



T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (Pülümür-Tunceli) ile Tekstil
Endüstrisinde Kullanılan Bazı Boyar Maddelerin Renk Gideriminin
Araştırılması**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Yaşar HAN

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

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

TEMMUZ - 2012

T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Pleurotus eryngii var. *ferulae* (Pülümür-Tunceli) ile Tekstil
Endüstrisinde Kullanılan Bazı Boyar Maddelerin Renk Gideriminin
Araştırılması

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet Yaşar HAN
092102102

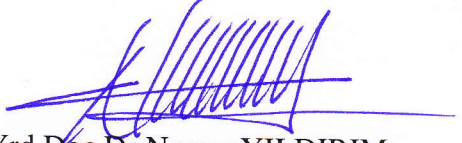
Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Temmuz 2012
Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Temmuz 2012




Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Numan YILDIRIM (TNCÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Nuran C. YILDIRIM (TNCÜ)
Yrd. Doç. Dr. Turgay DERE (ADYÜ)

TEMMUZ-2012

Mehmet Yaşar HAN tarafından hazırlanan *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (PÜLÜMÜR-TUNCELİ) İLE TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN BAZI BOYAR MADDELERİN RENK GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Yrd. Doç. Dr. Numan YILDIRIM
Tez Yöneticisi

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 (ADYÜ) 
Üye : Yrd. Doç. Dr. Nuran C. YILDIRIM (TNCÜ) 
Üye : Yrd. Doç. Dr. Numan YILDIRIM (TNCÜ) 
Tarih : 24.07.2012

ÖNSÖZ

Tekstil endüstrisinde 100.000' den fazla ticari sentetik boya maddesi kullanılmakta olup yıllık 7×10^5 tonun üzerinde üretilmekte (Zollinger, 1987; Robinson vd., 2001; Campos vd., 2001) ve bunların yaklaşık % 10'u atıksu olarak alıcı ortama deşarj edildiği (Vaidya ve Datye, 1982) göz önüne alındığında boyar madde içeren atıksuların arıtımının şart olduğu anlaşılmaktadır.

Biz de bu çalışmamızda beyaz çürükçül fungus olan *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* ile tekstil endüstrisinde çok kullanılan Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) ve Methyl Orange (MO) boyar maddelerinin dekolorizasyonunu çalıştık.

Yüksek lisans eğitime başlamam için beni teşvik eden, cesaretlendiren, tez ile ilgili laboratuvar çalışmalarım ve tez yazımı sırasında da maddi, manevi desteğini hiç esirgemeyen, tavsiyeleri ile bana yön veren kısacası desteğini hiç esirgemeyen üniversite rektörümüz sayın Prof. Dr. Durmuş BOZTUĞ' a teşekkürlerimi borç bilirim.

Bu tez çalışmasının hazırlanıp ortaya çıkarılmasında çok büyük katkısı olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Numan YILDIRIM' a teşekkür ederim.

Gerek laboratuvar ve gerekse tez yazımı sırasında kendisine ayırmam gereken zamanını çaldığım, akılcı fikirleri ve yönlendirmeleri ile desteğini hiç eksik etmeyen sevgili eşim Ayşegül' e; yorulduğum ve bunaldığım zamanlarda tüm stresimi alan biricik yaramaz kızım Zeynep Azra' ya çok teşekkür ederim.

Tez savunmamı ilgiyle takip eden ve eleştirileriyle katkı sunan jüri üyelerine, değerli hocalarıma ve öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mehmet Yaşar HAN

TUNCELİ - 2012

İÇİNDEKİLER	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Çevre ve İnsan	1
1.2. Türkiye’de Tekstil Endüstrisi ve Atık Potansiyeli	2
1.3. Tekstil Fabrikalarının AtıkSuyu Kompozisyonları	3
1.4. Boyar Maddeler İle İlgili Genel Bilgi.....	5
1.4.1. Boyar Maddelerin Kimyasal Yapısı.....	6
1.4.2. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması.....	6
1.4.2.1. Azo Boyar Maddeler.....	7
1.4.2.2. Reaktif Boyar maddeler	7
1.5. Boyar Madde İçeren Atıksuların Çevresel Riski.....	8
1.6. Boyar Madde Gideriminde Kullanılan Metodlar.....	9
1.6.1. Fizikokimyasal Yöntemler.....	10
1.6.2. Biyolojik Yöntemler.....	12
1.7. Beyaz Çürükçül Funguslar.....	14
1.8. <i>Pleurotus eryngii</i> İle İlgili Genel Bilgi.....	15
1.8.1. Morfolojik Özellikleri.....	15
1.8.2. Sporları.....	15
1.8.3. Ekolojileri.....	15
1.8.4. Diğer Özellikleri.....	16
1.9. Beyaz Çürükçül Fungusların Lignolitik Enzim Sistemleri.....	16
1.10. Beyaz Çürükçül Fungusların Kullanım Alanları.....	17
1.11. Beyaz Çürükçül Fungusların Boyar Madde Giderimindeki Önemi	18
2. MATERYAL ve METOD.....	20
2.1. Materyal	20
2.1.1. Çalışmada Kullanılan Boyar Maddeler	20
2.1.2. Çalışmada Kullanılan Besiyerleri.....	20
2.1.3. Çalışmada Kullanılan Fungus	21
2.1.3.1. <i>Pleurotus eryngii</i> var. <i>ferulae</i> ’ nın Üretimi ve Saklanması.....	21
2.2. Metod	21
2.2.1. <i>Pleurotus eryngii</i> var. <i>ferulae</i> ’ nın Katı Besiyeri Ortamlarının Hazırlanması ve Bu Ortamlarda Renk Gideriminin Tespiti.....	21
2.2.2. <i>Pleurotus eryngii</i> var. <i>ferulae</i> ’ nın Statik Sıvı Besiyeri Ortamlarının Hazırlanması ve Bu Ortamlarda Renk Gideriminin Tespiti.....	22
2.2.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi (KOİ):.....	24
2.2.4. Kuru Misel Ağırlığının Ölçülmesi.....	24

3. BULGULAR.....	25
3.1. Katı Besiyerinde Gözlemlenen Renk Giderimi.....	25
3.1.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi.....	25
3.1.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi.....	27
3.2. Statik Sıvı Besiyerinde Gözlemlenen Renk Giderimi	29
3.2.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi.....	29
3.2.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Renk giderimi.....	32
3.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Sonuçları.....	35
3.3.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde KOİ Ölçümü Bulguları.....	35
3.3.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde KOİ Ölçümü Bulguları.....	36
3.4. Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları.....	37
3.4.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları.....	37
3.4.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları.....	38
4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	39
4.1. Katı Besiyerinde Gözlemlenen Renk Giderimi	39
4.1.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi.....	39
4.1.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi.....	39
4.2. Statik Sıvı Besiyerinde Gözlemlenen Renk Giderimi.....	40
4.2.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi.....	40
4.2.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi.....	41
4.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Sonuçları.....	42
4.3.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde KOİ Sonuçları.....	42
4.3.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde KOİ Sonuçları.....	42
4.4. Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları.....	43
4.4.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları.....	43
4.4.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları.....	44
5. ÖNERİLER.....	49
6. KAYNAKLAR.....	50
7. ÖZGEÇMİŞ.....	59

ÖZET

Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) ve Methyl Orange (MO) boyar maddeleri özellikle tekstil endüstrisinde çok sıkça kullanılan boyar maddelerdendir. Tekstil fabrikaları çoğu zaman bu boyar maddeleri kullanımları sonrasında direkt olarak alıcı ortamlara deşarj etmektedirler. Bu boyar maddelerin toksik karakterli oluşları ve doğal çevre koşullarında uzaklaştırılmalarının çok güç oluşları nedeniyle buldukları ekolojik sistem ve insan sağlığı üzerine oldukça zararlıdır.

Bu çalışmada Tunceli Pülümür ilçesinden izole edilen beyaz çürükçül mantar *Pleurotus eryngii var ferulae* ile yukarıda bahsi geçen her iki boyar maddenin 0,05, 0,1, 0,5, 1 ve 2g/L konsantrasyonlarında hem katı besiyeri hem de sıvı statik besiyeri ortamında renk giderim çalışmaları yapılmıştır.

Katı besiyeri ortamında RBBR için 14 günün sonunda 65 mm çapında renk giderim zonu elde edilmiştir, MO içeren besi yerlerinde ise 64,5 mm ($\pm 2,12$) olduğu gözlemlenmiştir. Statik sıvı besiyeri ortamında, RBBR ve MO boyar maddeleri için 18. Günün sonunda sırasıyla % 92,07 ($\pm 0,6$) ve 86,48 ($\pm 1,61$) oranlarında giderim tespit edilmiştir. Boyar maddenin uzaklaştırıldığıın göstergesi olarak kullanılan Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) azalışının ise RBBR ve MO için sırasıyla % 91,6 ($\pm 0,18$) ve 81,42 ($\pm 0,17$) olduğu belirlenmiştir. Boyar madde varlığının biyokütle üzerine etkisini belirlemek amacıyla sıvı kültür ortamı giderim çalışmasının 18. gününde kuru misel ağırlığı ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; renk giderimin yüksek olduğu düşük konsantrasyonlarda misel gelişimi indüklenirken, yüksek konsantrasyonlarda ise gelişimin baskılandığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak çalışmamızdan elde edilen veriler, beyaz çürükçül mantar *Pleurotus eryngii*' nin Tunceli-Pülümür suşunun, MO ve RBBR bulunduran tekstil atıksularının iyileştirilmesi çalışmalarında biyolojik bir kaynak olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Beyaz Çürükçül Fungus, *Pleurotus eryngii*, Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR), Methyl orange (MO), Renk Giderimi.

SUMMARY

The colouring agents Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) and Methyl Orange (MO) are frequently used especially in the textile industry. Textile factories generally discharge these colouring agents after usage directly into the receiving environments. Since they are toxic and very hard to remove from natural environments, they are extremely hazardous to the ecological system and human health.

In this study, decolorization of white saprophytic fungus *Pleurotus eryngii* var *ferulae*, isolated from the county of Pülümür, Tunceli, with the two colouring agents mentioned above in both agar medium and liquid static medium at 0,05, 0,1, 0,5, 1 and 2g/L concentrations was carried out.

While a decolorization zone with a diameter of 65 mm was obtained for RBBR in agar medium at the end of day 14, it was 64,5 mm ($\pm 2,12$) in mediums containing MO. Decolorization for the colouring agents RBBR and MO were 92,07% ($\pm 0,6$) and 86,48 % ($\pm 1,61$) respectively static liquid medium at the end of day 18. The decreases in Chemical Oxygen Demand (COD), used as an indicator of the removal of a colouring agent, for RBBR and MO were determined to be 91,6 % ($\pm 0,18$) and 81,42% ($\pm 0,17$) respectively. In order to determine the effect of the presence of colouring agents on biomass, the dried micelle was weighed on the day 18 of decolorization in liquid culture. The results showed that while micelle growth is induced at lower concentrations where decolorization is high, growth is suppressed at high concentrations.

In conclusion, data obtained in our study revealed that Tunceli-Pülümür strain of white rot fungus *Pleurotus eryngii* can be used as a biological source for improving textile waste water containing Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) and Methyl Orange (MO).

Key words: White rot Fungi, *Pleurotus eryngii*, Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR), Methyl orange (MO), Decolorization.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Reaktif boyar madde yapısı.	8
Şekil 2.1. Etüv içerisinde RBBR ve MO boyar maddeleri içeren statik sıvı besiyerleri ve kontrol grupları	23
Şekil 2.2. Spektrofotometrede analiz edilmek için hazırlanmış uygulama ve kontrol grupları.....	23
Şekil 3.1. RBBR boyar maddesi içeren katı besiyerinde günlere göre, renk giderimi ve misel gelişimi.....	27
Şekil 3.2. MO boyar maddesi içeren katı besiyerinde günlere göre, renk giderimi ve misel gelişimi.....	29
Şekil 3.3. Zamana (Gün) ve RBBR boyar maddesinin farklı konsantrasyonlarına göre elde edilen renk giderimi.....	30
Şekil 3.4. Ekimin 8. gününde RBBR' nin 0,05 g/L konsantrasyonundaki renk giderimi.....	31
Şekil 3.5. Misel ekiminden 8 gün sonra RBBR' nin 0,05 g/L konsantrasyonunda renk giderimi (Miseller uzaklaştırılmıştır.).....	31
Şekil 3.6 Misel ekiminden 18 gün sonra RBBR'nin 0,1 g/L konsantrasyonunda renk giderimi (Miseller uzaklaştırılmıştır.).....	32
Şekil 3.7. Zamana (Gün) ve MO boyar maddesinin farklı konsantrasyonlarına göre elde edilen renk giderimi.....	33
Şekil 3.8. Ekimin 8. gününde MO' nun 0,05 g/L konsantrasyonunda renk giderimi.....	34
Şekil 3.9 Misel ekiminden 8 gün sonra MO' nin 0,05 g/L konsantrasyonunda renk giderimi (Miseller uzaklaştırılmıştır.).....	34
Şekil 3.10. RBBR içeren statik sıvı besiyeri ortamında 18. gün sonunda konsantrasyona bağlı KOİ azalışı.....	35
Şekil 3.11. MO içeren statik sıvı besiyeri ortamında 18. gün sonunda konsantrasyona bağlı KOİ azalışı.....	36
Şekil 3.12. RBBR' nin misel ekiminin 18. Günü sonunda konsantrasyona bağlı kuru misel (Biyomas) sonuçları.....	37
Şekil 3.13. MO' nun misel ekiminin 18. Günü sonunda konsantrasyona bağlı kuru misel (Biyomas) sonuçları.....	38

TABLULAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Farklı boyar madde/lif birleşiminin tutunma derecesi.....	4
Tablo 1.2. Endüstriyel atık sınırlarından boyar madde gideriminde mevcut bazı metotların avantajları ve dezavantajları.....	10
Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan boyar maddeler ve bazı özellikleri.....	20
Tablo 3.1. RBBR içeren katı besiyerinde renk giderimi ve misel gelişimi.....	26
Tablo 3.2. MO içeren katı besiyerinde renk giderimi ve misel gelişimi.....	28
Tablo 3.3. RBBR' nin konsantrasyon ve günlere bağlı renk giderim değerleri.....	30
Tablo 3.4. MO' nun konsantrasyon ve günlere bağlı renk giderim değerleri.....	33
Tablo 3.5. Konsantrasyona bağlı olarak 18. günde RBBR bulunan uygulama gruplarındaki KOİ azalışı	35
Tablo 3.6. Konsantrasyona bağlı olarak 18. günde MO bulunan uygulama gruplarındaki KOİ azal.....	36
Tablo 3.7. RBBR İçeren statik sıvı besiyerindeki kuru misel ağırlığı değerleri.....	37
Tablo 3.8. MO İçeren statik sıvı besiyerindeki kuru misel ağırlığı değerleri.....	38

1. GİRİŞ:

1.1. Çevre ve İnsan:

Kirlilik konusu üzerine yapılmış olan araştırma ve tartışmalarda en çok konuşulan ve değerlendirmeye alınan iki kelime 'çevre' ve 'insan'dır. Çünkü kirlenen çevre ve en çok kirlüten de insandır.

Doğada, büyük küçük hiçbir canlı tek başına bulunmaz. Canlının bulunduğu yerdeki fiziksel - kimyasal koşullar ve diğer canlılar o canlının çevresini oluşturur. Ekolojik anlamda çevre sözcüğü, bireyle ilişkili canlı cansız her şeyi kapsar (Kışlalıoğlu ve Berkes, 1994).

Çevreye atılan ve geri kazanılamayan her madde kirleticisi olarak tanımlanır. İnsan aktivitesinin toksik kirlilik ile yakından bağlantılı olduğu açıktır. Antropojenik kaynakların artan sayısından türetilen kirleticiler devamlı bir şekilde giderek daha fazla ekosistemi etkilemektedirler (Terasa vd, 2003).

Doğada kirlenmeye neden olan etmenleri, doğal etmenler (depremler, volkanik patlamalar, seller v.b.) ve insan faaliyetleri (Endüstri-sanayi atıkları, ksenobiyotikler, evsel atıklar v.b.) ile oluşan etmenler olmak üzere iki grupta inceleyebiliriz (URL-1).

Çevre bilimcilerine göre, iki çeşit kirlenme vardır;

Birinci tip kirlenme; biyolojik olarak ya da kendi kendine zararsız hale dönüşebilen maddelerin oluşturduğu kirliliktir. Hayvanların besin artıkları, dışkıları, ölüleri, bitki kalıntıları gibi maddeler birinci tip kirlenmeye neden olur. Kolayca ve kısa zamanda yok olan maddelerin meydana getirdiği kirliliğe geçici kirlilik de denir. *İkinci tip kirlenme*; biyolojik olarak, kendiliğinden yok olmayan ya da çok uzun yıllarda yok olan maddelerin oluşturduğu kirliliktir. Plastik, deterjan, boyar maddeler, tarım ilaçları, böcek öldürücüler (DDT gibi), radyasyon vb. maddeler ikinci tip kirlenmeye neden olur (URL-1).

Çevre sorunları ve bu sorunların varlığını en iyi yansıtan çevre kirliliği, tüm Dünya' yı ilgilendiren bir sorun olarak 1970' li yıllarda kavranmış ve bu yıllardan başlayarak tüm Dünya' da çevre bilinci oluşmaya başlamıştır. Özellikle 1980' li yıllarda çevre sorunlarının insan ve diğer canlılar üzerinde ne denli olumsuz etki yaptığı kanıtlarla ortaya konulmuştur. Bu süreçte önceleri sanayi bölgelerinde su, hava ve toprak kirliliğiyle sınırlı olduğu sanılan çevre sorunlarının ozon tabakasının incelmelerinden, biyolojik çeşitliliğin yok olmasına, küresel ısınmaya, deniz ve okyanusların kirlenmesine, erozyona ve doğal kaynakların tükenmesine kadar uzandığı görülmüştür (Özdemir, 2001).

Yenilenebilmesi imkânsız olan petrol, doğalgaz, kömür gibi enerji kaynakları, madenler, ormanlar, yiyecek türleri, temiz hava, toprak ve içme suyu gibi doğal kaynaklarımız hızlı bir tükenme sürecine girmiştir. Ekosistemler hassas dengeler şeklinde olduğundan, çevresel sorunların etkisiyle meydana gelen olumsuzluklardan tüm canlılarla beraber insan da etkilenmektedir. Bu nedenle büyük boyutlara ulaşan çevre sorunları, insanın sağlığını ve geleceğini etkilemektedir. Canlı doğal kaynaklarımızdan olan bitki, hayvan ve mikroorganizmaların devamlılığı, temiz hava, temiz toprak ve temiz suyun varlığına bağlıdır (Akman vd., 2004; Atalık, 2006; Çukurçayır vd., 1997).

1.2. Türkiye’de Tekstil Endüstrisi ve Atık Potansiyeli:

Tekstil endüstrisi Türkiye' nin ekonomik kalkınmasında başta gelen sektörlerinden biridir. Ülkemiz toplam ihracat gelirlerinin % 36-39' u tekstil ürünlerinden sağlanmaktadır. Dünya da, tekstil ve giyim ihracatında Türkiye önemli bir yere sahiptir (Chen vd., 2007).

Türkiye de ham materyalin oldukça fazla olması, ucuz işçilik, üretim kapasitesi ve modernleşme süreci nedeniyle tekstil sektörü sürekli gelişmektedir (Alaton vd., 2006). Ülkemizde yıllık pamuk ipliği üretimi yaklaşık 788 000 ton ve pamuklu kumaş üretimi yaklaşık 14×10^8 m' dir (URL-2). Türkiye'deki tekstil fabrikalarında, 1 kg kumaş için 20-30 m³ suya gereksinim vardır (Orhon vd., 2003). Aynı zamanda 454 kg kumaşın boyanması için yaklaşık 12 kg boyar madde kullanılmakta ve kullanılan bu boyar maddenin yaklaşık % 15-20 kadarı alıcı ortamlara deşarj edilmektedir. Hacmi ve kompozisyonu göz önüne alındığında tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksular diğer endüstri sektörlerine oranla daha fazla kirletici özelliğe sahiptir (Vandevivere vd., 1998; Birgül ve Solmaz, 2007).

Tekstil ürünlerine çeşitli özellikler kazandırmak amacıyla yapılan işlemler neticesinde bazı organik ve inorganik kirlilik sebebi maddeler atıksuya karışmaktadır. Gerek iplik gerekse kumaş gibi ürünlere renk kazandırmak için yapılan çalışmalar sonucunda meydana gelen kirlilik, tekstil atıksuları 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 boyar maddeler kullanılmaktadır (Arslan, 2004).

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

1.3. Tekstil Fabrikalarının Atıksuyu Kompozisyonları:

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

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

Tekstil endüstrisi tarafından oluşturulan atıksuların ana kaynağı, doğal liflerin yıkanması, ağartılması ve boyanması basamaklarıdır. Kullanılan liflerin, boyar maddelerin üretim sırasında kullanılan kimyasalların ve son ürünlerin çok çeşitli olmasından dolayı meydana gelen atıksular kimyasal kompleksliğe ve farklılığa sahiptir. Bu nedenle, bu tür atıksular alışlagelen atıksu arıtım tesisleri ile yeterli derecede arıtılamamaktadır (Pagga ve Brown, 1986; Donlon vd., 1997; Rajagura vd., 2000).

Tekstil fabrikası atıksuyunun karakteristiği;

- Boyar maddenin çeşidine,
- Fabrikada uygulanan proseslere,
- Boyamada kullanılan teknoloji çeşidine,
- Yardımcı bağlayıcı maddelerin konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir

(Talarposhti vd., 2000).

