

T.C  
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI SENTETİK BOYAR MADDELERİN RENK GİDERİMİNDE *Pleurotus  
eryngii* var. *ferulae* (OVACIK-TUNCELİ)'NİN ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Ümmiye GÖNEN**

**Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği**

**DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. Numan YILDIRIM**

**Tunceli-2012**

Ümkiye GÖNEN tarafından hazırlanan BAZI SENTETİK BOYAR MADDELERİN RENK GİDERİMİNDE *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (OVACIK-TUNCELİ)'NİN ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Tez Yöneticisi

Yrd.Doç.Dr. Numan YILDIRIM

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. Bu tez, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

Başkan: Yrd.Doç.Dr. Turgay DERE (Adıyaman Üniversitesi)

Üye : Yrd.Doç.Dr. Numan YILDIRIM (Tunceli Üniversitesi)

Üye : Yrd.Doç.Dr. Nuran C.YILDIRIM (Tunceli Üniversitesi)

Tarih : 11.07.2012

Ümkiye GÖNEN tarafından hazırlanan BAZI SENTETİK BOYAR MADDELERİN RENK GİDERİMİNDE *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (OVACIK-TUNCELİ)'NİN ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Tez Yöneticisi

Yrd.Doç.Dr. Numan YILDIRIM

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. Bu tez, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

Başkan: Yrd.Doç.Dr. Turgay DERE (Adıyaman Üniversitesi)

Üye : Yrd.Doç.Dr. Numan YILDIRIM (Tunceli Üniversitesi)

Üye : Yrd.Doç.Dr. Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM (Tunceli Üniversitesi)

Tarih : 11.07.2012

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada Tunceli ilinde yetişen *Pleurotus eryngii. var. ferulae* , bölge halkı tarafından “Kinkor” adıyla bilinen mantar türü ile sentetik boyar madde giderimi ilk kez çalışılmıştır. Günümüzde çok sayıda sentetik boyar madde ticari olarak kullanılmakta ve bunun sonucunda oluşan çevre kirliliği canlı hayat için önemli bir risk faktörü oluşturmakta, ayrıca estetik açıdan kötü bir görünüm sergilemektedir. Bu ve benzeri birçok sorunun önüne geçilmesi ve çevrenin bundan en az zararla etkilenmesi açısından bu çalışma büyük önem taşımaktadır.

Çalışmam esnasında bilgi ve deneyimleriyle bana destek olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Numan YILDIRIM ‘a, eşim Yrd. Doç. Dr. Tahir GÖNEN ‘e, laboratuvarımızın kurulmasıyla çalışmamıza destek olan Tunceli Üniversitesi Yönetimine ve Sayın Rektörüm Prof. Dr. Durmuş BOZTUĞ’a, ayrıca çalışmam esnasında bana yardımcı olan Çevre Mühendisliği bölümü öğrencilerinden Devran ve Saadet’e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında yanımda olup beni yalnız bırakmayan çok sevgili aileme, arkadaşlarıma, ayrıca çocuklarım İrem ve Metehan’a teşekkür ederim.

Ümmiye GÖNEN

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>I</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>II</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>IX</b>
<b>SEMBOLLER LİSTESİ</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Boyar maddeler .....	<b>1</b>
1.1.1 Boyar maddelerin kimyasal yapısı .....	<b>2</b>
1.1.2 Boyar maddelerin sınıflandırılması .....	<b>3</b>
1.2. Boyar madde içeren atık suların çevreye etkisi .....	<b>5</b>
1.3. Boyar madde içeren atık suların arıtımında kullanılan yöntemler .....	<b>5</b>
1.3.1 Ozonofikasyon .....	<b>6</b>
1.3.2 Membran filtrasyonu .....	<b>6</b>
1.3.3 Adsorpsiyon .....	<b>7</b>
1.3.4 Elektrokimyasal yöntem .....	<b>7</b>
1.3.5 Kimyasal flokleştirme ve çöktürme (koagülasyon) yöntemi .....	<b>8</b>
1.3.6. Fotokimyasal yöntem .....	<b>8</b>
1.3.7. Kimyasal arıtma yöntemleri (oksidasyon ve indirgeme) .....	<b>8</b>
1.3.8. Biyolojik yöntemler .....	<b>9</b>
1.3.8.1 Aerobik yöntem .....	<b>10</b>
1.3.8.2 Anaerobik yöntem .....	<b>11</b>
1.3.8.3 Biyosorpsiyon .....	<b>12</b>
1.4. Tekstil atık sularının karakterizasyonu .....	<b>12</b>
1.5. Beyaz çürükçül funguslar .....	<b>13</b>

1.5.1. Beyaz çürükçül fungusların lignolitik enzim sistemleri .....	15
1.5.2. Boyar madde gideriminde beyaz çürükçül fungusların tercih edilme nedeni .....	15
1.6. <i>Pleurotus eryngii</i> , .....	16
1.6.1 Morfolojik özellikleri .....	16
<b>2. MATERYAL ve METOT</b> .....	<b>18</b>
2.1 Materyal .....	18
2.1.1 Çalışmada Kullanılacak Fungus .....	18
2.1.2 Çalışmada Kullanılan Boyar Maddeler .....	18
2.2 Metod .....	19
2.2.1 Fungusun Doğadan Toplanması ve Misel Eldesinin Sağlanması .....	19
2.2.2 Katı Besiyeri Ortamlarının Hazırlanması ve Bu Ortamlarda Renk Gideriminin Tespiti .....	20
2.2.3 Sıvı Çalkalamalı Kültür Ortamlarının Hazırlanması ve Bu Ortamlarda Renk Gideriminin Tespiti .....	20
2.2.4 Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi (KOİ) .....	22
2.2.5 Kuru Misel Ağırlıklarının Tespiti .....	22
<b>3. BULGULAR</b> .....	<b>23</b>
3.1 Katı besiyeri ortamında yürütülen çalışmada renk giderimi .....	23
3.2 Katı besiyeri ortamına ait renk giderim görüntüleri .....	28
3.3 Sıvı Çalkalamalı Besiyeri Ortamında Elde Edilen Renk Giderimi Oranları, KOİ Azalışları ve Kuru Misel Ağırlıkları .....	29
3.4 Çalkalamalı besiyeri ortamına ait renk giderim görüntüleri .....	41
<b>4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>45</b>
<b>5. ÖNERİLER</b> .....	<b>50</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>51</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>59</b>

## ÖZET

Farklı endüstri kollarında kullanılan çeşitli boyar maddeler üretim sürecinde alıcı ortamlara büyük miktarlarda bırakılmakta ve bu durum, çevre ve insan sağlığı ile ilgili telafisi zor olan bir sürecin başlangıcını oluşturmaktadır. Bu nedenle gerek kirlenmiş alanların temizlenmesinde ve gerekse kirletici potansiyeli olan teknolojilerin biyolojik yaklaşımlarla bütünleştirilmesi ile bu boyar maddelerin oluşturacağı kirlilik azaltılabilecektir. Bu çalışma kapsamında; özellikle boya ve tekstil endüstrisi işletmeleri tarafından kullanılan ve bu işletmelerden çevreye bırakılan atık su içerisinde ki önemli kirlilik faktörü olan sentetik boyar maddelerin düşük maliyetle ve kısa sürede biyolojik olarak arıtılması araştırılmıştır. Bu doğrultuda Tunceli ili Ovacık ilçesinden izole edilen *P. eryngii* ile hem katı besiyeri, hem de çalkalamalı kültür ortamında kongo kırmızısı ve malaşit yeşili sentetik boyar maddelerinin renginin giderimi çalışıldı. Yapılan çalışmalar sonucunda, katı besiyeri ortamında düşük boya konsantrasyonlarında (0,05g/L ve 0,1g/L) dekolorizasyon görülürken, yüksek boya konsantrasyonlarında (0,5g/L, 1g/L ve 2 g/L) dekolorizasyon görülmemiştir. Sıvı çalkalamalı kültür ortamında ise malaşit yeşili ile çalışılan tüm konsantrasyonlarda bir üreme görülmezken, kongo kırmızısıyla yapılan çalışmada ise en yüksek, 150 rpm'de % 90 oranında renk giderim gözlenmiş ve % 96 oranında KOI (kimyasal oksijen ihtiyacı analizi) azalış değeri tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyodekolorizasyon, Tekstil Boyar maddeleri, Sıvı çalkalamalı ortam, Katı besiyeri ortamı, *Pleurotus eryngii*, Tunceli-Ovacık.

## SUMMARY

Various dyestuff used in different industrial areas is released to the receiving environments on a large scale during the production process and this case induces the start of an irrecoverable process related to the environment and human health. For this reason, the contamination caused by the dyestuff will be reduced both by cleaning the contaminated areas and combination of contaminating technologies with biological approaches. Within this study, bioremediation of synthetic dyestuff (at low cost and within a short time) that is used by the dye and textile industries and released to the environment via wastewater has been studied. Accordingly, the decolorisation of Congo-red and malachite-green synthetic dyes isolated in Ovacık province of Tunceli with *P. eryngii* in both agar-plate and agitated culture mediums has been experimented. As a result of the studies, while decolorisation has been observed in low dye concentrations (0,05 g/L, 0,1 g/L) in agar medium, no decolorisation has been observed in high dye concentrations (0,5 g/L, 1g/L and 2g/L). In agitated culture medium, while no proliferation has been observed in all malachite green concentrations, it has been observed most decolorisation (90 %) include Congo-red dye concentrations at 150 rpm and chemical oxygen demand decreasing value has been determined rate 96 %.

**Key Words:** Biodecolorisation, Textile Dyestuff, Agitated Culture Medium, Agar Medium, *Pleurotus eryngii*, Tunceli-Ovacık



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 Reaktif boyar maddelerin karakteristik yapısı .....	2
Şekil 2.1 Tunceli Ovacık İlçesinden İzole edilen <i>P.eryngii var.ferulae</i> fungus türü.	19
Şekil 2.2 Malaşit yeşili içeren katı besiyerine ekimi yapılan <i>P. eryngii var. ferulae</i>	20
Şekil 2.3 Sıvı besiyerinde üretildikten sonra homojenizatörle parçalanmış misel süspansiyonu. ....	21
Şekil 2.4 Çalkalamalı inkübatörde inkübasyona bırakılmış deney gurupları.....	22
Şekil 3.1 Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.05 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi .....	23
Şekil 3.2 Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.1 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi.....	24
Şekil 3.3 Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.5 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişim ve renk giderimi .....	25
Şekil 3.4 Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 1 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi. ....	26
Şekil 3.5 Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 2 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi .....	27
Şekil 3.6 Kongo red boyar maddesinin katı besiyeri ortamında 5 farklı konsantrasyonda, renk giderim oranlarının karşılaştırılması.....	28
Şekil 3.7 Malaşit yeşili 0.05 g/L boyar madde konsantrasyonda katı besiyeri ortamında , renk giderimi.....	28
Şekil 3.8 Malaşit yeşili 0.1 g/L boyar madde konsantrasyonda katı besiyeri ortamında , renk giderimi.....	29
Şekil 3.9 Malaşit yeşili boyar maddesinin 5 farklı konsantrasyonda, katı besiyeri ortamında renk giderim oranlarının karşılaştırılması.....	29
Şekil 3.10 Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün de renk giderim oranları.....	30
Şekil 3.11 Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm ‘de kongo kırmızısı boyar maddesinin renk giderim sonrası KOİ yüzde azalış değerleri. ....	31

<b>Şekil 3.12</b> Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin kuru ağırlık oranlarındaki artış yüzde oranları. ....	<b>32</b>
<b>Şekil 3.13</b> Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün de renk giderim oranları. ....	<b>33</b>
<b>Şekil 3.14</b> Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin KOİ azalış yüzdeleri. ....	<b>34</b>
<b>Şekil 3.15</b> Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin kuru ağırlık oranlarındaki artış yüzdesi. ....	<b>35</b>
<b>Şekil 3.16</b> Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 160 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün de renk giderim oranları. ....	<b>36</b>
<b>Şekil 3.17</b> Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 160 rpm’de boyar maddesinin KOİ azalış yüzdeleri. ....	<b>37</b>
<b>Şekil 3.18</b> Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 160 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin kuru ağırlık oranlarındaki artış yüzdesi. ....	<b>38</b>
<b>Şekil 3.19</b> Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de malaşit yeşili boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün’de yüzde renk giderim oranları. ....	<b>39</b>
<b>Şekil 3.20</b> Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de malaşit yeşili boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün’de yüzde renk giderim oranları. ....	<b>40</b>
<b>Şekil 3.25</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,005 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinde renk giderim görüntüleri. ....	<b>41</b>
<b>Şekil 3.26</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,025 g/L konsantrasyonda sıvı çalkalamalı besiyerinde, renk giderimi görüntüleri. ....	<b>41</b>
<b>Şekil 3.27</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,05 g/L konsantrasyonda sıvı çalkalamalı besiyerinde, renk giderimi görüntüleri. ....	<b>42</b>
<b>Şekil 3.28</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,1 g/L konsantrasyonda sıvı çalkalamalı besiyerinde, renk giderimi görüntüleri. ....	<b>42</b>
<b>Şekil 3.29</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,005 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinden süzöldükten sonraki görüntüleri. ....	<b>43</b>
<b>Şekil 3.30</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,025 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinden süzöldükten sonraki görüntüleri. ....	<b>43</b>
<b>Şekil 3.31</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,050 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinden süzöldükten sonraki görüntüleri. ....	<b>44</b>

<b>Şekil 3.32</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,1 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinden süzöldükten sonraki görüntüleri. ....	<b>44</b>
---	-----------

## TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 1.1</b> Çeşitli tekstil atık sularının karakteristikleri .....	13
<b>Tablo 2.1</b> Çalışmada kullanılan boyar maddelere ilişkin bilgiler .....	18
<b>Tablo 3.1</b> Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.05g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi .....	23
<b>Tablo 3.2</b> Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.1 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi .....	24
<b>Tablo 3.3</b> Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.5g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi .....	25
<b>Tablo 3.4</b> Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 1 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi .....	26
<b>Tablo 3.5</b> Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 2 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi .....	27
<b>Tablo 3.6</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 3. gün ve 7. gün’de 140 rpm’de sıvı çalkalamalı besiyerinde, misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı. ....	30
<b>Tablo 3.7</b> Kongo kırmızısı KOİ azalış değerleri 140 rpm’de. ....	31
<b>Tablo 3.8</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 140 rpm ‘de kuru ağırlık oranlarındaki artış miktarları. ....	32
<b>Tablo 3.9</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 150 rpm’de sıvı çalkalamalı besiyerinde misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı.....	33
<b>Tablo 3.10</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 150 rpm ‘de renk giderimi sonrası KOİ azalış değerleri. ....	34
<b>Tablo 3.11</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 150 rpm ‘de renk giderimi sonrası kuru ağırlık artış miktarları. ....	35
<b>Tablo 3.12</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 160 rpm’de sıvı çalkalamalı besiyerinde misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı.....	36
<b>Tablo 3.13</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 160 rpm’de renk giderimi sonrası KOİ azalış yüzde değerleri. ....	37

<b>Tablo 3.14</b> Kongo kırmızısı boyar maddesinin 160 rpm’de renk giderimi sonrası kuru ağırlık artış miktarları. ....	<b>38</b>
<b>Tablo 3.15</b> Malaşit yeşili boyar maddesinin 140 rpm’de sıvı çalkalamalı besiyerinde misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı.....	<b>39</b>
<b>Tablo 3.16</b> Malaşit yeşili boyar maddesinin 140 rpm’de sıvı çalkalamalı besiyerinde misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı. ....	<b>40</b>

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR

pH	: Power of Hydrogen
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
UV	: Ultraviolet
ADMI	: Amerikan Boya İmalatçıları Enstitüsü renk birimi
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı,
TOK	: Toplam Organik Karbon,
AKM	: Askıda Katı Madde,
ÇKM	: Çözünmüş Katı Madde
SDA	: Sabouraud Dextrose Agar
SDB	: Saboroud Dextrose Broth

## 1.GİRİŞ

Ülkemizde çevre sorunları ve buna paralel olarak sorunların çözümüne yönelik çalışmalar giderek artmaktadır. Hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme, arıtma tesisi gibi ek üniteler içermeyen sanayi bölgeleri ve benzeri birçok nedenden dolayı günümüzde çok sayıda çevre sorunu ile karşılaşmaktayız. Giderek artan ve doğaya terk edilen bu maddeler, canlı hayatının temel taşlarından olan su, hava ve toprakta ciddi problemlere yol açmaktadır (Platin, 2004).

Bu problemlere yol açan faktörler arasında gerek dünyada, gerek Türkiye’de büyük önem taşıyan bir endüstri kolu olan; tekstil endüstrisi başta gelmektedir. Kullanılan ham maddelerin, kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin ve her işlem için uygulanan teknolojinin çeşitliliği nedeniyle oluşan atık sular değişken bir yapıya sahiptir. Bu değişken yapı, tekstil atık sularına uygulanan arıtma teknolojilerine de yansımakta ve bundan dolayı standart bir arıtma yönteminin tekstil atık suyuna uygulanması güçleşmektedir (Demir vd., 2006).

