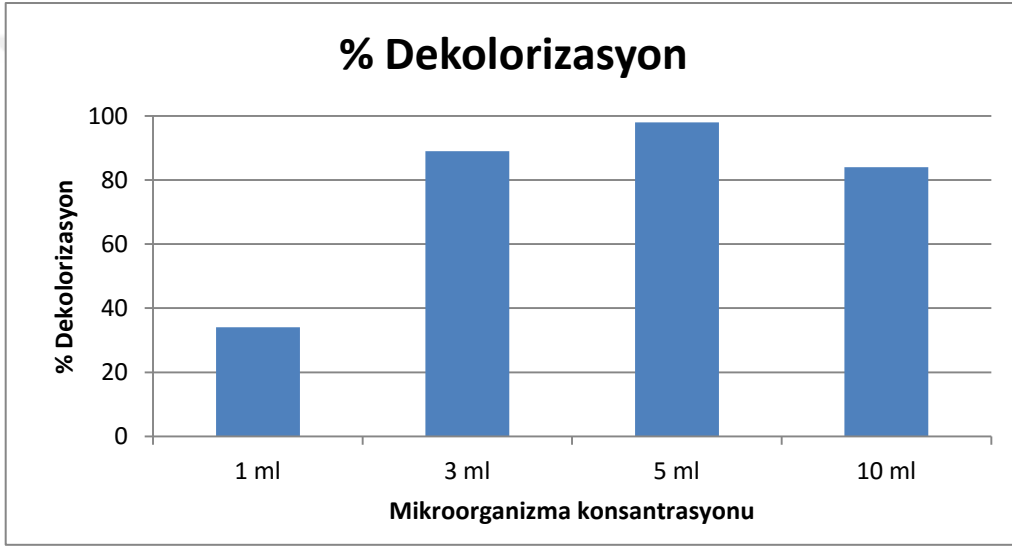
SDB besi yerinde hazırlanan stok kültürden, 50 ppm boyar madde bulunan Tien-Kirk besi yerine 1 ml, 3 ml, 5 ml ve 10 ml olmak üzere farklı miktarlarda mikroorganizma eklenmiştir. 30 °C, 150 rpm'de 3 günlük inkübasyondan sonra yapılan ölçümler, en iyi giderimin %98 oranı ile 5 ml mikroorganizma eklenmiş olan kültürden elde edildiğini göstermiştir (Şekil 4.5). 1 ml ekim yapılmış örnekten %34, 3 ml olandan %89 ve 10 ml mikroorganizma eklenmiş olandan %84 oranlarında renk giderimi elde edilmiştir (Şekil 4.4 ).

Yeşilada ve arkadaşları (2001), yaptıkları bir çalışmada, renk gideriminin mikroorganizma miktarı ile doğru orantılı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca pelet miktarının artışı ile dekolozasyon süresinin kısaldığını rapor etmişlerdir [75].

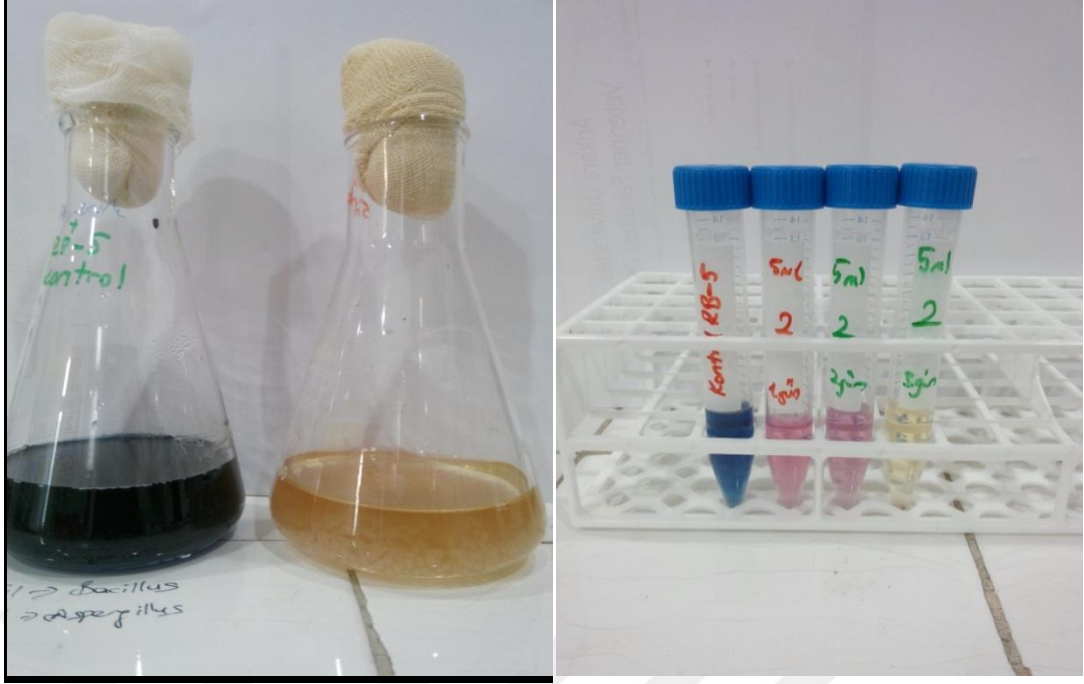


Yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Radha ve arkadaşları (2005) fungus miktarı arttıkça renk giderimi hızının arttığını ve bildirmişlerdir [76].

Çalışmamız önceki çalışmalarla desteklenmekle birlikte farklı olarak belli bir inokulum miktarından sonra dekolorizasyon, bizim bulgularımıza göre az da olsa yavaşlamıştır. Bunun sebebi kültür ortamındaki mikroorganizma sayısının artmasıyla birlikte ortaya çıkan metabolik artıkların toksik etki yaratması olabilir.