Suyun kendisi genellikle renksizdir. Fakat bazı durumlarda yüzeysel sular hümik asit, hümatlar, tanin, çürümüş plankton ve akuatik bitkiler gibi doğal renklendirici maddelerle ya da insan üretimine dayanan boyar maddeler gibi çeşitli maddelerle renkli hale gelebilmektedir. Tekstil, kağıt, plastik, deri, gıda ve kozmetik sanayi gibi bir çok

endüstride boyar maddeler kullanılmaktadır. Uygulamadan arta kalan fazla miktardaki boyar madde atıksu içerisinde karışmakta ve oradan da su kaynaklarına ulaşmaktadır. Sucul çevre içerisinde bulunan boyar maddelerin,

1) Boyar madde üreticileri,

2) Boyar madde kullanıcıları (tekstil, kağıt endüstrisi v.b.),

3) Üretilen üründen sızan evsel kökenli deşarjlar olmak üzere başlıca üç kaynağı bulunmaktadır (Holme, 1984).

Boyar maddelerin yoğun olarak kullanıldığı tekstil boyama prosesleri çevresel problemlere neden olup gelişmiş ülkelerde suların boyar maddelerle kirletilmesi oldukça önemli bir problemdir (Georgiou vd., 2002).

Yüksek boyar madde içerikli atıksular sucul ortama deşarj edildiğinde oksijen alma kapasitesi azalır ve güneş ışığının engellenmesiyle sucul ortamdaki biyolojik aktivite bozulur (Pala, 2000).

Tekstil endüstrilerinin atıksularından çevreye atılan boyar madde esaslı kirliliğin % 36' sı reaktif, % 25' i asit ve % 15' i direkt boyar maddelerden kaynaklanmakta ve çoğunluğu azo sınıfı boyar maddelerdendir (Easton, 1995). Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar maddelerin liflere tutunma derecesi ve atıksuya salınan kayıp miktar değerleri Tablo 1.1. 'de gösterilmiştir.

Tablo1.1. Farklı boyar madde/lif birleşiminin tutunma derecesi (Easton, 1995).

Boyama Sınıfı	Lif	Tutunma Derecesi (%)	Atıksuda Kalan Boyar madde Miktarı (%)
Asit	Poliamid	80-95	5-20
Temel	Akrilik	95-100	0-5
Direkt	Selüloz	70-95	5-30
Dispers	Poliyester	90-100	0-10
Metal Kompleks	Yün	90-98	2-10
Reaktif	Selüloz	50-90	10-50
Sülfür	Selüloz	60-90	10-40
Vat	Selüloz	80-95	5-20

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

Tekstil endüstrisinde 100.000' den fazla ticari sentetik boya maddesi kullanılmakta olup yıllık 7×10^5 tonun üzerinde üretilmekte (Zollinger, 1987; Robinson vd., 2001; Campos vd., 2001) ve bunların yaklaşık % 10'u atıksu olarak alıcı ortama deşarj edildiği (Vaidya ve Datye, 1982) göz önüne alındığında boyar madde içeren atıksuların arıtımının şart olduğu anlaşılmaktadır.

Boyama, diğer tekstil prosesleri olan hazırlama, yıkama ve aprelemeye nazaran oldukça fazla miktarda su ve kimyasal madde tüketen bir prosestir. Boyama işleminden gelen atıksuların içerisinde önemli miktarda boya-banyo kalıntıları ve boyar maddeler bulunmaktadır (Grau, 1991).

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

1.4. Boyar Maddeler İle İlgili Genel Bilgi:

Cisimlerin yüzeyinin ya dış tesirlerinden korunması ya da güzel bir görünüm sağlanması için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere *boya* denir (Seventekin, 1988). Cisimlerin (kumaş, elyaf, vb.) kendilerini renkli hale getirmede uygulanan maddelere ise *boyar madde* denir. Bütün boyar maddeler organik bileşiklerdir. Boyanacak cisimler boyar madde ile devamlı ve dayanıklı bir şekilde birleşerek materyalin yüzeyini yapı bakımından değiştirirler. Genellikle boyar madde, materyalin yüzeyi ile kimyasal veya fizikokimyasal bir ilişkiye girerek birleşmiştir (Başer ve İnanıcı, 1990).

Boyar maddelerin kullanımı, tarih öncesi çağlara kadar gider. Bilinen en eski boyar madde olan indigo, eski Mısırlılar tarafından mumya elbiselerinin boyanmasında kullanılmıştır (Van der Zee, 2002).

Boyar maddeler doğal kökenli olanların yanında büyük çoğunlukla sentetiktir. Doğal boyar maddeler genellikle hayvanların deri ve salgı bezlerinden, bitkilerin kök, kabuk, tohum, meyve gibi kısımlarından ve maya bakterileri gibi mikroorganizmalardan basit

kimyasal işlemler sonucu elde edilirler. Sentetik olan boyar maddeler ise kimyasal reaksiyonlar ile elde edilirler (Başer ve İnanıcı, 1990).

19. yy.' den önce doğal kökenli boyar maddelerin elde edilmesi zor ve pahalı olup ancak zengin kimseler tarafından kullanılabilirdi. Örneğin mor renk elde edilmesi için kullanılan Purpura adlı deniz kabuklusunun 8000 kadarından 1 gram boyar madde çıkartılabiliyordu. Bu durum 19. yy. başında anilin esaslı boyarmaddelerin sentetik olarak elde edilmesiyle değişti (Özbel, 1949; Ölmez, 2003).

1856 yılında İngiliz kimyager William Henry Perkin, kinin sentezlemek için uğraşırken anilin mor veya leylak rengi olarak bilinen boya özelliklerine sahip mavimsi madde elde etmiş ve bu maddeye *Muavein* ismini vermiştir. Perkin buluşuna patent aldıktan sonra üretim hattı kurarak sentetik boyar madde üretimine başlamıştır. Benzenin moleküler yapısının Kekula tarafından keşfedilmesi ile 1865' de proseslerde yeni boyar maddeler ortaya çıkmaya başlamış ve sentetik boyar madde pazarı büyük canlılık kazanmıştır. 20' inci yüzyılın başlarında, sentetik boyar maddeleri, doğal boyar maddelerin neredeyse tamamının yerini almıştır (Welham, 2000).

1.4.1. Boyar Maddelerin Kimyasal Yapısı:

Boyar maddelerin yapılarında, *kromofor* ve *oksokrom* adı verilen iki ana grup vardır; *Kromofor grup*: Görünür bölgedeki ışığı emisyon edebilme yeteneğinden dolayı rengin ortaya çıkmasını sağlayan gruptur. *Oksokrom grup*: Boyar maddenin, kararlı kimyasal bağlar kurarak kumaş veya ipliğe bağlanmasını sağlayan gruptur. Bu kimyasal bağlar, asidik veya bazik gruplar tarafından oluşturulmaktadır. (Fu ve Viraraghavan, 2001; Santos vd., 2007).

1.4.2. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması:

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

Boyar maddelerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması (Başer ve İnanıcı, 1990): Azo boyar maddeler, Nitro ve nitrozo boyar maddeler, Polimetin boyar maddeler, Arilmetin boyar maddeler, Aza annulen boyar maddeler, Karbonil boyar maddeler, Kükürt boyar maddeler.

Boyar maddelerin boyama özelliklerine göre sınıflandırılması (Bozdoğan, 1984); Reaktif boyar maddeler, Küpe boyar maddeleri, Direkt boyar maddeler, Dispers boyar maddeler, Asit boyar maddeler, Bazik boyar maddeler.

Bu boyar madde çeşitleri ve uygulama tipleri göz önünde tutulacak olunursa, en çok kullanılan boyar maddeler % 20-30' luk market payı ile azo-reaktif boyar maddelerdir. Kullanılan bu boyar maddelerin % 15' i uygulamalar sonrasında alıcı ortamlara deşarj edilmektedir (Carliell vd., 1995; Phillips, 1996; Swamy,1998).

1.4.2.1. Azo Boyar Maddeler:

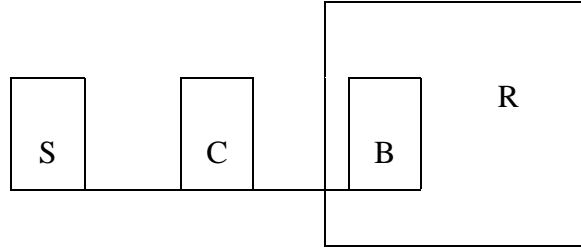
Organik boyar maddelerin en önemli sınıfını oluşturan azo boyar maddelerinin sayısı, diğer bütün boyar maddelerin toplamına eşittir (Başer ve İnanıcı, 1990). Suda yüksek çözünürlükleri ve düşük degrabiliteleri nedeniyle en problemlili bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Young ve Yu, 1997).

Doğal boyar maddelerin hiçbirinde azo grubuyla karşılaşılmaz. Bu sınıf boyar maddelerin hepsi sentetik olarak elde edilirler. Sentezlerinin sulu çözelti içinde ve basit olarak gerçekleştirilmesi ve başlangıç maddelerinin sınırsız olarak değıştirilebilmesi çok sayıda azo boyar maddesinin elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Başer ve İnanıcı, 1990).

1.4.2.2. Reaktif Boyar maddeler:

Suda çözünen boyar maddeler grubuna girmektedir. Bütün boya sınıfları içinde reaktif boyar maddeler, kumaş ile kovalent bağ oluşturan tek gruptur. Bütün reaktif boyar maddelerde ortak olan özellik hepsinin kromofor taşıyan renkli grup yanında, bir reaktif birde moleküle çözünürlük sağlayan grup içermesidir (Zollinger, 1987).

Bir reaktif boyar maddenin karakteristik yapısı şematik olarak şu şekilde gösterilebilir.



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

S: suda çözülebilen çözünürlük sağlayıcı grup (genellikle $-\text{SO}_3\text{Na}$, SO_3H), C: moleküle renk veren grup, B: köprü bağları. $-\text{NH}-$, $-\text{CO}-$, $-\text{SO}_2-$ gibi gruplardır, R: reaktif grup.

Reaktif boyar maddeler tekstil boyar maddeleri içinde özellikle pamukların boyanmasında önemli bir yer tutarlar (Zollinger, 1991). Dünya çapında pamuk kullanımının artmasının bir sonucu olarak reaktif azo boyaların kullanımı da artmıştır. Azo reaktif boyar maddeler en fazla renk ve yapı çeşitliliğine sahip olan sentetik boyar madde grubudur (Sumathi ve Manju, 2000). Günümüzde tekstil ürünleri, deri, plastikler, kozmetik ürünleri ve gıda maddeleri gibi çeşitli materyalleri boyamak amacıyla kullanılan 2000 kadar farklı azo reaktif boyar madde bulunmaktadır (Zollinger, 1991).

Reaktif boyar maddeler selülozik elyafın boya ve baskısında kullanılan çok önemli bir boyar madde grubudur. Ayrıca çok fazla olmamakla birlikte yün, ipek, naylon ve deri boyamada da kullanılır. Piyasadaki reaktif boyar maddeler verim, çözeltideki stabilite, özel şartlar altında boyar madde/elyaf bağının dayanıklılığı bakımından çok farklıdır (Bozdoğan, 1984).

1.5. Boyar Madde İçeren Atıksuların Çevresel Riski:

Tekstil endüstrileri, yaş dokuma prosesleri için çok büyük miktarlarda su ve kimyasal tüketmektedirler. Gerek boyamada gerekse diğer işlemlerde kullanılan bu organik ve inorganik formdaki bileşiklerin çeşitliliğine bağlı olarak, ortaya çıkan atıksuların özellikleri de farklı olmaktadır. Alıcı ortamlara deşarj edilen boyar maddeli atıksular 1. Estetik kirlilik (görüntü kirliliği), 2. Sucul ortamda su yüzeyini bir film tabakası gibi kapatarak oksijenlenmenin engellenmesi, 3. Sucul ortamlarda ışık geçirgenliğini azaltarak, ekosistemin birincil üreticileri olan bitkilerin gelişimini baskılama

(Banat vd., 1996; Kocaer ve Alkan, 2002), 4. Ortamda yaşayan canlılar üzerinde toksik etkilere sahip olma gibi olumsuz sonuçlar ortaya çıkabilmektedir (Ramchandani vd., 1994; Hu ve Wu, 2001).

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

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

Memeli hayvanlarda azo boyar maddesinin indirgenmesi, bağırsaktaki bazı bakteriler ve karaciğerdeki enzimler tarafından gerçekleştirilmektedir. İndirgenme sonucu ortaya çıkan aromatik yapıdaki moleküller canlıya toksik etkide bulunmaktadır (Raffi vd., 1995).

Boya - mikroorganizma kompleksi yüksek organizasyonlu canlılar tarafından sindirilebilir ve böylece besin zincirine girer. Bu sucul canlıların insanlar tarafından besin maddesi olarak tüketilmesi sonucunda boyar maddeler insanların vücuduna girmiş olur (Chung ve Stevens, 1992).

1.6. Boyar Madde Gideriminde Kullanılan Metodlar:

Boyar madde içeren atıksulardan renk giderimi için kullanılan kesin bir metot yoktur. Atıksuyun çeşidine göre kullanılacak yöntem değişmektedir (Robinson vd., 2001).

Atıksulardan boyar maddelerin giderimi için kullanılan teknikler, fiziko-kimyasal ve biyolojik teknikler olarak değerlendirilebilir (Cooper, 1993; Southern, 1995; Vandevivere vd., 1998; Hao ve Chang, 2000; Robinson vd., 2001).

Parlak renkli olan ve suda çözünebilen reaktif ve asit boyar maddeler konvensiyonel arıtma sistemlerinden etkilenmeden çıktıkları için çevresel açıdan en sorunlu boyalar olarak kabul edilirler. Bu boyar maddelerin belediye arıtma sistemlerindeki aerobik giderimin yetersiz kaldığı bilinmektedir (Correia vd., 1994).

Çoğu fiziko - kimyasal boyar madde giderim tekniğinin pahalı olması, kullanım alanlarının sınırlı olması ve tekrar arıtılması gereken atıklar oluşturması sebebi ile dezavantajlıdır. Bunlara alternatif olarak, atıksulardan boyar madde giderimi için nispeten ucuz bir yöntem olan biyolojik arıtma yöntemi tercih edilebilir (Van der Zee ve

Villaverde, 2005). Endüstriyel atıksulardan boyar madde gideriminde kullanılan mevcut metotların avantajları ve dezavantajları Tablo1.2.' de verilmiştir.

Tablo 1.2. Endüstriyel atık sularından boyar madde gideriminde mevcut bazı metotların avantajları ve dezavantajları (Robinson vd., 2001).

Fizksel/Kimyasal Metot	Avantajları	Dezavantajları
Ozonlama	Uygulanan gaz değerinde değişme olmaz, Hacimde artış olmaz, Su geri kazanılır.	Yarılanma ömrü 20 dakikadır (Pahalı)
Elektrokimyasal Parçalanma	Bozulma bileşikleri tehlikesizdir.	Elektrik masrafı yüksektir
Aktif Karbon	Boyar maddelerin çoğunluğunda giderim iyidir. Su geri kazanılır.	Çok pahalıdır
Odun Kırıntısı	Asit boyalar için sorpsiyon kapasitesi iyidir	Alıkonma süresi yüksektir
Silikajel	Temel boyar maddeler için etkilidir	Yan reaksiyonlar ticari uygulamasını engeller
Membran Filtrasyon	Bütün boyar madde tiplerini giderir. Su ve Kimyasal madde geri Kazanımı	Çamur üretimi çok yoğundur.Pahalıdır.
İyon Değişimi	Rejenerasyonda adsorban kaybı yoktur	Tüm boyalarda sonuç vermez. Pahalı
İşnlama	Laboratuar ölçekli oksidasyonda etkilidir	Çözünmüş O ₂ gereklidir
Aktif Çamur	Yaygın Kullanım.	Yüksek kalıcı KOİ, N, renk ve yüzey aktif maddeler

1.6.1. Fizikokimyasal Yöntemler:

Boyar madde gideriminde kullanılan fizikokimyasal metotlar;

Adsorbsiyon: Adsorbsiyon renk giderimi açısından oldukça etkin bir metottur. En yaygın kullanılan adsorban madde aktif karbondur. Ancak ilk yatırım maliyeti yüksek olan adsorbsiyon prosesinde, adsorbanın periyodik olarak yenilenmesi gerekmektedir. Bu da prosesin işletme maliyetinin yükselmesine sebep olmaktadır (Kocaer ve Alkan, 2002; Sevimli, 2000). Renk gideriminde doğal kil, mısır koçanı ve pirinç kabuğu gibi maddeler de kullanılabilir. Bu maddeler rejenerasyon gerektirmeyecek kadar ucuzdur (Robinson vd., 2001).

İyon Değişimi: Boyar madde içeren atıksuların arıtılmasında iyon değiştiricilerin kullanılması henüz yeterince yaygın değildir. Bunun ana nedeni, iyon değiştiricilerle arıtılarak olumlu sonuç alınan boyar madde sınıfının kısıtlı olduğu düşüncesidir. Yöntemde, atıksu, mevcut değişim bölgeleri doygunluğa erişene kadar iyon değiştirici reçineler üzerinden geçer. Yöntemin avantajları, rejenerasyonla adsorban kaybının bulunmaması, çözücünün kullanıldıktan sonra iyileştirilebilmesi ve çözünebilir boyaların etkin şekilde giderilebilmesidir. En büyük dezavantaj ise yöntemin maliyetidir. Organik çözücüler oldukça pahalıdır (Robinson vd., 2001).

Membran Filtrasyon: Bu yöntem, boyar maddenin sürekli olarak arıtılması, konsantre edilmesi ve en önemlisi atıksudan 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). Membran Filtrasyon teknolojileri, ayırmadan sonra kalan konsantre atığın bertaraf problemlerine neden olması, sermaye giderlerinin yüksek olması, membranın tıkanma olasılığı ve yenilenme gerekliliği gibi dezavantajlara da sahiptir (Robinson vd., 2001).

Flotasyon: Bu metodun esası atıksudan ayrılması istenen boyar maddelerin tutunabilecekleri köpükleri oluşturmaktır. Bu metotla % 90' lara varan bir renk giderimi ve % 40 civarında KOİ giderimi sağlanabilmektedir (Vandevivere vd., 1998).

Ozonifikasyon (Ozonlama): Ozonlama ile suda çözünmeyen dispers boyar maddeler dışındaki bütün boyar maddelerin rengi giderilebilir. Fakat ham tekstil atıksuyunda ozonlama yeterince verimli olmadığından dolayı son uygulama olarak veya en azından kimyasal koagülasyonu takiben kullanımı daha verimli olur. Çıkış sularının ozonlandıktan sonra tekrar kullanılabilmesi arıtım tesisi için kimyasal madde ve su tasarrufu sağlamaktadır (Perkins vd., 1995).

Elektrokimyasal Yöntem: Boyar madde gideriminde etkili bir şekilde kullanılabilirliği açısından elektrokimyasal yöntem bazı önemli avantajlara sahiptir. Kimyasal madde tüketimi çok azdır veya yoktur ve çamur oluşumu söz konusu değildir. Oldukça etkili ve ekonomik bir boyar madde giderimi sağlar, renk gideriminde ve dirençli kirleticilerin parçalanmasında yüksek verim gösterir. Organik bileşiklerin elektrokimyasal yöntemlerle arıtımında söz konusu bileşikler anot üzerinde su ve karbondioksit okside olmaktadır. Yöntemin en büyük

dezavantajı tehlikeli bileşiklerin oluşma olasılığıdır. Kullanılan elektrik maliyeti diğer yöntemlerdeki kimyasal madde giderleriyle kıyaslanabilir niteliktedir (Naumczyk vd., 1996)

Fotokimyasal Yöntem: Bu yöntem, boyar madde moleküllerinin hidrojen peroksit varlığında UV radyasyonu ile CO₂ ve H₂O' a dönüşmesidir. 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. Boyar madde içeren atıksuların fotokimyasal yöntemlerle arıtılmasının en önemli avantajı atık çamur oluşmaması ve kötü kokulara neden olan organiklerin önemli derecede azaltılmasıdır (Slokar ve Marechal, 1998; Kocaer ve Alkan, 2002).

Kimyasal Çöktürme (Koagülasyon) ve Kimyasal Floklaştırma: Bu yöntemde floklaşma ve çökeltme kimyasal maddeler yardımıyla sağlanır. Atıksuya katılan kimyasal maddeler yardımıyla meydana gelen floklaşma ile çözünmüş maddeler ve kolloidler giderilirler (EPA, 1979).

Oksidasyon: Oksidasyon kimyasal yöntemler içinde en yaygın olarak kullanılan renk giderme yöntemidir. Bunun en büyük nedeni uygulanmasının basit oluşudur. Kimyasal oksidasyon sonucu boyar madde molekülündeki aromatik halka kırılarak atıksudan uzaklaştırılır. Oksidasyon Proseslerinin tüm boyar madde tiplerinde kullanılması mümkündür (Alp vd., 2000; Huang ve ark, 1993).

Fenton Reaktifi (-H₂O₂-Fe⁺² Tuzu): Arıtımın temelini oksidasyon işlemi ve boyar madde moleküllerinin kimyasal koagülasyona tabi tutulması oluşturmaktadır. (Eckenfelder, 1989). Fenton ayırıcı, biyolojik arıtmayı inhibe edici ya da toksik atıksuların oksidasyonu için çok uygundur. Fenton ayırıcı ile yapılan arıtım ön oksidasyon ve koagülasyon olmak üzere iki adımda gerçekleşir. Yapılan bir çalışmada fenton ayırıcıyla yapılan ön oksidasyon prosesinde renk giderim hızının KOİ giderim hızına göre daha yüksek olduğu ve renk ile KOİ gideriminin büyük bir kısmının ön oksidasyon basamağında gerçekleştiği belirlenmiştir (Kang ve Chang, 1997).

