

TC
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL BOYALARININ RENGİNİN GİDERİMİNDE
MİKROORGANİZMA KULLANIMI

105441

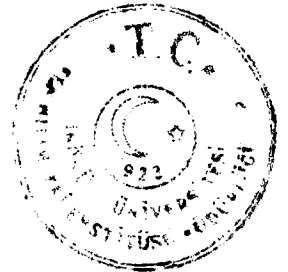
SEVAL CİNG

105441

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

MALATYA
Eylül 2001

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU




Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,


Bu çalışma Jürimiz tarafından Biyoloji Anabilim dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.



Doç.Dr. Özfer YEŞİLADA
Başkan



Yrd.Doç.Dr. Hikmet GEÇKİL
Üye



Yrd.Doç.Dr. Sibel (Şık) KAHRAMAN
Üye

Onay

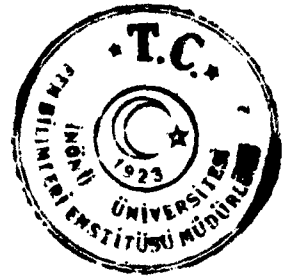
Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

8.. 11.0 / 2001

Prof. Dr. Satılmış KAYA
Enstitü Müdürü



Ailem'e ve Tüm Öğretmenlerim'e



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİL BOYALARININ RENGİNİN GİDERİMİNDE MİKROORGANİZMA KULLANIMI

Seval CİNG

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

69 + viii sayfa

2001

Danışman: Doç. Dr. Özfer YEŞİLADA

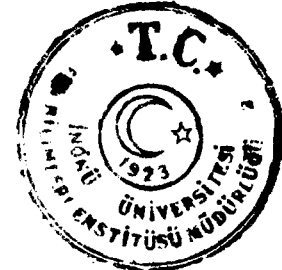
Sentetik boyalar, tekstil ve boya endüstrilerinden açığa çıkan endüstriyel atıksular ile çevreye verilir. Bu renkli atıksuların nehirlerle ve göllere deşarjından dolayı güneş ışığının akuatik canlılara ulaşması azalır. Bu da fotosentetik aktivitenin ve çözünmüş oksijen oranının azalmasına sebep olur. Bazı boyalar ve atıksular ayrıca toksik ve genotoksiktir. Ayrıca tekstil boya ları mikrobiyolojik yıkıma dirençlidir. Beyaz çürükcül funguslar geniş oranda yapısal olarak farklı kirleticileri yıkabilir. Bu çalışmada beyaz çürükcül fungusların renk giderim aktivitesi test edilmiştir.

Başlangıç pH'sı, boya konsantrasyonları, pelet miktarı, sıcaklık ve çalkalama gibi çeşitli koşulların *Funalia trogii*'nin renk giderim aktivitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Başlangıç pH'sı hariç bütün durumların *F. trogii*'nin renk giderim aktivitesi üzerinde önemli olduğu bulunmuştur. *F. trogii* peletlerinin renk aktivitesinin uzunluğu tekrarlı-kesikli çalışmalarda ayrıca araştırılmıştır. 13-132 mg/l gibi düşük boya konsantrasyonlarında peletlerin renk giderim verimi 5 gün için yüksek ve kararlı kalmıştır. Boya konsantrasyonun 264 mg/l olduğu durumlarda tekrarlı-kesikli çalışmanın ilk 3 gününde yaklaşık % 96 oranında yüksek renk giderim verimi elde edilmiştir. Fakat renk giderim verimi çalışmanın 5. gününün sonunda düşmüştür. Pelet miktarının değiştirilmesi renk giderim yüzdesini ve peletlerin kararlılığını artırmıştır. Başlangıç safhasında fungus peletleri tarafından renk giderimi boya bileşiklerinin adsorpsiyonu ile gerçekleşirken devamında mikrobiyal metabolizma sonucu oluşan biyolojik yıkım ile gerçekleşmiştir.

F. trogii'nin renk giderim aktivitesini uzatmak ve verimini arttırmak için test ortamına $MnSO_4$, NH_4Cl , glukoz ve peyniraltı suyu ilave edilmiştir. Glukoz ve peyniraltı suyu kullanıldığı zaman yüksek ve kararlı renk giderimi 10 günlük tekrarlı-kesikli çalışmada elde edilmiştir.

F. trogii'den başka diğer beyaz çürükcül fungusların da renk giderim aktiviteleri test edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Tekstil boyası, boya, beyaz çürükcül funguslar, *Funalia trogii*, renk giderimi



ABSTRACT

Master Thesis

USE OF MICROORGANISM FOR DECOLORIZATION OF TEXTILE DYES

Seval Cing
Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

69 + viii pages

2001

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özfer YEŞİLADA

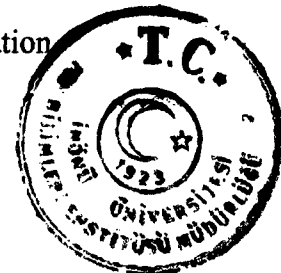
Synthetic dyes are released into the environment in industrial effluents from textiles and dyestuff industries. The discharge of those colored wastewater into rivers and lakes leads to reduction of sunlight penetration in natural water bodies which in turn decreases both photosynthetic activity and dissolved oxygen concentration. Some dyes and wastewaters are also toxic and genotoxic. Moreover, textile dyes are also resistant to microbial degradation. White rot fungi can degrade wide variety of structurally diverse pollutants. In this study, we tested the decolorizing activity of white rot fungi.