**şekil 4.4:** Mikroorganizma inokulum miktarının RB-5 dekolorizasyonuna olan etkisi



**Şekil 4.5:** 5 ml mikroorganizma ekimi yapılmış olan kültürde (RB-5 boyası) meydana gelen renk giderimi

#### 4.5. Başlangıç pH' sının Dekolorizasyona Etkisi

Başlangıç pH değerinin dekolorizasyona etkisini saptamak amacı ile Tien-Kirk besi yerinin pH'sı hazırlanan tampon çözelti ile 3, 4, 5, 6 ve 7 değerlerine ayarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar en iyi giderimin pH 4 – 4,5 civarında olduğunu göstermiştir ki kullanılan Tien-Kirk besi yerinin kendi pH'sı 4,3' tür. Çizelge 4.3 te pH değerlerine göre dekolorizasyon oranları gösterilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre artan veya azalan pH değerlerinde renk giderim oranı azalmıştır.

Swammy ve Ramsay ' ın çalışmalarına bakıldığında boya degradasyonunda beyaz çürükçül funguslar için en etkili pH aralığının 3,9 – 4,5 olduğu görülmüştür [72].

CRIPPS ve arkadaşları, degradasyon için en etkili pH'yi  $4.2 \pm 0.1$  olarak gözlemlemiş [77] .

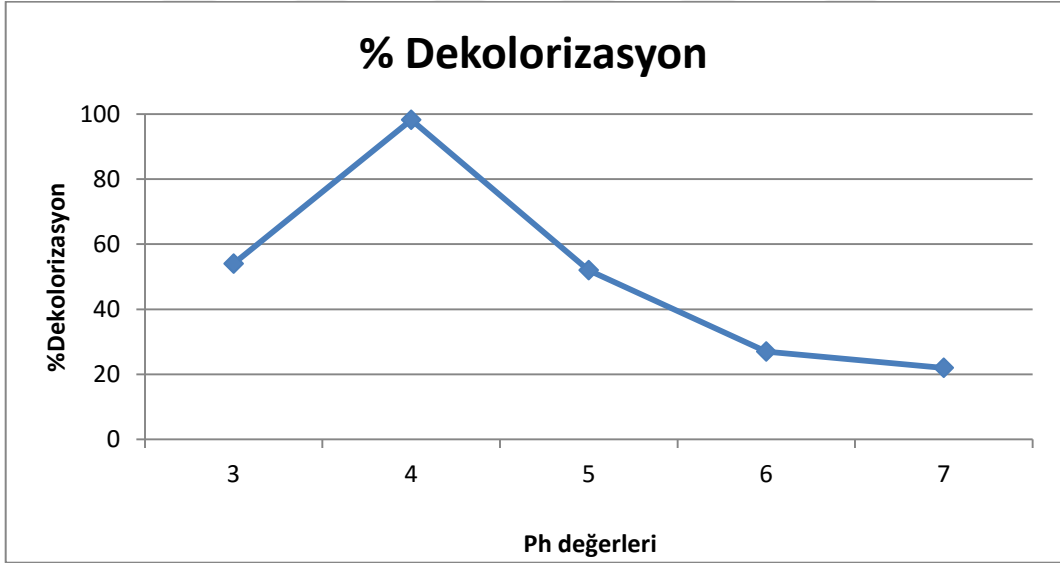
Çalışmalar pH kontrolünün renk giderme işlemine verdiği önemi de göstermektedir [72].

Fu ve Viraraghavan efektif olan pH aralığını 4-6 olarak rapor etmişlerdir[78].

Önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile bulgularımız birbirini destekler mahiyettedir.

**Çizelge 4.3:** pH değerlerinin RB-5 boyasının renk giderimine etkisi

<b>PH</b>	<b>% Dekolorizasyon</b>
<b>3</b>	<b>54</b>
<b>4</b>	<b>98,2</b>
<b>5</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>22</b>

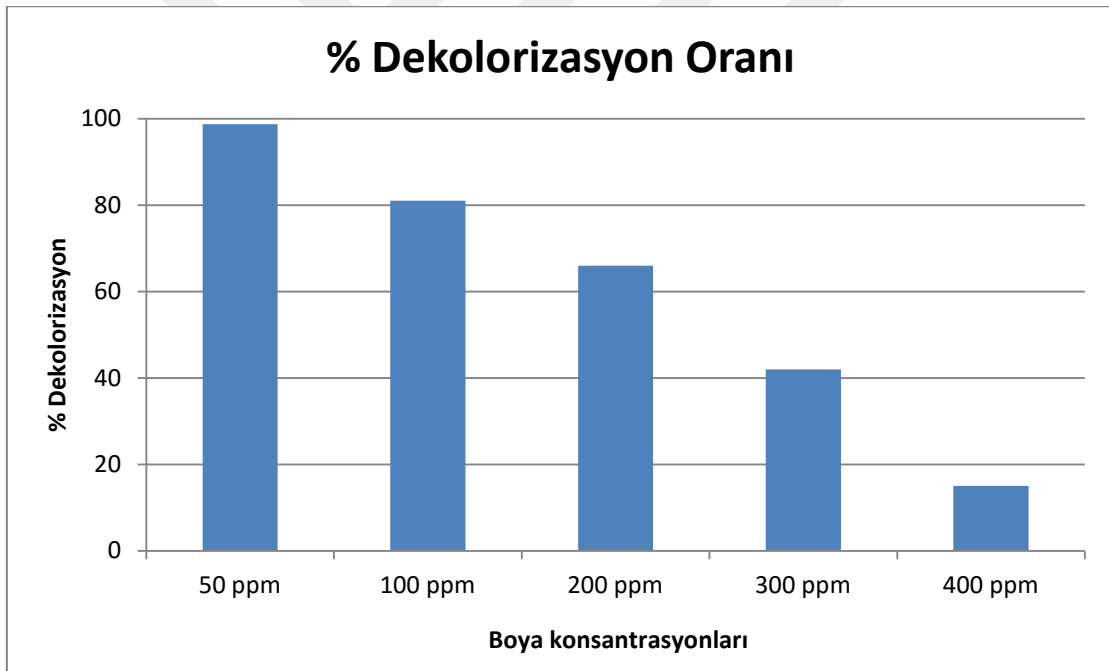


**Şekil 4.6 :** pH değerlerinin RB-5 dekolorizasyonuna olan etkisi

#### 4.6. Boya Konsantrasyonunun Dekolorizasyona Etkisi

Boyar madde degradasyonunda enzimatik aktivite ve boya konsantrasyonu oldukça ilişkilidir. Bilim insanları artan boya konsantrasyonunun fungal büyümeyi önemli ölçüde etkilediğini rapor etmişlerdir [79].