Tekstil sektöründe birçok yardımcı kimyasal maddenin yanında, sayısız renk ve türde boyar madde kullanılmakta ve buna bağlı olarak gerek üretim gerekse kullanım sırasında çok miktarda renkli atıksu açığa çıkmaktadır. Günümüzde endüstriyel olarak yaklaşık 10,000 farklı boya ve pigment üretilmektedir. Dünya çapında bu boyaların yıllık üretimi  $7 \times 10^5$  tonun üzerindedir (Kapdan ve Kargı, 2000). Bu boyaların %10-15’i boyama prosesleri sonucunda atık su ile doğrudan alıcı ortama deşarj edilmesi sonucunda zaten toksik olan boyar maddeler özellikle anaerobik şartlarda daha toksik atıkların meydana gelmesine neden olmakta ve önemli çevresel problemler yaratmaktadır. Günümüzde tekstil endüstrisi atık sularına uygulanan en yaygın ve standart arıtma biyolojik veya kimyasal yöntemlerdir (Demir vd., 2006).

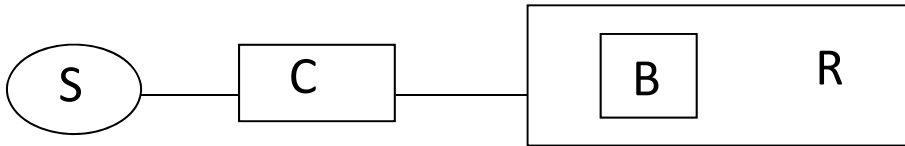
### 1.1 Boyar Maddeler

Boyar madde bazı ortamlarda çözünerek uygulandığı malzemeye kalıcı biçimde rengini veren yoğun renkli ve karmaşık yapılu organik bileşiklerin ortak adıdır. Doğal ve yapay birçok örneği bulunan boyar maddeler başta tekstil olmak üzere, kağıt, deri ve kozmetik

sanayilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle tekstil ürünlerine çeşitli özellikler kazandırmak için 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 (rekalsitran yapılı) boyar maddeler elde edilmekte ve tekstil sektörü ürünlerinin renklendirilmesinde çoğunlukla bu vb. boyar maddeler kullanılmaktadır (Arslan, 2004).

### 1.1.1 Boyar Maddelerin Kimyasal Yapısı

Boyar maddelerin genel kimyasal yapısı şematik olarak Şekil 1.1’de gösterildiği gibidir. Şekilde gösterilen; S: (Suda çözünebilen grup). Selüloz ve protein elyafı boyayabilen reaktif boyar maddelerde 1-4 adet sülfonik asid grubu bulunur. Bu özel gruplar moleküle çözünürlük sağlar. C: (Moleküle renk veren grup). Boyar madde molekülleri, aromatik yapı gibi, görünür ışığı (400-750 nm 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 vd., 1998). B: (Köprü bağları). Molekülde renkli grup ile reaktif grubu birbirine bağlar. R: (Reaktif grup). Elyaftaki fonksiyonel grup ile kovalent bağ oluşturan gruptur (Başer ve İnanıcı, 1990).



Şekil 1.1 Reaktif boyar maddelerin karakteristik yapısı (Başer ve İnanıcı, 1990).



### 1.1.2 Boyar Maddelerin Sınıflandırılması

Boyar maddeler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Sınıflandırmada kimyasal yapı, boyama özellikleri, çözünürlük, kullanış yerleri gibi çeşitli karakteristikler göz önüne alınabilir (Başer ve İnanıcı, 1990). 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

Boyar maddelerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması (Başer ve İnanıcı, 1990):

1. Azo boyar maddeler
2. Nitro ve nitrozo boyar maddeler
3. Polimetin boyar maddeler
4. Arilmetin boyar maddeler
5. Aza annulen boyar maddeler
6. Karbonil boyar maddeler
7. Kükürt boyar maddeler.

Boyar maddelerin boyama özelliklerine göre sınıflandırılması ( Bozdoğan, 1984):

**a) Bazik Boyar Maddeler:** Bazik boyar maddeler organik bazların klorü veya asetat tuzları şeklindedir. Yani renkli kısım katyondur. Bazik boyar maddelerin en karakteristik özellikleri parlaklıkları ve renk şiddetleridir. Yün, ipek ve pamuk üzerinde ışığa ve yıkamaya karşı mukavemetleri çok düşüktür. Ancak poliakrilonitril üzerinde ışığa mukavemetleri iyi olduğundan, orlon boyanmasında geniş ölçüde kullanılır (Bozdoğan, 1984).

**b) Asit Boyar Maddeler:** Asit boyar maddeler de direkt boyar maddeler gibi sülfonik asitlerin veya çok ender olarak karboksilli asitlerin sodyum tuzları şeklindedir. Renkli bileşen boyar madde anyonudur. Asit boyar maddeler protein elyafın boyanmasında kullanılan önemli bir boyar madde sınıfıdır. Kimyasal yapı bakımından direkt boyar maddelere benzeyenlerin bir çoğu selülozu da gayet iyi boyar. Poliamid elyaf da kimyasal yapı bakımından proteinlere benzediği için asit boyar maddelere karşı ilgisi fazladır. Asit boyar maddeler, yün-yaprak, şerit, iplik ve kumaş olmak üzere üretimin her basamağında boyanabilir. (Bozdoğan, 1984).

**c) Direkt Boyar Maddeler:** Bunlar genellikle sülfonik, bazen de karboksilik asitlerin sodyum tuzlarıdır. Yapı bakımından direkt ve asit boyar maddeler arasında kesin bir sınır yoktur. Boyama yöntemi bakımından farklıdır. Direkt boyar maddeler önceden bir işlem yapılmaksızın (mordanlama) boyar madde çözeltisinden selüloz veya yüne doğrudan doğruya çekilirler. Elyafın iç misellerinde hiçbir kimyasal bağ meydana getirmeksizin depo edilirler. Renkli kısımda bazik grup bulundurlar ve suya karşı dayanıklılığı sınırlıdır (Başer ve İnanıcı, 1990)

**d) Reaktif Boyar Maddeler:** Elyaf yapısındaki fonksiyonel gruplar ile gerçek kovalent bağ oluşturabilen reaktif gruplar içeren boyar maddelerdir. Selülozik elyafın boyanmasında ve baskısında kullanılan ve son yıllarda geliştirilen bu boyar maddeler ayrıca yün, ipek ve poliamid boyanmasında da kullanılırlar. Reaktif grup molekülün renkli kısmına bağlıdır. Bütün reaktif boyar maddelerde ortak olan özellik hepsinin kromofor taşıyan renkli grup yanında, bir reaktif, bir de moleküle çözünürlük sağlayan grup içermesidir. (Başer ve İnanıcı, 1980)

**e) Küpe Boyar Maddeleri:** Karbonil grubu içeren ve suda çözünmeyen boyar maddelerdir. Bunlar indirgeme ile suda çözünür hale getirilirler ve bu halde iken elyafa çektilirler. İndirgenmiş ve çözünür özellik kazanmış bu bileşikler çoğunlukla beyaz ve renksiz olduklarından "leuko" bileşikleri olarak adlandırılırlar ve bu durumda gerek hayvansal gerek bitkisel lifleri kolayca boyarlar. Küpe boyaları, özellikle pamuk boyamacılığında kullanılırlar. (Erdik vd., 1998).

**f) Dispersiyon Boyar Maddeleri:** Suda eser miktarda çözünebilen, bu nedenle sudaki dispersiyonları halinde uygulanabilen boyar maddelerdir. Boyar madde, boyama işlemi sırasında dispersiyon ortamından hidrofob elyaf üzerine difüzyon yolu ile çekilir. Boyama boyar maddenin elyaf içinde çözünmesi şeklinde gerçekleşir. Dispersiyon boyar maddeleri başlıca poliester elyafın boyanmasında kullanılır (Bozdoğan, 1984)

## **1.2. Boyar Madde İçeren Atık Suların Çevreye Etkisi**

Boyar madde içeren atık sular alıcı ortamlara büyük miktarlarda deşarj edilmektedir. Bu durum çevre ve insan sağlığı açısından telafisi zor bir sürecin başlangıcını oluşturmaktadır (Gedikli vd., 2010). Meydana gelen kirlilik öncelikle göl, nehir ve diğer su yataklarının yüzeyinde bir tabaka oluşturarak çevre estetiği açısından kötü bir görünüm sergilemekte ayrıca sudaki ışık geçirgenliğini ve gaz çözünürlüğünü azaltmaktadır (Dizge vd., 2007). Böylece sucul pek çok bitki büyüme ve gelişme için ışıktan yoksun kalır. Ayrıca bu sulara çözülmüş oksijen miktarı azalarak sudaki pek çok organizma yok edilmiş ve anoksik koşullar oluşturulmuş olur (Chander vd., 2005). Nutrient yükü artar , buda ötrafikasyon adı verilen kötü bir koku oluşumuna sebep olur (Senthilkumar vd., 2011). Son olarakta bu boyar maddelerin ortamda fazla miktarda birikmesi tüm canlı grubu için toksik etki oluşturur (Ramchandani vd., 1994; hu ve wu, 2001). Bundan dolayı çevrenin ve çevrede yaşayan canlıların bu boyalardan zarar görmemesi için boyar maddelerin ortamdaki en kısa sürede uzaklaştırılması gerekir.

## **1.3. Boyar Madde İçeren Atık Suların Arıtımında Kullanılan Yöntemler**

Boyar madde içeren atık sulardan renk giderimi için kullanılan kesin bir metot yoktur. Atık suyun çeşidine göre kullanılacak yöntem de değişmektedir (Robinson vd., 2001). Sentetik boya içeren sıvı atıkları temizlenmesi için birden fazla yöntem bir arada kullanılabilir (Lucas vd., 2008).

- Ozonofikasyon
- Membran Filtrasyon
- Adsorpsiyon

- Elektrokimyasal Yöntem
- Kimyasal Floklaştırma ve Çöktürme Yöntemi
- Fotokimyasal Yöntem
- Kimyasal Arıtma Yöntemleri (Oksidasyon ve İndirgeme)
- Biyolojik Yöntemler

### **1.3.1 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 (KOİ) çok azalır ve BOİ 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 vd., 2001). Çıkış sularının ozonlandıktan sonra tekrar kullanılabilmesi arıtım tesisi için kimyasal madde ve su tasarrufu sağlamaktadır (Perkins vd., 1995).

### **1.3.2 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 vd., 1998). Ancak membran sistemi kullanıldığında ortaya membranlarda yoğunlaşan maddenin uzaklaştırılması

problemi ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı renk giderimin de tek başına kullanılamamaktadır (Cing, 2001).

### **1.3.3 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 fiziko kimyasal faktörün etkisi altındadır. Adsorpsiyonla renk gideriminde en yaygın olarak aktif karbon kullanılmaktadır. Aktif karbonla renk giderimi özellikle asidik, bazik ve dispersboyalar 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 uzaklaştırılmaları oldukça pahalı ve zahmetli olacaktır (Başbüyük vd., 1998).

### **1.3.4 Elektrokimyasal Yöntem**

Bu yöntem 1990'ların ortalarında geliştirilen yeni bir yöntemdir. Asidik boyaların giderimin de 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, KOİ, 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 vd., 1996).

### **1.3.5 Kimyasal Floklaştırma Ve Çöktürme (Koagülasyon) Yöntemi**

Bu yöntemde floklaştırma ve çökelme 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 çökelme verimini pek arttıramamaktadır. Dispers boyalarda ise koagülasyon ve flokülasyon yöntemleriyle tam bir renk giderimi sağlanamaktadır (Robinson vd., 2001).

### **1.3.6. 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).

### **1.3.7. Kimyasal Arıtma Yöntemleri (Oksidasyon ve İndirgeme)**

Renkli atık suların kimyasal oksidasyonu için klor, klordioksit, hidrojen peroksit ve azot kullanılır. Klorla yapılan renk giderim çalışmalarında sodyum hipoklorit ( $NaCl$ ) 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. 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 vd., 2001).

### **1.3.8. Biyolojik Yöntemler**

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 (Başbüyük vd., 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 vd., 1998). Oluşan bu aromatik aminlerin aerobik kademede giderimi ile boyar maddelerin anaerobik/aerobik proseslerle mineralizasyonu gerçekleştirilmiştir (Zaoyan vd.,1992; An vd., 1996). Aerobik yöntem tek başına kullanıldığında, suda iyi çözünen bazik direkt ve bazı azo boya atıklarının olması durumunda mikroorganizmalar bu tür bileşikleri 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, fungus, alg gibi değişik tipte organizmalar boyar maddelerin sulu ortamlardan giderimi için kullanılmaktadırlar (Özmihçı ve Kargı, 2004). Günümüzde

biyoteknoloji alanında özellikle atık suların arıtılması konusunda pek çok çalışmalar yapılmaktadır. Atık ve çevre biyoteknolojisinin en önemli amaçlarından birisi atıkların içeriğini doğanın özümleyeceği düzeye indirgemektir. 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 biyolojik arıtım çalışmalarında en çok kullanılan organizmalar beyaz çürükçül funguslardır.

### **1.3.8.1. Aerobik Yöntem**

Tekstil endüstrisi atık suları, pH değişimlerine duyarlılığı yüksek olan konvansiyonel biyolojik arıtma tesislerinde önemli zorluklara sebep olmaktadır. Endüstriyel atık suların arıtılmasında yaygın olarak kullanılan konvansiyonel aktif çamur sistemleri için tekstil endüstrisindeki birçok boya bileşiği ya biyolojik olarak çok zor indirgenemekte ya da inert kalmaktadır. Suda iyi çözünen bazik, direkt ve bazı azo boya atıklarının olması durumunda mikroorganizmalar bu tür bileşikleri biyolojik olarak indirgeyememekle birlikte boyanın bir kısmını adsorbe ederek atık suyun rengini almakta ve renk giderimi sağlanabilmektedir. Azo boyar maddeler gibi sentetik boyaların aerobik şartlar altında mikrobiyal parçalanmaya karşı dirençli olmasının nedeni boya malzemelerinin, kimyasal ve ışık kaynaklı oksidatif etkiler sonucu renklerinin solmamasını sağlayacak şekilde sentezlenmeleridir. Boyar maddelerin aerobik biyodegradasyonunu zorlaştıran diğer bir faktör ise moleküler ağırlıklarının yüksek olması nedeniyle biyolojik hücre zarından geçişlerinin zor olmasıdır. Azo, diazo ve reaktif boyar madde içeren bir tekstil atık suyu renginin mikrobiyal proseslerle giderilmesinin araştırıldığı bir çalışmada aerobik kolonlardan izole edilmiş saf bakteri kültürlerinin renk giderimini gerçekleştiremediği belirlenmiştir (Nigam vd., 1996 ). Odunsu bitkilerde bulunan, yapısal polimer lignini parçalayabilen ve ksenobiyotik maddelerin parçalanması amaçlı çalışmalarda en yaygın olarak kullanılan beyaz çürükçül fungus *Phanerochaeta chrysosporium*'un, lignin peroksidaz, mangan peroksidaz gibi enzimleri kullanarak boyar maddeleri parçalayabildiği



bilinmektedir (Robinson vd., 2001). Ancak beyaz çürükçül mantarların, ligninolitik enzimlerin düşük pH değerlerinde (pH=4.5-5) aktif olması ve atık sularında bulunma ihtimali düşük olan tiamin ile veratril alkol maddelerine ihtiyaç duyması gibi dezavantajları vardır (Kapdan ve Kargı, 2000).

### **1.3.8.2. Anaerobik Yöntem**

Boyar maddelerle yapılan anaerobik parçalanma çalışmaları, özellikle aerobik ortamda parçalanamayan suda çözünebilir reaktif azo boyar maddeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Çift bağlı azot halkasına bağlı bu boyaların aerobik proseslerle arıtılabilirliğinin mümkün olmaması anaerobik arıtmanın ön arıtma olarak kullanılmasını gerektirmektedir. Anaerobik olarak renk gideriminin gerçekleşebilmesi için ilave karbon kaynağına ihtiyaç vardır. İlave karbon metan ve karbondioksite dönüştürülmekte ve elektronlar açığa çıkmaktadır. Bu elektronlar elektron taşıma zincirinden son elektron alıcısına yani azo-reaktif boyaya taşınmakta ve boyayla azo bağımlı indirgenmektedir. Böylece anaerobik parçalanma sonucunda azo boyar maddelerdeki renkten sorumlu azo bağı kırılmakta ve renk giderimi sağlanmaktadır. Bu olay oksijen tarafından inhibe edilmektedir. Bu nedenle boya atıklarını renksizleştirmek için ilk adım azo köprüsünün indirgenerek parçalandığı anaerobik koşullar altında arıtım olmalıdır. (Robinson vd., 2001). Azo bağının kırılmasıyla, anaerobik olarak parçalanamayan aromatik aminler de oluşabilmektedir. Boyar maddeler normalde sitotoksik, mutajenik veya kanserojenik değilken, anaerobik parçalanma sonucu oluşan aminler bu özellikleri gösterebilmektedir. Bu nedenle anaerobik sistemler aerobik arıtmadan önce yer alan bir ön arıtım yöntemi olarak önerilmektedirler. Çünkü aromatik aminler, aromatik bileşiğin halkasının açılması ve hidrosilasyonla aerobik ortamda mineralize olabilmektedirler. Böylece boyarmadde içeren atık suların kombine anaerobik-aerobik proseslerle arıtılması sonucu ilk basamakta etkili bir renk giderimi sağlanmakta ve anaerobik ortamda dirençli olan aromatik aminler aerobik basamakta giderilebilmektedir (Kocaer ve Alkan, 2002).