The effects of various conditions such as initial pH, dye concentrations, amount of pellet, temperature and agitation on decolorizing activity of *Funalia trogii* were investigated. These except initial pH were all found to be important for dye decolorizing activity of *F. trogii*. The longevity of the decolorization activity of *F. trogii* pellets was also investigated in repeated batch mode. At low dye concentrations such as 13-132 mg/l, the decolorization performance of the pellets remained high and stable for 5 days. High decolorization efficiency of nearly 96 % was obtained within the first 3 days of repeated batch operation for the dye concentration of 264 mg/l. However, decolorization efficiency decreased at the end of 5 days of operation. Variations in the amount of pellet increased the decolorization % and stability of pellets. The decolorization of the dye involved adsorption of the dye compound by fungal pellets at initial stage, followed by the biodegradation through microbial metabolism.

MnSO₄, NH₄Cl, glucose and cheese whey were added into test media for increasing efficiency and longevity of decolorization activity of *F. trogii*. When glucose and cheese whey were used, high and stable decolorization efficiency was obtained within the 10 days of repeated batch operation (initial dye concentration was 264 mg/l).

The decolorizing abilities of white rot fungi other than *F. trogii* were also tested.

KEYWORDS: Textile dye, dye, white rot fungi, *Funalia trogii*, decolorization



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanmasında, hazırlanmasında, gerek deneysel gerekse teorik çalışmalarım sırasında değerli katkılarda bulunan, yardım, öneri ve desteğini esirgmeden beni yönlendiren, bilimsel etiği her zaman yaşatan ve yaşayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Özfer YEŞİLADA'ya;

Çalışmalarım sırasında bilgi ve her türlü yardımlarını gördüğüm Dr. Dilek (Hamamcı) ASMA ve Yrd. Doç. Dr. Sibel (Şık) KAHRAMAN'a;

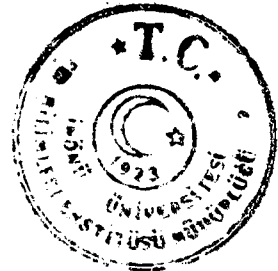
Çalışmalarım boyunca bana destek olan Eğitim Fakültesi araştırma görevlilerinden Arş. Grv. Elif APOHAN, Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencilerinden Başar OTLU ve Ufuk Günay DOĞAN'a;

Sonuçların görüntülenmesinde yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT'e;

Tekstil ve boya fabrikası atıklarının yıkımında beyaz çürükçül fungusların kullanımının araştırılması (97K121480 Numaralı) projesini destekleyen Devlet Planlama Teşkilatı'na;

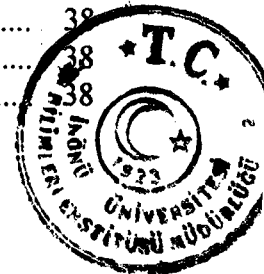
Ayrıca hayatım boyunca yardımlarını ve desteklerini gördüğüm AİLEM'e ve özellikle ablam Meral CİNG'e;

en içten duygularıyla teşekkür ederim.

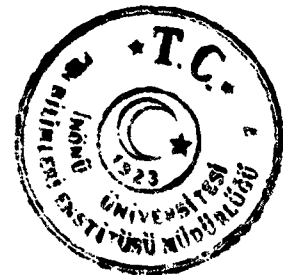


İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. Çevre ve çevre kirliliği.....	1
3. Atık sulara kirletici etki oluşturan bazı unsurlar.....	2
1.3. Atık suların su kaynaklarında ve toprak ekosisteminde yarattığı bazı Sorunlar.....	4
1.4. Tekstil sanayi	5
1.5. Üretim süreçleri	5
1.5.1. Yün (Hayvansal elyaf)	5
1.5.2. Pamuk (Bitkisel elyaf)	6
1.5.3. Sentetik elyaflar	6
1.6. Tekstil atık suları ve özellikleri	8
1.6.1. Tekstil atık sularının alıcı ortamlara deşarj standartları	9
1.7. Tekstil endüstrisi atık sularını bazı arıtım yöntemleri	9
1.8. Boyar maddelerle ilgili genel bilgi	11
1.8.1 Boyama özelliklerine göre sınıflandırma	12
1.9. Renk gideriminde kullanılabilecek bazı yöntemler.....	13
1.9.1. Adsorpsiyon	13
1.9.2. Membran sistemi	14
1.9.3. Ozonifikasyon	14
1.9.4. Biyolojik arıtım	15
1.9.5. Koagülasyon/flokülasyon	16
1.9.6. Kimyasal arıtım yöntemleri (Oksidasyon ve indirgenme)	16
1.9.7. Elektrokimyasal teknoloji	17
1.9.8. Fotokatalizasyon	18
1.9.9. Aktif çamur ve koagülasyon/flokülasyon yöntemlerinin birleştirilmesi	18
1.10. Biyoteknoloji	20
1.10.1 Çevre ve atık biyoteknolojisi	20
1.11. Fungusların biyoteknolojik açıdan önemi	20
1.12. Beyaz çürükçül funguslar.....	21
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	23
2.1. Beyaz çürükçül funguslarla yürütülen boyar madde yıkımı ve renk giderimi çalışmaları	23
2.2. Renk gideriminde kullanılan diğer funguslar	32
2.3. Bakteri kültürleri ile renk giderimi	33
2.4. Alg kültürleri ile renk giderimi.....	36
3. MATERYAL VE YÖNTEM	37
3.1. Çalışmada kullanılan boyar madde	37
3.2. Çalışmada kullanılan boyar maddenin hazırlanması	37
3.3. Çalışmada kullanılan besiyerleri	37
3.3.1. Çalışmada kullanılan kontrol gruplarının hazırlanması	38
3.4. Çalışmada kullanılan funguslar	38
3.5. Çalışmada kullanılan fungusların üretimi ve saklanması	38
3.6. Çalışmada kullanılacak stok fungus kültürlerinin hazırlanması	38