100 ppm, 200 ppm, 300 ppm ve 400 ppm'lik boya içeren Tien-Kirk besi yerlerine *P. chrysosporium* eklenerek inkübasyona bırakıldı ve boya konsantrasyonunun renk giderimi üzerindeki etkisi araştırıldı. Bulgular; artan boya konsantrasyonunun renk giderimi ile ters orantılı olduğunu gösterdi. Şekilde de gösterildiği gibi *P. chrysosporium* boyar madde miktarı arttıkça daha az renk giderimi gerçekleştirmiştir.



**Şekil 4.7:** Boya konstantrasyonuna bağlı olarak RB-5' in dekolorizasyon oranları

Ayed ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada Metil Red boyasının artan konsantrasyonunun dekolorizasyonu (750, 800, 850, 900, 950,1000 ppm) azalttığı gösterilmiştir [80].

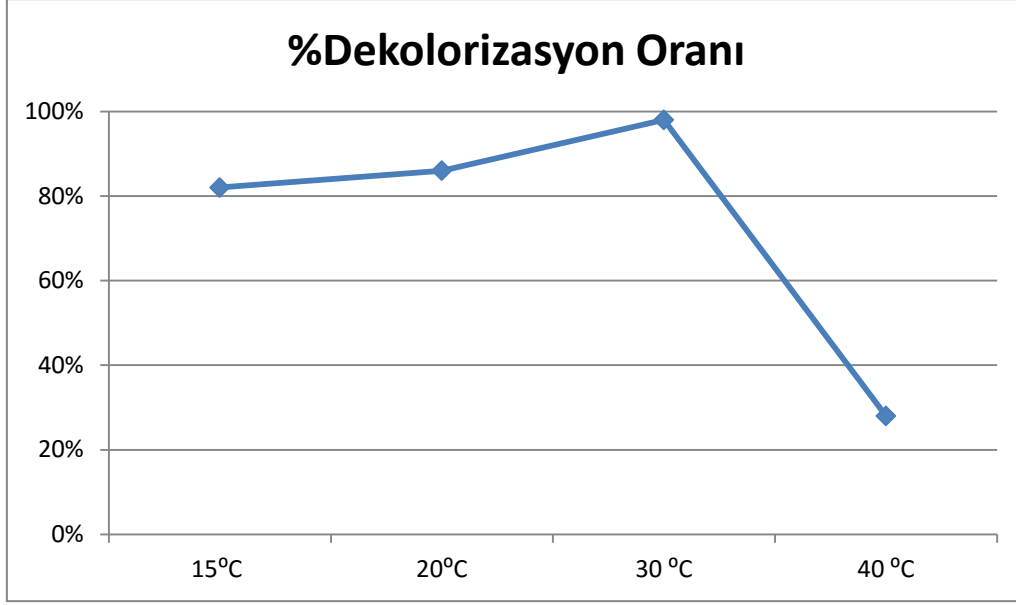
*Coriolus versicolor* ile yapılan bir çalışmada (2000) boya konsantrasyonunun 100mg/L 'den 500 mg/L'ye yükseltilmesi ile dekolorizasyon yüzdesi %100'den , %80' e düşmüştür. Boya konsantrasyonu renk gideriminde oldukça etkilidir [81].

Literatür taramaları da çalışmamızı destekler niteliktedir. Artan boyar madde konsantrasyonunun fungal hücreler üzerinde toksik etki yaratması sonucu dekolorizasyon olumsuz yönde etkilenmektedir.

#### **4.7. Sıcaklığın Dekolorizasyona Etkisi**

Sıcaklık, boya degradasyonunda enzimatik aktiviteyi etkileyen bir başka parametredir. Çalışmanın bu aşamasında sıcaklığın boya giderimine olan etkisi belirlenmiştir. Hazırlanan sıvı kültürler 15°C, 20°C, 30 °C ve 40 °C olmak üzere dört farklı sıcaklıkta, 50ppm RB-5 boyası eklendikten sonra 150 rpm'de inkübasyona bırakılmıştır. 3 günlük inkübasyon sonucunda, spektrofotometrik ölçümler yapılmış ve sonuçta renk giderimi için en uygun sıcaklık 30 °C olarak bulunmuştur(Şekil 4.8). Sıcaklık artışı renk giderimini olumsuz etkilerken düşük sıcaklıkta renk giderimi gerçekleşmeye devam etmiştir.

Birçok fungusun optimum üreme sıcaklığı 25-35 ° C olarak bulunmuştur. Bir çalışmada (2008), *C. versicolour*' ın inkübasyon sıcaklığı 30 °C' ye çıkarıldığında dekolorizasyon kapasitesi artmıştır ve optimum sıcaklıkta Cibanon Blue boyasını %92 oranında giderdiği görülmüştür [82].



**Şekil 4.8:** Sıcaklık artışının RB-5 boyasının renk giderimine etkisi

#### 4.8. Azot Kaynağının Boya Dekolorizasyonuna Etkisi

Çalışmanın bu kısmında, Tien-Kirk besi yerine azot kaynağı olarak,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yerine,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{SO}_4$ , maya ekstresi (yeast extract) ve pepton eklenerek, azot kaynağının renk giderimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca bir de azot kaynağı eklenmeden besi yeri hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek giderim azot kaynağı eklenmeyen besi yerinde gözlenmiştir. Diğer azot kaynaklarında da renk giderimi başarılı sonuç vermiştir. Sonuçlar aşağıda görüldüğü gibidir. (Çizelge 4.4).