1.6.2. Biyolojik Yöntemler:

Atıksulardaki boyar maddeleri gidermek amacıyla kullanılan biyolojik ajanları şu şekilde sıralayabiliriz; beyaz çürükçül funguslar, aerobik bakteriler, anaerobik bakteriler, canlı veya ölü mikrobiyal kütle (Apohan, 2001). Boyar madde gideriminde kullanılan

biyolojik yöntemleri; aktif çamur, aerobik yöntem, anaerobik yöntem olarak sıralayabiliriz. Ancak bu yöntemler genellikle beraberce ardışık olarak kullanılmaktadır.

Atıksu arıtımı sonucu ortaya çıkan sıvı ya da yarı katı halde kokulu atıklar “arıtma çamuru” olarak adlandırılır. Çamurun sadece küçük bir kısmı katı madde, önemli bir kısmı ise su olduğu için arıtma çamurları büyük hacimler işgal eder. Arıtma çamurları uygulanan arıtma tekniğine bağlı olarak ağırlıkça % 0,5 ile % 12 arasında katı madde içerir (Spinosa ve Vesilind, 2001). Anaerobik giderimde, tekstil boyar maddelerin sadece azo grubundakiler giderilir ve ortamda toksik olan aromatik aminlerin birikmesine neden olur. Aromatik aminler genellikle anaerobik şartlar altında giderilemez (Field vd., 1995). Aerobik bakteri tarafından aromatik aminlerin mineralizasyonu ve arıtma tesislerinde aerobik çamur çok yaygındır, biriktirilen aromatik giderimde aerobik şartlar tercih edilir (Zissi ve Lyberatos, 1996; Ekici vd., 2001). Bu nedenle, boyar madde içerikli tekstil endüstrisi atıksularının arıtımında ardışık anaerobik ve aerobik şartlar içeren arıtma prosesleri tercih edilir (Field vd., 1995; Knackmuss, 1996).

Sulu ortamlardaki ve/veya atıksulardaki kirletici ajanların uzaklaştırılması işleminde Basidiomycetes sınıfından beyaz-çürükçül odun mantarları olarak bilinen fungusların, atıksulardaki inorganik veya organik kirlilikleri parçaladıkları ve bu atıkları mikroorganizmaların bünyelerinde biriktirdiği rapor edilmiştir (Aksu, 2005). Bu biyolojik parçalanma işleminde kompleks lignolitik enzimatik sistemler organik molekülleri veya bileşikleri biyolojik yolla parçalamaktadırlar (Kapdan vd., 2000; Robles vd., 2000; Sağlam vd., 1999).

Tekstil endüstrisinde kullanılan birçok boyar madde bileşikleri ya biyolojik olarak çok zor indirgenebilmekte ya da hiç bozunmamaktadır. Atıksuda bazik, direkt ve bazı azo boyar madde atıkları varsa, mikroorganizmalar bunları biyolojik olarak indirgeyememekte, ancak bir kısmını adsorbe ederek ortamdan uzaklaştırmaktadır (Bhattacharya, 1992).

Boyar madde içeren atıksuların arıtımı için genellikle biyolojik arıtma sistemlerinden uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesleri kullanılmaktadır. Fakat alışlagelmiş biyolojik arıtma sistemleri istenilen ölçüde renk gideriminde başarılı olamamaktadır (Dean ve Sarıoğlu, 1998). Ancak boyar maddeleri parçalayabilen aerobik ve anaerobik bakteri türlerinin izole edilmesiyle biyolojik yöntemler tekrar önem kazanmaktadır. Özellikle beyaz çürükçül funguslarla yapılan renk giderimi çalışmalarından yüksek renk giderim verimleri elde edilmektedir (Kapdan ve Kargı, 2000).

Odunsu bitkilerde bulunan, yapısal polimer lignini parçalayabilen ve ksenobiyotik maddelerin parçalanması amaçlı çalışmalarda en yaygın olarak kullanılan beyaz çürükçül mantar *Phanerochaete chrysosporium*'un, lignin peroksidaz ve mangan peroksidaz gibi enzimleri kullanarak boyar maddeleri parçalayabildiği bilinmektedir (Robinson vd., 2001).

1.7. Beyaz Çürükçül Funguslar:

Beyaz çürükçül funguslar, Basidiomycetes sınıfına dahil olup, yüksek hücre dışı enzim sentezleme yeteneğine sahiptirler. Beyaz çürükçül funguslar doğada karbon döngüsünde önemli bir rol oynadıkları bilinmektedir. Bu funguslar, odunun bileşenlerini parçalar ve odunda beyaz renkli bir kalıntı oluşmasına neden olurlar (Wesenberg vd., 2003). Doğal şartlar altında ölü yada canlı odun üzerinde lignini etkin bir şekilde yıktığı ifade edilen canlıların sadece beyaz çürükçül funguslar olduğu pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Eriksson vd., 1990; Eaton ve Hale, 1993; Kirk ve Cullen, 1998). Beyaz çürükçül fungusların, odunda bulunan protein ve karbonhidratlardaki azot ve karbon kaynaklarına daha kolay erişebilmek için lignini yıktıkları ifade edilmiştir. Beyaz çürükçül funguslar odunun lignin bileşenlerine saldırırlar, selüloz ve hemiselüloz üzerinde çok az etkiye sahiptirler ve onları artık olarak bırakırlar. Selülozdan ziyade lignini yıkan beyaz çürükçül funguslar seçici yıkıcı olarak adlandırılırlar. Seçici lignin yıkıcılarına karşı olan ilginin temel sebebi özellikle biyoteknolojik kullanım alanlarından dolayıdır (Hatakka, 2001; Hofrichter, 2002; Hadar vd., 1993).

Beyaz çürükçül fungusların sentezledikleri lakkaz, Mn-peroksidaz, lignin peroksidaz ekstrasellüler enzimleri biyoteknolojik çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Boyar madde giderimi başta olmak üzere pek çok biyoteknolojik çalışmalarda kullanılan bu mantarlara *Trametes (Cariolus) versicolor*, *Funalia trogii*, *Phanerochaete chrysosporium*, *P. ostreatus*, *P. sajor-caju* ve *P. eryngii*' yi örnek olarak verebiliriz. İlk çalışmalarda *P. chrysosporium* üzerine yoğunlaşılmasına rağmen, son zamanlarda *T. versicolor*, *P. eryngii* ve *Clitocybula dusenii* tekstil atıksularının renk gideriminde çok geniş kullanım alanı bulmaktadır (Wesenberg vd., 2002; Chagas ve Durrant, 2001; Aretxaga vd., 2001).

1.8. *Pleuretous eryngii* İle İlgili Genel Bilgi (Gücin, 1983):

1.8.1. Morfolojik Özellikleri:

Şapka, 8-15 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. Kenarları akut, sonra törpülenmiş gibi dişli bir şekil alır.

Sap; 4-6x1-3 cm genellikle şapkaya eksantrik olarak, bazen iyice sentral olarak bağlanır, içi dolu, sıkı, elastiki, fibrilimsi, beyazımtrak, nihayette gri renk alır. Dip kısmındaki miseller keçe gibi birbirine girmiş ve koyu kahverengidir.

Eti; kalın, kurtlanmaz ve uzunca zaman dayanır, sıkı, sert, tatlı ve kokusu önemsizdir.

1.8.2. Sporları:

11-12,5x5,25-6,25 mikron, oblong-eliptik, çok damlalı, granüllü, renksiz, çeperi düzgün.

1.8.3. Ekolojileri:

İlkbahar aylarından yaz ortasına kadar yüksek yerlerde dağlık alanlarda ve onların eteklerindeki düzlüklerde, kurak sahalarda, küçük çayırıklarda, kayalık ve taşlık olan yerlerde canlı veya ölü ağaç gövdelerinde görülürler.

1.8.4. Diğer Özellikleri:

Yenilebilir olması nedeniyle, Tunceli ve Elazığ yöresinde bilhassa çobanlar ve yöre halkı tarafından çok aranan ve sevilen bir türdür. Çoğunlukla dağlık bölgelerde rastlanan bu mantar türü güneş ışıklarını yansıtarak parlaması ve taşlar arasında cam kırığı gibi pırıltı yapmasıyla çok uzaktan yerini belli eder.

1.9. Beyaz Çürükçül Fungusların Lignolitik Enzim Sistemleri:

Lignin yıkımının, lignolitik enzimlerin birlikte hareketiyle gerçekleştirildiği düşünülmektedir. Lignin yıkımına katılan ana ekstraselüler enzimler; bakır içeren lakkaz (benzenediol:oksijen oksidoredüktaz, E.C 1.10.3.2), hem gurubu içeren lignin peroksidaz (Ligninaz, Lip, E.C 1.11.1.14) ve mangan peroksidaz (MnP, E.C 1.11.1.13) dir (Hatakka, 2001).

Lignin yıkan enzimler, ligninin aromatik yapıları üzerinde farklı oksidatif reaksiyonlara katılan, substrat spesifitesi geniş olan enzimler olarak bilinmektedirler. Yıkım sonrası oluşan düşük moleküler ağırlıklı bileşikler, daha ileriki hücre solunuma katılmaları için hücre içerisine kolayca taşınabilmektedir (Eriksson vd., 1990; Orth ve Tien, 1995; Kuhad vd, 1997).

Lakkaz (Benzenediol: Oksijen Oksidoredüktaz) (E.C 1.10.3.2): Lakkaz, ilk olarak 1880' li yıllarda Lacquer ağacında keşfedilmiştir (Yoshida, 1883; Thurston, 1994; Mayer ve Staples, 2002). Lakkaz, beyaz çürükçül funguslarda en çok oluşan oksidoredüktazdır.

Lakkaz, oksidatif enzimlerin bir grubu olup, son yıllarda, büyük oranda parçalanmayan çevresel kirliliklerin yanı sıra hem fenolik hem de fenolik olmayan lignin esaslı bileşenleri yükseltgeyebilme yetenekleri nedeniyle oldukça ilgi çekmekte ve bu avantajları sayesinde pek çok biyoteknolojik proses uygulamasında kullanılabilirler. Lakkaz molekülü, üç redoks bölgesinde dağılmış monomer başına genellikle dört bakır atomu içeren dimerik veya tetramerik glikoproteindir (Eggert vd., 1996). En verimli ham lakkaz *Trametes versicolor*' dan elde edilir (Bourbannis vd., 1997). Lakkazın etkinliği optimum 30 - 60 °C' dir (Gianfreda vd., 1999).

Mangan Peroksidaz (MnP) (E.C 1.11.1.13): Hemen hemen tüm beyaz çürükçül funguslar tarafından en yaygın üretilen ligninolitik peroksidaz, mangan peroksidazdır (Hatakka, 1994; Hatakka, 2001; Steffen vd., 2000). MnP ilk kez *Phanerochaete chrysosporium*' da keşfedilmiştir (Kuwahara vd., 1984). Mangan peroksidazın üretimi çoğu basidiomycetes sınıfı funguslarda görülürken hiç bir bakteri, maya ve küfte şimdiye kadar üretilmediği tespit edilmemiştir (Paszczynski vd., 1985).

Mangan peroksidaz, peroksidazlar arasında indirgen substratı ile kompleks oluşturması için Mn^{2+} tercih eden tek enzimdir (Kuan vd., 1993; Kuan ve Tien, 1993). Mangan peroksidaz (MnP), tekstil boyar maddelerini, nitroaminotoluen gibi yıkımı güç ksenobiyotikler ile doğal substratı olan lignini depolimerize ve okside edebilir (Heinfling vd., 1998).

Lignin Peroksidaz (LiP, E.C 1.11.1.14): Lignin Peroksidaz ilk kez *P. chrysosporium*' un azotça sınırlanmış besiyerinde üretilmesi neticesinde bu fungusun ekstraselüler ortamında keşfedilmiştir. (Kirk ve Farrell, 1987). Lignin peroksidaz (LiP), hem grubu içeren bir glikoprotein ve oksidatif lignin depolimerizasyonunu elektron transferiyle gerçekleştirebilen hidrojen peroksit bağımlı oldukça önemli bir enzimdir. LiP ayrıca fenol içermeyen, elektron yönünden zengin aromatik lignin modeli bileşiklerinde oksidasyonunu katalizleyebilmektedir (Schoemaker ve Leisola, 1990; Kersten vd., 1985).

1.10. Beyaz Çürükçül Fungusların Kullanım Alanları:

Beyaz çürükçül fungusların kullanıldığı biyoteknolojik çalışmalara pek çok örnek vermek mümkündür. Bunlar arasında;

1. Boyar maddelerin ve tekstil fabrikası atıksularının renginin gideriminde kullanımı (Nyanhongo vd., 2002; Swamy ve Ramsay, 1999).
2. Enzim üretiminde kullanımı (Rogalski vd., 1991).
3. Ağır metallerin adsorpsiyonunda kullanımı (Dhawale vd., 1996; Gabriel vd., 1996).
4. Kağıt ve kağıt hamuru üreten endüstrilerde ligninin parçalanmasında kullanımı (Kuhad vd., 1997).
5. Zeytinyağı fabrikası atıksuyunun renginin gideriminde kullanımı (Jaouani vd., 2006; Yeşilada ve Bozcuk, 1990).
6. Alkol fabrikası atıksularının arıtımında kullanımı (Kahraman ve Yeşilada, 2001),

7. Mikrobiyal protein kaynağı olarak kullanımı (Cardoso ve Nicoli, 1981).
8. Hormon üretiminde kullanımı (Yeşilada vd., 1990).
9. Pestisid ve herbisidlerin biyolojik yıkımında kullanımı (Duran ve Esposito, 2000).
10. Kağıt, tekstil ve petrokimya endüstrilerinden alıcı ortama bırakılan endüstriyel atıkların toksisitesinin azaltılmasında kullanımı (Couto ve Herrere, 2006).
11. Peyniraltı suyunun değerlendirilmesinde kullanımı (Feijoo vd, 1999).
12. Anti-kanser ilaçlarının üretiminde katalizör olarak kullanımı (Couto ve Herrere, 2006).
13. Kozmetik ve dermatolojik ürünlerin hazırlanmasında kullanımı (Golz-Berner vd., 2004).
14. Nanobiyoteknoloji alanında biosensor olarak kullanımı (Haghighi vd., 2003).

1.11. Beyaz Çürükçül Fungusların Boyar Madde Giderimindeki Önemi:

Boyar madde gideriminde son yıllarda özellikle beyaz çürükçül funguslar büyük ilgi çekmektedir. Beyaz çürükçül funguslar, geleneksel yöntemlerle yıkılamayan, çok zor yıkılan veya yıkılması çok pahalı olan boyar maddelerin de içerisinde olduğu pek çok toksik kirletici maddeyi yıkabilme yeteneği olan canlılardır. Beyaz çürükçül fungusların ölü ve canlı formlarının kullanılması ile yapılan pek çok biyoremediasyon çalışması bulunmaktadır (Yeşilada vd., 2002; Kahraman ve Yeşilada, 2003).

Boyar maddelerin düşük biyodegradasyon hızından dolayı geleneksel arıtma teknikleri etkili bir biçimde kullanılamamaktadır. Beyaz çürükçül funguslar dışındaki biyolojik yöntemlerle parçalanamayan organik kökenli moleküllerin (boyar madde gibi), mikrobiyal biyokütle kullanılarak, biyosorpsiyon işlemi ile atıksulardan uzaklaştırılması mevcut geleneksel tekniklerin yerini tutacak veya destekleyecek alternatif bir yöntem olmaya başlamıştır. Bu teknolojinin kullanımı, biyosorbent materyalinin ve endüstriyel ölçekli üretiminin düşük maliyet gerektirmesi ve boyar maddelerin sulu ortamlardan uzaklaştırılmasında etkin olması gibi bazı önemli avantajlar sağlamaktadır. Tekstil boyar maddeleri yüksek toksisiteleri ve çevrede uzun süre kalıcı olmaları nedeni ile, fenolik maddeler ve pestisitlerden sonra çevreden mutlak olarak uzaklaştırılması gereken kirleticiler arasında yer almaya başlamıştır. Atıksulardaki, toksik etkiye sahip organik bileşiklerin, mikroorganizmalar kullanılarak (funguslar, mayalar, alg, bakteriler vs.) biyosorpsiyon yöntemi ile uzaklaştırılması son yıllarda yoğun bir şekilde araştırılmaktadır

(Fu ve Viraraghavan, 2001). Mikrobiyal biyokütleler boyar madde molekülleri ile etkin adsorpsiyon ilişkisi sağlayabilecek karboksil, hidroksil, sülfat, fosfat ve amino grupları gibi fonksiyonel gruplara sahiptir (Bayramođlu vd., 2005).

Kullanılan mikroorganizmaların fiziksel veya kimyasal işlem görmüş yapılarının, doğal (canlı) biyokütleyle göre doğal su kütlelerinde kirletici ajan olarak bulunan boyar madde moleküllerinin uzaklaştırılması ve renk giderim işleminde daha etkin olabileceği rapor edilmiştir (Gallagher vd., 1997). Endüstriyel uygulamalarda ölü mikrobiyal hücrelerin kullanımı, canlı hücrelere göre, boyar madde molekülü konsantrasyonuna ve elverişsiz işletim durumlarına karşı düşük duyarlılık göstermeleri gibi bazı avantajlar sağlar (Aksu, 2005).

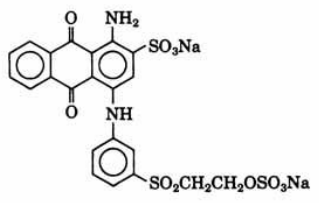
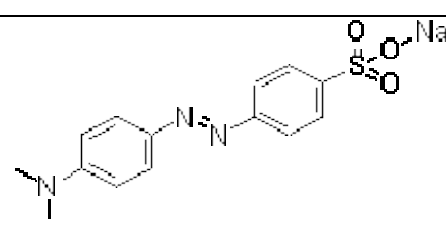
2. MATERYAL ve METOD:

2.1. Materyal:

2.1.1. Çalışmada Kullanılan Boyar Maddeler:

Çalışmamızda, tekstil fabrikalarında çokça kullanılan boyar maddelerden olan Remazol Brilliant Blue R (RBBR) ve Methyl Orange (MO) kullanılmıştır. Remazol Brilliant Blue R boyar maddesi Sigma (Almanya), Methyl Orange boyar maddesi ise Merck (Almanya) firmasından temin edilmiştir. Bu boyar maddelerin özellikleri Tablo 2.1.' de belirtilmiştir.

Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan boyar maddeler ve bazı özellikleri. *Maksimum absorbans dalga boyu

Boyar Maddeler		Abs _{max} (nm)*	Kimyasal Sınıfı
Remazol Brilliant Blue R		595	Antrakinon
Methyl Orange		502	Azo

2.1.2. Çalışmada Kullanılan Besiyerleri:

Çalışmamızda kullanım amacına göre Sabouraud Dextrose Agar (SDA) ve Sabouraud Dextrose Broth (SDB) besiyerleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan besiyerleri Merck (Almanya) firmasından temin edilmiştir.

2.1.3. Çalışmada Kullanılan Fungus:

Çalışmada Tunceli ili Pülümür ilçesinden izole edilen, Basidiomycetes sınıfına dahil beyaz çürükçül fungus *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* kullanılmıştır.

2.1.3.1. *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*' nın Üretimi ve Saklanması:

Tunceli ili Pülümür ilçesinden toplanan fungusların şapka yüzeyleri dezenfekte edilmiştir. Dezenfekte edilen mantar örnekleri, Laminar Flow içerisinde, önceden hazırlanmış olan cam Petri kapları içerisindeki % 2' lik SDA ortamına, şapkanın etli kısmından yaklaşık 2 - 3 mm büyüklüğünde küçük bir parça steril bistüri yardımıyla kesilerek aktarılmıştır. Daha sonra Petrilerin kapakları kapatılarak etiketlenmiş ve ana kültürlerin gelişmesi için 27°C' de inkübasyona bırakılmıştır. Bu şekilde elde edilen ana kültürler düzenli olarak pasajlanmaları yapılmıştır.

2.2. Metod:

2.2.1. *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*' nın Katı Besiyeri Ortamlarının Hazırlanması ve Bu Ortamlarda Renk Gideriminin Tespiti:

Çalışmada kullanılan her iki boyar maddenin (Remazol Brilliant Blue R ve Methyl Orange) 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarını içeren SDA katı besiyeri hazırlanmış, soğumaları beklenmiş ve 90 ml' lik plastik Petri kaplarına 24-27 ml aktarılmıştır. Hazırlanan besi yerlerinin tam merkezine, *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*' ye ait stok kültürden alınan 0,5 mm çapında miselli agar plugları, miselli yüzey besiyeriyle temas edecek şekilde yerleştirilmiştir. Her iki boyar maddenin de farklı 5 konsantrasyonundan üçer örnek hazırlanmıştır. Bu şekilde aşılama işlemleri tamamlanan boyar madde içeren besiyerleri 27 °C' de karanlıkta inkübatöre alınmıştır. Ekim işleminin ardından, miseller katı besiyeri yüzeyini tamamen örtünceye kadar günlük olarak renk değişim ve radyal büyüme oranı izlenmiştir.