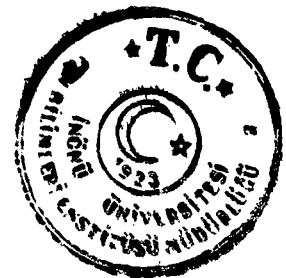


3.7.	Fungusların ekimi ve üretimi.....	39
3.8.	Optimizasyon çalışmaları	39
3.8.1.	Başlangıç pH'sının renk giderimi üzerindeki etkisinin saptanması.....	39
3.8.2.	Boya konsantrasyonunun renk giderimi üzerine etkisinin saptanması	40
3.8.3.	Sıcaklığın renk giderimi üzerine etkisinin saptanması	40
3.8.4.	Çalkalamanın renk giderimi üzerine etkisinin saptanması	40
3.8.5.	Pelet miktarının renk giderimi üzerine etkisinin saptanması	40
3.8.6.	Canlı ve ölü peletlerin renk giderimi üzerine etkisinin saptanması	40
3.9.	Muamele süresinin renk giderimine etkisi	41
3.10.	Tekrarlı-kesikli çalışmalar	41
3.11.	Besiyerine eklenen ek kaynakların renk giderim verimi üzerine etkisinin saptanması	41
3.12.	Farklı fungus kültürleri ile yürütülen çalışmalar	41
3.13.	Analizler	42
3.13.1.	Boyar madde içeren besiyerinin renk değişiminin ölçümü.....	42
3.13.2.	Kültür ortamındaki lakkaz aktivitesinin saptanması	42
3.13.3.	Kültür ortamındaki biyokütle miktarının ölçümü	42
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	43
4.1.	Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin <i>F. trogii</i> tarafından giderimi..	43
4.2.	Pelet kullanılarak yapılan renk giderimi çalışmaları	44
4.2.1.	Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin fungus kullanılarak giderilmesi.....	44
4.2.2.	<i>F. trogii</i> peletlerinin A. Kırmızı FBL boyasının rengini giderme yeteneğinin zamana bağlı değişimi.....	44
4.2.3.	Çalkalamanın renk giderimi üzerine etkisi	45
4.2.4.	Sıcaklığın renk giderimi üzerine etkisi	46
4.2.5.	Başlangıç pH'sının renk giderimi üzerine etkisi	46
4.2.6.	Boya konsantrasyonunun renk giderimi üzerine etkisi	48
4.2.7.	Pelet miktarının renk giderimi üzerine etkisi	49
4.2.8.	Tekrarlı-kesikli çalışmalar	49
4.2.9.	Besiyerine ek maddeler eklenerek yapılan tekrarlı-kesikli renk giderimi çalışmaları	53
4.2.10.	Peyniraltı suyunun renk giderim verimine etkisi.....	54
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	57
6.	KAYNAKLAR	59
7.	EKLER	64



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Pamuk süreci akım şeması	7
Şekil 4.1.	Zamana bağlı olarak <i>F. trogii</i> 'nin üreme ve A. Kırmızı FBL boyasının rengini giderimi.....	43
Şekil 4.2.	Çalkalamanın Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin giderimine etkisi.....	46
Şekil 4.3.	Sıcaklığın Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin giderimine etkisi.....	47
Şekil 4.4.	Başlangıç pH'sının Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin giderimine etkisi	47
Şekil 4.5.	Başlangıç boya konsantrasyonunun Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin giderimine etkisi.....	48
Şekil 4.6.	Tekrarlı-kesikli renk giderim çalışması	50
Şekil 4.7.	Tekrarlı-kesikli renk giderim çalışması	51
Şekil 4.8.	Tekrarlı-kesikli renk giderim çalışması	52
Şekil 4.9.	Glukoz miktarının renk giderim verimine etkisi.....	53
Şekil 4.10.	Peyniraltı suyu ve glukozun renk giderim verimine etkisi	56