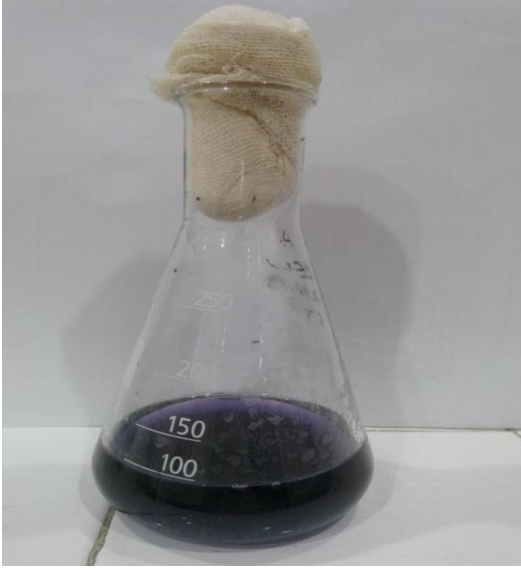
Elisashvili ve arkadaşları (2008) fungusların ligninolitik enzim üretim kapasitesinin ve çeşidinin, fungus türü ile birlikte ortamdaki besin çeşidine ve fiziksel özelliklerine bağlı olduğunu rapor etmişlerdir. (Elisashvili et al., 2008).

*P.chryso sporium*'dan izole edilen ligninazlar hücre dışıdır ve ikincil metabolizma sırasında üretilirler. Besin açlığı ile ortaya çıkarlar. Azot sınırlaması genellikle bunun için kullanılır, ancak karbon sınırlı kültürler de ligninaz üretimi için kullanılmıştır [68] .

Colleen ve arkadaşlarının çalışmasında (1990), azot kısıtlı besi yerinde renk gideriminin daha fazla olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Azot stresine giren *P. chrysosporium*' un LIP aktivitesinde artış olduğu sonucuna, azot kısıtlı ve azot yeterli kültürlerde yapılan ölçümler ile varılmıştır [77] .

**Çizelge 4.4:** Çeşitli azot kaynaklarının RB-5 boyasının renk giderimine etkisi ve fungus kültürlerinin kuru ağırlıkları

<b>Azot Kaynağı</b>	<b>%Dekolorizasyon</b>	<b>Kuru Ağırlık(gr/100 ml)</b>
<b>NaNO<sub>3</sub></b>	<b>%95</b>	<b>0,18</b>
<b>YEAST</b>	<b>%96</b>	<b>0,22</b>
<b>N kaynağı eklenmeyen</b>	<b>%98</b>	<b>0,21</b>
<b>Amonyum Sülfat</b>	<b>%94</b>	<b>0,19</b>
<b>Peptone</b>	<b>%91</b>	<b>0,23</b>



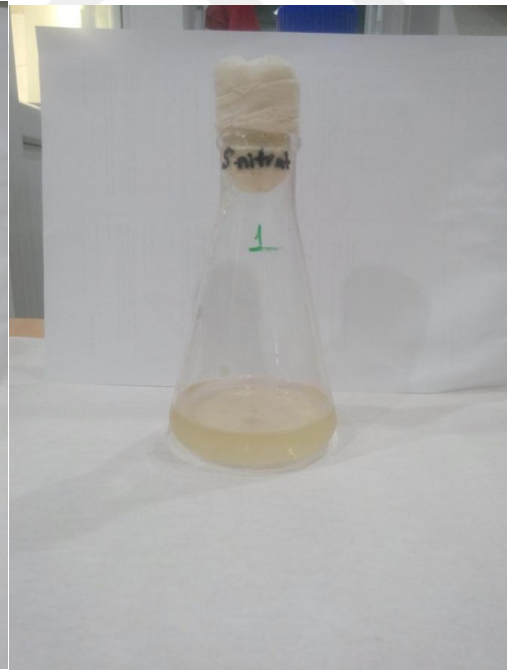
**Şekil 4.9:** RB-5 boyasının dekolorizasyon öncesi



**Şekil 4.10 :** Yeast ekstrakt içeren besi yerindeki renk giderimi



**Şekil 4.11:** Azot kaynağı eklenmeyen besi yerindeki renk giderimi



**Şekil 4.12:** Sodyum Nitrat içeren besi yerindeki renk giderimi



#### 4.9. Karbon kaynağının Dekolorizasyona Etkisi

Çalışmamızda, dekolorizasyonda kullandığımız besi yerine glukoz dışında, karbon kaynağı olarak fruktoz, maltoz, ksiloz, nişasta, laktoz eklenmiştir. Ayrıca karbon kaynağı eklenmeden besi yeri hazırlanmıştır. Bulgularımıza göre en iyi giderim glukoz dışında ksiloz, maltoz ve nişastada görülmüştür (Çizelge 4.5).

Boyaların biyodegradasyonu besi ortamının içeriğine bağlı olarak artırılabilir.

Glukoz ,nişasta, maltoz, ve selobiyoz dekolorizasyonda kullanılan en iyi karbon kaynakları olarak belirtilmiştir [83] .

*P.chryso sporium* , 5g/L glukoz ve 0,005g/L amonyum klorür içeren besi yeri kullanılarak, metil violet boyasının biyodegradasyonunda çok iyi bir performans göstermiştir [84] .

Zhen ve Yu (1998) *P.chryso sporium*'un karbon ve azot limitli besi yerlerinde Lip aktivitesinin artacağını rapor etmişlerdir [85].