### **1.3.8.3. Biyosorpsiyon**

Kimyasal maddelerin mikrobiyal kütle tarafından adsorpsiyonu veya kütlede birikimi biyosorpsiyon olarak ifade edilmektedir. Ölü bakteriler, maya ve mantarlar boyar madde içeren atık suların renginin giderilmesinde kullanılabilir. Tekstil boyalarının kimyası geniş bir yelpazede değişiklik gösterdiği için mikroorganizmalarla olan etkileşimler boyanın kimyasına ve mikrobiyal kütlelerin spesifik kimyasına dayanmaktadır. Bu nedenle kullanılan mikroorganizmanın cinsine ve boyaya bağlı olarak farklı bağlanma hızları ve kapasiteleri söz konusudur. Boyar madde içeren atık su çok toksik olduğunda biyosorpsiyon avantajlı olmaktadır. (Robinson vd., 2001)

### **1.4. Tekstil Atık Sularının Karakterizasyonu**

Tekstil atık suları, içerdikleri boyar maddeler ve çok sayıdaki kimyasallardan dolayı oldukça değişken olabilir. Genel olarak ürün türü ve buna bağlı olarak kullanılan ham maddeler uygulanacak arıtma yöntemini belirlemede en önemli faktörlerdir. Bundan dolayı da herhangi bir tekstil atık suyu arıtımında detaylı bir karakterizasyon çalışması son derece büyük önem taşımaktadır. Tekstil atık sularında kirliliğe neden olan temel parametreler; biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, azot, fosfat, sıcaklık, pH, yağ, gres, sülfidler ve fenol, krom veya ağır metaller gibi toksik kimyasallar olarak sayılabilir. Tekstil atık suları rengi proses de kullanılan boyanın rengine göre saat başı yada günlük değişiklik gösterebilir. Bu renkteki değişim aynı zamanda atık suyun kimyasal oksijen ihtiyacı içeriğinde de dalgalanmalara yol açabilir. Bununla birlikte boyarmaddeler atık suyun bileşiminde büyük yer kaplamazlar. Örneğin bu atık sular genellikle yüksek miktarda inorganik tuzları da içerirler (Başbüyük vd., 1998). Tekstil atık suları oldukça yüksek miktarda nişasta, karboksimetil selüloz ve az miktarda polivinil alkol içerir. Bunlar atık su sistemine girer ve atık suyun kimyasal oksijen ihtiyacını artırır (Başbüyük vd., 1998). Boyama işleminden çıkan atık suyun özellikleri; boyanın kendisine, lifin özelliklerine ve boyama yöntemlerine bağlıdır. Genellikle boyama atık suyu; yüksek konsantrasyon da boyama maddeleri, yüksek konsantrasyonda toplam çözünmüş madde ve orta seviyede biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerine sahiptir. Endüstriyel gelişme ve tekstil ürünlerinin üretim rekoltesinin sürekli artması, piyasa taleplerini karşılayabilmek için,

boyar madde olarak doğal boyalar yerine sentetik boyaların kullanımını zorunlu olarak artırmıştır. Bunun sonucunda ise biyolojik olarak yıkılması güç, kanserojen özellikli boyar maddeler içeren atık sular oluşturmaktadır (Caner, 1998). Boyalı atık suların karakterizasyonu, boyaların kimyasal yapısındaki farklılıklardan ve boyama prosesinin değişim göstermesinden dolayı oldukça zordur Tablo 1.1’de farklı boyaların kullanıldığı ve farklı elyafların boyandığı boyahane atık sularının karakterizasyonuna ilişkin bazı değerler görülmektedir.

**Tablo 1.1** Çeşitli tekstil atık sularının karakteristikleri (Correia vd.,1994).

Boyarmadde Türü	Elyaf çeşidi	Renk	BOİ,	TOK,	AKM,	ÇKM,	pH
		ADMI	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Metal Kompleks	Poliamid	370	570	400	5	3945	6,8
Bazik	Akrilik	5600	210	255	13	1469	4,5
Direkt	Viskoz	12500	15	140	26	2669	6,9
Reaktif, kesikli	Pamuklu	3890	0	150	32	12500	11,2
Reaktif, sürekli	Pamuklu	1390	102	230	9	691	9,1
Dispers, yüksek sic.’ta	Polyester	1245	198	360	76	1700	10,2
Asit	Poliamid	4000	240	315	14	2028	5,1

ADMI: Amerikan Boya İmalatçıları Enstitüsü renk birimi, BOİ: Biyolojik Oksijen İhtiyacı, TOK: Toplam Organik Karbon, AKM: Askıda Katı Madde, ÇKM: Çözülmüş Katı Madde

### 1.5. Beyaz Çürükçül Funguslar

Beyaz çürükçül funguslar, bazidili funguslar (*Basidiomycetes*) sınıfına dahildirler. Odunun bileşenlerini parçalar ve odunda beyaz renkli bir kalıntı oluşmasına neden olurlar. Doğal şartlar altında ölü yada canlı odun üzerinde lignini etkin bir şekilde yıktığı ifade edilen canlıların sadece beyaz çürükçül funguslar olduğu rapor edilmiştir. Beyaz çürükçül fungusların, odunda bulunan protein ve karbonhidratlardaki azot ve karbon kaynaklarına daha kolay erişebilmek için lignini yıktıkları ifade edilmiştir. Beyaz Çürükçül Funguslar lignin, selüloz ve hemiselülozu parçalayarak global karbon döngüsüne büyük katkıda bulunurlar.

Boyarmadde gideriminin de beyaz çürükçül fungus kullanılması nedeniyle de boyarmaddelerin kimyasal yapısında da ligninin yapısında bulunan fenol halkasının

bulunmasıdır. Yani Beyaz çürükçül funguslar boyar maddeyi besin maddesi gibi algılayarak lakkaz, Mn-peroksidaz, ve lignin peroksidaz gibi salgıladıkları ana ekstraselüler enzimler sayesinde bu boyar maddeleri parçalayarak yok ederler. 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 duseinii* tekstil atık sularının renk gideriminde çok geniş kullanım alanı bulmaktadır (Wesenberg vd., 2002; Chagas ve Durrant, 2001; Aretxago vd., 2001). Beyaz çürükçül mantarların ve bu mantarlardan saflaştırılan enzimlerin kullanıldığı biyoteknolojik çalışmalara pek çok örnek vermek mümkündür. Bunlar arasında;

1. Enzim üretiminde kullanımı (Rogalski vd., 1991).
2. Ağır metallerin biyolojik adsorpsiyonunda kullanımı (Dhawale vd., 1996; Gabriel vd., 1996).
3. Boyar maddelerin ve tekstil fabrikası atık sularının renginin gideriminde kullanımı (Nyanhongo vd., 2002; Swamy ve Ramsay, 1999).
4. Kağıt ve kağıt hamuru üreten endüstrilerde ligninin parçalanmasında kullanımı (Kuhad vd., 1997).
5. Zeytinyağı fabrikası atık suyunun arıtımında/renginin gideriminde kullanımı (Jaouani vd., 2006; Yeşilada ve Bozcuk, 1990).
6. Mikrobiyal protein kaynağı olarak kullanımı (Cardoso ve Nicoli, 1981).
7. Hormon üretiminde kullanımı (Yeşilada vd., 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 vd., 2004).
12. Nanobiyoteknoloji alanında biosensör olarak kullanımı (Haghighi vd., 2003) sayılabilir.

### **1.5.1. Beyaz Çürükçül Fungusların Lignolitik Enzim Sistemleri**

Boyar madde gideriminde, Şekil 1.2’de belirtilen lignolitik enzimlerin birlikte hareket ettiği düşünülmektedir. (Hatakka, 2001) Bu giderime katılan ana ekstrasellüler enzimler; Lakkaz, Lignin peroksidaz, Mangan peroksidaz’ dır.

Lakkaz hücre dışı, bakır içeren, elektron alıcısı olarak moleküler oksijeni kullanmak suretiyle çeşitli fenolik bileşiklerin oksidasyonunu katalizleyen polifenol oksidaz grubu bir enzimdir (Gienfreda vd., 1999). Diğer peroksidaz grubu enzimler oksitleyici olarak toksik ve inhibisyon etkileri olan hidrojen peroksite gereksinim duyarken, lakkaz enzimi bu amaçla sadece çözülmüş oksijeni kullanır. Ayrıca substrat özgüllüğünün geniş olması nedeniyle çevre kirliliğinin giderilmesinde sürekli çalışılan ve vazgeçilmesi zor olan bir enzimdir (Saparrat vd., 2007). Mangan peroksidaz (MnP) enziminin asıl fonksiyonu ise oksidant olarak hidrojen peroksit kullanarak  $Mn^{+2}$  yi  $Mn^{+3}$  e oksitlemektir. Lignin peroksidaz asidik izo elektrik noktaya sahip, N-glikozlanmış bir glikoprotein yapıda hücre dışı enzimdir. Lignin peroksidaz, lignin parçalanmasını elektron transferiyle gerçekleştiren hidrojen peroksit bağımlı bir peroksidazdır. Lignin peroksidaz ve mangan peroksidaz yapısal olarak birbirleriyle ilişkili hem gurubu bulunduran glikozillenmiş peroksidazlardır (Bermek vd., 1998; Hatakka, 2001; Fujian vd., 2001; Steffen, 2003).

### **1.5.2. Boyar Madde Gideriminde Beyaz Çürükçül Fungusların Tercih Edilme Nedeni**

Tekstil endüstrisi atık suları için önerilen fiziksel ve kimyasal yöntemlerin yüksek maliyet gerektirmeleri ve her boya için kullanılamıyor olmaları, uygulanmalarının sınırlı olmasına neden olmuştur. Son zamanlarda yapılan çalışmalar birçok boya türünü atık sudan giderebilme yeteneğine sahip yaygın mikroorganizma türlerinin mevcudiyetini vurgulamış ve biyoteknolojik metodları ön plana çıkarmıştır. Yani, teorik olarak biyolojik arıtma sistemleri kimyasal ve fiziksel arıtma yöntemlerine göre daha az çamur üretmesi, maliyetinin daha düşük olması veya alıcı ortamlar için zararlı yan ürünler oluşturmaması gibi özelliklerinden dolayı tercih sebebidir. Ayrıca mantarların hücre duvarlarında kitin ve selüloz karakterinde maddelerin bulunması, bunların devamlı değişen ve çok değişik olan çevre koşullarına uymalarına yardımcı olur. Örneğin bakterilerin dayanamayacakları kadar

yüksek konsantrasyondaki şeker solüsyonuna direnç gösterirler. Funguslar genellikle düşük pH derecelerinde bile kolayca üreyebilir ve böyle ortamlara adapte olabilirler. Bu sebeple, mantarların minimal ve maksimal pH-limitleri 2-11 arasında değişebilir. Bu gibi özelliklerinden dolayı beyaz çürükçül funguslar tekstil endüstrisi atık sularının arıtımı için ideal çözüm olarak kabul edilmektedir.

## 1.6. *Pleurotus Eryngii*

Alem: *Fungi*

Şube: *Basidiomycota*

Sınıf: *Agaricomycetes*

Takım: *Agaricales*

Aile: *Pleurotaceae*

Cins: *Pleurotus*

Tür: *P. eryngii*

Varyete: *P. eryngii. var. ferulae*

İlkbahar aylarından yaz ortasına kadar yüksek yerlerde dağlık alanlarda ve onların eteklerindeki düzlüklerde, kurak sahalarda, küçük çayırıklarda, kayalık ve taşlık olan ve pek bitki yetişmeyen yerler ile yol kenarlarındaki *Umbelliferae* üyelerinden yöre halkının “Kıncor” dediği *Ferula sp*’nin ölü (önceki seneden kalmış) kök kalıntıları üzerinde ve ayrıca literatüre göre *Eryngium campestre*, *E. maritimum* kalıntıları üzerinde görülür.

Yenilebilir olması nedeniyle, Elazığ yöresinde bilhassa çobanlar tarafından çok aranan ve sevilen bir türdür. Çoğunlukla dağlık bölgelerde rastlanan bu tür güneş ışıklarını yansıtarak parlaması ve taslar arasında cam kırığı gibi pırıltı yapmasıyla çok uzaktan yerini belli eder (Gucin, 1983).

### 1.6.1 Morfolojik Özellikleri

Şapka, 8-15 (20) cm, başlangıçta konveks sonra düz, en nihayette merkezi az çökük yaygınca huni biçimini alır. Kenarlar ince, aşağıya kıvrık, bazen yetiştiği yerin durumuna ve diğer şapkaların etkisiyle oluşan sıkışıklık nedeniyle şekil bozulabilir. Bu nedenle şekil

yönünden değişkendir. Kutikul kalın, kaygan (nemli havalarda) ayrılabilir. Şapka yüzeyi ince tüylü, radyal hatlı, veya çizgili bej renginden pas kırmızısı veya koyu mor renkli zeminde bu çizgiler siyahımtrak ve devamlı şekildedir. Lameller; 5-10 mm kalınlığında, araları mesafeli, eşit değil bazen çatallanmış, ince yay şeklinde sapa bağlanıp biraz düz olarak devam ederler, önce beyaz, sonra pas grisi, renk alırlar, şapkadan ayrılabilirler. Dip kısmındaki miseller keçe gibi birbirine girmiş ve koyu kahverengidir. Eti; kalın, kurtlanmaz ve uzunca zaman dayanır, sıkı, sert, tatlı ve kokusu önemsizdir (Gucin, 1983).

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1 Materyal

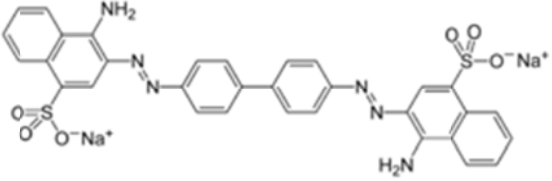
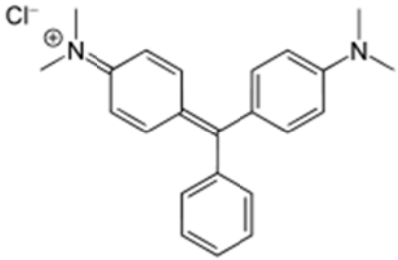
#### 2.1.1 Çalışmada Kullanılan Fungus

Çalışmamızda Tunceli ili Ovacık ilçesinden izole edilen beyaz çürükçül fungus *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* kullanılmıştır.

#### 2.1.2 Çalışmada Kullanılan Boyar Maddeler

Çalışmamızda Türkiye’de tekstil fabrikalarında çokça kullanılan boyar maddelerden kongo kırmızısı ve malaşit yeşili kullanılmıştır (Tablo 2.1). Kullanılan bu boyar maddeler Merck ve Sigma firmalarından temin edilmiştir.

**Tablo 2.1.** Çalışmada kullanılan boyar maddelere ilişkin bilgiler

Kongo kırmızısı kimyasal yapısı	Abs <sub>max</sub> (nm) 490	Kimyasal sınıfı: Diazo  Moleküler formülü: C <sub>32</sub> H <sub>22</sub> N <sub>6</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>6</sub> S <sub>2</sub>
		
Malaşit yeşili kimyasal yapısı	Abs <sub>max</sub> (nm) 615	Kimyasal sınıfı: Triarylmethane  Moleküler formülü: C <sub>23</sub> H <sub>25</sub> N <sub>2</sub>
		



## 2.2 Metod

### 2.2.1 Fungusun Doğadan Toplanması ve Misel Eldesinin Sağlanması

Çalışmada kullanılan beyaz çürükçül fungus *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*, Tunceli ili Ovacık ilçesinden, toplanarak Tunceli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Mühendisliği Araştırma Laboratuvarına getirilerek, fungusların tüm yüzeyi dezenfekte edilmiştir. Katı besiyerinde çalışılmak üzere dezenfekte edilen fungus örnekleri, laminar flowda, önceden hazırlanan cam Petri kapları içerisindeki % 2'lik sabouraud dextrose agar (SDA) ortamına, şapkanın etli kısmından yaklaşık olarak 2-3 mm büyüklüğünde küçük bir parça steril bistüri yardımıyla kesilerek aktarılmıştır. Daha sonra petrilerin kapakları kapatılarak etiketlenmiş ve ana kültürlerin gelişmesi için 25°C'de inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 2.1). Böylece aktarma işlemi tekrarlanarak bulaşık olmayan saf ana kültür eldesi sağlanmıştır. Daha sonra elde edilen misel, deneysel çalışmaların diğer aşamalarında kullanılmak üzere +4 °C'de buzdolabında bekletilerek muhafaza edilmiş ve genç misel eldesinin devamı için 20 günde bir pasajlama işlemi tekrarlanmıştır.



Şekil 2.1 Tunceli Ovacık İlçesinden İzole edilen *P.eryngii* var.*ferulae* fungus türü.

## 2.2.2 Katı Besiyeri Ortamlarının Hazırlanması ve Bu Ortamlarda Renk Gideriminin Tespiti

Çalışmamızda 0.05, 0.1, 0.5, 1 ve 2 g/L boyar madde içeren katı besiyeri ortamları 90 ml'lik plastik Petri kaplarında hazırlanmıştır. Hazırlanan besiyerlerinin tam merkezine, *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*' ye ait stok kültürden alınan 0.5 mm çapında miselli agar parçaları, miselli yüzey besiyeriyle temas edecek şekilde besiyerine yerleştirilmiştir (Şekil 2.2). Bu şekilde aşılama işlemleri tamamlanan boyar madde içeren besiyerleri 25 °C'de karanlıkta inkübatöre kaldırılmıştır. Ekim işleminin ardından, miseller katı besiyeri yüzeyini tamamen örtünceye kadar günlük olarak renk değişim ve radyal büyüme oranı izlenmiştir. Tüm ölçümler üç tekrarlı olarak yürütülmüştür.