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Yün işleme sürecinden çıkan atık suların ortak özellikleri	8
Çizelge 1.2.	Pamuk işleme sürecinden çıkan atık suların ortak özellikleri.....	8
Çizelge 1.3.	Tekstil sanayi (Pamuklu ve benzerleri) atık suyu deşarj standartları	9
Çizelge 1.4.	Tekstil atık sularının renginin gideriminde olası bazı Yöntemler	19
Çizelge 2.1.	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> ile yapılan renk giderimi Çalışmaları	24
Çizelge 2.2.	Kristal viyolenin(50µg/10ml) renginin giderilmesi	25
Çizelge 2.3.	<i>C. Versicolor</i> , <i>F. Erogi</i> , <i>P. Sajor-caju</i> ve <i>P. Chrysosporium</i> Ham kültür filtratının ile çeşitli boya renklerinin giderimi (%)..	27
Çizelge 2.4.	Renk giderme yeteneği olan diğer funguslar	32
Çizelge 2.5.	Karışık bakteri kültürü ile yapılan renk giderimi çalışmaları	34
Çizelge 3.1.	Stok temel besiyerinin (STB) içeriği	37
Çizelge 4.1.	Farklı fungus peletleri kullanılarak Astrazon Kırmızı ve Astrazon Mavi boyasının renginin 30°C, 150 rpm ve 24 saatlik İnkübasyon sonucunda giderimi.....	44
Çizelge 4.2.	<i>F. Erogi</i> peletlerinin A. Kırmızı FBL boyasının rengini zamana Bağlı olarak giderme verimi	45
Çizelge 4.3.	Farklı pelet miktarlarının (<i>F. Erogi</i>) A. Kırmızı FBL Boyasının renginin giderimi (%) üzerine etkisi.....	49
Çizelge 4.4.	Farklı kaynakların renk giderimine ve lakkaz aktivitesine etkisi...	54
Çizelge 4.5.	Farklı kaynakların renk giderimine ve lakkaz aktivitesine etkisi...	55



1. GİRİŞ

1.1. Çevre ve Çevre Kirliliği

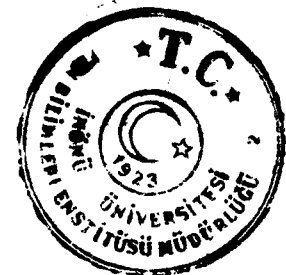
Çevre, insanların biyolojik, sosyal ve ekonomik işlevlerini sürdürdükleri ortam olarak tanımlanabilir. Canlı ve cansız çevre arasında doğal olarak sürdürülen ilişkiler zinciri vardır. Canlı ve cansız varlıkların beraberliğinden oluşmuş doğa statik olmayıp dinamik bir yapıya sahiptir. Doğanın dinamizmi canlı ve cansızlar arasında sürdürülen ilişkilerden oluşmuştur. Bu ilişkiler bir düzen ve denge içinde gelişir. Bu dengeye ekolojik denge denir. Yüzyıllar boyunca kendiliğinden işlevini sürdüren ekolojik denge insanlar tarafından artık bu işlevini göremeyecek şekilde bozulmaya başlamıştır. Doğanın kendi yapısı içinde barındıramadığı veya yok edemediği sanayi atıklarının miktarı ekolojik dengeyi bozacak boyutlara ulaşmıştır.

Çevre kirliliği ve çevre sağlığını tehdit eden unsurların gün geçtikçe artması günümüzde çok önemli problemlere yol açmaktadır. Çevreye atılan ve geri kazanılamayan veya değerlendirilemeyen her madde atık olarak tanımlanabilir. Bu açıdan baktığımız zaman 3 tip atık problemi olduğunu söyleyebiliriz. Bunlar sıvı, katı ve gaz formundaki atıklardır.

Sıvı atıkları 3 gruba ayırabiliriz:

- 1- Evsel atık sular
- 2- Endüstriyel atık sular
- 3- Doğaya direkt veya indirekt şekilde bulaşan sıvı formdaki maddeler (petrol kirliliği gibi).

Enerji santralleri, konutlar, endüstri kuruluşları, tarım ve hayvancılık uygulamaları sonucu açığa çıkan ve değerlendirilemeyen veya geri kazanılamayan sular atık su olarak tanımlanır. Evsel atık sular ve endüstriyel atık suların karakteri birbirinden çok farklıdır. Örneğin evsel atık sularda bulunan patojen mikroorganizmalar önemli bir sağlık problemi nedeni iken genelde endüstriyel atık sularda patojen mikroorganizmalar bulunmaz. Endüstriyel atık suların da ait olduğu endüstrinin özelliğine bağlı olarak özellikleri çok değişken olabilmektedir. Örneğin gıda endüstrisi atık sularının karakteri kimya endüstrisi atık sularından çok daha yumuşaktır.



Günümüzde endüstriyel atık suların miktarı ekolojik dengeyi bozar duruma gelmiştir. Tekstil-boya, alkol, zeytinyağı, peynir altı suyu ve bunun gibi atık suların günümüzde miktarı çok artmıştır.