Bir başka çalışmada (1998) ise Congo red boyası kullanılmış ,yüksek miktarda azot içeren besi yerinde dekolorizasyonun inhibe olduğu görülmüştür [86].

**Çizelge 4.5:** Farklı karbon kaynaklarına bağlı olarak elde edilen dekolorizasyon oranları

Karbon Kaynağı	%Dekolorizasyon	Kuru Ağırlık
Glikoz	97	0,15
Maltoz	93	0,19
Ksiloz	92	0,18
Nişasta	93	0,12
Fruktoz	74	0,17
Laktoz	50	0,23
Karbon kaynağı eklenmeyen	38	0,08

#### 4.10. Çalkalama Hızının *P. chyrosporium*'un Dekolorizasyonuna Etkisi

Çalkalama hızının boya giderime olan etkisini araştırmak için, inkübatör 100 rpm, 150 rpm ve 180 rpm olmak üzere çeşitli değerlere ayarlanmıştır. Bulgularımıza göre en iyi giderim 150 rpm hızda gerçekleşmektedir (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.6:** Çalkalama hızına bağlı olarak elde edilen renk giderim yüzdeleri ve peletlerin kuru ağırlıkları

Çalkalama Hızı (rpm)	% Dekolorizasyon	Kuru Ağırlık (g/100 ml)
100	73	0,15
150	96,5	0,13
180	92	0,10

## Sonuç

Bilimsel çalışmalar son zamanlarda, tekstil atıksularının biyolojik arıtımına odaklanmıştır. Çalışmamızda, *Phanerochaete chrysosporium*' un sahip olduğu ligninolitik enzim sistemi sayesinde renk gideriminde oldukça etkili olduğu görülmektedir. Çeşitli fiziksel şartlara uyum sağlayabilmesi, kısa sürede yüksek dekolorizasyon sağlayabilmesi mikoorganizmaya önem kazandırmaktadır. Çalışmada elde ettiğimiz verilerin ileri araştırmalar için temel olabileceği düşünülmektedir.

## 5.KAYNAKLAR

- [1] M. Tamez Uddin, M. Akhtarul Islam, S.Mahmud, M. Rukanuzzaman, Adsorptive Removal of methylene blue by tea waste, *Journal Hazardous Materials* 164 53–60, **2009**.
- [2] Swapnil S. Phugare, Dayanand C. Kalyani, Asmita V. Patil, Jyoti P. Jadhav. Textile dye degradation by bacterial consortium and subsequent toxicological analysis of dye and dye metabolites using cytotoxicity, genotoxicity and oxidative stress studies, *Journal of Hazardous Materials*, 186 ,713–723, **2011**.
- [3] Miranda, Rde C., Gomes, Ede B., Pereira Jr., N., Marin- Morales, M.A., Machado, K.M., Gusmao, N.B., Biotreatment of textile effluent in static bioreactor by *Curvularia lunata* URM 6179 and *Phanerochaete chrysosporium* URM 6181. *Bioresource Technology* 142, 361e36, **2013**.
- [4] Lang, W., Sirisansaneeyakul, S., Ngiwsara, L., Mendes, S., Martins, L.O., Okuyama, M., Kimura, A., Characterization of a new oxygen-insensitive azo reductase from *Brevibacillus laterosporus* TISTR1911: toward dye decolorization using a packed-bed metal affinity reactor. *Bioresource Technology*. 150, **2013**.
- [5]. Saratale, R.G., Gandhi, S.S., Purankar, M.V., Kurade, M.B., Govindwar, S.P., Oh, S.E., Saratale, G.D., Decolorization and detoxification of sulfonated azo dye C.I. Remazol Red and textile effluent by isolated, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **2013**.
- [6] Saratale, R.G., Saratale, G.D., Chang, J.S., Govindwar, S.P., Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: a review, *Journal Of Taiwan Institute Of Chemical Engineer*. 42, 138-157, **2011**.
- [7] Ozdemir, S., Cirik, K., Akman, D., Sahinkaya, E., Cinar, O.,. Treatment of azo dye containing synthetic textile dye effluent using sulfidogenic anaerobic baffled reactor. *Bioresource Technology* ,146, 135-143, **2013**.
- [8] Ayed, L., Mahdhi, A., Cheref, A., Bakhrouf, A., Decolorization and degradation of azo dye Methyl Red by an isolated *Sphingomonas paucimobilis*: biotoxicity and metabolites characterization, *Desalination* 274, 272-277, **2011**.

- [9] Kaushik, P., Malik, A., Fungal dye decolorization: recent advances and future potential. *Environmental International*, 35, 127-141, **2009**.
- [10] Pearce, C.I., Lloyd, J.R., Guthrie, J.T., The removal of color from textile wastewater using whole bacterial cells: a review. *Dyes Pigm* 58, 179e196, **2003**.
- [11] Qu, Y., Shi, S., Ma, F., Yan, B., Decolorization of reactive darkblue K-R by the synergism of fungus and bacterium using response surface methodology. *Bioresource Technology*, 101, 8016-8023, **2010**.
- [12] Gomi, N., Yoshida, S., Matsumoto, K., Okudomi, M., Konno, H., Hisabori, T., Sugano, Y., Degradation of the synthetic dye amaranth by the fungus *Bjerkandera adusta* Dec 1: inference of the degradation pathway from an analysis of decolorized products, *Biodegradation*, 22, 1239-1245, **2011**.
- [13] Kalmis, E., Azbar, N., Kalyoncu, F., Evaluation of two wild types of *Pleurotus ostreatus* (MCC07 and MCC20) isolated from nature for their ability to decolorize Benazol Black ZN textile dye in comparison to some commercial types of white rot fungi: *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus djamor*, and *Pleurotus citrinopileatus*. *Canadian Journal of Microbiology*, 54, 366-370, **2008**.
- [14] Germirli, F., D. Orhon, and O. Tünay. "Tekstil Endüstrisinde Atıksu Özelliklerini Etkileyen Faktörler-Örnek Tesislerde Uygulama." *İTÜ 2* : 95-108, **1990**
- [15] Özgecan Erdem, *Trametes versicolor* ile Tekstil Boyar Maddelerinin Renginin Giderimi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, **2014**
- [16] Deniz, C., Ağır metal ve Renk İçeren Atıksuların Gideriminin Adsorpsiyon/Biyosorpsiyon Yöntemleriyle Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üni. Fen Bilimleri Ens. Çevre Mühendisliği ABD, Sivas, **2010**.
- [17] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete: 31.12.2004 tarih ve 25687 sayı Çevre ve Orman Bakanlığında Dayandığı Kanun:09.08.1983 – 2872 ve 01.05.2003 –4856, **1988**.
- [18] Kaushik, P., Malik, A., Fungal Dye Decolorization : Recent advances and future potential. *Environ. Int.* 35, 127-141, **2009**.