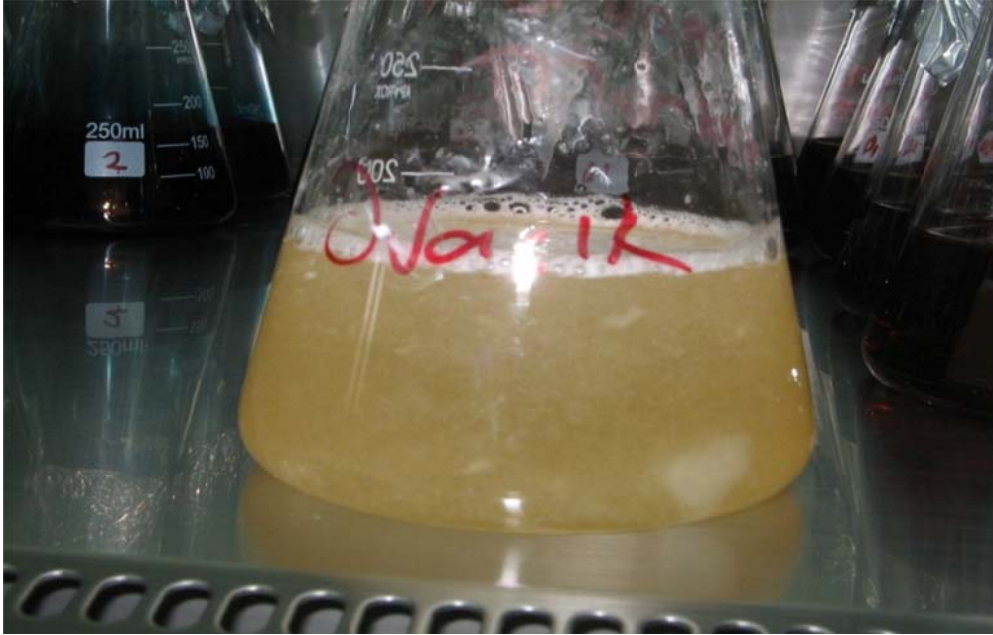
Şekil 2.2 Malaşit yeşili içeren katı besiyerine ekimi yapılan *P. eryngii* var. *ferulae*.

## 2.2.3 Sıvı Çalkalamalı Kültür Ortamlarının Hazırlanması ve Bu Ortamlarda Renk Gideriminin Tespiti

*Pleurotus eryngii*'nin misel süspansiyonunun (Şekil 2.3) çalkalamalı kültür ortamında renk giderim üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla her bir boyar madde için 0.05, 0.1, 0.5, 1 ve 2 g/l konsantrasyonlarında boyar madde içeren Saboroud Dextrose Broth (SDB) sıvı besiyeri hazırlanmıştır. Belirtilen şekilde hazırlanan bu boyar madde içeren sıvı

besiyerleri 121 °C’de 1.5 atm basınçta 15 dakika otoklavda steril edildikten sonra uygulama grupları olarak kullanılmıştır. *P. eryngii*’nin çalkalamalı ortamda elde edilen stok sıvı kültürünün homojenizasyonu ile elde edilen misel süspansiyonlarından her bir uygulama grubuna aseptik şartlarda 3 ml inokülasyon yapılmıştır. İnokülasyon işlemi yapılan boyar maddeli besiyerleri ve boyar madde içermeyen kontrol besiyeri grupları 28°C’de 140, 150 ve 160 rpm de çalkalamalı inkübatörde inkübasyona kaldırılmıştır (Şekil 2.4). İnkübasyonun 3. ve 7. gününün sonunda aseptik koşullar altında 5 ml numune alınarak renk giderim analizleri yapılmıştır. Renk giderim analizleri spektrofotometrik (SHIMADZU UV-1800) olarak boyar maddenin maksimum absorpsiyon gösterdiği Tablo 1’de belirtilen dalga boyundaki absorbans azalışıyla saptanmıştır. Çalışma sonunda elde edilen yüzde giderim oranları ise aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Giderim} = \frac{(\text{Kontrol grubu absorbans değeri} - \text{Uygulama grubu absorbans değeri}) \times 100}{\text{Kontrol grubu absorbans değeri}}$$



Şekil 2.3 Sıvı çalkalamalı besiyerinde üretildikten sonra homojenizatörle parçalanmış misel süspansiyonu.



Şekil 2.4 Çalkalamalı inkübatörde, inkübasyona bırakılmış deney gurupları.

#### 2.2.4 Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi (KOİ)

Boyar maddenin fungus tarafından metabolize edilerek ortadan kaldırılıp kaldırılmadığının araştırılması amacıyla KOİ analizi yapılmıştır. Farklı boya konsantrasyonları içeren uygulama grupları ve fungus ekimi yapılmamış olan kontrol gruplarının KOİ analizleri 7. Gününün sonunda erlen içeriği filtre kağıdıyla süzildükten sonra süzüntüden kit (HACK marka) kullanılarak termo reaktör uygulaması sonrası HACH marka DR 890 spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir.

#### 2.2.5 Kuru Misel Ağırlıklarının Tespiti

Boyar maddenin fungus gelişimini hangi yönde etkilediği ve üzerine her hangi bir toksik etki gösterip göstermediğinin tespiti amaçlı olarak kuru misel ağırlığı analizi yapılmıştır. Farklı boya konsantrasyonları içeren uygulama grupları ve boyar madde içermeyen kontrol gruplarının kuru misel ağırlığı analizleri 7. Gününün sonunda erlen içeriği filtre kağıdıyla süzildükten sonra filtre kağıdının üzerinde kalan misellerin etüvde 80 °C'de, 3 günün sonunda kurutulması neticesinde hassas terazide tartılmasıyla elde edilmiştir.

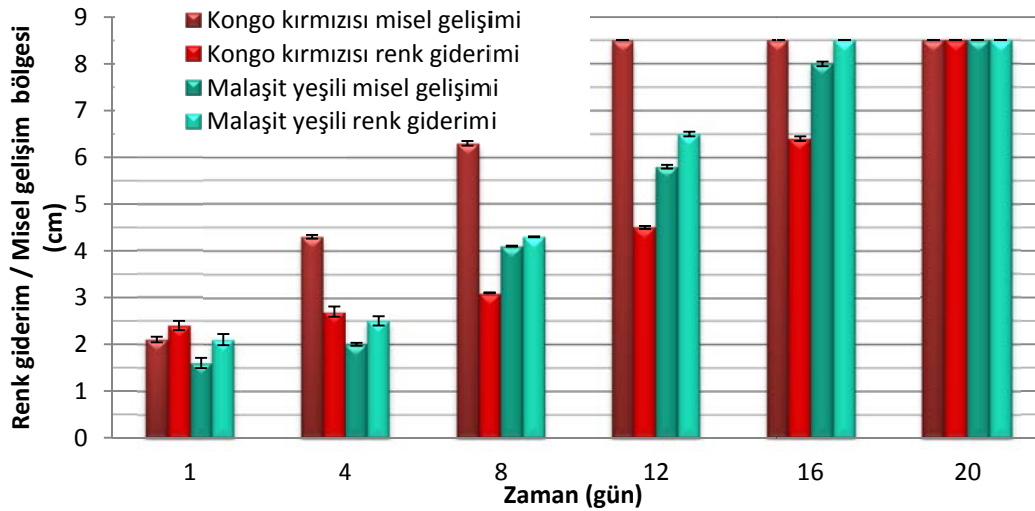
### 3. BULGULAR

#### 3.1 Katı Besiyeri Ortamında Yürütülen Çalışmada Renk Giderimi

*P. eryngii* var. *ferulae* fungus türü 0.05 g/L boyar madde konsantrasyonu içeren katı besiyerinde Tablo 3.1 ve Şekil 3.1'den anlaşılacağı gibi kongo kırmızısıyla yapılan çalışmada misel gelişimi, renk giderim zonundan daha hızlı ilerlerken, malaşit yeşili ile yapılan çalışmada ise misel gelişimi yavaş buna rağmen renk giderim zonu daha hızlı ilerlemiştir. 20. günün sonunda ise her iki boyar madde konsantrasyonunda da misel gelişimi tüm Petri kabını tamamen kaplamış ve renk giderimi tespit edilmiştir.

**Tablo 3.1** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.05g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi (ortalama  $\pm$  standart hata).

Kongo kırmızısı				Malaşit yeşili			
Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu	Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu
1	2.1 $\pm$ 0.06	2.4 $\pm$ 0.10	+++	1	1.6 $\pm$ 0.11	2.1 $\pm$ 0.12	+++
4	4.3 $\pm$ 0.04	2.7 $\pm$ 0.11	+++	4	2.0 $\pm$ 0.03	2.5 $\pm$ 0.10	+++
8	6.3 $\pm$ 0.05	3.1 $\pm$ 0.01	+++	8	4.1 $\pm$ 0.01	4.3 $\pm$ 0.01	+++
12	8.5 $\pm$ 0.00	4.5 $\pm$ 0.03	+++	12	5.8 $\pm$ 0.04	6.5 $\pm$ 0.05	+++
16	8.5 $\pm$ 0.00	6.4 $\pm$ 0.05	+++	16	8.0 $\pm$ 0.05	8.5 $\pm$ 0.00	+++
20	8.5 $\pm$ 0.00	8.5 $\pm$ 0.00	+++	20	8.5 $\pm$ 0.00	8.5 $\pm$ 0.00	+++

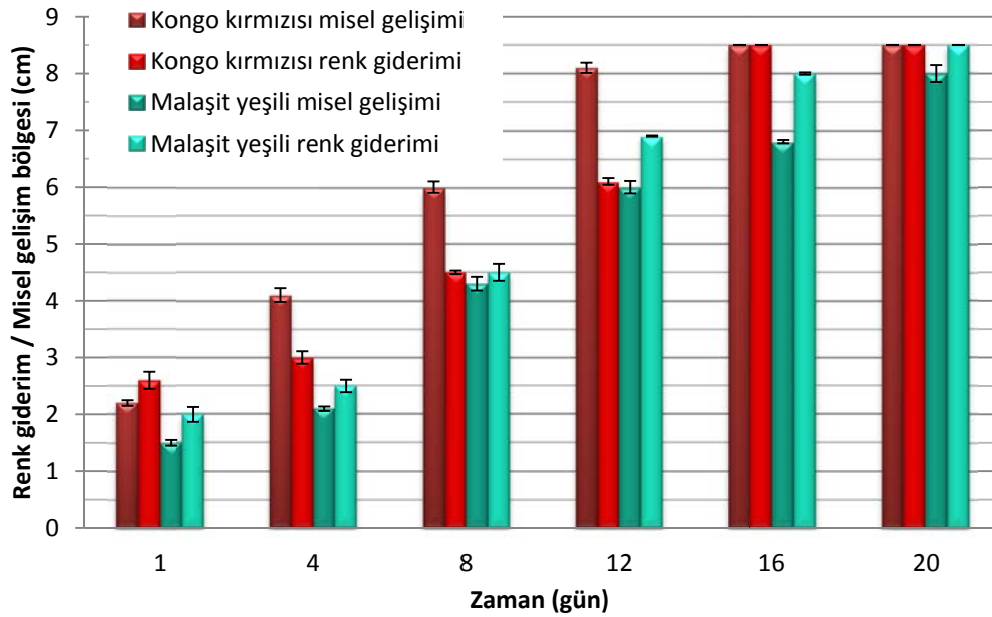


**Şekil 3.1** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.05 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi.

0.1 g/L boyar madde konsantrasyonu içeren katı besiyerinde; Tablo 3.2 ve Şekil 3.2'den anlaşılacağı üzere kongo kırmızısıyla yapılan çalışmada misel gelişimi, ilk günlerde renk giderimi açısından geride kalırken, daha sonraki günlerde misel gelişimi daha hızlı gerçekleşmiş ve renk giderim zonunu geride bırakmıştır. 16. ve 20. günlerde ise misel gelişimi tüm Petri boyunca tamamlanmış ve renk giderimi elde edilmiştir. Malaşit yeşili ile yapılan çalışmada ise misel gelişimi yavaş buna rağmen renk giderim zonu daha hızlı ilerlemiştir. 20. günün sonunda ise miseller tüm Petriyi kaplamadan boyar madde giderimi tamamlanmıştır.

**Tablo 3.2** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.1 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi (ortalama  $\pm$  standart hata).

Kongo kırmızısı				Malaşit yeşili			
Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu	Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu
1	2.2 $\pm$ 0.05	2.6 $\pm$ 0.15	+++	1	1.5 $\pm$ 0.05	2.0 $\pm$ 0.13	+++
4	4.1 $\pm$ 0.12	3.0 $\pm$ 0.11	+++	4	2.1 $\pm$ 0.04	2.5 $\pm$ 0.11	+++
8	6.0 $\pm$ 0.10	4.5 $\pm$ 0.03	+++	8	4.3 $\pm$ 0.12	4.5 $\pm$ 0.15	+++
12	8.1 $\pm$ 0.09	6.1 $\pm$ 0.06	+++	12	6.0 $\pm$ 0.11	6.9 $\pm$ 0.01	+++
16	8.5 $\pm$ 0.00	8.5 $\pm$ 0.00	+++	16	6.8 $\pm$ 0.03	8.0 $\pm$ 0.02	+++
20	8.5 $\pm$ 0.00	8.5 $\pm$ 0.00	+++	20	8.0 $\pm$ 0.15	8.5 $\pm$ 0.00	+++



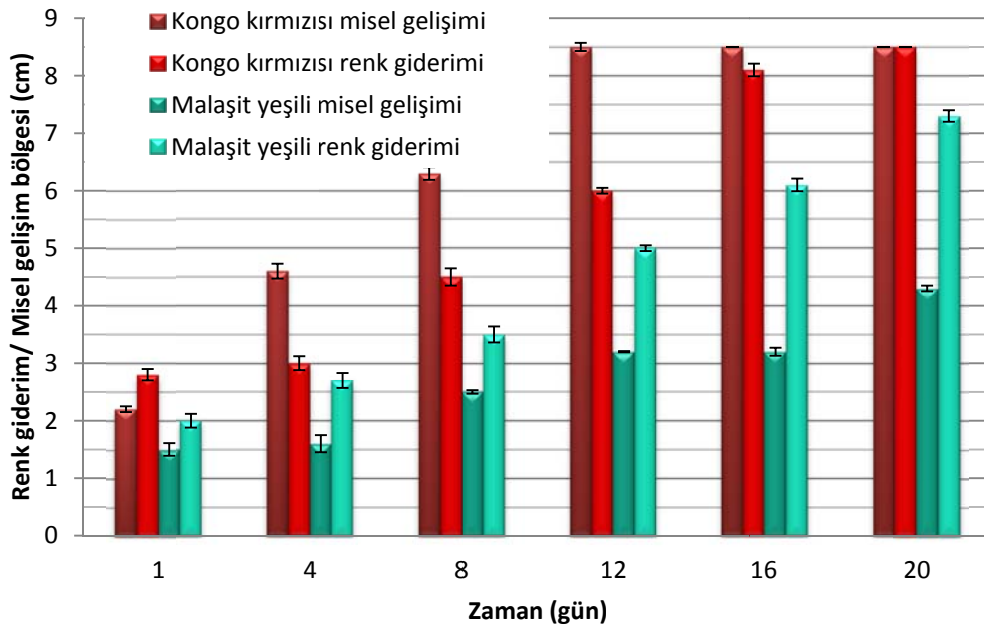
**Şekil 3.2** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.1 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi.



0.5 g/L boyar madde konsantrasyonu içeren katı besiyerinde Tablo 3.3 ve Şekil 3.3'den anlaşılacağı gibi kongo kırmızısıyla yapılan çalışmada misel gelişimi, önceki günler renk giderim zonundan geride kalırken, daha sonraki günlerde misel gelişimi daha hızlı olarak renk giderim zonunu geride bırakmış, 20. günde ise misel gelişimi tüm Petri boyunca tamamlanmış ve renk giderimi elde edilmiştir. Malaşit yeşili ile yapılan çalışmada ise misel gelişimi yavaş buna rağmen renk giderim zonu daha hızlı ilerlemiştir. 20. Günün sonunda ise miseller Petriyi kaplamadan boyar madde giderimi az miktarda tamamlanmıştır.

**Tablo 3.3.** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.5g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi (ortalama  $\pm$  stadart hata).