Türkiye hızla sanayileşen bir ülkedir ve tekstil sanayinde de dev adımlar atmaktadır. Fakat bu büyük ölçekli gelişim aynı zamanda yüksek miktarda atık su problemi oluşturmaktadır. Tekstil endüstrisinde yüksek miktarda su ve boya girdisi vardır. Buna bağlı olarak yüksek miktarda su ve boyar madde atık su olarak atılmaktadır. Tekstil atık sularının ortak özelliği yüksek BOİ, sıcaklık, yüksek pH ve boyar maddelerden gelen renktir. Renk atık sularda tanımlanmış ilk kirleticidir ve nehirlere veya karaya deşarj edilmeden önce atık sudan uzaklaştırılmalıdır. Boyar maddeler görünüm, ışık geçirgenliği ve gaz çözünürlüğünü etkilemektedir. Bu özelliklerinden dolayı alıcı ortama verilmeden önce mutlak suretle rengin giderilmesi gereklidir [1]. Boyar maddeler ve tekstil fabrikası atık sularının bir kısmının toksik etkileri de bildirilmiştir [2, 3].

Atık suların genelde verildiği alıcı ortamlar göller ve diğer doğal su kaynaklarıdır. Su, insanların içme, kullanma, sanayi ve tarımsal amaçlı gereksinimlerini karşıladıktan sonra nitelik yönünden çeşitli değişimlere uğrar. Bünyesinde sağlığa zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri içeren sular bunların kolayca bir bölgeden diğer bölgeye taşınmasına da aracılık eder. Dünyadaki suyun % 95'i tuzlu sudur ve tatlı suyun büyük bir kısmı buzullarda ve yeraltındadır (% 4.9). Buna göre kullanılabilen su miktarı % 0.1'dir [4].

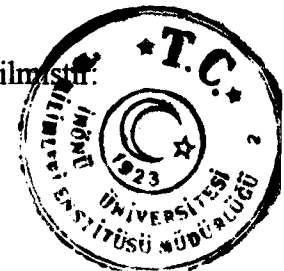
Türkiye'de su kıtlığı olmamakla beraber kişi başına yıllık içilebilir tatlı su miktarı 1955 yılında 8509 m³ iken 1990 yılında 3026 m³ olarak tespit edilmiştir. Bu değer 2025 yılında 2186 metreküpe düşeceği tahmin edilmektedir [4].

1.2. Atık sularda Kirletici Etki Oluşturan Bazı Unsurlar

İnsan ve diğer canlılar için vazgeçilmez bir öge olan su kaynakları çeşitli etkinlikler sonucu sıvı ve katı atıklar için alıcı ve uzaklaştırıcı olarak da görev yapar. Böylece suların bileşimi sürekli değişime uğrar. Bu nedenle atık suların çevreye olan etkilerini değerlendirirken çok geniş, çok kompleks ve çok sayıda parametreleri olan değişik sektörleri ilgilendirmesi kaçınılmazdır.

Atık sulardan kaynaklanan bazı kirlilik unsurları aşağıda belirtilmiştir:

a) Patojen mikroorganizmalar (özellikle evsel atık sular)



- b) Ağır metaller ve bileşikleri
- c) Radyoaktif maddeler
- d) Azotlu bileşikler
- e) İnorganik maddeler
- f) Renk
- g) pH
- h) Sıcaklık
- i) Organik maddeler
- j) Fenolik bileşikler vs.,

Özellikle suların hijyenik açıdan bozulmasının yanısıra hayvan yemleri ve besinlerin sakıncalı düzeyde kirlenmesine neden olan patojen bakteri türleri arasında *Escherichia coli*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tetani* *Staphylococcus aureus*, *Shigella dysenteriae* ve bir amip olan *Entamoeba histolytica* yer alır. Bunlar özellikle kliniklerin, hastanelerinin atık suları, evsel atık sular, kanalizasyon alıcı ve taşıyıcı sistemlerde görülür.

Arsenik, alüminyum, baryum, bor, çinko, bakır, civa, demir, kurşun, kadmiyum, krom, kobalt, nikel, selenyum, gümüş, mangan gibi maddelerin önemli çevresel toksik etkileri vardır. Bunlara maruz kalan canlılarda akut, subakut ve kronik zehirlenme ile ölüm, reproduktif sistemle ilgili bozukluklar gözlenmektedir. Yapılan bir çalışmada ağır metallerin doza bağlı genotoksik etkisi bildirilmiştir [5]. Ayrıca ağır metallerin böceklerin üzerine negatif etkileri de rapor edilmiştir [6].