2.2.2. *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*' nin Statik Sıvı Besiyeri Ortamlarının Hazırlanması ve Bu Ortamlarda Renk Gideriminin Tespiti:

Pleurotus eryngii var. *ferulae*' nin misel süspansiyonunun statik sıvı besiyerinde renk giderim üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla 250 ml' lik erlenler içerisinde 150' şer mililitre SDB sıvı besiyeri hazırlanmıştır. Daha sonra bu erlenlere her iki boyar madde (Remazol Brilliant Blue R ve Methyl Orange)' den 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarını sağlayacak şekilde eklenmiştir. Hazırlanan her iki boyar maddenin farklı 5 konsantrasyonunu içeren SDB besiyerleri 121 °C' de 1.5 atm basınçta 15 dakika boyunca otoklavda steril edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan sıvı besiyerlerine homojenize edilmiş sıvı stok kültürden 2 ml misel süspansiyonu alınarak steril şartlar altında Laminar Flow içerisinde ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki boyar maddenin de farklı 5 konsantrasyonundan üçer örnek hazırlanmıştır. Misel süspansiyonu eklenen erlenler 27 °C' de inkübasyona bırakılmış (Şekil 2.1.) inkübasyonun 3, 8, 13 ve 18. günlerinde otomatik pipet yardımıyla aseptik koşullarda laminar flow içerisinde 4 er ml alınarak renk giderimi analizleri spektrofotometrik (UV-1800 SHIMADZU) olarak boyar maddenin maksimum absorbans gösterdiği Tablo 2.1.' de belirtilen dalga boyundaki absorbans azalışıyla saptanmıştır (Şekil 2.2.). (Rodriguez ve ark., 1999). Renk giderimi (%) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Renk giderimi (%) = $(A_b - A_a)/A_b \times 100$, A_b ; fungus bulundurmeyen kontrol grubunun absorbans değeri ve A_a ; uygulama sonrası elde edilen absorbans değeri (3, 8, 13 ve 18. günler).



Şekil 2.1. Etüv içerisinde RBBR ve MO boyar maddeleri içeren statik sıvı besiyerleri ve kontrol grupları



Şekil 2.2. Spektrofotometrede analiz edilmek için hazırlanmış uygulama ve kontrol grupları

2.2.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizi (KOİ):

Renk gideriminin basit bir kimyasal bağın tahrip olması sebebiyle sadece renk değişikliği ve/veya renksizleşme şeklinde mi gerçekleştiği, yahut da boyar maddenin mantar tarafından metabolize edilerek, akümüle edilerek veya adsorbe edilerek ortamdan elimine edilip edilmediğinin araştırılması amacıyla KOİ analizi yapılmıştır. Her iki boyar maddenin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonu içeren kontrol gruplarından ve misel plugları eklenmiş statik sıvı kültür örneklerinden (ekim işleminin 18. gününde süzülükten sonra) 1ml alındı ve uygun KOİ kit'lerine eklenerek HACH marka DRB 200 termoreaktör'ünde 150 °C' de 120 dakika bekletildikten sonra HACH marka DR /890 (Colorimeter)'da okutularak KOİ analizi yapılmıştır.

2.2.4. Kuru Misel Ağırlığının Ölçülmesi:

Çalışmamızda kullandığımız her iki boyar maddenin de toksik karakterli oluşları ve misel gelişimleri üzerine etkilerinin araştırılması amacıyla kuru misel ağırlıkları ölçülmüştür. *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*'nin misel süspansiyonunun kuru misel ağırlığının ölçülmesi amacıyla 250 ml'lik erlenler içerisinde 150'şer mililitre SDB sıvı besiyeri hazırlanmıştır. Daha sonra kontrol grubu olarak kullanacağımız erlenler hariç diğer erlenlere her iki boyar madde (Remazol Brilliant Blue R ve Methyl Orange)'den 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarını sağlayacak şekilde eklenmiştir. Hazırlanan her iki boyar maddenin farklı 5 konsantrasyonunu içeren SDB besiyerleri 121 °C' de 1.5 atm basınçta 15 dakika boyunca otoklavda steril edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan sıvı besiyerlerine homojenize edilmiş sıvı stok kültürden 2 ml misel süspansiyonu alınarak steril şartlar altında Laminar Flow içerisinde ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki boyar maddenin de farklı 5 konsantrasyonundan üçer örnek hazırlanmıştır. Misel süspansiyonu eklenen erlenler 27 °C' de etüv' de inkübasyona bırakılmış ve inkübasyonun 18. gününde erlen içeriği filtre kağıdıyla süzümüştür. Kontrol grubu olarak hazırladığımız, boyar madde içermeyen erlenlerde aynı şekilde 18 gün boyunca inkübasyona bırakılmış ve süzümüştür. Filtre kağıtları üzerlerinde misellerle beraber 50 °C' de 5 gün boyunca kurutma fırınında bekletilmiştir. Kurutma fırını içerisine tartma işleminde darasını alacağımız boş filtre kağıtları da konulmuştur. 5. Gün sonunda kuru misel ağırlıkları tespit edilmiştir.

3. BULGULAR:

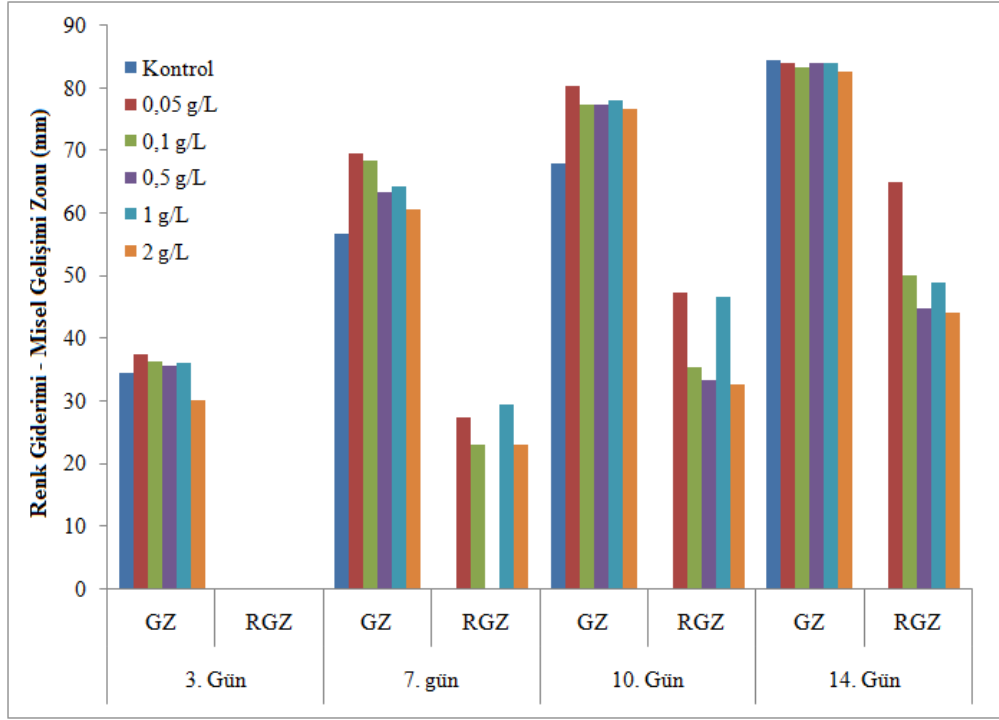
3.1. Katı Besiyerinde Gözlemlenen Renk Giderimi:

3.1.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz renk giderim sonuçları Tablo 3.1. ve Şekil 3.1.' de gösterilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre en düşük konsantrasyon olan 0,05 g/L' de hem gelişim zonunun hem de renk giderim zonunun en yüksek olduğu görülmüştür. 3. günde yapılan ölçümlerde herhangi bir renk giderimi saptanmamıştır. 7. günde 0,05 g/L' de 69,66 mm gelişim zonu, 27,33 mm renk giderim zonu ölçülmüştür. Yine 7. günde 0,5 g/L' de 63,33 mm gelişim zonu ölçülmüş ama renk giderim zonu gözlenmemiştir. 10. günde 0,05 g/L' de 80,33 mm gelişim zonu, 47,33 mm renk giderim zonu ölçülmüştür. 14. günde 0,05 g/L' de 84,00 mm gelişim zonu, 65,00 mm renk giderim zonu ölçülmüş olup en yüksek değerler bu konsantrasyonda ölçülmüştür. RBBR' nin tüm konsantrasyonlarında misel gelişimi olmuş ancak 1 ve 2 g/L' de diğer konsantrasyonlara göre misel gelişimi baskılanmıştır.

Tablo 3.1. RBBR içeren katı besiyerinde renk giderimi ve misel gelişimi

3. GÜN			
Konsantrasyon (g/L)	Gelişim Zonu(mm)	Renk Giderim Zonu	Misel Yoğunluğu
0,05	37,33±2,51	–	+++
0,1	36,33±3,05	–	+++
0,5	35,66±1,52	–	+++
1	36,00±0,00	–	+++
2	30,00±2,00	–	++
Kontrol	34,50±3,10		+++
7. GÜN			
	Gelişim Zonu(mm)	Renk Giderim Zonu(mm)	Misel Yoğunluğu
0,05	69,66±4,50	27,33±9,07	+++
0,1	68,33±2,08	23,00±6,08	+++
0,5	63,33±5,50	–	+++
1	64,33±2,88	29,50±2,12	+++
2	60,66±3,78	23,00±0,00	++
Kontrol	56,75±5,50		+++
10. GÜN			
	Gelişim Zonu (mm)	Renk Giderim Zonu (mm)	Misel Yoğunluğu
0,05	80,33±2,08	47,33±1,70	+++
0,1	77,33±2,51	35,33±9,60	+++
0,5	77,33±2,51	33,33±6,80	+++
1	78,00±1,00	46,50±4,94	++
2	76,66±2,30	32,50±4,94	++
Kontrol	68,00±7,61		+++
14. GÜN			
	Gelişim Zonu (mm)	Renk Giderim Zonu (mm)	Misel Yoğunluğu
0,05	84,00±0,00	65,00±0,00	+++
0,1	83,33±1,15	50,00±2,00	+++
0,5	84,00±0,00	44,66±4,50	+++
1	84,00±0,00	49,00±1,14	++
2	82,66±0,57	44,00±0,00	+
Kontrol	84,50±0,57		+++



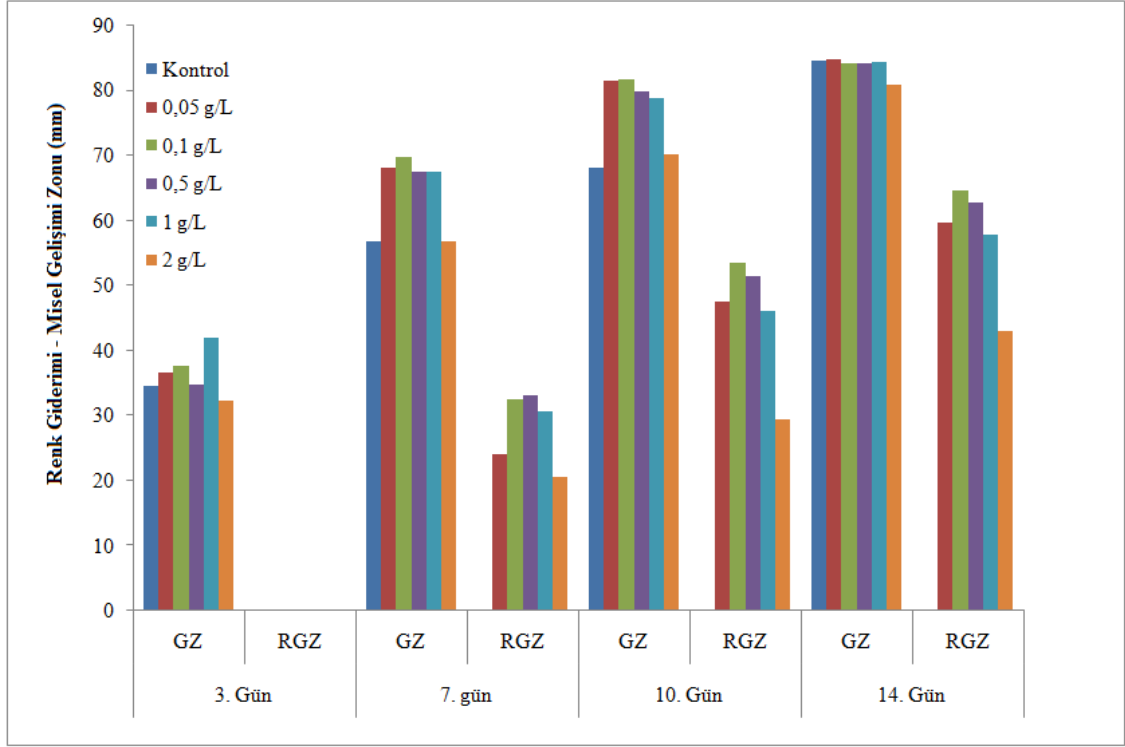
Şekil 3.1. RBBR boyar maddesi içeren katı besiyerinde günlere göre, renk giderimi ve misel gelişimi

3.1.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Renk giderimi:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Methyl Orange (MO) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz renk giderim sonuçları Tablo 3.2. ve Şekil 3.2.' de gösterilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre gelişim zonu ve misel yoğunluğunun en iyi 0,05 g/L' de olduğu gözlenmiştir. Renk giderim zonu ise en çok 0,1 g/L ve 0,5 g/L olduğu ölçülmüştür. Tıpkı RBBR' de olduğu gibi MO' da da ölçümlerin 3. gününde herhangi bir renk giderimi görülmemiştir. 7. günde en düşük konsantrasyon olan 0,05 g/L' de 68,00 mm gelişim zonu, 24,00 mm renk giderim zonu ölçülmüşken; 0,5 g/L' de 67,33 mm gelişim zonu, 33,00 mm renk giderim zonu ölçülmüş olup renk giderimini daha etkin olduğu gözlenmiştir. Ölçümün son günü olan 14. günde yapılan ölçümlerde 0,05 g/L' de 84,66 mm gelişim zonu, 59,66 mm renk giderim zonu ölçülmüşken; 0,1 g/L' de ise 84,00 mm gelişim zonu, 64,50 mm renk giderim zonu ölçülmüş olup en yüksek renk giderimi bu konsantrasyonda tespit edilmiştir. Tüm konsantrasyonlarda misel gelişimi olmuş ancak 1 ve 2 g/L' de diğer konsantrasyonlara göre misel gelişimi baskılanmıştır.

Tablo 3.2. MO içeren katı besiyerinde renk giderimi ve misel gelişimi

3. GÜN			
Konsantrasyon (g/L)	Gelişim Zonu(mm)	Renk Giderim Zonu	Misel Yoğunluğu
0,05	36,60±2,30	–	+++
0,1	37,66±2,51	–	+++
0,5	34,66±2,51	–	+++
1	42,00±1,73	–	++
2	32,33±1,15	–	++
Kontrol	34,50±3,10		+++
7. GÜN			
	Gelişim Zonu(mm)	Renk Giderim Zonu(mm)	Misel Yoğunluğu
0,05	68,00±11,53	24,00±1,41	+++
0,1	69,66±4,04	32,50±3,53	+++
0,5	67,33±7,50	33,00±4,24	+++
1	67,33±6,42	30,66±8,38	++
2	56,66±2,88	20,50±0,70	+
Kontrol	56,75±5,50		+++
10. GÜN			
	Gelişim Zonu (mm)	Renk Giderim Zonu (mm)	Misel Yoğunluğu
0,05	81,33±6,08	47,50±6,36	+++
0,1	81,66±2,08	53,50±4,94	+++
0,5	79,66±3,78	51,33±3,78	+++
1	78,66±7,50	46,00±8,88	++
2	70,00±1,73	29,33±0,57	+
Kontrol	68,00±7,61		+++
14. GÜN			
	Gelişim Zonu (mm)	Renk Giderim Zonu (mm)	Misel Yoğunluğu
0,05	84,66±0,57	59,50±3,53	+++
0,1	84,00±1,00	64,50±2,12	+++
0,5	84,00±0,00	62,66±0,57	+++
1	84,33±1,15	57,66±2,51	++
2	80,66±1,15	43,00±1,73	+
Kontrol	84,50±0,57		+++



Şekil 3.2. MO boyar maddesi içeren katı besiyerinde günlere göre, renk giderimi ve misel gelişimi

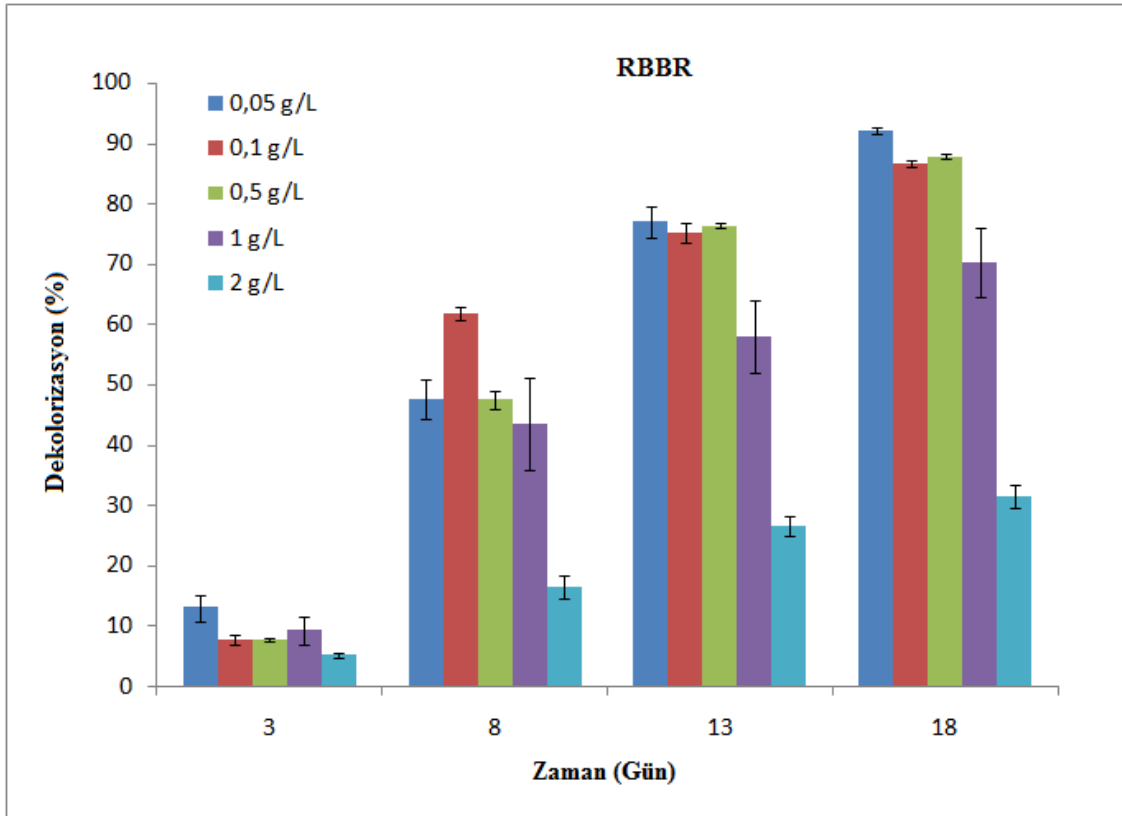
3.2. Statik Sıvı Besiyerinde Gözlemlenen Renk Giderimi:

3.2.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi:

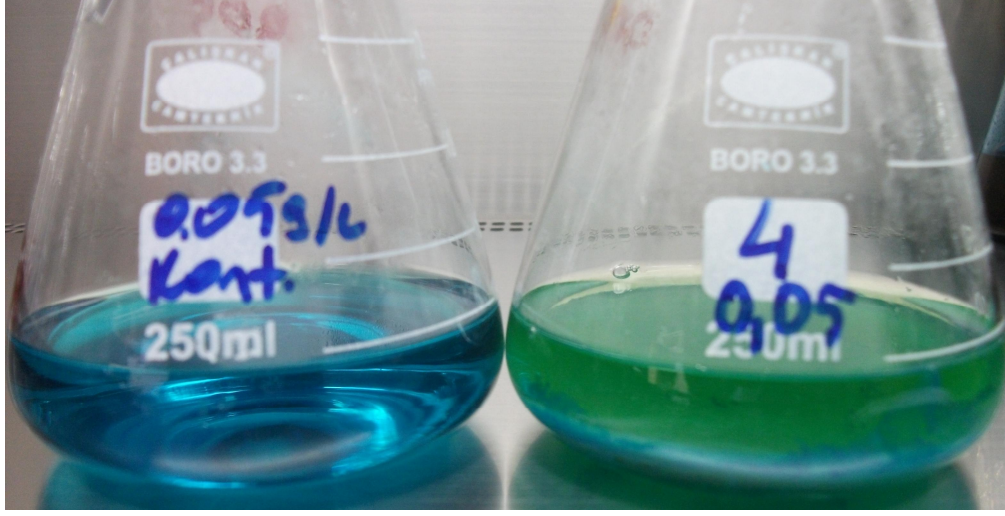
Pleurotus eryngii var *ferulae* ile Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz renk giderim sonuçları Tablo 3.3. ve Şekil 3.3., 3.4., 3.5. ve 3.6.' da gösterilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre düşük konsantrasyonlarda (0,05 - 0,1 - 0,5 g/L) renk gideriminin yüksek olduğu (% 85' in üzerinde), 1 g/L konsantrasyonunda % 70,2 olarak elde edildiği, 2 g/L de ise nispeten düşük oranda (% 31,4) ortaya çıktığı görülmüştür. Renk giderim ölçümünün 3. gününde boyar madde giderim oranları yüksek değerden düşük değere doğru 0,05 - 1 - 0,1 - 0,5 - 2 g/L konsantrasyon sırasına göre azalırken, 18. günde 0,05 g/L' de % 92,07 oranında en yüksek renk giderim oranı tespit edilmiştir.