Kongo kırmızısı				Malaşit yeşili			
Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu	Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu
1	2.2 $\pm$ 0.05	2.8 $\pm$ 0.10	+++	1	1.5 $\pm$ 0.11	2.0 $\pm$ 0.12	+++
4	4.6 $\pm$ 0.13	3.0 $\pm$ 0.12	+++	4	1.6 $\pm$ 0.15	2.7 $\pm$ 0.13	+++
8	6.3 $\pm$ 0.11	4.5 $\pm$ 0.15	+++	8	2.5 $\pm$ 0.03	3.5 $\pm$ 0.14	+++
12	8.5 $\pm$ 0.07	6.0 $\pm$ 0.05	+++	12	3.2 $\pm$ 0.01	5.0 $\pm$ 0.05	+++
16	8.5 $\pm$ 0.00	8.1 $\pm$ 0.11	+++	16	3.2 $\pm$ 0.07	6.1 $\pm$ 0.11	+++
20	8.5 $\pm$ 0.00	8.5 $\pm$ 0.00	+++	20	4.3 $\pm$ 0.05	7.3 $\pm$ 0.10	+++

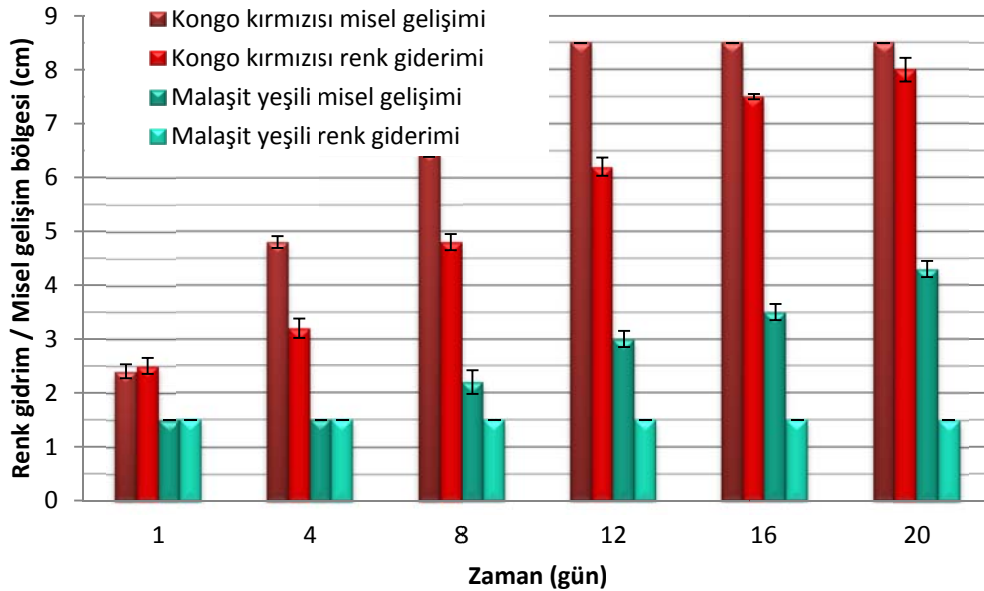


**Şekil 3.3** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 0.5 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi.

1 g/L boyar madde konsantrasyonu içeren katı besiyerinde Tablo 3.4 ve Şekil 3.4'den anlaşılacağı gibi kongo kırmızısıyla yapılan çalışmada misel gelişimi, önceki günler renk giderim zonundan geride kalırken, daha sonraki günlerde misel gelişimi daha hızlı ilerleyerek renk giderim zonunu geride bırakmıştır. 20. Günün sonunda ise misel gelişimi tüm Petri boyunca tamamlanmış, renk giderim zonu ise tüm Petri boyunca elde edilememiştir. Malaşit yeşili ile yapılan çalışmada ise misel gelişimi fazla olmamış buna bağlı olarak renk giderimi elde edilememiştir.

**Tablo 3.4** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 1 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi (ortalama  $\pm$  standart hata).

Kongo kırmızısı				Malaşit yeşili			
Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu	Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu
1	2.4 $\pm$ 0.13	2.5 $\pm$ 0.15	+++	1	1.5 $\pm$ 0.00	1.5 $\pm$ 0.00	+
4	4.8 $\pm$ 0.11	3.2 $\pm$ 0.18	+++	4	1.5 $\pm$ 0.00	1.5 $\pm$ 0.00	+
8	6.5 $\pm$ 0.12	4.8 $\pm$ 0.15	+++	8	2.2 $\pm$ 0.22	1.5 $\pm$ 0.00	+
12	8.5 $\pm$ 0.00	6.2 $\pm$ 0.17	+++	12	3.0 $\pm$ 0.15	1.5 $\pm$ 0.00	+
16	8.5 $\pm$ 0.00	7.5 $\pm$ 0.05	+++	16	3.5 $\pm$ 0.05	1.5 $\pm$ 0.00	+
20	8.5 $\pm$ 0.00	8.0 $\pm$ 0.22	+++	20	4.3 $\pm$ 0.15	1.5 $\pm$ 0.00	+



**Şekil 3.4** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 1 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi.

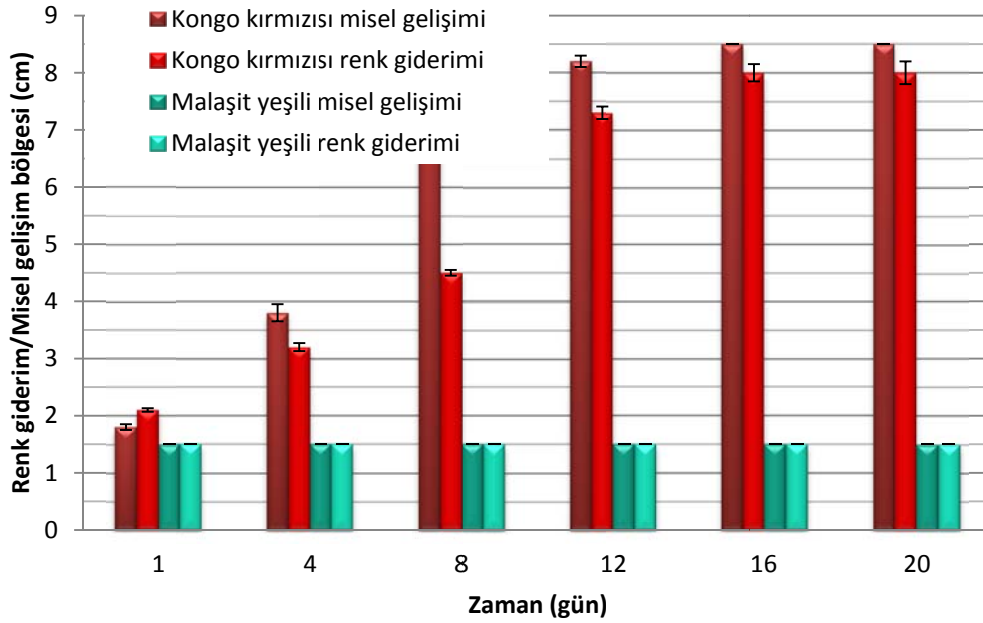
2 g/L boyar madde konsantrasyonu içeren katı besiyerinde Tablo 3.5 ve Şekil 3.5'den anlaşılacağı gibi kongo kırmızısıyla yapılan çalışmada misel gelişimi, önceki günler renk



giderim zonundan geride kalırken, daha sonraki günlerde misel gelişimi daha hızlı gelişerek renk giderim zonunu geride bırakmıştır. 20. Günün sonunda ise misel gelişimi tüm Petri boyunca tamamlanmış, renk giderim zonu ise tüm Petri boyunca elde edilememiştir. Malaşit yeşili ile yapılan çalışmada ise misel gelişimi hiç olmamış buna bağlı olarak renk giderimi görülmemiştir.

**Tablo 3.5** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 2 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi (ortalama  $\pm$  standart hata).

Kongo kırmızısı				Malaşit yeşili			
Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu	Gün	Misel gelişim zonu (cm)	Renk giderim zonu (cm)	Misel yoğunluğu
1	1,8 $\pm$ 0.05	2,1 $\pm$ 0.03	+++	1	1.5 $\pm$ 0.00	1.5 $\pm$ 0.00	-
4	3,8 $\pm$ 0.15	3,2 $\pm$ 0.07	+++	4	1.5 $\pm$ 0.00	1.5 $\pm$ 0.00	-
8	7,5 $\pm$ 0.05	4,5 $\pm$ 0.05	+++	8	1.5 $\pm$ 0.00	1.5 $\pm$ 0.00	-
12	8,2 $\pm$ 0.10	7,3 $\pm$ 0,11	+++	12	1.5 $\pm$ 0.00	1.5 $\pm$ 0.00	-
16	8,5 $\pm$ 0.00	8.0 $\pm$ 0.15	+++	16	1.5 $\pm$ 0.00	1.5 $\pm$ 0.00	-
20	8,5 $\pm$ 0.00	8.0 $\pm$ 0.20	+++	20	1.5 $\pm$ 0.00	1.5 $\pm$ 0.00	-



**Şekil 3.5** Kongo kırmızısı ve malaşit yeşili 2 g/L boyar madde konsantrasyonunda katı besiyerinde misel gelişimi ve renk giderimi.

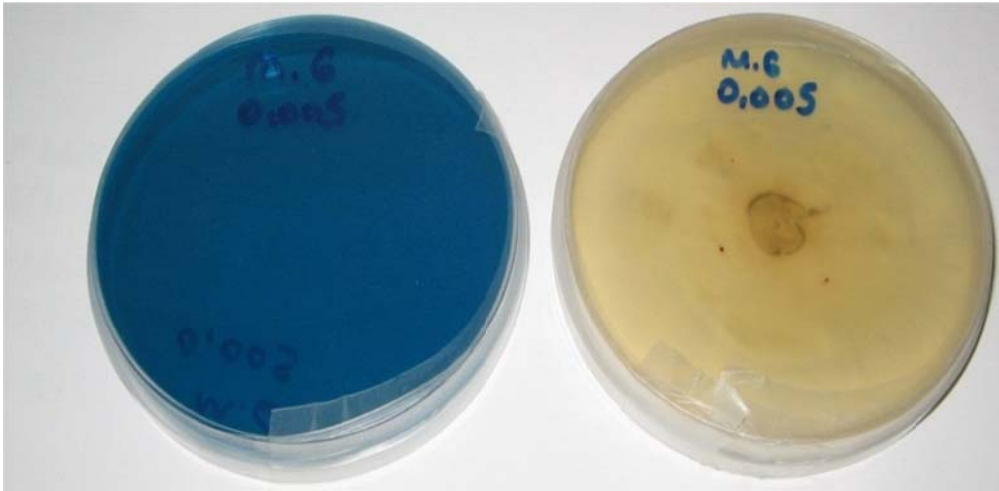
### 3.2 Katı Besiyeri Ortamına Ait Renk Giderim Görüntüleri

Kongo kırmızısı ile beş değişik boyar madde konsantrasyonunda farklı oranlarda renk giderim oranları tespit edilmiştir (Şekil 3.6).

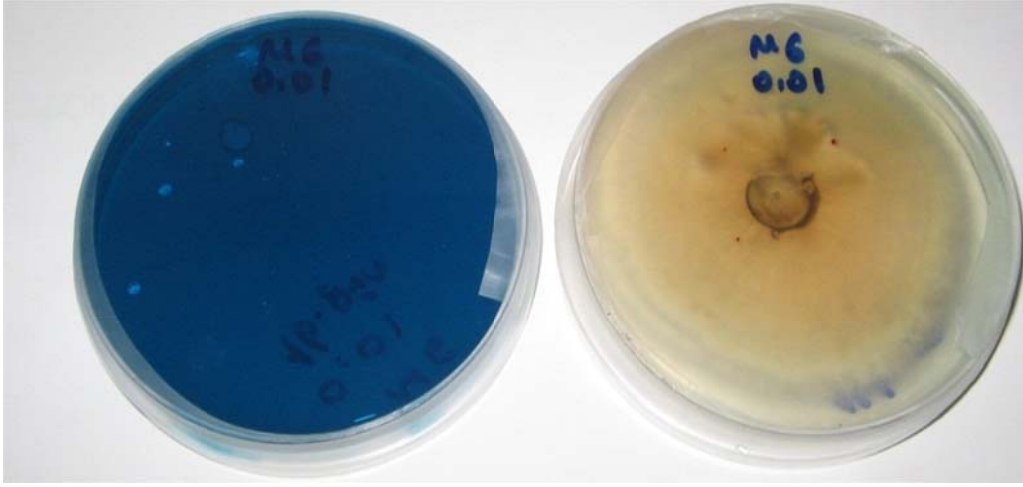


Şekil 3.6 Kongo kırmızısı boyar maddesinin katı besiyeri ortamında 5 farklı konsantrasyonda, renk giderim oranlarının karşılaştırılması.

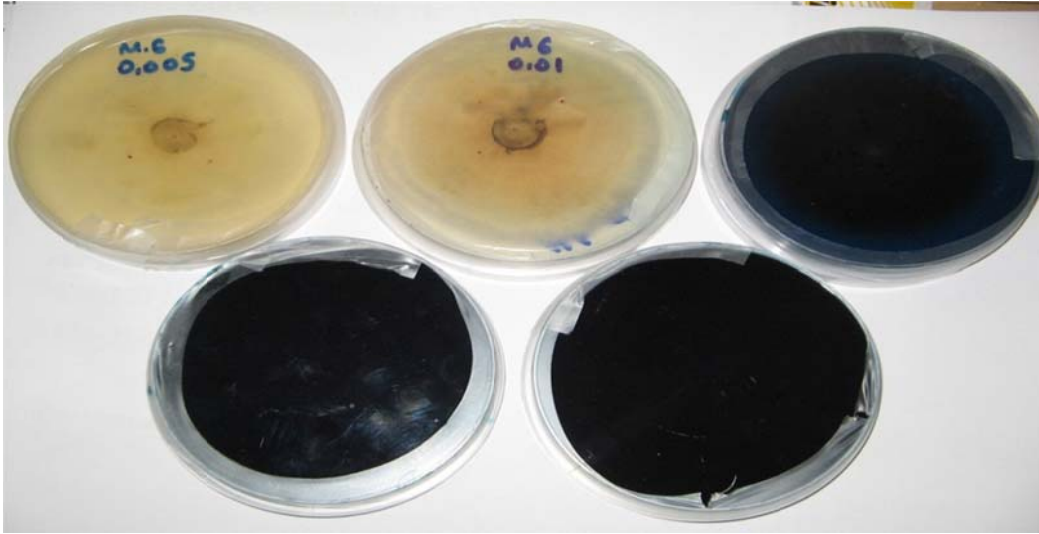
Malaşit yeşili ile katı besiyerinde düşük boyar madde konsantrasyonlarında (0.05, 0.1 g/L) renk giderimi elde edilmiş, yüksek boyar madde konsantrasyonlarında (0.5, 1 ve 2 g/L) ise renk giderimi elde edilememiştir (Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9).



Şekil 3.7 Malaşit yeşili 0.05 g/L boyar madde konsantrasyonda katı besiyeri ortamında , renk giderimi.



Şekil 3.8 Malaşit yeşili 0.1 g/L boyar madde konsantrasyonda katı besiyeri ortamında , renk giderimi



Şekil 3.9 Malaşit yeşili boyar maddesinin 5 farklı konsantrasyonda, katı besiyeri ortamında renk giderim oranlarının karşılaştırılması.

### 3.3 Sıvı Çalkalamalı Besiyeri Ortamında Elde Edilen Renk Giderimi Oranları, KOİ Azalışları ve Kuru Misel Ağırlıkları

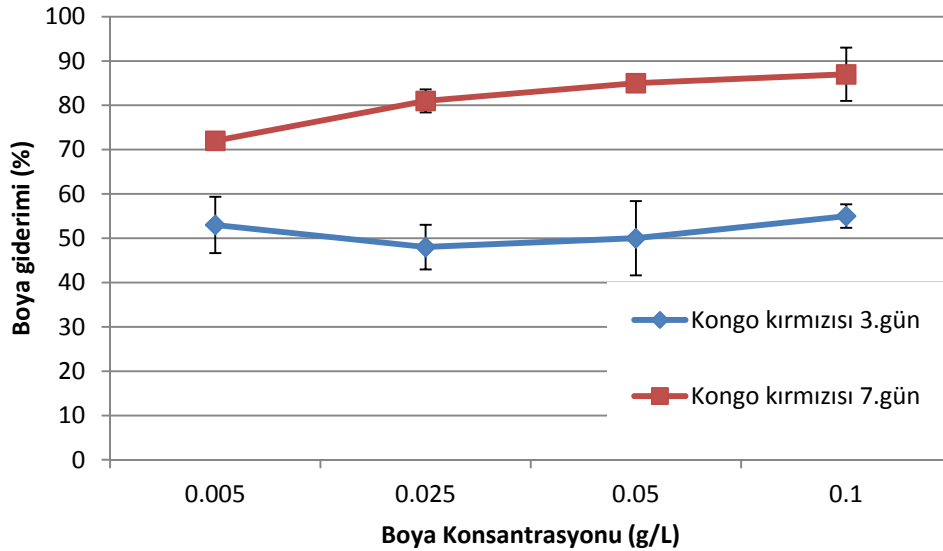
*P. eryngii* var. *ferulae* fungus türü ile 0.05, 0.1, 0.5, 1 ve 2 g/L farklı boya konsantrasyonlarında hazırlanan sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında, malaşit yeşili ve

kongo kırmızısı boyalarının renginin giderim oranları araştırılmıştır. Yapılan çalışmada fungus türünün, malaşit yeşili boyar maddesini yukarıdaki belirtilen konsantrasyonlarda renk giderimini gerçekleştirmediği tespit edilmiştir. Bu yüzden boyar madde konsantrasyonları 0.005, 0.01, 0.02 ve 0.04 g/L değerlerine düşürülerek tekrar denenmiş ancak malaşit yeşili ile yapılan tüm çalışmalar sonucunda sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında herhangi bir üreme ve belirgin renk giderimi tespit edilememiştir.

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesi ile yapılan çalışmada 7. günün sonunda Tablo 3.6 ve Şekil 3.10’de görüldüğü gibi en yüksek % 87 oranında bir renk giderimi tespit edilmiştir.

**Tablo 3.6** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 3. gün ve 7. gün’de 140 rpm’de sıvı çalkalamalı besiyerinde, misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı.