Teknolojik gelişmeye paralel olarak endüstri atıklarının içerdikleri maddelerin bir yandan çeşidi artmakta, diğer taraftan da bu bileşiklerin kimyasal yapıları kompleks bir hal almaktadır. Petrokimya, tekstil, boya, maden vb. gibi endüstri kollarından çıkan suların çevre kirlenmesinde olumsuz etkileri oldukça fazladır. Çünkü bu endüstriyel atık suların bileşiminde aromatik ve alifatik hidrokarbonlar, ağır metaller, plastikler, siyanür, fenol, poliklorobifenil, pestisidler ile renk, köpük ve ısı gibi kirleticiler de vardır. Renk (tekstil), köpük (kağıt endüstrisi ve deterjanlar) gibi kirleticiler estetik açıdan olumsuz parametrelerdir. Bu kirleticiler ışığın su ortamına geçişini azaltarak sudaki doğal ekolojik dengeyi bozar. Diğer bir kirleticisi olan sıcaklık ise akuatik canlıların büyüme hızını yükselterek organik maddelerin dekompozisyonunu hızlandırır. Böylece oksijen tüketim hızı artar. Ayrıca sıcaklık ile O₂ çözünürlüğü ters orantılıdır [7].



1.3. Atık suların Su Kaynaklarında ve Toprak Ekosisteminde Yarattığı Bazı Sorunlar

a) **Yeraltı suyu:** Yeraltı suyunun kirlenmesinin en büyük nedeni evsel ve endüstriyel atık suların arıtılmadan alıcı ortama verilmesidir. Katı, sıvı ve gaz atıklar alıcı ortama verildikten sonra iklim durumuna, toprağın yapısına, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yer altı sularına taşınır. Mikroorganizmalar yer altı suyuna taşınım sırasında doğal olarak temizlenmesine rağmen deterjanlar gibi parçalanmaya dirençli bileşikler yeraltı suyuna bulaşarak içme suyu açısından sorun yaratabilir [8].

b) **Akarsular:** Akarsularda doğal arıtım görülür. Bu arıtım akarsuyun özellikleri ve iklim koşulları ile ilgilidir. Yavaş akan ve havuzlanma özelliği gösteren akarsuların havalanma hızı yavaş olduğundan doğal arıtım olayı uzun sürmektedir. Sığ ve dik akarsu yatakları iyi bir havalanma sağlar. Akarsu boyunca ilerken drenaj alanın dolayısıyla su miktarının artışıyla derişim düşer ve pek çok kimyasal madde reaktif özellikte olduğundan biyolojik ayrışma olur [9].

c) **Göller:** Akarsulara göre akış kısıtlaması olan göllerdeki kirliliğinin boyutları daha farklıdır. Özellikle dışarıya akışı olmayan göllerde fosforca zengin olan evsel atık suları, bazı endüstri atık suları gölde beslenmeyi artırarak fotosentezle aşırı alg üremesine ve organik madde miktarlarının artmasına neden olur. Dere ve göllerde normal çözülmüş oksijen miktarı tükenerek 1 mg/l'nin altına düşebilir ve bu değerin altında balıklar yaşamaz. Çözülmüş oksijenin azalması sonucu hiper ötrofikasyon meydana gelir. Ayrıca anaerobik yaşamın artması ile koku problemi de meydana gelir [4].

d) **Denizler:** Denizlerdeki kirlenme deniz kıyısındaki yerleşim yerlerinden ve endüstrilerden doğrudan meydana geldiği gibi akarsular, yağmur, hava kirliliği ile de daha uzak bölgelerden kirleticilerin taşınmasıyla da olabilir.

e) **Toprak Ekosistemi:** Toprak, doğal ekosistemin önemli bir parçasıdır. Bitkiler için bir yaşam ve beslenme ortamıdır. Toprak kendine özgü karakterleri olan ve kendini yenileyemeyen üç boyutlu, doğal, canlı ve dinamik bir sistemdir.

Kirlenmiş olan suların tarımda sulama amacıyla kullanılması sonucunda kirleticiler toprağa geçmektedir. Topraklar kirleticilere karşı tamponlama kapasitesi yüksek olan sistemlerdir. Ancak uzun dönemde kirleticilerin konsantrasyonu toprakların tamponlama kapasitesini aştığında topraklarda besin elementi miktarı ve dengesinin olumsuz yönde değişimi, pH değişimi, tuzluluk, alkalilik, b



sonucu toksisite ve toprakların fiziksel, biyolojik özelliklerinde olumsuz değişimler gibi önemli sorunlar ortaya çıkar. Atık sular nedeniyle topraklarda orta çıkan bu sorunlar bitki gelişimi ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir [10].

1.4. Tekstil Sanayi

Tekstil endüstrisi bugün en çok su kullanan ve bunun sonucunda büyük miktarda atık su üreten endüstrilerden birisidir. Tekstil endüstrisinde ana işlemler ham elyafi temizleme, dokuma, boyama, baskı ve apre işlemleridir. Bu işlemlerin bir kısmı mekanik olup su gerektirmez. Ancak tekstil işlemlerinin çoğu ham elyafa çeşitli inorganik, organik maddelerin ve suyun eklenmesini gerektirir. Değişik kimyasal maddelerin işlemlere girmesi ve ham elyafın yabancı maddelerden arındırılması sonucunda içinde çeşitli kirleticilerin bulunduğu atık sular oluşur. Tekstil atıklarının ortak özellikleri yüksek pH, çok fazla miktarda askıdaki maddeler ve çeşitli boyaların neden olduğu renkliliktir.