Tablo 3.3. RBBR' nin konsantrasyon ve günlere bağlı renk giderim değerleri

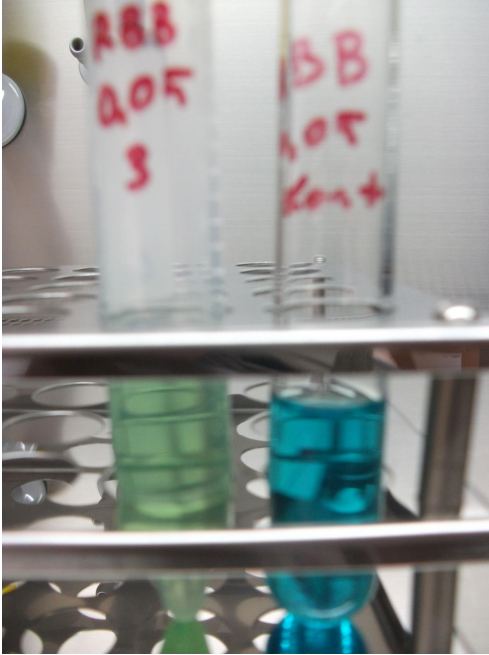
	0,05 g/L	0,1 g/L	0,5 g/L	1 g/L	2 g/L
3. GÜN	%13,00 ±2,17	%7,71 ±0,80	%7,66 ±0,31	%9,26 ±2,32	%5,10 ±0,51
8. GÜN	%47,58 ±3,29	%61,78 ±1,19	%47,55 ±1,51	%43,48 ±7,68	%16,41 ±1,84
13. GÜN	%76,98 ±2,59	%75,13 ±1,70	%76,34 ±0,32	%57,92 ±5,98	%26,59 ±1,65
18. GÜN	%92,07 ±0,6	%86,61 ±0,51	%87,78 ±0,40	%70,21 ±5,74	%31,45 ±1,88



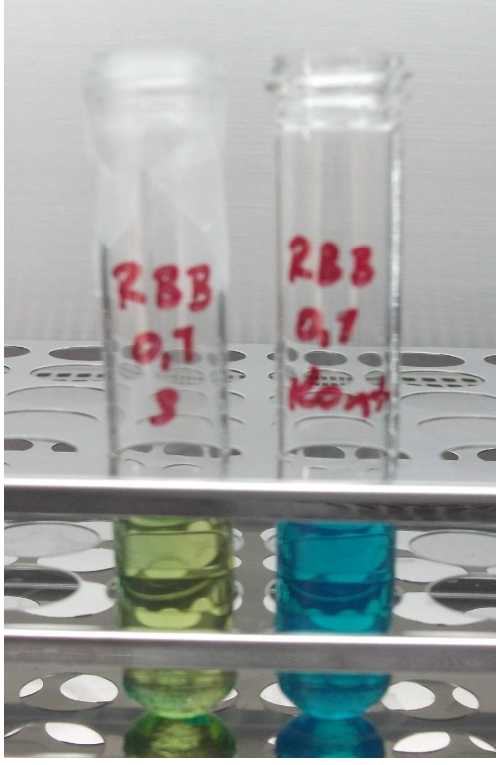
Şekil 3.3. Zamana (Gün) ve RBBR boyar maddesinin farklı konsantrasyonlarına göre elde edilen renk giderimi



Şekil 3.4. Ekimin 8. gününde RBBR' nin 0,05 g/L konsantrasyonundaki renk giderimi



Şekil 3.5. Misel ekiminden 8 gün sonra RBBB'nin 0,05 g/L konsantrasyonunda renk giderimi (Miseller uzaklaştırılmıştır.)



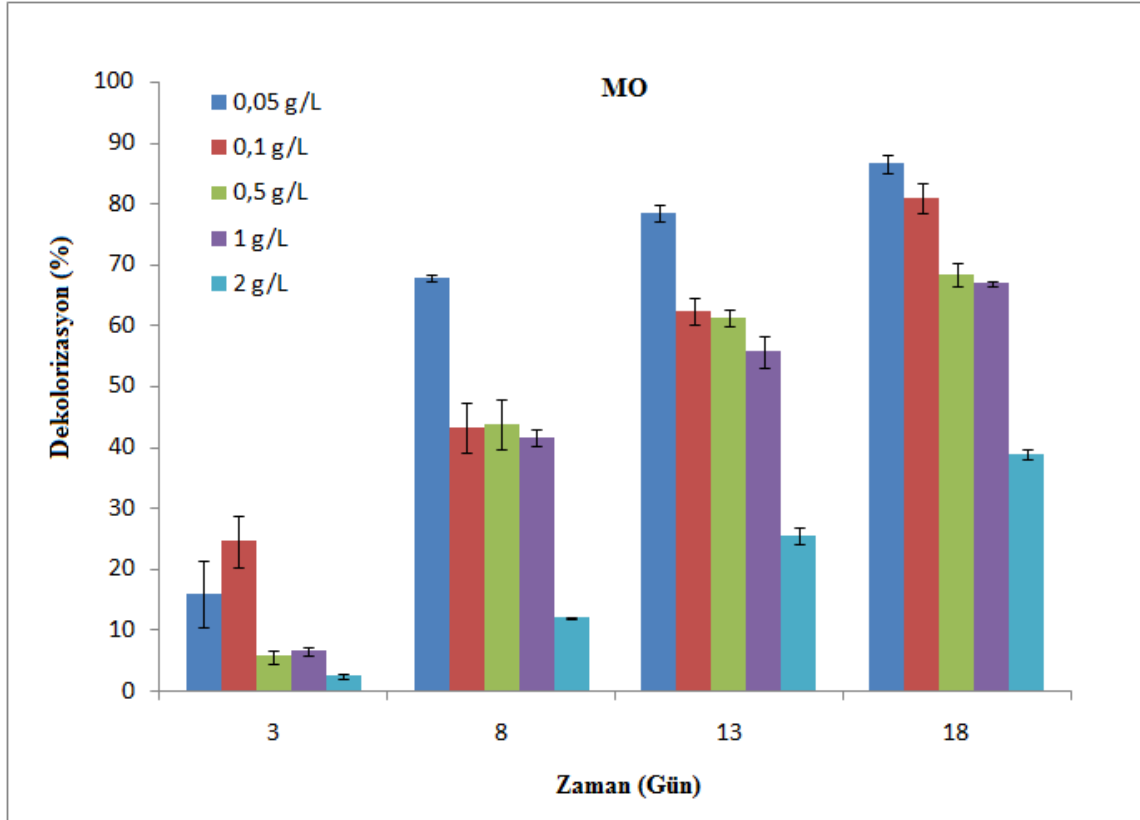
Şekil 3.6. Misel ekiminden 18 gün sonra RBBR'nin 0,1 g/L konsantrasyonunda renk giderimi (Miseller uzaklaştırılmıştır.)

3.2.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi:

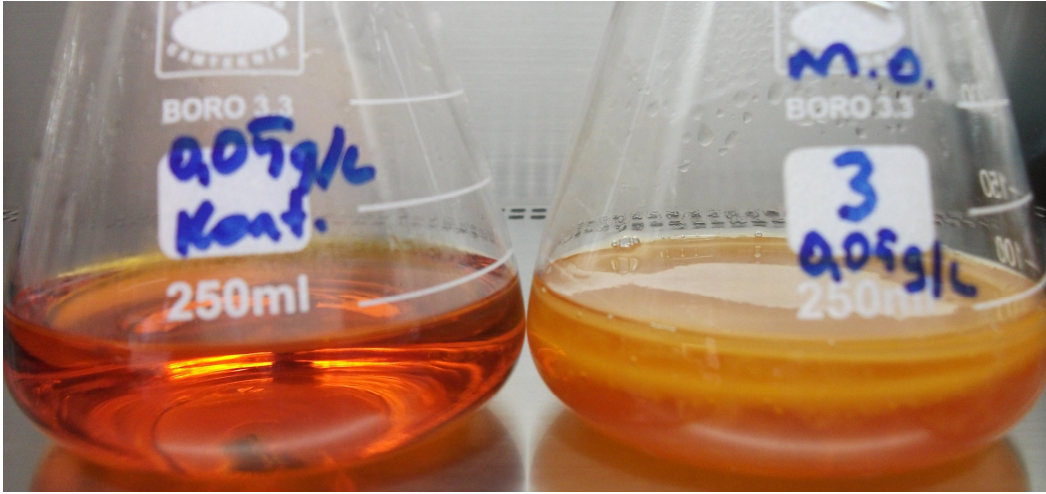
Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Methyl Orange (MO) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz renk giderim sonuçları Tablo 3.4. ve Şekil 3.7., 3.8. ve 3.9.' da gösterilmiştir. Tıpkı RBBR boyar maddesinin renginin gideriminde olduğu gibi MO' nun renk giderimi de düşük konsantrasyonlarda (0,05-0,1-0,5 g/L) renk gideriminin yüksek olduğu, yüksek konsantrasyonlarda (1 ve 2 g/L) ise düşük olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Ölçümlerin 3. gününde 0,1 g/L konsantrasyonunda diğer konsantrasyonlara göre oldukça yüksek (%24,5) bir renk gideriminin olduğu göze çarpmaktadır. Ölçümün 8. gününde en düşük konsantrasyon olan 0,05 g/L' de renk giderimi 3. güne kıyasla çok yüksek bir artış göstererek % 67,67 seviyesine çıkmıştır. Renk giderimi 18. günde 0,05 g/L konsantrasyonda % 86,48 olarak elde edilmiş olup bu değer aynı zamanda ölçülen en yüksek giderim değeridir.

Tablo 3.4. MO' nun konsantrasyon ve günlere bağı renk giderim değerleri

	0,05 g/L	0,1 g/L	0,5 g/L	1 g/L	2 g/L
3. GÜN	%15,90 ±5,48	%24,5 ±4,30	%5,62 ±1,08	%6,45 ±0,72	%2,40 ±0,39
8. GÜN	%67,67 ±0,52	%43,24 ±4,17	%43,73 ±4,04	%41,63 ±1,34	%12,01 ±0,15
13. GÜN	%78,49 ±1,30	%62,37 ±2,21	%61,29 ±1,37	%55,65 ±2,66	%25,39 ±1,35
18. GÜN	%86,48 ±1,61	%80,86 ±2,43	%68,31 ±1,95	%66,89 ±0,47	%38,90 ±0,87



Şekil 3.7. Zamana (Gün) ve MO boyar maddesinin farklı konsantrasyonlarına göre elde edilen renk giderimi



Şekil 3.8. Ekimin 8. gününde MO' nun 0,05 g/L konsantrasyonunda renk giderimi



Şekil 3.9. Misel ekiminden 8 gün sonra MO' nun 0,05 g/L konsantrasyonunda renk giderimi (Miseller uzaklaştırılmıştır)

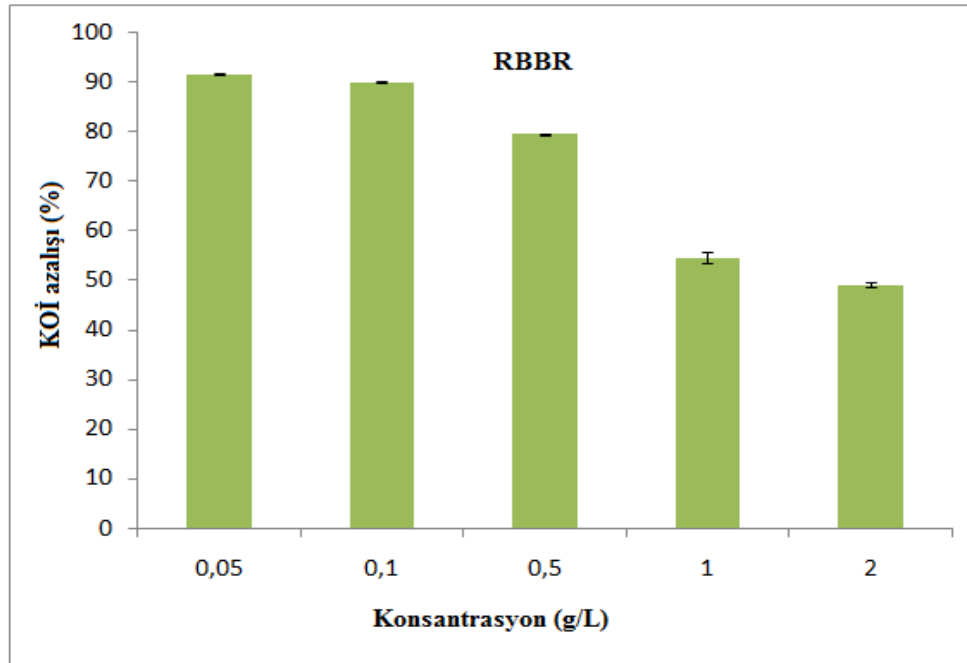
3.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Ölçümü Bulguları:

3.3.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde KOİ Ölçümü Bulguları:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz 18. gündeki KOİ azalışı sonuçları Tablo 3.5. ve Şekil 3.10.' da gösterilmiştir. RBBR boyar maddesi uygulamasında, en düşük konsantrasyon olan 0,05 g/L' de % 91,60 oranında en yüksek KOİ azalış oranı tespit edilmiştir.

Tablo 3.5. Konsantrasyona bağlı olarak 18. günde RBBR bulunan uygulama gruplarındaki KOİ azalışı

	0,05 g/L	0,1 g/L	0,5 g/L	1 g/L	2 g/L
18. GÜN	%91,60 ±0,18	%90,07 ±0,10	%79,59 ±0,18	%54,57 ±1,23	%49,19 ±0,43



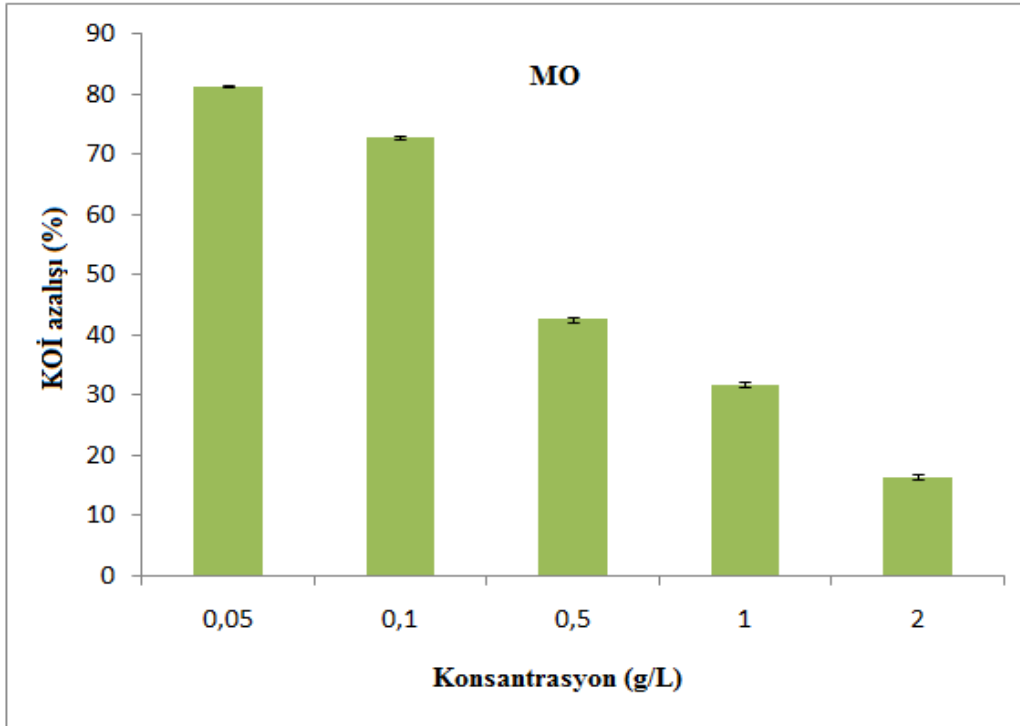
Şekil 3.10. RBBR içeren statik sıvı besiyeri ortamında 18. gün sonunda konsantrasyona bağlı KOİ azalışı

3.3.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde KOİ lümü Bulguları:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Methyl Orange (MO) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz 18. gündeki KOİ azalışı sonuçları Tablo 3.6. ve Şekil 3.11.' de gösterilmiştir. MO boyar maddesi uygulama gruplarında en düşük konsantrasyon olan 0,05 g/L' de % 81,42 oranıyla en yüksek KOİ azalış değeri tespit edilmiştir.

Tablo 3.6. Konsantrasyona bağlı olarak 18. günde MO bulunan uygulama gruplarındaki KOİ azalışı

	0,05 g/L	0,1 g/L	0,5 g/L	1 g/L	2 g/L
18. GÜN	%81,42 ±0,17	%72,73 ±0,27	%42,56 ±0,36	%31,77 ±0,52	%16,35 ±0,43



Şekil 3.11. MO içeren statik sıvı besiyeri ortamında 18. gün sonunda konsantrasyona bağlı KOİ azalışı

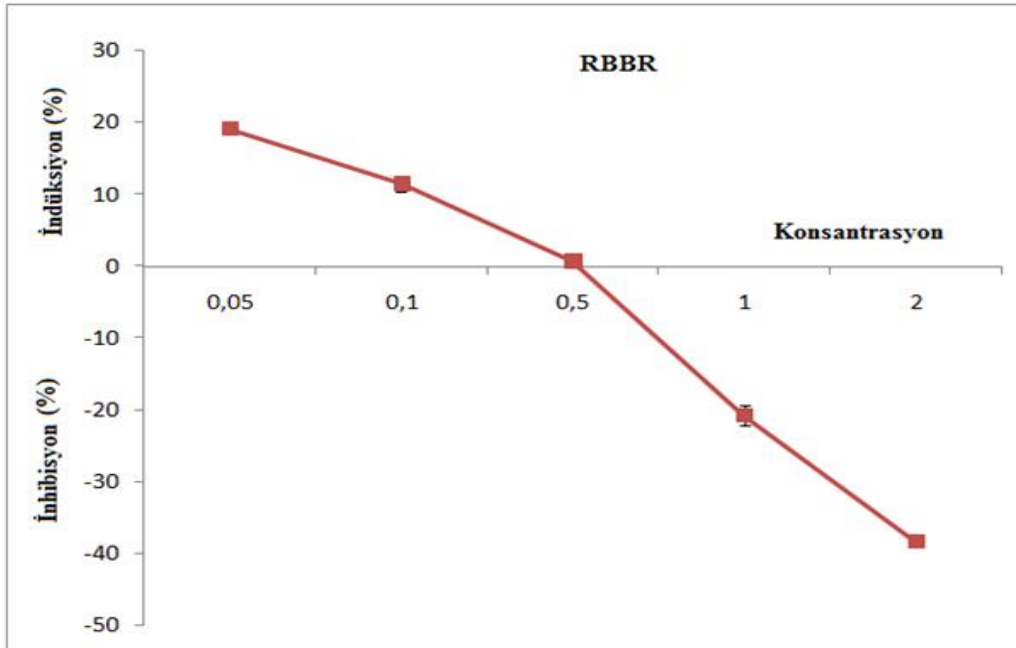
3.4. Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları:

3.4.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında 18. gün sonunda elde ettiğimiz kuru misel ağırlığı sonuçları Tablo 3.7. ve Şekil 3.12.' de gösterilmiştir. RBBR boyar maddesinin bulunduğu uygulama gruplarının 18. gününde elde edilen kuru misel ağırlığı değerleri; 0,05 - 0,1 ve 0,5 g/L konsantrasyonlarda artarken, 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarda ise azaldığı görülmektedir.

Tablo 3.7. RBBR İçeren statik sıvı besiyerindeki kuru misel ağırlığı değerleri (↑: İndüksiyon göstergesi, ↓: İnhibisyon göstergesi.)

	0,05 g/L	0,1 g/L	0,5 g/L	1 g/L	2 g/L
18. GÜN	%19,14 ↑ ±0,57	%11,52 ↑ ±1,06	%0,73 ↑ ±0,18	%20,68 ↓ ±1,37	%38,27 ↓ ±0,37



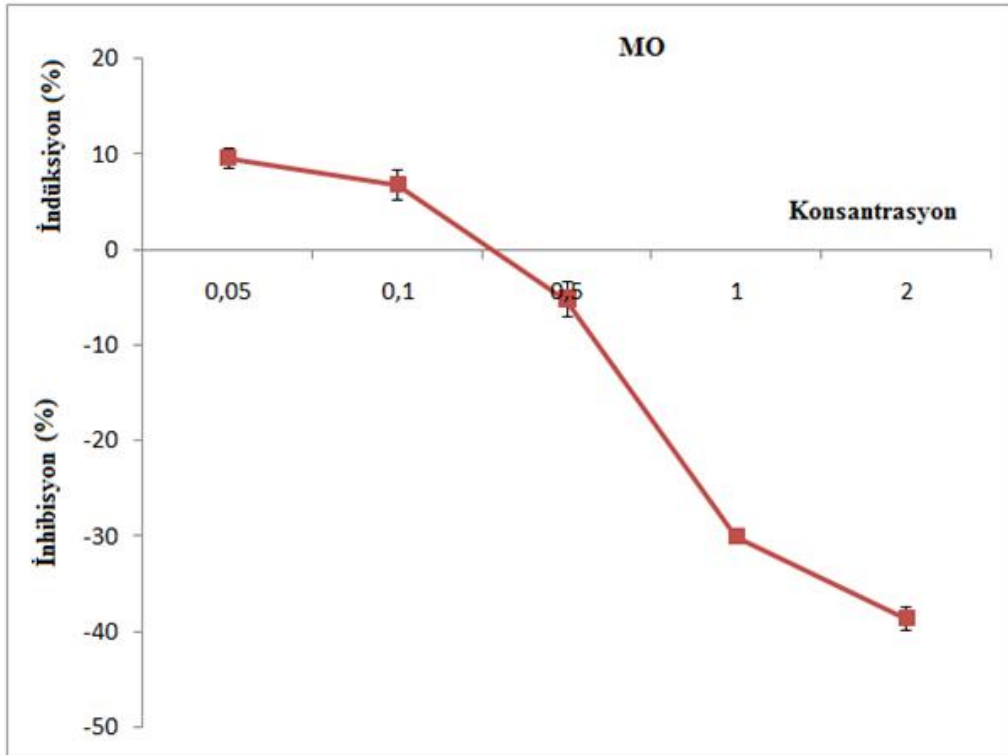
Şekil 3.12. RBBR' nin misel ekiminin 18. Günü sonunda konsantrasyona bağlı kuru misel (Biyomas) sonuçları

3.4.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Methyl Orange (MO) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında 18. gün sonunda elde ettiğimiz kuru misel ağırlığı sonuçları Tablo 3.8. ve Şekil 3.13.' de gösterilmiştir. MO boyar maddesinin bulunduğu uygulama gruplarının 18. gününde elde edilen kuru misel ağırlığı değerleri; 0,05 ve 0,1 g/L konsantrasyonlarda artarken, 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarda ise azaldığı görülmektedir.