Boya konsantrasyonu (g/L)	0.005	0.025	0.05	0.1
Kongo kırmızısı 3.gün 140 rpm	53 ±6.35	48 ±5.03	50 ±8.38	55 ±2.64
Kongo kırmızısı 7.gün 140 rpm	72 ±1.51	81±2.62	85 ±1.50	87 ±6.01

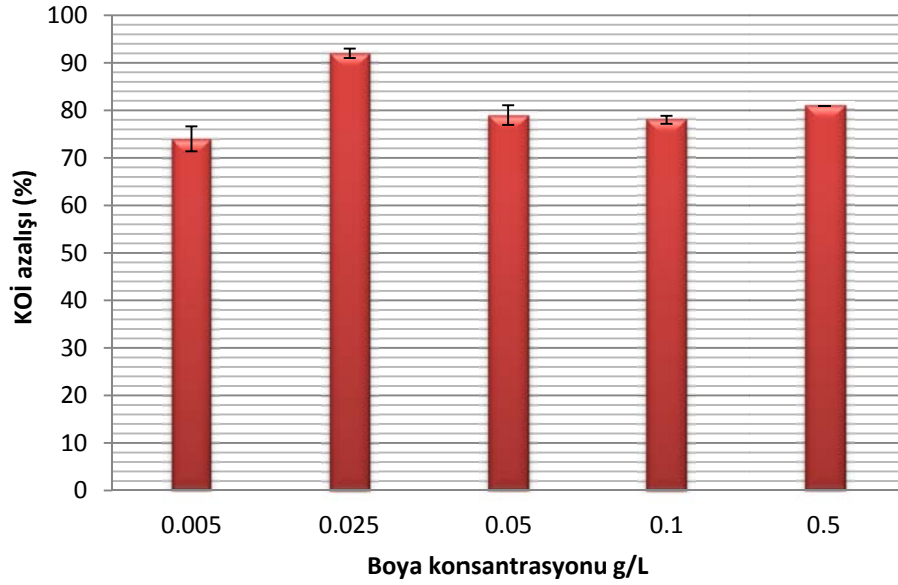


**Şekil 3.10** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün de renk giderim oranları.

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesi ile yapılan çalışma sonucunda 7. günün sonunda Tablo 3.7 ve Şekil 3.11’den anlaşılacağı gibi örneklerin KOİ azalış değerleri de oldukça yüksek çıkmıştır.

**Tablo 3.7.** Kongo kırmızısı KOİ azalış değerleri 140 rpm’de.

Boya konsantrasyonu g/L	Ortalama % azalış
0.005	74±2.64
0.025	82±1.05
0.05	79±2.08
0.1	78±0.83
0.5	81±0.00

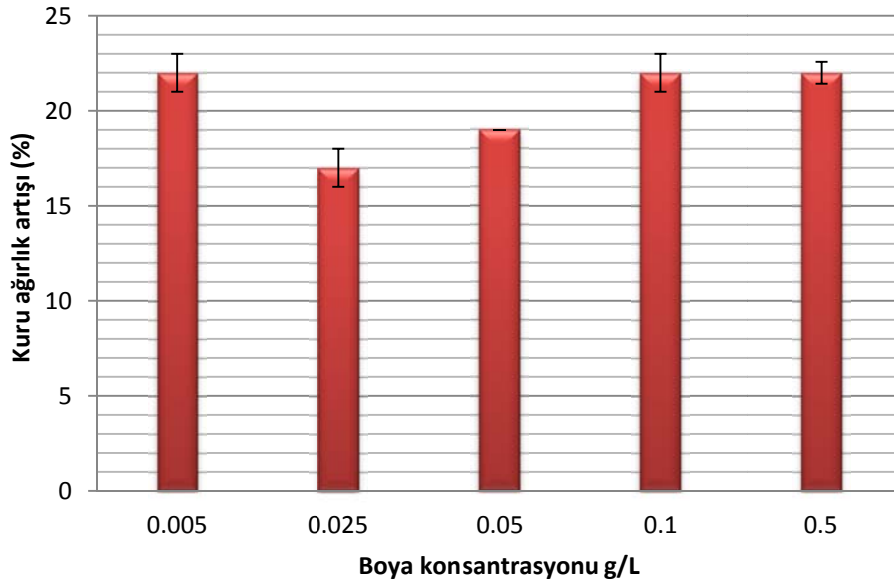


**Şekil 3.11** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin KOİ yüzde azalış değerleri.

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesi ile yapılan çalışma sonucunda 7. günün sonunda Tablo 3.8 ve Şekil 3.12’den anlaşılacağı gibi uygulama grubunun kuru ağırlık miktarının, kontrol grubunun kuru ağırlık miktarına göre arttığı görülmüştür.

**Tablo 3.8** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 140 rpm’de renk giderimi sonrası kuru ağırlık oranlarındaki artış miktarları.

Boya konsantrasyonu g/L	Kontrol Grubu kuru ağırlık	Uygulama grubu kuru ağırlık	Ortalama Artış (%)
0.005		1.6541	16 ±1.11
0.025		1.5931	15 ±1.02
0.05	1.4755	1.7473	18 ±0.00
0.1		1.8577	22 ±1.05
0.5		1.6997	16 ±0.51

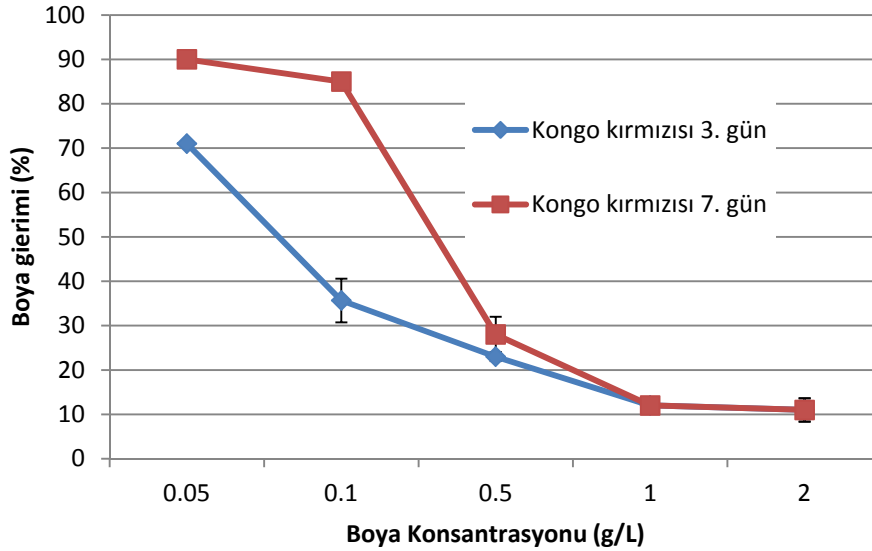


**Şekil 3.12** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin kuru ağırlık oranlarındaki artış yüzde oranları.

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm'de kongo kırmızısı boyar maddesi ile yapılan çalışmada 7. günün sonunda Tablo 3.9 ve Şekil 3.13'de görüldüğü gibi düşük konsantrasyonlarda 140 rpm'den daha fazla oranlarda bir giderim elde edilmiştir. Ayrıca kongo kırmızıyla 150 rpm de yapılan çalışmada en yüksek renk giderim sonuçları elde edilmiştir. Ancak boyar madde konsantrasyonu artınca renk giderim oranı düşmüştür.

**Tablo 3.9** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 150 rpm'de sıvı çalkalamalı besiyerinde misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı.

Boya konsantrasyonu (g/L)	0.05	0.1	0.5	1	2
Kongo kırmızısı 3. gün 150 rpm	71 ±0.57	39 ±4.93	23±1.22	12±1.52	11±2.64
Kongo kırmızısı 7. gün 150 rpm	90 ±1.11	88 ±0.51	28±4.01	12±1.12	11±2.60

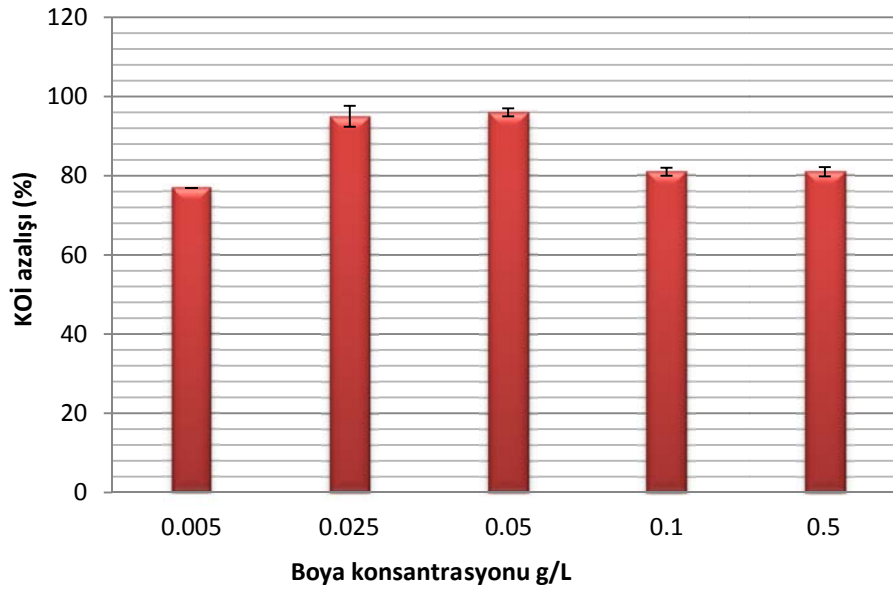


**Şekil 3.13** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm'de kongo kırmızısı boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün de renk giderim oranları.

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesi ile yapılan çalışma sonucunda 7. günün sonunda Tablo 3.10 ve Şekil 3.14’den anlaşılacağı gibi örneklerin KOİ azalış değerleri en yüksek 0.05 boyar madde konsantrasyonunda % 96 oranında çıkmıştır.

**Tablo 3.10** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 150 rpm ‘de renk giderimi sonrası KOİ azalış değerleri.

Boya konsantrasyonu g/L	Ortalama % azalış
0.005	77 ±2.64
0.025	95 ±1.11
0.05	96 ±1.10
0.1	81 ±1.15
0.5	81 ±0.15



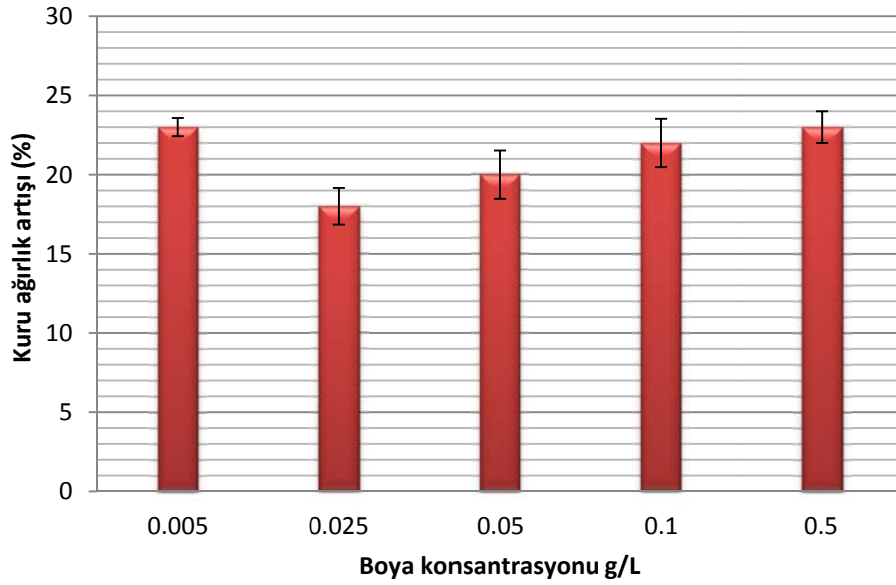
**Şekil 3.14.** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin KOİ azalış yüzdeleri.



Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesi ile yapılan çalışma sonucunda 7. günün sonunda Tablo 3.11 ve Şekil 3.15’den anlaşılacağı gibi uygulama grubunun kuru ağırlık miktarının, kontrol grubunun kuru ağırlık miktarına oranla arttığı görülmüştür. Bu artış miktarı çalkalama hızına bağlı olarak doğru orantıda artmaktadır.

**Tablo 3.11** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 150 rpm’de renk giderim sonrası kuru ağırlık artış miktarları.

Boya konsantrasyonu g/L	Kontrol Grubu kuru ağırlık	Uygulama grubu kuru ağırlık	Ortalama Artış (%)
0.005		1.6642	20 ±0.57
0.025		1.4940	18 ±1.15
0.05	1.3740	1.8500	22 ±1.52
0.1		1.8660	23 ±1.52
0.5		1.6903	21 ±1.02

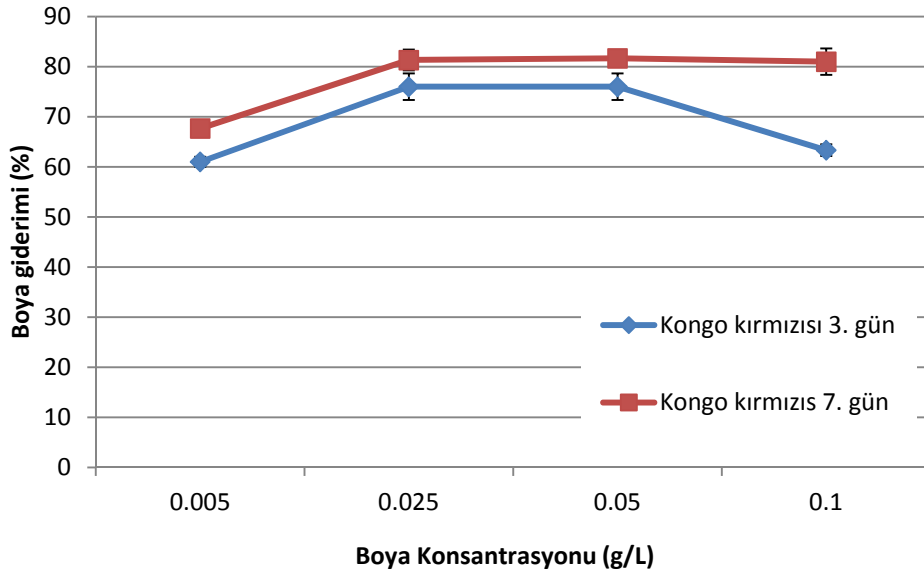


**Şekil 3.15** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin kuru ağırlık oranlarındaki artış yüzdesi.

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 160 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesi ile yapılan çalışmada 7. günün sonunda Tablo 3.12 ve Şekil 3.16’de görüldüğü gibi renk giderim oranları en yüksek 0.05 g/L boyar madde konsantrasyonunda % 82 oranında çıkarken, bu renk giderim oranları daha kısa sürede elde edilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına bakarak diyebiliriz ki çalkalama hızı arttıkça renk giderim süresi azalmaktadır.

**Tablo 3.12** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 160 rpm’de sıvı çalkalamalı besiyerinde misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı.

Boya konsantrasyonu (g/L)	0.005	0.025	0.05	0.1
Kongo kırmızısı 3. gün 160 rpm	61 ±1.11	76 ±2.64	76 ±2.64	63 ±1.15
Kongo kırmızısı 7. gün 160 rpm	68 ±1.52	81 ±2.08	82 ±0.57	81 ±2.64

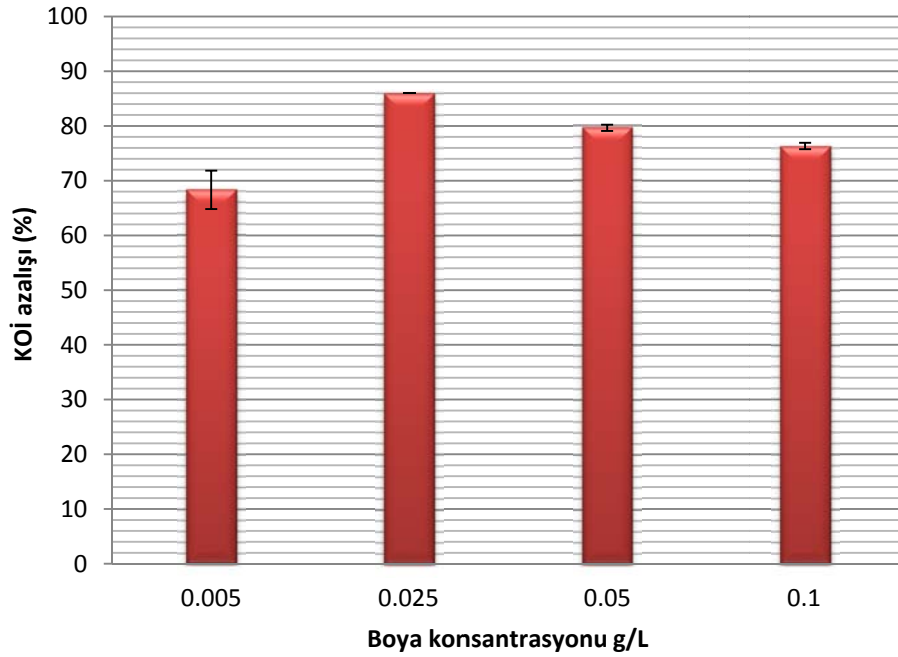


**Şekil 3.16** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 160 rpm ‘de kongo kırmızısı boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün de renk giderim oranları.

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 160 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesi ile yapılan çalışma sonucunda 7. günün sonunda Tablo 3.13 ve Şekil 3.17’den anlaşılacağı gibi örneklerin KOİ azalış değerleri en yüksek, 160 rpm çalkalama hızında 0.025 g/L boyar madde konsantrasyonunda % 86 oranında tespit edilmiştir.

**Tablo 3.13** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 160 rpm’de renk giderimi sonrası KOİ azalış yüzde değerleri.