Tekstil üretiminde kullanılan elyafları iki grupta toplayabiliriz:

1- Doğal Elyaflar

- a) Yün (Hayvansal)
- b) Pamuk (Bitkisel)

2- Sentetik

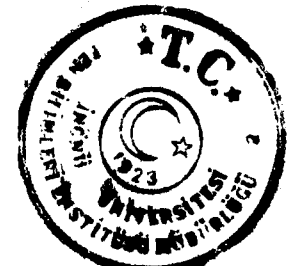
- a) Yarı- Sentetik: Suni ipek (viskoz, rayon), asetat.
- b) Tam Sentetik: Poliamid (naylon), poliakrilik (orlon), poliester (dakron) [11]

1.5. Üretim Süreçleri

1.5.1. Yün (Hayvansal elyaf)

Ham olarak yünde çok miktarda doğal yabancı maddeler bulunur. Bunlar hayvanın doğal olarak vücudundan attığı ter ve yağlı maddeler, çevreden gelen toz, çöp, bitkisel maddeler, toprak, hastalıktan korunmak için yapılan ilaçlardır. Böylece alınan yünün sadece % 40'ı kullanılabilir elyafi oluşturur. Geriye kalan % 60'lık kısım ise proseste ayrılarak atılır.

Sıcak yıkama, temizleme işlemlerinde ham yünde bulunan bütün doğal yabancı maddeler sıcak deterjanlı su ile 3-4 ünite de yıkanarak arıtılır.



Boya işleminde, yün elyaf açıldıktan sonra statik elektriği azaltmak ve dokumayı kolaylaştırmak için yağ ve su karışımı elyafın üstüne püskürtülür.

Dolgunlaştırma işleminde seyrek olarak dokunmuş elyafa sabun ve sodyum karbonat karışımı eklenerek daha sıkı hale getirilir. Dolgunlaştırma çözeltisinin fazla kısmı kumaştan sıkılarak ve bu basamağa kadar kumaşa eklenen çeşitli kimyasal maddeler yıkanarak alınır.

Karbonlamada ise yüksek sıcaklıkta derişik asitler kullanılarak yündeki bütün bitkisel maddelerin küçük yanmış partiküllere dönüşmesi sağlanır.

Nötralize işleminde kumaş sodyum karbonat banyolarından geçirilerek nötralize edilir. Son olarak hidrojen peroksit ile ağartma, boyama ve parlatma işlemleri yapılır [11].

1.5.2. Pamuk (Bitkisel elyaflar)

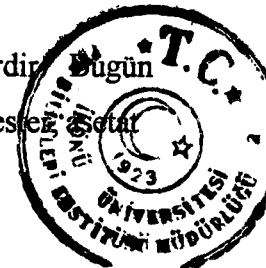
Pamuk işlenmesi dokuma ve apre işlemlerinden oluşur. Her iki bölümde de susuz ve sulu işlemler vardır. Burada yapılan işlemleri şöyle sıralayabiliriz: Ham pamuktan yabancı maddelerin (toprak, çöp v.s) ayıklanması, elyafın açılarak düzeltilmesi, taranması ve sarılması, sarılan ipliğin kolalı çözeltilerden geçirilerek dokuma işlemleri için gerekli dayanıklılığın artırılması (apreleme) ve dokuma.