Tablo 3.8. MO İçeren statik sıvı besiyerindeki kuru misel ağırlığı değerleri
(↑: İndüksiyon göstergesi , ↓: İnhibisyon göstergesi.)

	0,05 g/L	0,1 g/L	0,5 g/L	1 g/L	2 g/L
18. GÜN	%9,67 ↑ ±0,98	%6,87 ↑ ±1,56	%5,09 ↓ ±1,87	%29,96 ↓ ±0,53	%38,5 ↓ ±1,30



Şekil 3.13. MO' nun misel ekiminin 18. Günü sonunda konsantrasyona bağlı kuru misel (Biyomas) sonuçları

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA:

4.1. Katı Besiyerinde Gözlemlenen Renk Giderimi:

4.1.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile RBBR boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz renk giderim sonuçları Tablo 3.1. ve Şekil 3.1.' de gösterilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre en düşük konsantrasyon olan 0,05 g/L' de hem gelişim zonunun hem de renk giderim zonunun en yüksek olduğu görülmüştür. RBBR' nin tüm konsantrasyonlarında misel gelişimi olmuş ancak 1 ve 2g/L' de diğer konsantrasyonlara göre misel gelişimi baskılanmıştır. Bu baskılanmayı, kullandığımız boyar maddenin toksik karakterli oluşuna bağlayabiliriz.

Novotny ve arkadaşları 2001 yılında katı besiyeri ortamında yaptıkları çalışmada, *Phanerochaete chrysosporium* ile RBBR boyar maddesi ile renk giderimi tespit edememişlerdir (Novotny vd., 2001). Bu durumun aksine bu çalışmada aynı boyar madde ile renk giderimi tespit edilmiştir.

Yıldırım ve arkadaşlarının 2010 yılında *Pleurotus eryngii*' nin üç suşunun Methylene Blue ve Chrystal Violet boyar maddelerinin renk giderimleri üzerine yaptıkları çalışmada her iki boyar maddenin de rengini giderebildiğini göstermişlerdir (Yıldırım vd., 2010). Aynı tür fakat farklı boyar maddeler üzerine yapmış olduğumuz bu çalışmada bizlerde *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*' nin RBBR boyar maddesinin rengini nispeten düşük olmakla birlikte giderilebildiği gözlenmiştir.

4.1.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile MO boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz renk giderim sonuçları Tablo 3.2. ve Şekil 3.2.' de gösterilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre gelişim zonu ve misel yoğunluğunun en iyi 0,05 g/L' de olduğu gözlenmiştir. Renk giderim zonunun ise en çok 0,1 g/L ve 0,5 g/L olduğu ölçülmüştür. Bu durum çalıştığımız MO boyar maddesinin toksik karakterinden kaynaklanmaktadır. Şöyle ki çalıştığımız fungusun belirli bir seviyeye kadar boyar madde konsantrasyonu artışına paralel olarak renk giderim etkinliğinin de arttığı, ancak daha yüksek boyar madde konsantrasyonlarının fungusun renk giderimi üzerine aktivitesini

düşürdüğünü görmekteyiz. RBBR içeren katı besiyerindeki renk giderim sonuçlarında olduğu gibi MO' da ölçümlerin 3. gününde herhangi bir renk giderimi görülmemiştir. 7., 10. ve 14. günlerde yapılan ölçümlerde ise çok etkin olmamakla beraber belirgin düzeyde renk giderimi gerçekleşmiştir. Tüm konsantrasyonlarda misel gelişimi olmuş ancak 1 ve 2 g/L' de diğer konsantrasyonlara göre misel gelişimi baskılanmıştır. Bu baskılanmanın kullandığımız boyar maddenin toksik karakterinden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Novotny ve arkadaşları 2001 yılında katı besiyeri ortamında yaptıkları çalışmada, *Pleurotus ostreatus* ile Methyl orange (MO) için etkin giderim belirlemiştir (Novotny vd., 2001). Bizde *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* ile MO boyar maddesinin, katı besiyeri ortamında renginin giderilmesi çalışmamızda çok etkin olmamakla birlikte renk giderimi tespit ettik.

4.2. Statik Sıvı Besiyerinde Gözlemlenen Renk Giderimi:

4.2.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz renk giderim sonuçları Tablo 3.3. ve Şekil 3.3., 3.4., 3.5. ve 3.6.' da gösterilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre düşük konsantrasyonlarda (0,05 - 0,1 - 0,5 g/L) renk gideriminin yüksek olduğu (% 85' in üzerinde), 1 g/L konsantrasyonunda % 70,2 olduğu, 2 g/L ise düşük olduğu (% 31,4) sonucu ortaya çıkmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda ki renk gideriminin düşük konsantrasyonlara göre daha az oluşunu kullandığımız boyar maddenin toksik karakterinden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Eichlerova ve arkadaşlarının 2007 yılında yine beyaz çürükçül bir fungus olan *Dichomitus squalens* ile RBBR' nin renk giderimi üzerine yapmış oldukları çalışma sonucunda statik sıvı besiyerinde elde ettikleri renk gideriminin konsantrasyon artışıyla azaldığını tespit etmişlerdir (Eichlerova vd., 2007). Bu çalışma, bizim çalışma sonuçlarımızla paralellik göstermektedir.

Young ve Yu' da 1997 yılında 'Sentetik Boyaların ligninaz-katalize renk giderimi' başlıklı beyaz çürükçül funguslarla yaptıkları çalışmada yüksek boya konsantrasyonunun renk giderim hızını düşürdüğünü belirtmişlerdir (Young ve Yu, 1997). Bu çalışma da bizim çalışmamızı destekler niteliktedir.

Mou ve arkadaşları 2002 yılında 'Boyalı Atıksuların Renk Giderimleri İçin Mikrobiyal Ajanlar' başlıklı beyaz çürükçül fungusların renk giderim aktivitelerini araştırdıkları çalışma sonucunda yüksek boya konsantrasyonlarının düşük renk giderimi ile sonuçlandığını belirtmişlerdir (Mou vd. 2002). Bu çalışma da bizim çalışmamızla sonuçları itibari ile örtüşmektedir.

Machado ve Matheus 2006 yılında beyaz çürükçül bir fungus olan *Pleurotus ostreatus*' un lignolitik enzim sistemlerinin RBBR' nin biyodegradasyonu üzerine yaptıkları çalışma sonucunda RBBR' nin yıkılması adına oldukça başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (Machado ve Matheus, 2006).

4.2.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Renk Giderimi:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Methyl Orange (MO) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz renk giderim sonuçları Tablo 3.4. ve Şekil 3.7., 3.8. ve 3.9.' da gösterilmiştir. Tıpkı RBBR boyar maddesinin renginin gideriminde olduğu gibi MO' nun renk giderimi de düşük konsantrasyonlarda (0,05-0,1-0,5 g/L) renk gideriminin yüksek olduğu, yüksek konsantrasyonlarda (1 ve 2 g/L) ise düşük olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bu sonucun kullandığımız MO boyar maddesinin toksik karakterli oluşu ve konsantrasyon yüksekliğine paralel olarak misel gelişimini baskıladığı ve renk giderimininde bu nedenle düştüğünü yorumlamaktayız.

Kapdan ve arkadaşlarının 2000 yılında, *C. versicolor* fungusuyla Everzol Turquoise Blue G ile yaptıkları renk giderim çalışmasında boya konsantrasyonu miktarı arttıkça fungus için toksik etki gösterebileceğini söylemişlerdir (Kapdan vd. 2000). Bu çalışma bizim çalışmamızı destekler mahiyettedir.

Mou ve arkadaşları 2002 yılında 'Boyalı Atıksuların Renk Giderimleri İçin Mikrobiyal Ajanlar' başlıklı beyaz çürükçül fungusların renk giderim aktivitelerini araştırdıkları çalışma sonucunda yüksek boya konsantrasyonlarının düşük renk giderimi ile sonuçlandığını belirtmişlerdir (Mou vd., 2002). Bu çalışma bizim çalışmamızı destekler niteliktedir.

Young ve Yu' da 1997 yılında 'Sentetik Boyaların ligninaz-katalize renk giderimi' başlıklı beyaz çürükçül funguslarla yaptıkları çalışmada yüksek boya konsantrasyonunun renk giderim hızını düşürdüğünü belirtmişlerdir (Young ve Yu, 1997). Çalışmamız

sonucunda bizlerde yüksek boyar madde konsantrasyonlarının renk giderim hızını olumsuz yönde etkilediğini gözlemledik.

Seyis ve Subasioglu' nun 2008 yılında canlı ve ölü mantar biyomaslarının Methyl Orange (MO) boyar maddesinin dokolorizasyonu üzerine yapmış oldukları çalışmada, beyaz çürükçül fungus olan *Fusarium acuminatum*' un çalkalamalı sıvı besiyeri ortamında 30 °C' de 5. günde % 70' lik bir giderim elde etmişlerdir (Seyis ve Subasioglu, 2008).

4.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Sonuçları:

4.3.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde KOİ Sonuçları:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz 18. gündeki KOİ azalışı sonuçları Tablo 3.5. ve Şekil 3.10.' da gösterilmiştir. KOİ azalışı ölçümü, kullanılan boyar maddenin dekolorize olup olmadığının anlaşılması adına kuvvetli yorumlar yapılabilecek bir ölçümdür. RBBR boyar maddesinin KOİ azalışı sonuçlarına baktığımızda en düşük konsantrasyon olan 0,05 g/L' de en yüksek olduğu ve konsantrasyon artışına paralel bir şekilde KOİ azalışının düştüğü görülmektedir. Bu durum sıvı besiyeri renk giderim sonuçlarına paralel olup o sonuçları desteklemektedir. Yani kullandığımız boyar maddenin toksik karakterinden ötürü konsantrasyona bağlı olarak misellerin gelişimini, renk giderimini ve KOİ azalışını baskıladığını düşünmekteyiz.

Mercimek' in 2007 yılında '*Trametes versicolor*' un tekstil boyalarının gideriminde kullanım olanakları' başlıklı çalkalamalı ve statik sıvı ortamlarında yaptığı çalışmada; her iki ortamda KOİ azalışı sonuçlarının konsantrasyon artışına paralel olarak arttığı sonucuna varmıştır (Mercimek, 2007). Bu durum bizim çalışmamızın aksine bir sonuçtur. Ancak, başta çalışılan türlerin farklı oluşları ve diğer parametrelerinde (konsantrasyon, sıcaklık, PH, inkübasyon süresi ve inokulum konsantrasyonu gibi) her çalışmaya göre farklılık gösterdikleri göz önüne alındığında bu şekilde farklı sonuçların çıkabileceği olasıdır.

4.3.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde KOİ Sonuçları:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Methyl Orange (MO) boyar maddesinin 0,05 - 0,1- 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında elde ettiğimiz 18. gündeki KOİ azalışı sonuçları

Tablo 3.6. ve Şekil 3.11.' de gösterilmiştir. KOİ azalışı ölçümü, kullanılan boyar maddenin dekolorize olup olmadığının anlaşılması adına kuvvetli yorumlar yapılabilecek bir ölçümdür. MO boyar maddesinin KOİ azalışı sonuçlarına baktığımızda RBBR' de olduğu gibi en düşük konsantrasyon olan 0,05 g/L' de en yüksek olduğu ve konsantrasyon artışına paralel bir şekilde KOİ azalışının düştüğü görülmektedir. Bu durum sıvı besiyeri renk giderim sonuçlarına paralel olup o sonuçları desteklemektedir. Yani kullandığımız boyar maddenin, konsantrasyona bağlı olarak misellerin gelişimini, renk giderimini ve KOİ azalışını baskıladığını düşünmekteyiz.

Mercimek' in 2007 yılında '*Trametes versicolor*' un tekstil boyalarının gideriminde kullanım olanakları' başlıklı çalkalamalı ve statik sıvı ortamlarında yaptığı çalışmada; her iki ortamda KOİ azalışı sonuçlarının konsantrasyon artışına paralel olarak arttığı sonucuna varmıştır (Mercimek, 2007). Bu durum bizim çalışmamızın aksine bir sonuçtur. Ancak, başta çalışılan türlerin farklı oluşları ve diğer parametrelerinde (konsantrasyon, sıcaklık, pH, inkübasyon süresi ve inokulum konsantrasyonu gibi) her çalışmaya göre farklılık gösterdikleri göz önüne alındığında bu şekilde farklı sonuçların çıkabileceği olasıdır.

4.4. Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları:

4.4.1. Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) İçeren Besiyerinde Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Remazol Brilliant Blue Royal (RBBR) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında 18. gün sonunda elde ettiğimiz kuru misel ağırlığı sonuçları Tablo 3.7. ve Şekil 3.12.' de gösterilmiştir. Kuru Misel ağırlığı (Biyomas) sonuçları kullanılan boyar maddenin, çalışılan fungus misellerinin gelişimi üzerine ne türlü bir etki yaptığının doğrudan bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. RBBR boyar maddesinin bulunduğu besiyerine ekilen ve 18 gün inkübasyona bırakılan misellerin kuru misel ağırlığı sonuçlarına baktığımızda 0,05 - 0,1 ve 0,5 g/L konsantrasyonlarda miseller üzerine indüke edici (gelişimi arttırıcı), 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarda ise inhibe edici (gelişimi düşürücü) şekilde etkilediğini görmekteyiz. Bu da boyanın nispeten düşük konsantrasyonlarının miseller için adeta ek bir besin kaynağı olduğunu ve bu nedenle daha çok geliştiklerini ifade ederken yüksek konsantrasyonlarının miseller için toksik etki gösterdiği ve bu nedenle daha az geliştiklerini göstermektedir.

Pilatin' in 2004 yılında 'Beyaz Çürükçül Funguslar ile tekstil boyarmaddelerin renginin giderimi' başlıklı çalışmasında *Phanerochaete chrysosporium* ve *Pleurotus sajor-caju* *Trametes versicolor*, *Ganoderma carnosum*, *Lenzites betulina* ve *Polyporus arcularius* beyaz çürükçül fungusları ile Cibacron Blue 3R, Reactive Golden Yellow HR, Reddish Orange, Reactive Red H8B, Remazol Black ve Remazol Brilant Blue R (RBBR) boyar maddelerinin giderimi ile ilgili yaptığı çalışmada boyar maddelerin düşük konsantrasyonlarında kuru misel ağırlığını indüke edici, yüksek konsantrasyonlarında ise inhibe edici bir etki gösterdiklerini tespit etmiştir. Bu çalışma bizim çalışmamızı desteklemektedir (Pilatin, 2004).

Yang ve arkadaşlarının 2009 yılında izole edilmiş *Trametes sp.* İle trifenilmetane ve antrakinin boyar maddelerinin renklerinin giderimi ve Lakkaz enziminin aktivitesi ile yaptıkları çalışma sonucunda düşük konsantrasyondaki RBBR boyar maddesinin biyomas (kuru misel ağırlığı) üzerine olumlu bir etkinin olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışma bizim çalışmamızı destekler niteliktedir (Yang vd., 2009).

4.4.2. Methyl Orange (MO) İçeren Besiyerinde Kuru Misel Ağırlığı Sonuçları:

Pleurotus eryngii var. *ferulae* ile Methyl Orange (MO) boyar maddesinin 0,05 - 0,1 - 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarında 18. gün sonunda elde ettiğimiz kuru misel ağırlığı sonuçları Tablo 3.8. ve Şekil 3.13.' de gösterilmiştir. Kuru Misel ağırlığı (Biyomas) sonuçları kullanılan boyar maddenin, çalışılan fungus misellerinin gelişimi üzerine ne türlü bir etki yaptığının doğrudan bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. MO boyar maddesinin bulunduğu besiyerine ekilen ve 18 gün inkübasyona bırakılan misellerin kuru misel ağırlığı sonuçlarına baktığımızda 0,05 ve 0,1 g/L konsantrasyonlarda miseller üzerine indüke edici (gelişimi arttırıcı), 0,5 - 1 ve 2 g/L konsantrasyonlarda ise inhibe edici (gelişimi düşürücü) şekilde etkilediğini görmekteyiz. Bu da boyanın nispeten düşük konsantrasyonlarının miseller için adeta ek bir besin kaynağı olduğunu ve bu nedenle daha çok geliştiklerini ifade ederken yüksek konsantrasyonlarının miseller için toksik etki gösterdiği ve bu nedenle daha az geliştiklerini göstermektedir.

Yıldırım ve arkadaşlarının 2010 yılında *Pleurotus eryngii*' nin üç suşunun Methylene Blue ve Chrystal Violet boyar maddelerinin renklerinin giderimi üzerine yaptıkları çalışmada boyar maddenin yüksek konsantrasyonuna bağlı olarak kuru misel ağırlığında

(biyomas) azalış görmüşlerdir (Yıldırım vd., 2010). Yıldırım ve arkadaşlarının tespit ettikleri bu sonuç bizim çalışmamız ile örtüşmektedir.

Beyaz çürükçül funguslar ile yapılan bazı renk giderim çalışmaların da ise şu sonuçlar bulunmuştur:

Minussi ve arkadaşlarının 2001 yılında yapmış oldukları çalışmada beyaz çürükçül funguslardan 4 türün (*Trametes versicolor*, *Trametes villosa*, *Phanerochaete chrysosporium* ve *Lentinus edodes*) 4 boyar maddenin (Reactive Blue 19 (RBBR), Reactive Red 195, Reactive Yellow 145, Reactive Black 5) farklı konsantrasyonlarında katı besiyeri ortamında renk giderim yeteneklerini araştırmışlardır. Sonuç olarak bizimde bu çalışmada kullandığımız RBBR boyar maddesinin *T. versicolor* ve *T.villosa* beyaz çürükçül fungusları ile % 100 dekolorize olduğunu gözlemlemişlerdir (Minussi, 2001).

Couto ve arkadaşları 2005 yılında ‘Genişletilmiş yataklı reaktörlerde *Trametes hirsuta* tarafından sentetik boyaların renksizleştirilmesi’ başlıklı çalışmalarında Indigo Carmine, Bromophenol Blue, Methyl Orange (MO) ve Poly R-478 gibi boyar maddelerin renklerinin giderimini çalışmış MO’ nun 3. Günde % 81,4 oranında dekolorize edildiğini saptamışlardır (Couto vd., 2005).

Mou ve arkadaşları 2002 yılında ‘Boyalı atıksuların Renk Giderimleri İçin Mikrobiyal Ajanlar’ başlıklı beyaz çürükçül fungusların Renk giderim aktivitelerini araştırdıkları çalışma sonucunda yüksek boya konsantrasyonlarının düşük renk giderimi ile sonuçlandığını belirtmişlerdir (Mou vd. 2002).

Young ve Yu’ da 1997 yılında ‘Sentetik Boyaların ligninaz-katalize renk giderimi’ başlıklı beyaz çürükçül funguslarla yaptıkları çalışmada yüksek boya konsantrasyonunun renk giderim hızını düşürdüğünü belirtmişlerdir (Young ve Yu, 1997).

Cripps ve arkadaşlarının 1990 yılında yaptıkları çalışmada *P.chrysosporium'* un Orange II, Tropoefolin O, Kongo kırmızısı ve Azure B gibi boyar maddeleri etkin bir şekilde dekolorize ettiğini göstermişlerdir (Cripps vd., 1990).

Yine Crips ve arkadaşları Lignin peroksidaz (LiP) üreten kahverengi çürükçül fungus *Poliporus ostreiformis'* in boyar madde renk giderim aktivitesinin *P. chrysosporium'* dan daha yüksek olduğunu saptamışlardır (Cripps vd., 1990).

Bumpus’ un 1995 yılında yapmış olduğu çalışmada trifenilmetanın ve kristal viyolenin *P. chrysosporium* tarafından etkin bir şekilde dekolorize edildiğini saptamıştır (Bumpus, 1995).

Doralice ve arkadaşları da 2001 yılında *Pleurotus sajor-caju*' nun lignolitik enzim sistemleri ile indigo-blue boyasını % 94 oranında renginin giderildiğini saptamışlardır (Doralice, 2001)

Aksu ve Dönmez' in 2003 yılında *Candida lipolytica* ile yapılan bir çalışmada bu fungusun Remazol Brilliant Blue R (RBBR)' yi pH 2' de maksimum verimlilikle parçaladığını rapor etmişlerdir (Aksu ve Dönmez, 2003).

Zhang ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, beyaz çürükçül funguslarla renk gideriminde, optimum pH aralığının 4 ile 5 arasında olduğu rapor edilmiştir (Zhang vd., 1996).