Boya konsantrasyonu g/L	Ortalama % azalış
0.005	68 ±3.51
0.025	86 ±0.00
0.05	80 ±0.57
0.1	76 ±0.57

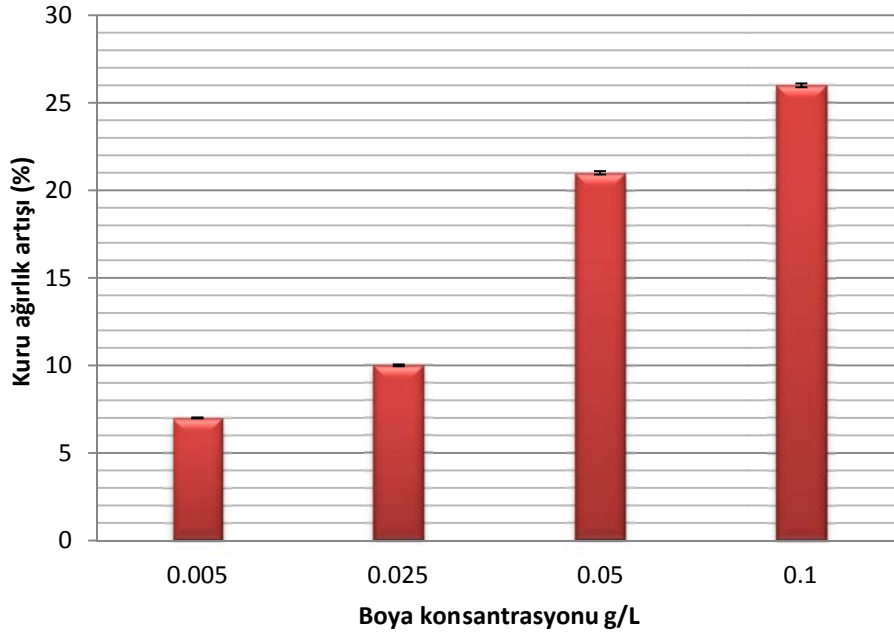


**Şekil 3.17** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 160 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin KOİ azalış yüzdeleri.

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 160 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesi ile yapılan çalışma sonucunda 7. günün sonunda Tablo 3.14 ve Şekil 3.18’den anlaşılacağı gibi uygulama grubunun kuru ağırlık miktarının, kontrol grubunun kuru ağırlık miktarına oranla arttığı görülmüştür. Ayrıca boyar madde konsantrasyonu arttıkça kuru ağırlık miktarının da arttığı görülmüştür.

**Tablo 3.14** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 160 rpm’de renk giderimi sonrası kuru ağırlık artış miktarları.

Boya konsantrasyonu g/L	Kontrol Grubu kuru ağırlık	Uygulama grubu kuru ağırlık	Ortalama Artış (%)
0.005	1.3900	1.4808	7 ±0.03
0.025		1.4964	10 ±0.05
0.05		1.6955	24 ±0.10
0.1		1.6560	23 ±0.11

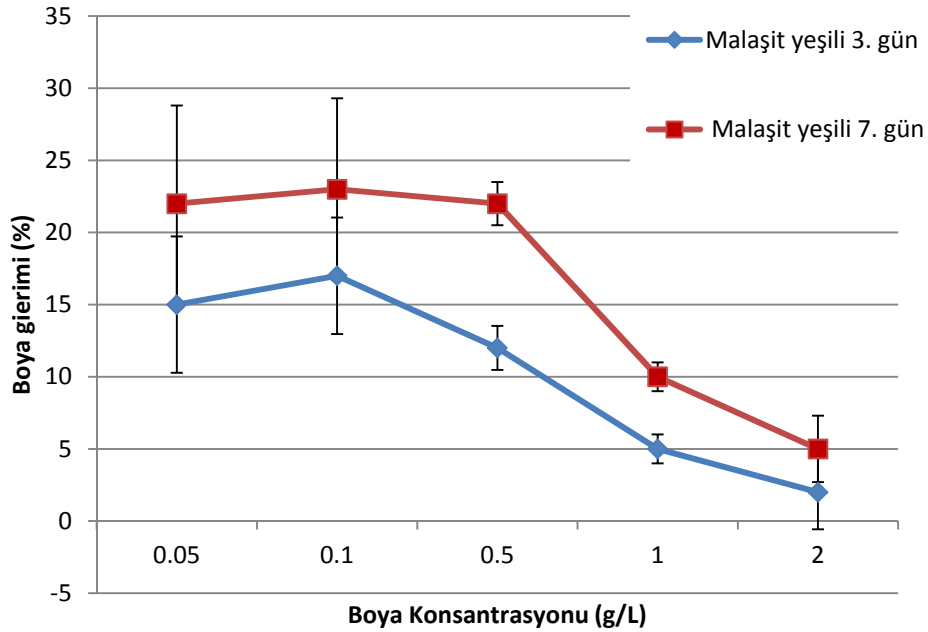


**Şekil 3.18** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 160 rpm’de kongo kırmızısı boyar maddesinin kuru ağırlık oranlarındaki artış yüzdesi.

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de malaşit yeşili boyar maddesi ile yapılan çalışmada Tablo 3.15 ve Şekil 3.19’de görüldüğü gibi yüzde renk giderim oranı en fazla 0.1 g/L boyar madde konsantrasyonunda % 23 oranında gerçekleşmiştir.

**Tablo 3.15.** Malaşit yeşili boyar maddesinin 140 rpm’de sıvı çalkalamalı besiyerinde misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı.

Boya konsantrasyonu (g/L)	0.05	0.1	0.5	1	2
Malaşit yeşili 3.Gün 140rpm	15 ±4.7	17 ±4.0	12 ±1.5	5 ±1	2 ±2.5
Malaşit yeşili 7.Gün 140rpm	22 ±6.8	23 ±6.3	22 ±1.5	10 ±1	5 ±2.3

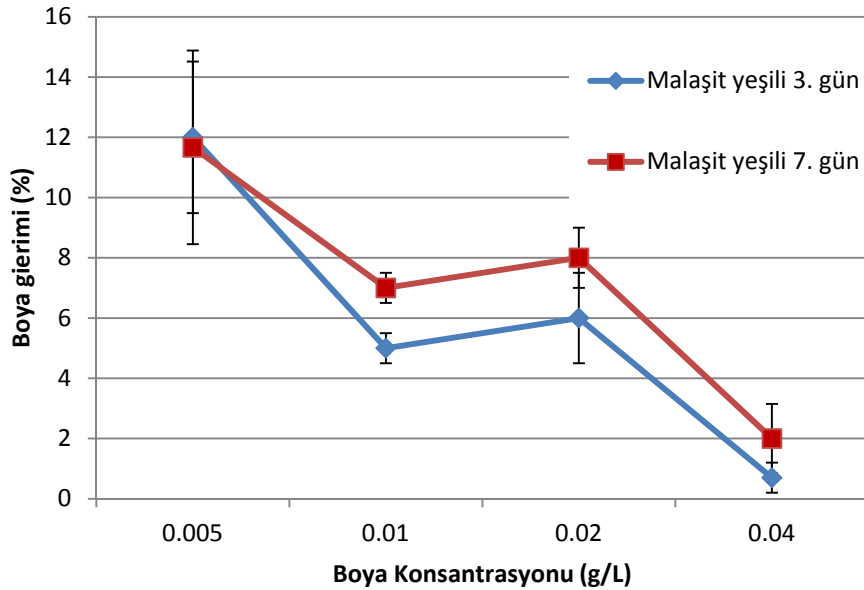


**Şekil 3.19** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de malaşit yeşili boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün’de yüzde renk giderim oranları

Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de malaşit yeşili boyar maddesi ile yapılan çalışmada Tablo 3.16 ve Şekil 3.20’de görüldüğü gibi yüzde renk giderim oranı en fazla 0.005 g/L boyar madde konsantrasyonunda %11 oranında tespit edilmiştir. Çünkü miseller çalışılan tüm boyar madde konsantrasyonlarında herhangi bir üreme gösterememiştir.

**Tablo 3.16** Malaşit yeşili boyar maddesinin 140 rpm’de sıvı çalkalamalı besiyerinde misel süspansiyonu ile muamele edilmiş kültürlerin % giderim başarısı.

Boya konsantrasyonu (g/L)		0.005	0.01	0.02	0.04
Malaşit yeşili 3.Gün 140rpm	Ortalama % giderim Standart hata	10 ±2.51	5 ±0.51	6 ±1.51	0,7±0.52
Malaşit yeşili 7.Gün 140rpm	Ortalama % giderim Standart hata	11 ±0.21	7 ±0.51	8 ±1.21	2 ±1.15



**Şekil 3.20** Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm’de malaşit yeşili boyar maddesinin 3. gün ve 7.gün’de yüzde renk giderim oranları.

### 3.4 Çalkalamalı Besiyeri Ortamına Ait Renk Giderim Görüntüleri

Çalkalamalı besiyeri ortamında 0.005, 0.025, 0.05 ve 0.1 g/L konsantrasyonlarında boyar madde içeren kontrol grubu, boyar maddenin rengini gideren, misel içeren uygulama grubu ve sadece misel içeren miselli kontrol gruplarının yanyana fotoğrafları (Şekil 3.21, Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24) görülmektedir.



Şekil 3.25 Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,005 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinde renk giderim görüntüleri.



Şekil 3.26 Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,025 g/L konsantrasyonda sıvı çalkalamalı besiyerinde, renk giderimi görüntüleri.





Şekil 3.27. Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,05 g/L konsantrasyonda sıvı çalkalamalı besiyerinde, renk giderimi görüntüleri.



Şekil 3.28. Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,1 g/L konsantrasyonda sıvı çalkalamalı besiyerinde, renk giderimi görüntüleri.



Renk giderimi elde edildikten sonra fungus miseli filtre kağıdıyla besiyeri ortamından ayrılmış (Şekil 3.29, Şekil 3.30, Şekil 3.31 ve Şekil 3.32), daha sonra etüvde 80 °C'da 3 gün süreyle kurumaya bırakılarak kuru ağırlık tayininde kullanılmıştır.



Şekil 3.29 Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,005 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinden süzülükten sonraki görüntüleri.



Şekil 3.30 Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,025 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinden süzülükten sonraki görüntüleri.



**3.31** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,050 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinden süzöldükten sonraki görüntüleri.



**Şekil 3.32** Kongo kırmızısı boyar maddesinin 0,1 g/L konsantrasyonda, sıvı çalkalamalı besiyerinden süzöldükten sonraki görüntüleri.

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Tunceli ili Ovacık ilçesinden izole edilen beyaz çürükçül fungus *P. eryngii* var. *ferulae*'nin kongo kırmızısı ve malaşit yeşili sentetik boyar maddeleri üzerindeki renk giderim aktivitesi katı besiyeri ve sıvı çalkalamalı besiyeri ortamlarında araştırılmıştır.

Katı besiyeri ortamında kongo kırmızısı ile yapılan çalışmada, çalışılan boyar madde konsantrasyonlarında 20. günün sonunda misel gelişimi tüm Petri kabını tamamen kaplamış ve farklı oranlarda renk giderimi elde edilmiştir. Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında ise kongo kırmızısıyla en yüksek giderim 150 rpm 'de, % 90 oranında gerçekleşmiştir.

Park vd., 2008 'de yaptıkları çalışmada 10 fungus türü ile 6 değişik boyar maddenin renk giderimini katı ve sıvı çalkalamalı besiyeri ortamlarında araştırmışlar sonuç olarak *F. trogii* fungus türünün, çalışılan diğer türlere oranla 0,1 g/L boyar madde konsantrasyonunda, her iki ortamda da tüm boyar maddelerde daha yüksek oranlarda renk giderimi sağladığını görmüşlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada da kongo kırmızısı boyar maddesi ile her iki besiyeri ortamında da renk giderimi elde edilmiştir.

Revenkar ve Lele, 2007'de yaptıkları çalışmada *Polyporus rubidus* fungus türü ile 0.1 g/L boyar madde konsantrasyonunda sıvı çalkalamalı besiyerinde yaptıkları çalışmada kongo kırmızısı boyar maddesinin renginin tamamını, reaktive blue boyar maddesi renginin % 70'ni, reaktif orange boyar maddesi renginin % 80'nini, remazol black boyar maddesinin ise % 90'nını giderdiğini görmüşlerdir. Aynı şekilde bu çalışmada da kongo kırmızısıyla sıvı çalkalamalı besiyerinde % 90 oranlarında bir renk giderimi elde edilmiştir.

Ali vd., 2008'de yaptıkları çalışmada *Aspergillus niger* ile katı ve statik besiyeri ortamında (10-1000 mg/L) boyar madde konsantrasyonunda renk giderimini araştırmışlar. Katı ortamda boyaların renk giderim seviyelerini ise acid red < orange 2 < drimarene blue < sülfür black şeklinde ifade etmişlerdir. Sıvı statik besiyerinde renk giderim sonuçlarını ise acid red % 9, orange 2 % 28, drimarene blue % 44, sülfür black % 68 olarak belirtmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada da, katı ve sıvı besiyeri ortamında, Ali vd.,'nin

çalıştığı konsantrasyonlara yakın konsantrasyonlar kullanarak renk giderimi elde edilmiştir.

Robinson vd., 2001 'de yaptıkları çalışmada *Aspergillus oryzae* ile procion mavisi boyar madde giderimini 150 rpm'de 0,05-0,2 mg/L boyar madde konsantrasyonlarında 10 g/L sukroz varlığında araştırmışlar, % 68-86 oranında bir renk giderimi elde etmişler. Sukroz varlığının da fungus gelişimini etkilemediğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde yapılan bu çalışmada da, renk giderimi düşük boyar madde konsantrasyonları kullanarak elde edilmiştir. Çünkü boyar madde konsantrasyonu arttıkça renk giderim oranının da daha düşük seviyelerde seyrettiği belirlenmiştir.

Buna karşın; Mercimek 2007'de beyaz çürükçül fungus olan *Trametes versicolor*'un, anyonik özellikte reaktif boyar maddeler (Reactive Black 5, Reactive Blue 19 ve Reactive Red 194) üzerine renk giderim aktivitesini çalkalamalı besiyeri ortamında farklı çalkalama hızlarında araştırmış ve boyar madde konsantrasyonu arttıkça renk giderim oranının da arttığını belirlemiştir.

Machado vd., 2005'de yaptıkları çalışmada Remazol Brilliant Blue R (RBBR) tekstil boyasını tropikal ekosistemden izole edilmiş 125 basidiomycetes fungusunda ligninolitik aktiviteyi değerlendirmek amacıyla substrat olarak kullanmışlardır. Seçilmiş bu mantarlar katı besiyerinde geliştirildiğinde ekstrasellür renk giderim aktivitesi göstermişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada da, katı besiyeri ortamında çalışılan her iki boyar madde de renk giderimi elde edilmiştir.

Machado vd., 2006'da yaptıkları çalışmada Brezilya ekosisteminden izole edilen *Trametes villosa* ve *Pycnoporus sanguineus* 'un pamuk üretim fabrikasında kullanılan reaktif tekstil boyalarının renk giderimini araştırmışlardır. Fungusun gelişimi ve renk giderimi çalışmaları 0.002 g/L boya içeren malt extract agarda yürütüldüğünde; *P.sanguineus* yalnızca 9 günde tüm rengi giderirken *Trametes villosa*'nın 28 günde giderdiği gözlenmiştir. *Trametes villosa*'nın çalkalamalı kültürlerde ise boyanın % 85' ni 7 gün içerisinde giderdiği belirtilmiştir. Buna paralel olarak yapılan bu çalışmada da, katı besiyerinde renk giderimini 15 günde, sıvı çalkalamalı besiyerinde ise renk giderimini 7 günde elde edilmiştir.

Minussi vd., 2001'de yaptıkları çalışmada 4 adet beyaz çürükçül mantarın (*Trametes versicolor*, *Trametes villosa*, *Phanerochaete chrysosporium* ve *Lentinus edodes*) katı besiyerinde hazırlanan kültürleri, (Reactive Blue 19, Reactive Red 195, Reactive Yellow

145 ve Reactive Black 5) renk gideriminde kullanmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda tüm boya renklerinin giderildiği gözlenirken en hızlı renk giderimi *Lentinus edodes* fungusunda belirlenmiştir. Aynı şekilde bu çalışmada, katı besiyeri ortamında renk giderimi elde edilmiştir.

Yapılan çalışma esnasında katı besiyeri ortamında malaşit yeşili ile çalışılan boya konsantrasyonlarında 20. günün sonunda düşük konsantrasyonlarda bir misel gelişimi ve renk giderimi elde edilirken, yüksek konsantrasyonlarda ise misel gelişimi ve renk giderimi elde edilememiştir. Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında ise malaşit yeşili ile yapılan tüm çalışmalarda hiçbir misel üremesi görülmemiş bu yüzden de düşük konsantrasyonlarda % 23 oranında bir renk giderimi elde edilmiştir.

Benzer şekilde; Youssef vd., 2008 'de yaptıkları çalışmada, malaşit yeşili boyar maddesinin 1-20 mg/L konsantrasyonlarını kullanarak katı ve sıvı çalkalamalı besiyerinde renk giderimini araştırmışlardır. Sonuç olarak katı besiyerinde renk giderimi elde ederlerken, sıvı çalkalamalı besiyerinde glikoz varlığında sadece *Acremonium kiliense sp.*'nin % 95 oranlarında bir renk giderimi sağladığını görmüşlerdir.