- [19] Jin, X.C., Liu, G.Q., Xu, Z.H., Tao, W.Y., Decolorization of a dye industry effluent by *Aspergillus fumigatus* XC6. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 74, 239-243, **2007**.
- [20] Babu, B.R., Parande, A.K., Raghu, S., Kumar, T.P., Cotton textile processing: waste generation and effluent treatment. *J. Cotton Sci.* 11, 141-153, **2007**.
- [21] V. M. Correia., T. A. Stephonson, S.J. And Judd, Characterisation of textile wastewaters-A review, *Environ Technol*, 15 ,917-929,**1994**.
- [22] Alhassani, H.A., Rauf, M.A., Ashraf, S.S., Efficient microbial degradation of Toluidine Blue dye by *Brevibacillus* sp. *Dyes Pigments* 75, 395–400, **2007**.
- [23] F. O. Kocaer, U. Alkan, *Boyar madde içeren tekstil atıksularının arıtım alternatifleri*, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 7:1 47-55, **2002**.
- [24] Lodato, A., Alfieri, F., Olivieri, G., Donato, A.D., Marzocchella, A., Salatino, P., Azo-dye conversion by means of *Pseudomonas* sp. OX1, *Enzyme Microb. Technology*, 41, 646–652, **2007**.
- [25] Pandey, A., P. Singh and L. Iyengar, Bacterial decolorization and degradation of azo dyes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 59:73-84, **2007**.
- [26] Fewson, C.A., Biodegradation of xenobiotic and other persistent compounds: the causes of recalcitrance. *Trends Biotechnology*, 6, 148-153, **1998**.
- [27] Allen, R.L.M. The chemistry of azo dyes. *Color Chemistry. Appleton-Century Crofts*, NY, USA, p. 21, **1971**
- [28] Welham A, **2000**, The Theory of Dyeing (and the secret of life), *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 116: 140-143
- [29] Sangkil, N., Azo Dye Transformation by Enzymatic and Chemical Systems, Thesis, University of Kansas, 149 p., **1994**.

- [30] Phugare, S., Kalyani, D., Patil, A., Jadhav, J., Textile dye degradation by bacterial consortium and subsequent toxicological analysis of dye and dye metabolites using cytotoxicity, genotoxicity and oxidative stress studies. *Journal of Hazardous Materials*, 186, 713–723, **2011**.
- [31] Kabra, A.N., Khandare, R.V., Waghmode, T.R., Govindwar, S.P., Differential fate of metabolism of a sulfonated azo dye Remazol Orange 3R by plants *Aster amellus* Linn., *Glandularia pulchella* (Sweet) Tronc. and their consortium. *Journal of Hazardous Materials*, 190, 424–431, **2011**.
- [32] Wang, X., Cheng, X., Sun, D., Autocatalysis in Reactive Black 5 biodecolorization by *Rhodospseudomonas palustris* W1. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80, 907–915, **2008**.
- [33] Reactive Black 5, <http://www.worlddyevariety.com/reactive-dyes/reactive-black-5.html>, Mayis, **2017**.
- [34] Reactive Brown 10, <http://www.worlddyevariety.com/reactive-dyes/reactive-brown-10.html>, Mayis, **2017**.
- [35] Reactive Green 19, <http://www.worlddyevariety.com/reactive-dyes/reactive-green-19.html>, Mayis, **2017**.
- [36] Solochrome Black, <http://www.lobachemie.com/complexometric-indicators-3669/ERIOCHROME-BLACK-T-CASNO-1787-61-7.aspx>, Mayis, **2017**.
- [37] Sirinivasan, A. ve Viraraghavan, T., **2010**, Decolorization of dye wastewaters by biosorbents: a review, *Journal of Environmental Management*, 91: 1915-1929
- [38] Cheremisinoff, N.P., Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies, Butterworth-Heinemann, Boston, **2002**.
- [39] Avlonitis, S.A., Poullos, I., Sotiriou, D., Pappas, M., Moutesidis, K., Simulated cotton dye effluents treatment and reuse by nanofiltration. *Desalination* 221,259–267, **2008**.
- [40] Shi, B.Y., Li, G.H., Wang, D.S., Feng, C.H., Tang, H.X., Removal of direct dyes by coagulation: the performance of preformed polymeric aluminum species. *Journal Hazardous Materials*. 143, 567–574, **2007**.