Radha ve arkadaşlarının 2005 yılında yaptıkları çalışmada *P.chrysosporium* ile 7 farklı boyar maddenin (Acid orange, Acid red 114, Methyl violet, Acid green, Methylene blue, Vat magenta ve Congo red) renk giderimi araştırmışlardır. Bu çalışmada, optimum pH'nın saptanması amacıyla 2,0 ile 7,0 arasında değişen pH' lar çalışılmış ve kullanılan boyar maddelerden 4' ünün pH 5,0' de (Methylene blue, Acid green, Congo red and Vat magenta), 2' sinin ise pH 2,5' de (Acid green and Acid orange), birisinin ise pH 3,0' de (Acid red 114) etkin bir şekilde dekolorize edildiği rapor edilmiştir (Radha vd., 2005).

Mercimek' in 2007 yılında '*Trametes versicolor*' un tekstil boyalarının gideriminde kullanım olanakları' başlıklı çalkalamalı ve statik sıvı ortamlarında yaptığı çalışmada; çalkalamalı kültürlerde 4 gün sonunda renk giderim oranı Reactive Black 5 için % 97, Reactive Blue 19 için (RBBR) % 93 ve Reactive Red 194 için % 92, statik kültürlerde ise 14 günün sonunda bu oranı sırasıyla % 93, % 87 ve % 79 olarak bulmuştur (Mercimek, 2007).

Pilatin' in 2004 yılında 'Beyaz Çürükçül Funguslar ile tekstil boyarmaddelerin renginin giderimi' başlıklı çalışmasında *Phanerochaete chrysosporium* ve *Pleurotus sajor-caju* *Trametes versicolor*, *Ganoderma carnosum*, *Lenzites betulina* ve *Polyporus arcularius* beyaz çürükçül fungusları ile Cibacron Blue 3R, Reactive Golden Yellow HR, Reddish Orange, Reactive Red H8B, Remazol Black ve Remazol Brilliant Blue R (RBBR) boyar maddelerinin gideriminin de çeşitli parametreleri (Sıcaklık, pH, Konsantrasyon, inokulum konsantrasyonu, optimum çalkalama hızı gibi) araştırmıştır. Kullandığı tüm türlerin uygun parametrelerde, çalıştığı tüm boyar maddeleri etkin bir şekilde (% 90' ın üzerinde) giderdiğini tespit etmiştir. Araştırmasını statik ve çalkalamalı sıvı besiyeri ortamlarında yapmış ve çalkalamalı ortamda ki renk gideriminin statik sıvı ortamına göre daha kısa sürede daha yüksek oaranda olduğunu saptamıştır (Pilatin, 2004).

Swamy ve Ramsay 1999 yılında yaptıkları çalışmada , *Bjerkandera* sp. İle Remazol Black B' yi 200 rpm çalkalamalı koşullarda 3 günde % 96 oranında dekolorize ettiği, *T. versicolor*' un ise aynı boyayı 200 rpm hızda 2 günde % 100 oranında dekolorize ettiğini saptamışlardır (Swamy ve Ramsay, 1999).

Güngörmedi ve arkadaşlarının 2009 yılında yayımlanan makalelerinde '*Trametes versicolor* Biyokütlesi ile Reaktif Red 198 Boyar Maddesinin Biyosorpsiyonu' başlıklı çalışmalarında çalkalama hızı 100 rpm' ye kadar arttırıldığında yüzde biyosorpsiyon değerinde de neredeyse doğrusal bir artış görülmüşlerdir. Ancak, çalkalama hızının 200 rpm' ye kadar artırılması durumunda ise önemli bir artış görülmemiştir. En yüksek biyosorpsiyon yüzdesine (% 90,66) 100 rpm hızında ulaşmışlardır (Güngörmedi vd., 2009).

Knapp ve arkadaşlarının 2001 yılında 'Beyaz Çürükçül Funguslar ile Orange II boyar maddesinin Renk Giderimi' başlıklı çalışmasında hem statik hem de çalkalamalı sıvı besiyeri ortamlarında çalışmış ve Orange II tekstil boyar maddesinin statik koşullarda % 45 dekolorize olurken, çalkalamalı koşullarda bu oranın % 97' ye çıktığını saptamışlardır (Knapp vd., 2001).

Assadi ve arkadaşlarının 2001 yılında yaptıkları *P. chrysosporium* ile tekstil atıksularının renklerinin giderimi çalışmalarında inokulum konsantrasyonu % 2-20 arasında denemişler ve % 10-15 arasındaki inokulum konsantrasyonunun maksimum renk giderim sağladığını bulmuşlardır. Yine aynı çalışmada sıcaklığın renk giderimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarını 25 – 40 °C' de denemiş ve en etkin giderimin 30 – 35 °C arasında olduğunu saptamışlardır (Assadi vd., 2001).

Pilatin' in 2004 yılında 'Beyaz Çürükçül Funguslar ile tekstil boyarmaddelerin renginin giderimi' başlıklı çalışmasında *T. versicolor* fungusu ile maksimum renk gideriminin 30 °C sıcaklıkta olduğunu saptamış ve renk giderim oranının bazı boyalarda (Blue 49 ve RBBR gibi) inkübasyon süresi sonunda % 94' lere kadar çıktığını gözlemlemiştir. 25 °C sıcaklıkta ise renk giderimi % 50 - 75 oranlarında kalmıştır. 35 °C sıcaklıkta % 40 - 45 arası renk giderim oranı görülürken, 40 °C sıcaklıkta renk giderimi çok düşük olmuştur. (% 25 - 35)

Toh ve arkadaşlarının 2003 yılında *P. chrysosporium*, *T. versicolor* funguslarıyla Remazol Red R R ve Remazol Yellow R R boyalarının 30°C ve 37 °C sıcaklıklarda ki renk giderim çalışmalarında, 30 °C' deki renk gideriminin 37 °C' dekine göre daha hızlı olduğunu bildirmişlerdir (Toh vd., 2003).

Stolz 2001 yılında yapmış olduğu ‘Azo boyalarının mikrobiyal yıkımı temel ve uygulamalı yönleri’ başlıklı çalışmada atıksu arıtımında beyaz çürükçül fungusların kullanımı ile ilgili olarak aşağıdaki tespitleri yapmıştır.

- Atıksu arıtım tesisleri beyaz çürükçül fungusların doğal habitatı değildir ve bu nedenle bu fungusları bir atıksu arıtım sisteminde geliştirebilmek için oldukça dikkatli olunmalıdır.

- Beyaz çürükçül funguslar lignolitik enzimlerini çoğunlukla sadece karbon ve /veya azot kaynağı sınırlayıcı hale geldiğinde salgırlarlar.

- Enzimler tarafından parçalanan lignin veya polutantlardan (kirletici) herhangi birinin karbon veya enerji kaynağı olarak kullanıldığı gösterilememiştir ve bu organizmaların kültivasyonu (üremeleri-gelişmeleri) için farklı bir karbon kaynağı gereklidir.

- Gözlenen degradasyon hızları genellikle düşüktür.

- Aromatik ve ksenobiyotik bileşiklerin oksidasyonu için lignin peroksidaz oldukça unspezifiktir. Bu nedenle endüstriyel atık arıtım sistemlerindeki gibi kompleks substrat karışımları ve diğer substratlar lignin peroksidazlar tarafından okside edilebilir (Stolz, 2001).

5. ÖNERİLER:

Bu çalışma; tekstil fabrikası atıksularında bulunan, çevre ve insan sağlığı üzerine çok ciddi sorunlar oluşturan boyar maddelerin giderilmesinde *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*'nin kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Bununla beraber pratikte giderimin daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleşebilmesi için elde ettiğimiz yeni izolatin renk gideriminden birinci derecede sorumlu olan hücre dışı enzimlerinin sentezini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılabilir.

Bu çalışmada kullanılan mantarın laboratuvar koşullarında üretilmesi için gerekli olan besiyerleri oldukça pahalıdır. Renk giderimi çalışmalarının sahaya uygulanması aşamasında gerekli olan mantar üretiminin bir takım gıda sanayi ürünlerinin atıkları (peynir altı suyu v.b.) kullanılarak gerçekleştirilmesi daha ekonomik bir yaklaşım olacaktır.

Tekstil fabrikası atıksuyu arıtımında kullanılması planlanan yöntemlerin, uygulama sonrasındaki çıkış sularının ve oluşacak yan ürünlerinin ikincil bir kirliliğe neden olmaması adına çalışılması ve olası risklere uygun çözümler bulunmalıdır.

Yapılan ve yapılacak olan bütün çalışmaların ortak amacı bizden sonraki nesiller adına emanet aldığımız doğayı kirletmişliğimizden kurtarıp daha yaşanılabilir bir hale getirmektir.

6. KAYNAKLAR

- Akman vd., 2004.** Akman, Y. O Ketenođlu, L Kurt, S Düzenli, K Güney, F Kurt, (2004), Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi), Palme Yayıncılık, Ankara.
- Aksu., 2005.** Aksu, Z., Proc. Biochem. 40, 997(2005).
- Aksu ve Dönmez., 2003.** Aksu, Z. and Dönmez G. “ A comparative study on the biosorption characteristics of some yeasts for Remazol Blue reactive dye”, Chemosphere,50: 1075-1083, (2003).
- Alaton vd., 2006.** I.A. Alaton, G. Insel, G. Eremektar, F.G. Babuna, D. Orhon, Effect of textile auxiliaries on the biodegradation of dyehouse effluent in activated sludge, Chemosphere, 62, (2006), 1549-1557.
- Alp vd., 2000.** Alp, K., F.S.Sevimli, S.Övez, İ.Öztürk, M. Yazgan. 2000. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Fiziko-Kimyasal Yöntemlerle Renk Giderimi. GAP-Çevre Kongresi 2.Cilt s.681-690
- Aretxaga vd., 2001.** Aretxaga, A., Romero, S., Sarra, M. and Vicent, T., 2001. Adsorption Step in The Biological Degragation of a Textile Dye. Biotechnol. Prog., 17: 664-668.
- Arslan., 2004.** Arslan, H.A., 2004. Bazı Boyar Madde Gruplarının Aktif Çamur Biyokütlesi Tarafından Adsorplanabilme Özelliđi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi. Adana.
- Assadi vd., 2001.** Assadi, M.M., Rostami, K., Shahvali, M. and Azin, M. (2001). Decolorization of textile wastewater by *Phanerochaete chrysosporium* Desalination 141 331-336.
- Atalık., 2006.** Atalık, A. 2006, Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri, Bilim Ütopya 139: 18-21.
- Audesirk vd., 2008.** T., Audesirk, G., Byers, B.E. (2008), Biology: Life on Earth. Pearson International Edition, NewYork.
- Banat vd., 1996.** Banat, I.M., P.Nıgam, D.Singh, R.Marchant. 1996. Microbial decolorization of textile- dye-containing effluents: A review Bioresour. Technol.58: 217-227.
- Başer ve İnanıcı., 1990.** Doç. İnci Başer, Doç Dr. Yusuf İnanıcı, 1990. Boyarmadde Kimyası, Marmara Üniversitesi Yayınları, I.Baskı, İstanbul.
- Bayramođlu vd., 2005.** Bayramođ lu, G., Çelik, G., Yalçın, E., Yılmaz, M., Ar ıca, M.Y., Journal of Hazardous Materials B, 119, 219 (2005).
- Bhattacharya., 1992.** Bhattacharya, SK. 1992. Treatment of Textile Wastes in Handbook of Industrial Waste Treatment Vol. I, pp. 307-322.Eds. Wang LK., Wang MHS., Marcel Deker Inc.
- Birgöl ve Solmaz., 2007.** A.Birgöl, S.K. Akal Solmaz, Tekstil endüstrisi atıksuları üzerinde ileri oksidasyon ve kimyasal arıtma prosesleri kullanılarak KOİ ve renk gideriminin araştırılması, Ekoloji, 15, (62), (2007), 72-80.
- Bourbannis vd., 1997.** Bourbannis, R., Paice, M.G., Freiermuth, B., Bodie, E., Borneman, S. (1997a), "Reactivities of Various Mediators and Laccases with Kraft Pulp and Lignin Model Compounds", Appl.Environ.Microbiol. 63,4627-4632.
- Bozdoğan., 1984.** Bozdoğan A., 1984, Atık Sulardaki Tekstil Boyarmaddeleri Renginin Devrettirilen Koagülant (CaCO-MgCO₃) ile Giderilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 110s.

- Bumpus., 1995.** Bumpus J. A., 1995, Microbial Degradation of Azo Dyes Biotransformation: Microbial degradation of health risk compounds, Elsevier Science 54:157-176.
- Campos vd., 2001.** Campos, R., Kandelbauer, A., Robra, K.H., Artur, C.P. and Gubitz, G.M. (2001). İndigo degradation with purified laccase from *Tranetes hirsuta* and *Sclerotim rolfsii*. Journal of Biotechnology, 8, 131-139.
- Cardoso ve Nicoli., 1981.** Cardoso, MB. and Nicoli, J.R., 1981. Single Cell Protein From The Thermotolerant Fungus *Phanerochaete chrysosporium* Grown in Vinasse. Nutrition Reports İnternational, 24(2): 249-255.
- Carliell vd., 1995.** Carliell, Cm., Barclay, S.J., Naidoo, N., Buckley, C.A., Mulholland, D.A. and Senior, E., 1995. Microbial Decolourisation of a Reactive Azo Dye Under Anaerobic Conditions. Water(SA), 21: 61-69.
- Chagas ve Durrant., 2001.** 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.
- Chen vd., 2007.** J. Chen, Q. Wang, Z. Hua, G. Du, Research and application of biotechnology in textile industries in China, Enzyme and Microbiology, 2007.
- Chung ve Stevens., 1992.** Chung, K. T., Stevens, S. E., and Ceniglia, C. E., 1992, The Reduction of Azo Dyes by the İntestinal Microflora, Crit.Rev. Microbial., 18: 175-190
- Cıng., 2001.** Cıng, S., 2001. Tekstil Boyalarının Renginin Giderilminde Mikroorganizma Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Cooper., 1993.** Cooper, P. 1993 Removing colour from dyehouse waste waters - a critical review of technology available. J. Soc. Dyers Col., 109, 97-100.
- Couto ve Herrera., 2006.** Couto, SR. and Herrera, J.L.T., 2006. Industrial and Biotechnological Applications of Laccase: A Review. Biotechnology Advances, 24: 500-513.
- Couto vd., 2005.** S. Rodriguez Couto, E. Rosales, Ma.A. Sanroman. Decolourization of synthetic dyes by *Trametes hirsuta* in expanded-bed reactors. Department of Chemical Engineering, University of Vigo, 36200 Vigo, Spain Received 27 December 2004. Revised 16 June 2005. Accepted 22 June 2005. Available online 11 August 2005.
- Cripps vd., 1990.** Cripps C., Bumpus J. A. ve Aust S. D., 1990, 'Biodegradation of Azo and Heterocyclic Dyes by *P. Chrysosporium*'. Applied En. Microbiol. 56: 1114-1118.
- Çukurçayır vd., 1997.** Çukurçayır, F. C Geçer, H Arabacı. (1997), Yaşam için en değerli kaynaklar, hava ve su, Meteoroloji Mühendisliği, TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı 2:24-32.
- Dean ve Sarıoğlu., 1998.** Dean. C., M.Sarıoğlu. 1998. Tekstil atıksularından renk giderimi için yukarı akışlı çamur reaktörünün kullanılması örneği, İTÜ. 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, 3-5 Haziran 1998, İstanbul, 37-42.
- Dhawale vd., 1996.** Dhawale, S.S., Lane, A.C. and Dhawale, S.W., 1996. Effects of Mercury on White Rot Fungus *Phanerochaete chrysosporium*. Bull. Environ. Contam. Toxicol, 56: 825-832.
- Donlon vd., 1997.** Donlon, B., Razo-Flores, E., Lujten, M., Swarts, H., Lettinga, G. and FIELD, J., 1997. Detoxification and Partial Mineralization of The Azo Dye Mordant Orange I in a Continuous Upflow Anaerobic Sludge-Blanket Reactor. Appl. Microbiol. Biotechnol, 47: 83-90.
- Doralice., 2001.** Doralice S. L. and Regina T. R., 2001, Decolorization of Textile İndigo Dye by Ligninolytic Fungi. Journal of Biotechnology vol:89 141-145.

- Duran ve Esposito., 2000.** Duran, N. and Esposito, E., 2000. Potential Applications of Oxidative Enzymes and Phenoloxidase-Like Compounds in Wastewater and Soil Treatment: A Review. *Appl. Catal B Environ.*, 28: 83-99.
- Easton., 1995.** Easton, J.R. 1995 The dye maker's view, in *Colour in dyehouse effluent*, P. Cooper, Editor. Society of Dyers and Colourists: p. 9-21, Bradford, England.
- Eaton ve Hale., 1993.** Eaton R. A., M. D. C. Hale., 1993. *Wood Decay, Pests and Protection*. Chapman & Hall, o London. pp 546.
- Eckenfelder., 989.** Eckenfelder, W.W.Jr. 1989. *Industrial Water Pollution Control* (2nd ed.), McGraw- Hill. Inc. New York.
- Eggert vd., 1996,** Eggert, C., Temp, U., Eriksson, K. E., (1996). The Ligninolytic System of The White Rot Fungus *Pycnoporus cinnabarinus*: Purification and Characterization of The Laccase, *Appl. Environ. Microbiol.*, 62, 1151-1158.
- Eichlerova vd., 2007.** Ivana Eichlerova, Ladislav Homolka, Oldrich Benada, Olga Kofronova, Tomas Hubalek, Frantisek Nerud., 2007. Decolorization of Orange G and Remazol Brilliant Blue R by the white rot fungus *Dichomitus squalen*: Toxicological evaluation and morphological study. Institute of Microbiology AS CR, Videnska 1083, 142 20 Prague 4, Czech Republic. *Deconta, Volutova 2523, 158 00 Prague 5, Czech Republic*.
- Ekici vd., 2001.** Ekici, P., Leupold G., Parlar, H. 2001 Degradability of selected azo dye metabolites in activated sludge systems. *Chemosphere* 44, 721-728.
- EPA., 1979.** EPA. 1979. *Chemical Aids Manual for Wastewater Treatment Facilities*. MO-25, EPA,430 /9-79-018. 142 p.
- Eriksson vd., 1990.** Eriksson K. E., Blanchette R.A., Ander P., 1990. Biodegradation of Lignin. In: *Microbial and Enzymatic Degradation of Wood and Wood Components*. T.E. Timell (ed.), Springer-Verlag GmbH & Co. KG, Berlin, pp: 225-397.
- Feijoo vd., 1999.** Feijoo, G., Moreira, M. T., Roca, E., Lema, J. M., 1999. Use of Cheese Whey as a Substrate to Produce Manganase Peroxidase by *Bjerkandera sp. BOS55*, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 23, 86-90
- Field vd., 1995.** Field, J.A, Stams, A.J.M., Kato, M., Schraa, G. 1995 Enhanced degradation of aromatic pollutant in coculture of anaerobic and aerobic bacterial consortia. *Antonie van Leeuwenhoek* 67, 47-77.
- Fu ve Viraraghavan., 2001.** Y. Fu and T. Viraraghan, Fungal decolorization o dye wastewaters: a review, *Bioresource Technol*, 79 (2001) 251-262.
- Gabriel vd., 1996.** 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.
- Gallagher vd., 1997.** Gallagher, K.A., Healy, M.G., Allen, S.J., In: Wise DL. (Ed.). *Global Environmental Biotechnology*. UK: Elsevier; 27,(1997)
- Gianfreda vd., 1999.** Gianfreda, L., XU, F., Bollag, J., M., 1999. Laccases: A Useful Group of Oxidoreductive Enzymes, *Bioremediation J.* 3: 1-26.
- Golz-Berner vd., 2004.** Golz-Berner, K., Walzel, B., Zastrow, L. and Doucet, O., 2004. Cosmetic and Dermatological Preparation Containing Copper- Binding Proteins for Skin Lightening. *Int Pat Appl.* WO2004017931.
- Grau., 1991.** Grau, P. 1991. *Textile Industry Wastewater Treatment*. *Water Science and Technology*. 24: 97-103.
- Gücin., 1983.** Gücin, F., 1983. Elazığ İli Sınırları İçinde Yetişen Bazı Makrofungusların Üzerinde Taksonomik Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Bornova, İzmir.