Jayasinghe vd., 2008 'de 10 fungus türü ile kongo kırmızısı, malaşit yeşili ve metilen mavisi boyar maddelerinin renk giderimini katı besiyeri ve sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 140 rpm'de çalışmışlardır. Sonuç olarak *Fomes fomentarius* fungus türü ile katı besiyerinde kongo kırmızısı boyar maddesinde renk giderimi elde edilirken, metilen mavisi ve malaşit yeşili boyar maddelerinde renk giderimi elde edilememiştir. Sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında ise *Fomes fomentarius* ile kongo kırmızısında % 80, malaşit yeşilinde % 25 ve metilen mavisinde % 80 oranlarında bir renk giderimi elde etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ise, katı besiyerinde kongo kırmızısı ve malaşit yeşili boyar maddelerinde renk giderimi elde edilirken, sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında kongo kırmızısında renk giderimi elde edilmiş fakat malaşit yeşili boyar maddesinde renk giderimi ya hiç olmamış yada % 23 gibi düşük oranlarda gerçekleşmiştir.

Buna karşın; Moturi vd., 2009'da yaptıkları çalışmada, dört çeşit beyaz çürükçül fungus kullanarak kristal viyole ve malaşit yeşili boyar maddelerinin renk giderimini sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında 150 rpm'de çalışmışlardır. Sadece *Mucor mucedo* fungus türü ile kristal viyole boyar maddesinde % 78 oranında, malaşit yeşili boyar maddesinde ise % 65 oranında bir renk giderimi elde edildiğini belirtmişlerdir.

Aynı şekilde Kumarasamy vd., 2009'da malaşit yeşili ile yaptıkları çalışmada; *Ganoderma lucidum*'un, 25 mg/L boyar madde konsantrasyonunda 24 saatlik bir inkübasyon süresinden sonra % 40,7'lik bir giderim elde etmişlerdir.

Yeşilada vd., 2002'de yaptıkları çalışmada, Astrazon Red FBL ilave edilen besiyerinin *Funalia trogii* pelletleri ile dekolorizasyon yeteneğini araştırdıkları çalışma sonucunda, dekolorizasyon yüzdesinin, boyarmadde konsantrasyonu 66 mg/lt oluncaya kadar arttığını, boyar madde konsantrasyonu 66 mg/lt' nin üzerine çıktıktan sonra ise azaldığını belirtmişlerdir. Aynı şekilde bu çalışmada da, kullandığımız boyar maddelerde, boya konsantrasyonu miktarı arttıkça renk giderimi oranı azalmış yada hiç olmamıştır.

Benzer şekilde, Mou vd., 1991'de yaptıkları çalışmada adsorbsiyona bağlı olarak besiyerlerini dekolore eden *Myrothecium verrucaria*'nın dekolorizasyon yeteneğinin, boyarmadde konsantrasyonu belirli bir değere ulaşınca kadar arttığını, ancak daha sonra azaldığını tespit etmişlerdir.

Aynı şekilde, Kapdan vd., 2000'de yaptıkları çalışmada *C. versicolor* fungusuyla Everzol Turquoise Blue G ile yaptığı dekolorizasyon çalışmasında boya konsantrasyonu miktarı arttıkça fungus için toksik etki gösterebileceğini belirlemişlerdir.

Yapılan bu çalışma esnasında sıvı çalkalamalı besiyeri ortamında elde edilen renk giderim oranlarına ve zamanına bakıldığında, çalkalama hızı arttıkça renk giderim süresinin azaldığı görülmüştür.

Benzer şekilde, Chagas vd., 2001'de yaptıkları çalışmada *P. sajor-caju* ve *P. chrysosporium* beyaz çürükçül funguslarla Amaranth, new coccine ve Orange G' nin dekolorizasyonun 200 rpm' de en yüksek ve hızlı olduğunu saptamışlardır.

Ayrıca, Knapp vd., 2001'de Orange II tekstil boyası, statik kosullarda % 45 dekolore olurken, çalkalamalı kosullarda bu oranın % 97' ye çıktığını tespit etmişlerdir.

Yeşilada vd., 2003'de *F. trogii* fungusuyla Astrazone Black FDL, Astrazone Blue FGRL ve Astrazone Red FBL tekstil boylarıyla yaptığı çalışmada en yüksek dekolorizasyonun 150 rpm' de olduğunu açıklamışlardır. Bu fungus düşük çalkalama hızında (100 rpm) dekolorizasyonun yavaş fakat 150 rpm' de yüksek dekolorizasyon gösterdiğini açıklamışlardır. Benzer şekilde bu çalışmada da, sıvı çalkalamalı besiyerinde, en yüksek renk giderimi 150 rpm'de elde edilmiştir.

Yıldırım vd., 2010 yılında yaptıkları çalışmada *P. eryngii* ile metilen mavisi ve kristal violet boyar maddesinin renginin giderimi ile ilgili boyar madde konsantrasyon artışının

misel gelişimini baskıladığını gözlemlemiştirlerdir. Bu bulgulara paralel olarak yapılan bu çalışmada boyar madde konsantrasyon artışının, misel gelişimini baskıladığını gözlemlemiştirlerdir.

## 5. ÖNERİLER

Tekstil endüstrisi atık suları biyolojik yöntemlerle arıtılabileceği gibi fiziksel ve kimyasal yöntemlerle de arıtılabilir. Ancak bu yöntemlerin yüksek maliyet, zehirli yan ürünlerin oluşumu, aşırı miktarda enerji tüketimi, konsantre çamur oluşumu ve farklı karakterdeki tüm atık sulara adapte edilememesi gibi dezavantajları vardır. Oysa biyolojik yöntemlerin kullanımı hem daha ekonomiktir hem de çevreye zararlı herhangi bir etkisi yoktur. Bu nedenle tekstil atık sularının arıtımında biyolojik yöntemlerin kullanımı daha avantajlıdır. Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar maddelerin mikroorganizmalarla parçalanabilirliği üzerinde son yıllarda bir çok araştırma yapılmış ve bu boyar maddeleri dekolorize edebilme veya parçalayabilme potansiyeline sahip olan birçok mikroorganizmanın var olduğu ortaya konmuştur.

Yaptığımız çalışmanın bulguları; özellikle kongo kırmızısı içeren tekstil fabrikası atık sularının iyileştirilmesi çalışmalarında Tunceli ili, Ovacık ilçesinden izole edilen *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* fungusunun yeni bir biyolojik materyal olarak kullanılabileceğini işaret etmiştir.

Bununla beraber özellikle boyar maddenin giderilmesinde rol alan lignolitik ekstraselüler enzimlerin aktivitesini arttırmaya yönelik ileri çalışmalar; bu fungusun, boyar madde içeren atık suların iyileştirilmesi uygulamalarda daha etkin bir şekilde kullanılmalarının yolunu açabilecektir.

Ayrıca, günümüzde nasıl ki gıda tüketimi açısından organik ürünlere bir yöneliş mevcutsa aynı şekilde tekstil ürünlerinde de organik kaynaklı boyar madde kullanımına yönelik bir yöneliş gerçekleştirilerek tekstil endüstrisi atıklarının çevresel riskleri önlenmiş olabilecektir.



## KAYNAKLAR

- Ali, N. Hameed, A. Ahmed, S. Khan, A.G.**, 2008. Decolorization of structurally different textile dyes by *Aspergillus niger* SA1, *World J. Microbiol. Biotechnol.* **24**,1067-1072.
- 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*, *Environmental Technology*, vol. 25, no. 11, pp. 1313–1320.
- Aksu, Z. ve 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.
- An, H. Qian, Y. Gu, X. Tang, W.Z.**, 1996. Biological Treatment of Dye Wastewater using an Anaerobic-Oxic System. *Chemosphere*, **33**(12): 2533-2452
- Arslan, H.A.**, 2004. Bazı Boyar Madde Gruplarının Aktif Çamur Biyokütlesi Tarafından Adsorplanabilme Özelliği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi. Adana.
- Borchert, M. ve Libra, 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.
- 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 İnanıcı, Y.,** 1990. Boyar Madde Kimyası. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, 47-52, 35-37, 90-187.
- Başbüyük, M., Yüceer, A. And Yılmaz, T.,** 1998. Tekstil Atık Sularında Renk Giderilmesinde Kullanılan İleri Teknolojiler. I. Atık Su Sempozyumu, Kayseri, 82-87.
- Bermek, H., Li, K., Eriksson, K. E. L.,** 1998. Laccase-less Mutants of White-Rot Fungus *Pycnoporus cinnabarinus* can not Delignify Kraft Pulp, *Journal of Biotechnology*, **66**, 117-124.
- Bozdoğan, A.,** 1984. Atık Sulardaki Tekstil Boyar Maddeleri Renginin Devrettirilen Koagülant İle Giderilmesi. Doktora Tezi, İ.T.Ü., İstanbul.
- Caner, O.,** 1998, Beyaz Çürükçül Mantar Phanerochaete Chrysosporium İle Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtılması, Doktora Tezi, İstanbul Üniv. Fen Bilimleri Ens., İstanbul
- Chander, M. and Arora, D.S.,** 2007. Evaluation of some White rot fungi for their potential to decolourise industrial dyes. *Dyes and Pigments*, Vol **72**, Issue 2, 192-198
- 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.
- Çabuk, A. Gedikli S Aytar P Ünal A Kolankaya N.,** 2011. Decolorization of denim dyes tuff by laccase enzyme, *Anadolu University Journal Of Science And Technology –C Life Sciences And Biotechnology*, Vol **1**, No 1

- Çetin, D. ve Dönmez, G.,** 2006. Decolorization of Reactive Dyes by Mixed Cultures Isolated From Textile Effluent Under Anaerobic Conditions. *Enzyme and Microbial Technology* Volume **38**, Issue 7, 2, Pages 926–930
- Cing, S.,** 2001. Tekstil Boyalarının Renginin Giderilminde Mikroorganizma Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Demir G. Özcan H.K. Elmaslar E. ve Borat M.** 2006. Decolorization Of Azo Dyes By The White Rot Fungus Phanerochaete Chrysosporium, *Journal Of Engineering And Natural Sciences* 74-85
- 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.
- Dizge, M.G. Dizge, N. ve Erkurt, E.A.,** 2007. Beyaz Çürükçül Fungusların atıksu arıtımında kullanımı, 7. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Bildiri Özetleri Kitabı Sh.: 731-736, İzmir.
- Erdik E. Obalı E. ve Yüksekısık N.,** 1998, Organik Kimya Ankara Fen Fak. Yayın No: 145 Ankara.
- Fu, Y. ve Vıraraghavan, T.,** 2002. Removal of Congo Red From an Aqueous Solution by Fungus *Aspergillus niger*. *Advances in Environmental Research*, **7**: 239-247.
- Fujian, X., Hongzhang, C. and Zuohu, L.,** 2001. Solid-state Production of Lignin Peroxidase (LiP) and Manganese Peroxidase (MnP) by *Phanerochaete chrysosporium* Using Steam-exploded Straw as Substrate, *Bioresource Technology*, **80**, 149-151.

- 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.
- Gücin, F.,** 1983. Elazığ İli Sınırları İçinde Yetisen Bazı Makrofungusların Üzerinde Taksonomik Bir Arastırma, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Bornova, İzmir.
- Jayasinghe C. Intiaj A. Woo Lee G. Im K.H. Hur H. Woong Lee M. Yang H.S. Sun H. Lee T.S.,** 2008. Degradation of Three Aromatic Dyes by White Rot Fungi and the Production of Ligninolytic Enzymes. *Mycobiology* **36(2)** : 114-120.
- Kapdan, İ.K. ve Kargı, F.,** 2000. Atık Sulardan Tekstil Boyar Maddelerinin Adsorpsiyonlu Biyolojik Arıtım İle Giderimi. *Turk J Engin Environ Sci*, **24** (2000) , 161 { 169.
- Kocaer, F.O. and Alkan, U.,** 2002. Boyar Madde İçeren Tekstil Atık Sularının Arıtım Alternatifleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **1**: 47-55.
- Kuhad, R.C., Singh, A. and Eriksson, 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.*
- 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.
- Lucas, M. Mertens V. Corbisier A.M. Vanhulle S.,** 2008. Synthetic dyes decolourisation by white-rot fungi: Development of original microtitre plate method and

screening, *Enzyme and Microbial Technology* Volume **42**, Issue 2, Pages 97–106.

**Machado, K.M.G. Compart, L.C.A., Morais, R.O., Rosa, L.H. And Santos, M.H.,** 2005. Ligninolytic Enzymes Production and Remozal Brilliant Blue R Decolorization by Tropical Brazilian Basidiomycetes Fungi. *Brazilian Journal of Microbiology*, **36**: 246-252.

**Mazmanci, M.A.** 2003. Beyaz Çürükçül Fungus *Funalia trogii* Kullanılarak Diazo Boyar Madde Reaktif Black 5'in Renk Giderimi, Doktora Tezi.

**Mercimek, A.** 2007. *Tremetes versicolor*'un tekstil boyalarının gideriminde kullanım olanakları, Yüksek Lisans Tezi.

**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.

**Moturi, B. Ve Singara Charya M.A.,** 2009. Decolourisation of Crystal Violet and Malachite Green By Fungi, *Science World Journal*, Vol:4 28-33

**Murugesan, K. Dhamija, 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.

**Murugesan, K. Yang I.H. Kim Y.M. Jeon J.R. Chang Y.S.,** 2009. Enhanced transformation of malachite green by laccase of *Ganoderma lucidum* in the presence of natural phenolic compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Volume **82**, Number 2, 341-350.

**Naumczyk, J., Szyprkiewicz, L. and Ziho-Grandi, F.,** 1996. Electrochemical Treatment of Textile Wastewaters. *Water Science and Technology*, **34**(11): 17-24.

- Nigam P., Banat I., Singh, D. and Marchant R.,** 1996, Microbial Process for the Decolorization of Textile Effluent Containing Azo, Dizazo and Reactive Dyes, *Process Biochemistry*, **31**(5), 435-442.
- Özmihçı, S. and Kargı, F.,** 2004. Toz Aktif Çamurun Değişik Boyar Maddelerin Gideriminde Biosorpsiyon Performansının Değerlendirilmesi. I. Ulusal Çevre Kongresi, Sivas, 479-486.
- Park, C. Lee, M., Lee, B., Kim, S.-W., Chase, H.A., Lee, J. And Kim, S.,** 2006. Biodegradation and Biosorption for Decolorization of Synthetic Dyes by *Funalia trogii*. *Biochemical Engineering Journal*, **17**: 1-7.
- 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.
- Platin, S.,** 2004. Beyaz Çürükçül Funguslar ile Tekstil Boyar Maddelerin Renginin Giderimi, Doktora Tezi.
- Revenkar, M.S. ve 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 Peroxidase by Various Strains of *Trametes versicolor* Depending on Culture Condition. *Acta Microbiologica Polonica*, **40**: 221-234.

- 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.
- Senthilkumar S. Perumalsamy, M. Janardhana Prabhu, H.,** 2011. Decolourization Potential of white rot fungi *Phanerochaete chrysosporium* on Synthetic dye bath effluent containing Amido black 10 B. *Journal of Saudi Chemical Society*, Article in press.
- Steffen, K.T.,** 2003. Degradation of Recalcitrant Biopolymers and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Litter-decomposing Basidiomycetous Fungi. *Dissertationes Biocentri Viikki Universitatis Helsingiensis*, 23/2003. Ph.D. Thesis, Department of Applied Chemistry and Microbiology, University of Helsinki, Helsinki, 68 p.
- Swamy, J.,** 1998. The Biodecoloration of Textile Dyes by White – Rot Fungus *Trametes versicolor*.
- Temiz, A.,** 1994. Genel Mikrobiyoloji Uygulama Teknikleri. Şafak Matbaacılık, Ankara, 86-89.
- Viraraghavan, T. Fu, Y.,** 2002. Removal of Congo Red From an Aqueous Solution by Fungus *Aspergillus niger*. *Advanced in Environmental Research*, 7: 239-247.
- 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.
- Yeşilada, Ö. ve Bozcuk, A.N.,** 1990. Alkol Fabrikası Atığının Renginin Gideriminde Bazı Beyaz Çürükçül Fungusların Kullanımı. Çevre Biyolojisi Sempozyumu, Ankara.

**Yıldırım, N.**, 2008. Tarımsal Atıkların Hayvan yemi Olarak Kullanımında *Pleurotus eryngii*'nin Etkinliğinin Araştırılması, Doktora tezi.

**Yıldırım, N. Yıldırım, NC., Yıldız, A.** 2010. Evaluation Of Three Strains Of *P.Eryngii* Isolated From Geographically Different Regions Of Turkey For Their Ability To Decolorize Methylene Blue And Chrystal Violet. *Fresenius Environmental Bulletin*, **19(3)**, 447-451.

**URL-1**, [http://www.fotofunghi.it/pages/fungi/pleurotus\\_eryngii.htm](http://www.fotofunghi.it/pages/fungi/pleurotus_eryngii.htm) *Pleurotus Eryngii*. 26 Haziran 2012

**URL-2**, <http://www.funghiitaliani.it/index.php?showtopic=8438> *Pleurotus Eryngii*. 27 Haziran 2012.



## ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Niğde ilinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Denizli’de tamamladı. 1999 yılında Niğde Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’nde lisans eğitimine başladı. 2003 yılında Biyolog olarak mezun oldu. 2003 yılında İstanbul Kadıköy Numune Hastanesi laboratuvarında 3 ay staj yaptıktan sonra, gene İstanbul’da özel bir hastanenin laboratuvarında biyolog olarak çalıştı. 2010 yılında Tunceli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans öğrenimime başladı. Evli ve iki çocuk annesidir.