- [41] Mishra, A., Bajpai, M., The flocculation performance of Tamarindus mucilage in relation to removal of vat and direct dyes. *Bioresource Technology*, 97, 1055–1059, **2006**.
- [42] Kace, J.S., Linford, H.B., Reduced cost flocculation of a textile dyeing wastewater. *J. Water Pollut. Control Fed.* 47, 1971, **1975**.
- [43] Hai, F.I., Yamamoto, K., Fukushi, K., Hybrid treatment systems for dye wastewater. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 37, 315–377, **2007**.
- [44] Namboodri, C.G., Perkins, W.S., Walsh, W.K., Decolorizing dyes with chlorine and ozone: Part I. *Am. Dyestuff Rep.* 83, 17–22, **1994**.
- [45] Omura, T., Design of chlorine-fast reactive dyes. Degradation of aminocontaining azo dyes by sodium-hypochlorite. *Dyes Pigments* 26, 33–50. **1994**.
- [46] Hage, R., Lienke, A., Applications of transition-metal catalysts to textile and wood-pulp bleaching. *Angewandte Chemie International Edition.* 45, 206–222, **2006**.
- [47] Meric, S., Kaptan, D., Tunay, C., Removal of color and COD from a mixture of four reactive azo dyes using Fenton oxidation process. *J. Environ. Sci. Health Part A-Toxic/Hazard. Subst. Environ. Eng.* 38, 2241–2250, **2003**.
- [48] Cheng, M.M., Ma, W.H., Li, J., Huang, Y.P., Zhao, J.C., Visible-light-assisted degradation of dye pollutants over Fe(III)-loaded resin in the presence of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at neutral pH values. *Environmental Science and Technology Journal*, 38, 1569–1575, **2004**.
- [49] Perkins, W.S., Walsh, W.K., Reed, I.E., Namboodri, C.G.,. A demonstration of reuse of spent dyebath water following color removal with ozone. *Text. Chem.Color.* 28, 31–37, **1996**
- [50] Snider, E.H., Porter, J.J., Ozone treatment of dye waste. *Journal Water Pollution Control Federation*, 46, 886–894, **1974**.

- [51] Gupta, V.K., Jain, R., Varshney, S., Electrochemical removal of the hazardous dye Reactofix Red 3 BFN from industrial effluents. *Journal Of Colloid Interface Science*, 312, 292–296, **2007**.
- [52] Dogan, D., Turkdemir, H., Electrochemical oxidation of textile dye indigo. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 80, 916–923, **2005**.
- [53] Barragan, B.E., Costa, C., Carmen Marquez, M., Biodegradation of azo dyes by bacteria inoculated on solid media, *Dyes Pigments* 75, 73–81, **2007**.
- [54] ARACAGÖK, Y. Doruk, and Nilüfer CİHANGİR. "Decolorization of reactive black 5 by *Yarrowia lipolytica* NBRC 1658." *American Journal of Microbiological Research* 1.2: 16-20, **2013**
- [55] Ibrahim M. Banat, Poonam Nigam, Datel Singh & Roger Marchant Microbial Decolourization Of Textile-Dye Containing Effluents: A Review, **1996**.
- [56] Yan, H., Pan, G., Increase in biodegradation of dimethyl phthalate by *Closterium lunula* using inorganic carbon. *Chemosphere* 55, 1281– 1285, **2004**.
- [57] Ergene, A., Ada, K., Tan, S., Katircioğlu, H., Removal of remazol brilliant blue R dye from aques solutions by adsorption onto immobilized *Scenedesmus quadricauda*: equilibrium and kinetic modelling studies, *Desalination*, 249: 1308-1314, **2009**.
- [58] Stolz, A., Basic and Applied Aspects in the Microbial Degredationof Azo Dyes, *Applied Microbial Biotechnology*, 56, 69-80, **2001**.
- [59] Gadd, G. M., Fungi in Bioremediation Published for the British Mycological Society, Cambridge University Press the Edinburgh Building, Cambridge, UK , **2001**.
- [60] Christian, V., R. Shrivastava, D. Shukla, H. A. Modi, and B. R. M. Vyas, "Degradation of Xenobiotic Compounds by Lignin-Degrading White-Rot Fungi: Enzymology and Mechanisma Involved," *Ind. J. Exp. Biol.*, 43, 301, **2005**.
- [61] Chitosan from *Mucor rouxii*: production and physico-chemical characterization, S. Chatterjee, M. Adhya, A.K. Guha, B.P. Chatterjee, *Process Biochemistry* 40 395–400. **2005**.



- [62] Field, J.A., Stams, A.J.M., Kato, M. and Schraa, G., Enhanced Biodegradation of Aromatic Pollutants in Cocultures of Anaerobic and Aerobic Bacterial Consortia, *Antonie van Leeuwenhoek*, 67; 47-77, **1995**.
- [63] P. Nigam, G. Armour , I.M. Banat , D. Singh, R. Marchant, Physical removal of textile dyes from e.uents and solid-state fermentation of dye-adsorbed agricultural residues, *Bioresource Technology*, 72 219±226, **2000**
- [64] Asha Srinivasan, Thiruvengkatachari Viraraghavan, Decolorization of dye wastewaters by biosorbents: A review, *Journal of Environmental Management*, 91 1915-1929, **2010**.
- [65] <http://www.uniprot.org/taxonomy/273507>, Mayıs, **2017**
- [66] H.H. Burdsall, Jr. and W. E. Eslyn, A New Phanerochaete With A Chrysosporium Imperfect State, Forest Products Laboratory, Forest Service, U. S. Department of Agriculture, Madison, Wisconsin 53705 , October-December, **1974**.
- [67] Field, J. A., de Jong, E., Feijoo-Costa, G., & de Bont, J. A. Screening for ligninolytic fungi applicable to the biodegradation of xenobiotics. *Trends in biotechnology*, 11(2), 44-49, **1993**.
- [68] By MING TIEN and T. KENT KIRK, Lignin Peroxidase of *Phanerochaete chrysosporium*, **1988**.
- [69] Culture collection of algae at the university of texas at Austin. <http://www.http://utex.org/>. (Mayıs, **2017**)
- [70] Özgör, E., Isparta ve Burdur İlleri Bal Arılarında (*Apis Mellifera* L.) Kış Sonu Kayıplarının Mikrobiyal Ve Paraziter Hastalıklar Yönünden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2012**.
- [71] I. Kapdan, F. Kargi, G. McMullan, R. Marchant , Comparison of white-rot fungi cultures for decolorization of textile dyestuffs , *Bioprocess Engineering*, 22, 347±351, **2000**
- [72] Swamy J, Ramsay JA. The evaluation of white rot fungi in the decoloration of textile dyes. *Enzyme Microb Technol*, 24:130–7, **1999**.