- Güngörmedi vd., 2009.** Gökhan Güngörmedi, Samet Şaşmaz, Pınar Aytar, Serap Gedikli, Arzu Ünal, Ahmet Çabuk, Nazif Kolankaya. Trametes Versicolor Biyokütlesi İle Reaktif Red 198 Boyarmaddesinin Biyosorpsiyonu. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt:XXII, Sayı:2, 2009
- Hadar vd., 1993.** Hadar, Y., Kerem, Z., Gorodecki, B., 1993. Biodegradation of Lignocellulosic Agricultural Wastes by Pleurotus ostreatus, Journal of Biotechnology, 30, 133-139.
- Haghighi vd., 2003.** Haghighi, B., Gorton, L., Ruzgas, T. and Jonsson, L.J., 2003. Characterization of Graphite Electrodes Modified With Laccase From Trametes versicolor and Their Use For Bioelectrochemical Monitoring of Phenolic Compounds in Flow Injection Analysis. Anal. Chim. Acta, 487: 3-14.
- Hao ve Chang., 2000.** Hao, O.J., Kim, H., Chang, P.C. 2000 Decolorization of wastewater. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 30 (4), 449-505.
- Hatakka., 1994.** Hatakka, A., (1994) "Lignin-Modifying Enzymes from Selected White-Rot Fungi: Production and Role in Lignin Degradation" Fems Microbiol Rev., 13: 125- 35.
- Hatakka., 2001.** Hatakka, A., 2001. Biodegradation of lignin. In: Hofrichter, M., Steinbüchel, A., editors. Biopolymers. Vol 1: Lignin, Humic Substances and Coal. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, pp. 129-180.
- Heinfling vd., 1998.** Heinfling, A., Martinez, M.J., Martinez, A.T., Bergbauer, M., Szewzyk, U., (1998) "Purification and Characterization of Peroxidases from the Dye decolorizing Fungus Bjerkandera adusta" Fems Microbiol. Lett., 165: 43- 50.
- Hofrichter., 2002.** Hofrichter, M., 2002. Review: Lignin Conversion by Manganese Peroxidase (MnP). Enzyme Microb. Technol. 30, 454-466.
- Holme., 1984.** Holme, I. 1984. Ecological Aspects of Color Chemistry. In: J Griffiths (Ed.), Developments in the Chemistry and Technology of Organic Dyes. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 111-128.
- Hu ve Wu., 2001.** Hu, T.L. and Wu, S.C., 2001. Assessment of The Effect of Dye RP2B on The Growth of a Nitrogen Fixing Cyanobacterium - Anabaena sp. Bioresource Technology, 77: 93-95.
- Huang vd., 1993.** Huang, Cp., C. Dong, Z. Tang. 1993. Advanced chemical oxidation: its present role and potential future in hazardous waste treatment. Waste Management, 13: 361-377.
- Jaouani vd., 2006.** Jaouani, A., Tabka, M.G. and Pennickx, M.J., 2006. Lignin Modifying Enzymes of Coriopsis polyzona and Their Role in Olive Oil Mill Wastewater Decolourisation. Chemosphere, 9: 1421-1430.
- Kahraman ve Yeşilada., 2001.** Kahraman, S., Yeşilada, O., 2001. Industrial and Agricultural Wastes as Substrates for Laccase Production by White Rot Fungi, Folia Microbiologica, 46, 133-136.
- Kahraman ve Yeşilada., 2003.** S. Kahraman, O. Yesilada, Decolorization and bioremediation of molasses wastewater by white rot fungi in semi-solid state condition, Folia Microbiol. 48:4 (2003) 525-528
- Kang ve Chang., 1997.** Kang, Sf., H.M.Chang. 1997. Coagulation of Textile Secondary Effluents With Fenton's Reagent. Water Science and Technology, 36, (12): 215-222.
- Kapdan vd., 2000.** Kapdan, I.K., Kargi F., McMullan G. ve Marchant, R., Enzyme Microbial. Technol. 26, 381 (2000).

- Kapdan ve Kargı., 2000.** Kapdan, İ., F.Kargı. 2000. Tekstil Boyarmaddeleri İçeren Atıksuların Aktif Çamur Ünitesinde Adsorpsiyonlu Biyolojik Arıtımı. I. Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, 4-6 Ekim, 71-80.
- Kawai vd., 1999.** Kawai, S., Nakagawa, M., Ohashi, H. (1999), "Aromatic ring cleavage of a nonphenolic b-O-4 Lignin Model Dimer by Laccase of *Trametes versicolor* in the Presence of 1- hydroxybenzotriazole", *FEBS Lett.* 446,355-358.
- Kersten vd., 1985.** Kersten, P., Tien, M., Kalyanaraman, B., Kirk, T., (1985) "The Ligninase from *Phanerochaete chrysosporium* Generates Cation Radicals from Methoxybenzenes" *J. Biol. Chem.*, 260: 2609 -2612.
- Kestioğlu ve Yalılı., 2006.** Kestioğlu, K. and Yalılı, M., 2006. Yüksek KOİ İçerikli Tekstil Atık Sularının Kimyasal Çökeltim ve Adsorpsiyon Yöntemleriyle Arıtılabilirliği. *Ekoloji*, 59: 27-31.
- Kışlahoğlu ve Berkes., 1994.** Doç. Dr.Mine Kışlahoğlu, Prof. Dr. Fikret Berkes Ekoloji ve Çevre Bilimleri, Büyük Fikir Kitapları Dizisi, 95, ikinci Basım - Ocak, 1994.
- Kirk vd., 2001.** Kirk, P., Cannon, P., David, J., Stalpers, J., (2001) "Dictionary Of The Fungi" 9th Edition.
- Kirk ve Cullen., 1998.** Kirk, T.K., Cullen, D. (1998) "Enzymology and Molecular Genetics of Wood Degradation by White Rot Fungi, in: Environmentally Friendly Technologies for the Pulp and Paper Industry" (Young, R.A., Akhtar, M., Eds.), pp.273-307. New York: John Wiley&Sons.
- Kirk ve Farrell., 1987.** Kirk, T., Farrell, R., (1987) "Enzymatic "Combustion": The Microbial Degradation of Lignin" *Annu Rev Microbiol.*, 41: 465-505.
- Knacmuss vd., 1996.** Knackmuss, H.J. 1996 Basic knowledge and perspectives of bioelimination of xenobiotic compounds, *Journal of Biotechnology* 51, 287-295.
- Knapp vd., 2001.** Knapp JS, Zhang F-M, and Tapley KN (1997). Decolourisation of Orange II by a wood-rotting fungus. *J Chem Technol* 69:289 –296.
- Kocaer ve Alkan., 2002.** Kocaer O., Alkan U., 2002, Boyarmadde içeren tekstil atıksularının arıtım alternatifleri, *Uludağ Üniv. Müh. Mimarlık Fak. Dergisi Cilt 7, Sayı 1*
- Kuan vd., 1993.** Kuan, I.C., Johnson, K.A., Tien, M., (1993) "Kinetic Analysis Of Manganese Peroxidase. The Reaction With Manganese Complex" *J. Biol. Chem.*, 268: 20064-20070.
- Kuan ve Tien., 1993.** Kuan, I.C., Tien, M., (1993) "Stimulation of Mn Peroxidase Activity: a Possible Role of Oxalate in Lignin Degradation" *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 90: 1242-1246.
- Kuhad vd., 1997.** 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.* Berlin: Springer Verlag: 1997.
- Kuwahara vd., 1984.** Kuwahara, M., Glenn, J., Morgan, M., Gold, M., (1984) "Separation and Characterization of Two Extracellular H₂O₂-Dependent Oxidases from Ligninolytic Cultures of *Phanerochaete chrysosporium*" *Febs Lett.*, 169: 247-250.
- Machado ve Matheus., 2006.** Kátia Maria Gomes Machado, Dácio Roberto Matheus, Biodegradation of Remazol Brilliant Blue R by Ligninolytic Enzymatic Complex Produced by *Pleurotus ostreatus*. *Curso de Ciências Biológicas, Universidade Católica de Santos, Santos, SP, Brasil; Seção de Micologia e Liqueologia, Instituto de Botânica, São Paulo, SP, Brasil*
- Mayer ve Staples., 2002.** Mayer, A. M., Staples, R. C., 2002. Laccase: New Functions for an Old Enzyme. *Phytochemistry* 60, 551-565.

- Mercimek., 2007.** Hatice Aysun Mercimek. 'Trametes Versicolor' un tekstil boyalarının gideriminde kullanım olanakları' Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi 2007 Adana.
- Minussi., 2001.** Minussi R. C., 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.
- Mou vd., 2002.** Duen-Gang Mou, Kim Kee Lim, Hwei Ping Shen., 2002. 'Microbial Agents for Decolorization of Dye Wastewater'. Development Center for Biotechnology, 81 Chang Hsing St., Taipei, Taiwan, Republic of China Available online 13 November 2002. *Biotechnol. Adv.*, 9:613-622
- Naumczyk vd., 1996.** Naumczyk, J., Szyprkiewicz, L. and Zilio-Grandi, F., 1996. Electrochemical Treatment of Textile Wastewaters. *Water Science and Technology*, 34(11): 17-24.
- Nemerov., 1978.** Nemerov, N.L., 1978. *Industrial Water Pollution Characteristic and Treatment*. Addison-Wesley Publishing Company, 733s.
- Novotny vd., 2001.** Capacity of *Irpex lacteus* and *Pleurotus ostreatus* for decolorization of chemically different dyes. Cenek Novotny, Bhavin Rawal, Manish Bhatt, Milind Patel, Vaclav Sasek, Hans Peter Molitoris. Institute of Microbiology, Academy of Sciences of the Czech Republic, Vvídenska 1083, 14220 Prague 4, Czech Republic. Botanical Institute, University of Regensburg, Universitätstra 31, D-93040 Regensburg, Germany. Department of Biosciences, S.P. University, Vidyanagar-388120, India. Received 26 June 2000. Revised 12 January 2001. Accepted 15 January 2001. Available online 20 November 2001.
- Nyanhango vd., 2002.** Nyanhango, G.S., Gomes, J., Gübitz, G.M., Zvauya, R., Read, J. and Steiner, W., 2002. Decolorization of Textile Dyes by Laccase From a Newly Isolated Strain of *Trametes modesta*. *Water Res.*, 36: 1449-1465.
- Orhon vd., 2003.** D.Orhon, I.Kabdasli, F.Germirli Babuna, S.Sozen, H.Dulkadiroglu, S.Dogruel, O.Karahan, G.Insel, Wastewater reuse for the minimization of fresh water demand in coastal areas-selected cases from the textile finishing industry, *J Environ Sci Health A*, 38, (2003), 1641-1657.
- Orth ve Tien., 1995.** Orth, A .B., Tien, M., 1995. *Biotechnology of Lignin Degradation*, In U. Kück (ed.), *The Mycota*, vol. II. Springer-Verlag, Germany. p. 287-302.
- Ölmez., 2003.** Ölmez, F.N., "Doğal Boyalardan Ve Pigmentlerden Elde Edilen Renklere İlişkin Latince Terimler". *Standart*. Yıl:42, Sayı:503, Kasım. (2003). S-46-5
- Özbel., 1949.** Özbel, K., *El Sanatları*. Halkevi Kılavuz Kitapları XI, (1949). s-8
- Özdemir., 2001.** Özdemir, İ. Yalnız Gezegen, Kaynak Yayınları, İstanbul.
- Pala., 2000.** Pala, A. 2000. *Tekstil Atıklarının Arıtılması ve Geri Kullanımı*. GAP-Çevre Kongresi. 2.Cilt s.645-654.
- Paszczynski vd., 1985.** Paszczynski, A., Huynh, V., Crawford, R., (1985) "Enzymatic Activities of an Extracellular, Manganese-Dependent Peroxidase from *Phanerochaete chrysosporium*" *Fems Microbiol Lett* 29: 37-41.
- Philips., 1996.** Philips, D., 1996. Environmentally Friendly, Productive and Reliable: Prioritized for Cotton Dyes and Dyeing Processes. *J. Soc. Dyers Color.*, 12: 183-186.
- Pilatin., 2004.** Sevil Pilatin. 'Beyaz Çürükçül Funguslar ile Tekstil Goyarmaddelerin Renginin Giderimi'. Doktora Tezi. Osmangazi Üniversitesi Eskişehir. 2004.

- Radhe vd., 2005.** Radha, K.V., Regupathi, I., Arunagiri, A., and Murugesan, T., "Decolorization studies of synthetic dyes using *Phanerochaete chrysosporium* and their kinetics", *Process Biochem.*, 40: 3337-3345, (2005).
- Raffi vd., 1995.** Raffi, F., Moore, J.D., Ruseler-Van Embden, J.G.H. and Cerniglia, C.E., 1995. Bacterial Reduction of Azo Dyes Used in Foods, Drugs and Cosmetics, *Microecology and Therapy*, 25: 147-156.
- Rajaguru vd., 2000.** Rajaguru, P., Kalaiselvi, K., Palanivel, M. and Subburam, V., 2000. Biodegradation of Azo Dyes in a Sequential Anaerobic-Aerobic System. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 54: 268-273.
- Ramchandani ve Khanna., 1994.** Ramchandani, S., Das, M. and Khanna, S.K., 1994. *Fd. Chemic. Toxic*, 32(6): 559-563.
- Robinson vd., 2001.** Robinson, T., G. McMullan, R. Marchant, P. Nigam. 2001. Remediation of Dyes in Textile Effluent: A Critical Review on Current Treatment Technologies With a Proposed Alternative. *Bioresource Technology*, 77: 247-255.
- Robles vd., 2000.** Robles, A., Lucas, R., Cienfuegos, G.A. and Galvez, A., *Enzyme and Microb. Technol.* 26, 484(2000).
- Rogalski vd., 1991.** 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 Polnica*, 40: 221-234.
- Sağlam vd., 1999.** Sağlam, N., Say, R., Denizli, A., Patır, S., Arıca, M.Y., *Proc. Biochem.* 34, 725(1999).
- Santos vd., 2007.** A.B. Santos, F.J. Cervantes and J.B. Lier, Review paper on current Technologies for decolourisation of textile wastewaters: Perspectives for anaerobic biotechnology, *Bioresource Technol.* (2007) baskıda.
- Schoemaker ve Leisola., 1990.** Schoemaker, H., Leisola, M., (1990) "Degradation of Lignin by *Phanerochaete chrysosporium*" *J Biotechnol.*, 13: 101- 109.
- Seventekin., 1988.** Seventekin, N. "Boyar Madde Kimyasına Giriş", Bornova-İzmir, (1988)
- Sevimli., 2000.** Sevimli, M.F., 2000. *Tekstil Endüstrisi Atıksularından Ozonlama İle Renk Giderimi ve Ozonlamanın Biyolojik Arıtılabilirliğe Etkisi*, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul, 192 s.
- Seyis ve Subasioglu., 2008.** Isil Seyis and Tugba Subasioglu. Comparison of live and dead biomass of fungi on decolorization of methyl orange. Hacettepe University, Department of Biology, Biotechnology Section, Beytepe, Ankara, Turkey. Accepted 23 May, 2008
- Slokar ve Marechal., 1998.** Slokar, Ym., Aml. Marechal. 1998. Methods of Decoloration of Textile Wastewaters. *Dyes and Pigments*, 37,(4): 335-356.
- Spinoza ve Vesilind., 2001.** Spinoza, L. ve Vesilind P.A., 2001. *Sludge into Biosolids: Processing, Disposal and Utilization*, IWA Publishing, United Kingdom.
- Steffen vd., 2000.** Steffen, K., Hofrichter, M., Hatakka, A., (2000) "Mineralization of ¹⁴C-Labelled Lignin and Production of Ligninolytic Enzymes by Selected Litter decomposing Basidiomycetes" *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 54: 819-825.
- Stolz., 2001.** Stolz A., 2001, Basic and Applied Aspects in the Microbial Degradation of Azo Dyes, *App. Microbiol Biotechnol.* 56: 69-80
- Sumathi ve Manju., 2000.** Sumathi, S., and Manju, B. S., 2000, Uptake of Reactive Textile Dyes *Aspergillus Foetidus*, *Enzyme and Microbial Technology*, 27: 347-355

- Swamy., 1998.** Swamy, J., 1998. The Biodecoloration of Textile Dyes by White - Rot Fungus *Trametes versicolor*. A Master Thesis Submitted to The Department of Chemical Engineering, 1-100.
- Swamy ve Ramsay., 1999.** Swamy J, Ramsay J (1999). The evaluation of white rot fungi in the decoloration of textile dyes. *Enzyme Microb. Technol.* 24: 130 – 137.
- Şen ve Demirer., 2003.** Şen, S. and Demirer, G.N., 2003. Anaerobic Treatment of Real Textile Wastewater With a Fluidized Bedreactor. *Water Research*, 37: 1868-1878.
- Talarposhti vd., 2000.** Talarposhti, A.M., Donnelly, T. And Anderson, G.K., 2000. Colour Removal From a Simulated Dye Wastewater Using a Two Phase Anaerobic Packed Bed Reactor. *Water Research*, 35(2): 425-432.
- Terasa vd., 2003.** Terasa C.S. Siguard-Kutner, Maria A.S. Lertao, Oswaldo K. Okomoto, Heavy Metal İnduce oksidative stress in Algae, *J. Phyool.* 39, 1008-1018 (2003)).
- Thurston., 1994.** Thurston, C.F. (1994), "The structure and function of fungal laccases." *Microbiology*, 140:1926.
- Toh vd., 2003.** Toh Y, Jia J, Yen L, Obbard JP, Ting Y (2003) Decolorization of azo dyes by white-rot fungi (WRF) isolated in Singapore. *Enzyme Microb Technol* 33:569–575
- Uğurlu., 2003.** Uğurlu, M., 2003. Kağıt Endüstrisi At ık Sulardan Lignin ve Fenol'ün Perlit Minerali İle Giderimi. *Ekoloji*, 47: 11-16.
- URL-1,** <http://turkislam.net/Bsm/icerik/saglik/Biyoloji/cevrekorumu.htm>
- URL-2,** www.igeme.org.tr
- Uzal vd., 2005.** Uzal, N., Yılmaz, L. and Yetiş, Ü., 2005. İndigo Boyama Atıklarının Ön Arıt ımı: Kimyasal Çöktürme Ön Filtrasyon Süreçlerinin Karşılaştırılması. 6. Ulusal Çevre Müh. Kongresi, 429-437.
- Üçpınar., 2003.** Üçpınar, S., 2003. Sıvı At ıklar. Boğaziçi Üniversitesi Çevre BilimleriDergisi, 5: 9-18.
- Vaidya ve Datye., 1982.** Vaidya, A.A and Datye, K. V., 1982, Environmental Pollution During Chemical Preccessing of Synthetic Fibres, *Colorage*, 14: 3-10
- Van Der Zee., 2002.** Van der Zee, F.P. 2002 Anaerobic azo dye reduction. Doctoral Thesis, Wageningen University. Wageningen, The Netherlands, 142 pages.
- Vandevivere vd., 1998.** Vandevivere, PC., Bianchi, R. and Versraete, W., 1998. Treatment and Reuse of Wastewater From The Textile Wet - Processing Industry: Review of Emerging Technologies. *Chem. Technol. Biotechnol.*, 72: 289-302
- Welham., 2000.** Welham, A. 2000 The theory of dyeing (and the secret of life). *J. Soc. Dyers Colour.* 116, 140-143.
- Wesenberg vd., 2002.** 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.
- Wesenberg vd., 2003.** D. Wesenberg, I. Kyriakides and S.N. Agathos, White rot fungi and their enzymes for the treatment of industrial dye effluents, *Biotechnol Adv*, 22 (2003) 161-167.
- Wilmott vd., 1998.** N. Wilmott, J. Guthrie and N. Gordon, The biotechnology approach to colour removal from textile effluent, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 114 (1998) 38-41.
- Xu., 1996.** Xu, F., 1996. Oxidation of Phenols, Anilines, and Benzenethiols by Fungal Laccases: Correlation Between Activity and Redox Potentials as well as Halide Inhibition, *Biochemistry*, 35, 7608-7614.

- Yang vd., 2009.** Xiu Qing Yanga, Xiao Xia Zhaoa, ChengYunLiub, Yuan Zhenga, Decolorization of azo, triphenylmethane and anthraquinone dyes by anewly isolated *Trametes sp.* SQ01 and its laccase. Shi Jun Qianc Institute of Biotechnology, Shanxi University, Wuchenglu 92, Taiyuan 030006, PR China‘Shanxi Medical University, Taiyuan 030001,PR Chinac Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, PR China. Received 17 April 2009. Revised 16 June 2009. Accepted 18 June 2009. Available online 30 June 2009.
- Yeşilada vd., 1990.** Yeşilada, Ö., and Topçuoğlu, F. Ş., Ünyayar, A., Ünyayar, S., Fışkın, K. and Bozcuk, S., 1990. Şlempe İçeren İnkübasyon Ortamında Bazı Beyaz Çürükçül Funguslarda Absisik Asit(ABA) Üretimi. 5. Ulusal Biyoloji Kongresi, Erzurum.
- Yeşilada vd., 2002.** Ö. Yesilada, S. Cıng, D. Asma, Decolourization of the textile dye Astrazon Red FBL by *Funalia trogii* pellets, *Bioresource Technology*, 81 (2002) 155-157.
- Yeşilada ve Bozcuk., 1990.** Yeşilada, Ö., and Bozcuk, A.N., 1990. Alkol Fabrikası Atığının Renginin Gideriminde Bazı Beyaz Çürükçül Fungusların Kullanımı. Çevre Biyolojisi Sempozyumu, Ankara.
- Yıldırım vd., 2010.** Numan Yıldırım, Nuran Cıkcıkoğlu Yıldırım, Abdunnasır Yıldız. Evaluation of three strains of *Pleurotus eryngii* İsolated from geographically Different Regions of Turkey for Their Ability to Docolorize Methylene Blue and Chriystal Violet. *Fresenius Environmental Bulletin*. 19: 447-451.
- Young ve Yu., 1997.** Young Y. and Yu J., 1997, Ligninase-catalysed Decolorization of Synthetic Dyes, *Water Res.*, Department of Chemical Engineering, Hong Kong University of Science & Technology, Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong, China. 31(5): 1187-1193
- Yoshida., 1883.** Yoshida, H. (1883), "Chemistry of Lacquer (Urushi)" part I, *J.Chem.Soc.*43,472-486.
- Zhang vd., 1996.** Zhang, F., Knapp, J.S. and Tapley, K.N., “ Decolorization of cotton bleachingeffluent with wood rotting fungus”, *Water Res.*,3(4): 919-929, (1996).
- Zissi ve Lyberatos., 1996.** Zissi, U., Lyberatos, G. 1996 Azo-dye biodegradation under anoxic conditions. *Water Science and Technology* 34(5-6), 495-500.
- Zollinger., 1987.** Zollinger, H. 1987. *Colour Chemistry – Syntesis, Properties of Organic Dyes and Pigments.* VCH Publishers, New York, pp. 92-100.
- Zollinger., 1991.** Zollinger, H., 1991, *Color Chemistry*, 2nd Edition, VCH Publishers, New York.

7. ÖZGEÇMİŞ:

1980 yılında Adıyaman' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Adıyaman' da tamamladı. 1998 yılında 100. Yıl Üniversitesi Biyoloji Öğretmenliği Bölümü' nde lisans eğitimine başladı. 2003 yılında Tezsiz Yüksek Lisan ünvanı ile mezun oldu. 2009 yılında Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.