- [73] S. Senthilkumar, M. Perumalsamy, H. Janardhana Prabhu, Decolourization potential of white-rot fungus, *Phanerochaete chrysosporium* on synthetic dye bath effluent containing Amido black 10B , Department of Chemical Engineering, National Institute of Technology, **2011**.
- [74] Sukhwinder Singh, Kannan Pakshirajan, Enzyme activities and decolourization of single and mixed azo dyes by the white-rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*, **2009**
- [75] O. Yesilada, S. Cing, D. Asma, Decolourisation Of Textile Dye Astrazon Red FBL By *Funalia trogii* pellets, **2001**
- [76] K.V. Radha, I. Regupathi, A. Arunagiri and T. Murugesan, *Decolorization studies of synthetic dyes using Phanerochaete chrysosporium and their kinetics*, Process Biochem, 40, 3337-3345, **2005**.
- [77] Colleen Cripps, John A. Bumpus, And Steven D. AUS Biodegradation of Azo and Heterocyclic Dyes by *Phanerochaete chrysosporium*, **1990**.
- [78] Fu, Yuzhu, and T. Viraraghavan. "Fungal decolorization of dye wastewaters: a review." *Bioresource technology* 79.3 : 251-262. **2001**
- [79] Niebisch, C.H., Malinowski A.K., Schadeck, R., Mitchell, D.A., Cordeiro, V.K., Paba, J., Decolourization and biodegradation of reactive blue220 textile dye by *Lentinus crinitus* extracellular extract. *Journal Hazardous Materials*,180,136-322. **2010**.
- [80] Ayed ,L., Mahdhi, A., Cheref, Aç, Bakhrouf, A., Decolourization and degradation of azo dyes Methyk Red by anisolated *SpHingomonas paucimobilis*: biotoxicity and metabolites characterization. *Desalination* 274, 272-277,**2011**.
- [81] KAPDAN, Ilgi Karapinar, et al. Effect of environmental conditions on biological decolorization of textile dyestuff by *C. versicolor*. *Enzyme and Microbial Technology*, 26.5: 381-387, **2000**.
- [82] Asgher,M.,Bhatti, H.N.,Ashraf,M.,Legge,R.L., Recent developments in biodegradation of Industrial pollutants by white rot fungi and their enzyme system. *Biodegradation*, 19, 771-783, **2008**.

[83] Zhang, H., et al. "Water-yield relations and water-use efficiency of winter wheat in the North China Plain." *Irrigation Science* 19.1 : 37-45, **1999**.

[84] Radha, K. V., et al. "Decolorization studies of synthetic dyes using *Phanerochaete chrysosporium* and their kinetics." *Process Biochemistry* 40.10: 3337-3345, **2005**.

[85] *Zhonming Zhen, Jian Yu*, Stresses on immobilized *Phanerochaete chrysosporium* hypHae in submerged cultures for ligninase production, **1998**.

[86] Tatarko B.M., Bumbus, J.A., Biodegradation of Congo Red by *P.chrysosporium*. *Water REs.* 32, 1713-1717, **1998**.



## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik bilgileri

Adı Soyadı : Zeynep Kevser İĞDE

Doğum Yeri : Ankara

Medeni Hali : Bekar

E-posta : [z.kevserigde@gmail.com](mailto:z.kevserigde@gmail.com)

Adresi : Güneşevler Mah. 136. Sok. 14/18 Hasköy/Ankara

### Eğitim

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü

Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Uygulamalı Biyoloji Anabilim Dalı

### Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce: IELTS 5

**İş Deneyimi** : SERVİER İLAÇ VE ARAŞTIRMA , Medikal Delege (22.08.2016 –  
Devam etmekte)

### Deneyim Alanları

Mikrobiyoloji, Biyoteknoloji

**Tezden üretilmiş Projeler ve Bütçesi** : -

**Tezden Üretilmiş Yayınlar** : -

**Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu İle Katıldığı Toplantılar** :

II. INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND  
TECHNOLOGY, 28 Eylül - 2 Ekim, 2016 Belgrad, SIRBİSTAN



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 12/05/2017

Tez Başlığı / Konusu: **REAKTİF BOYALARIN MİKOORGANİZMALAR KULLANILARAK GİDERİLMESİ**

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 37 sayfalık kısmına ilişkin, 12/05/2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 10 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: ZEYNEP KEVSER İÇDE  
Öğrenci No: N13120103  
Anabilim Dalı: BİYOLOJİ  
Programı: UYGULAMALI BİYOLOJİ  
Statüsü: X Y.Lisans    Doktora    Bütünleşik Dr.

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Nevin KESKİN

(Unvan, Ad Soyad, İmza)



HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING  
THESIS/DISSERTATION ORIGINALITY REPORT

HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING  
TO THE DEPARTMENT OF BIOLOGY

Date:12/05/2017

Thesis Title / Topic: REMOVAL OF REACTIVE DYES BY USING MICROORGANISMS

According to the originality report obtained by myself/my thesis advisor by using the *Turnitin* plagiarism detection software and by applying the filtering options stated below on 12/05/2017 for the total of 37 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, d) Conclusion sections of my thesis entitled as above, the similarity index of my thesis is 10 %.

Filtering options applied:

1. Bibliography/Works Cited excluded
2. Quotes excluded / included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read **Hacettepe University Graduate School of Science and Engineering Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports**; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

Date and Signature

Name Surname: ZEYNEP KEVSER İĞDE

Student No: N13120103

Department: BIOLOGY

Program: APPLIED BIOLOGY

Status:  Masters  Ph.D.  Integrated Ph.D.

**ADVISOR APPROVAL**

APPROVED.

PROF. DR. NEVİN KESKİN

(Title, Name Surname, Signature)