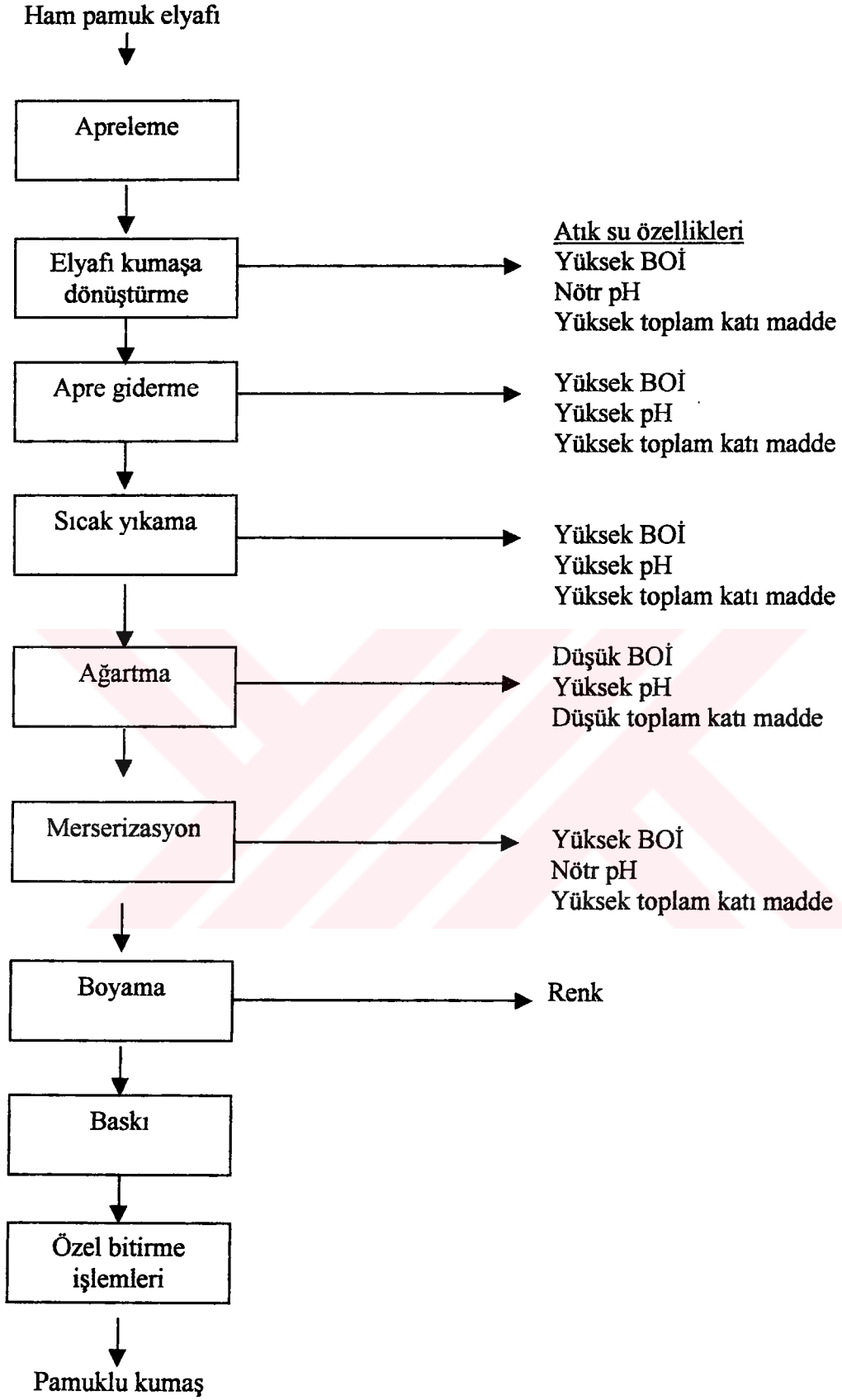
Dokunmuş kumaşın boyama ve bitirme işlemlerine hazırlanabilmesi için ilave edilen kolalı maddelerin ve doğal yabancı maddelerin giderilmesi gereklidir. Bitirme işlemlerine temiz, beyaz bir kumaş hazırlanabilmesi için de soda, klor, peroksitler, silikatlar, sodyum bisülfidler, asitler ve deterjanlar kullanılmaktadır.

Ağartma işleminde klor veya peroksit kullanılarak kumaşın doğal rengi giderilir. Merserizasyonda ise % 20'lik kostik soda çözeltisinden geçirilerek kumaş yüzeyi boyamaya hazırlanır ve dayanıklılık artırılır. Bundan sonra kumaş istenilen renklerde boyanır, baskıları yapılır ve çeşitli kimyasal maddelerin uygulanmasıyla apre işlemleri tamamlanır. Pamuk süreci akım şeması Şekil 1'de [11] gösterilmiştir.

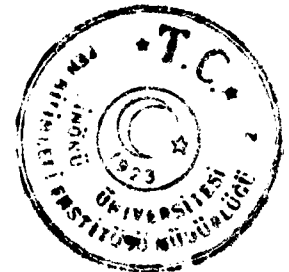
1.5.3. Sentetik elyaflar

Sentetik elyaflar saf kimyasal maddelerden oluşmuş polimerlerdir. Bugün en yaygın olarak üretilen sentetik elyaflar arasında naylon, akrilik, poliesteren ve setal





Şekil 1.1. Pamuk süreci akım şeması



rayonu (suni ipek) gösteriliriz. Naylon heksametilendiamin ve apidik asitin birleşmesiyle oluşan, ısı farklarına, kimyasal maddelere ve aşınmaya son derece dayanıklı bir maddedir. Akrilikler de uzun polimer zincirleri boyunca akrilik ünitelerini içeren sentetik maddelerdir. Poliesterler ise etilen glikol ve treftalik asitin tepkimesi sonucunda oluşan sentetik maddelerdir [11].

1.6. Tekstil Atık Suları ve Özellikleri

Yün işleme sürecinden çıkan atık suların ortak özellikleri Çizelge 1.1'de [11] verilmiştir.

Çizelge 1.1. Yün işleme sürecinden çıkan atık suların ortak özellikleri

pH	9-10.5
BOİ	900 ppm
Toplam katı maddeler	300 ppm
Toplam alkanite (CaCO ₃)	600 ppm
Krom	4 ppm
Askıdaki katı maddeler	100 ppm
Yağ	100 ppm
Renk	Koyu

Pamuk sürecinden toplam olarak çıkan atık su miktarı ve özellikleri ise Çizelge 1.2'de [11] verilmiştir.

Çizelge 1.2. Pamuk işleme sürecinden çıkan atık suların ortak özellikleri

Toplam atık su miktarı	300-400 m ² /100 kg
BOİ	200-800 ppm
pH	9-11.5
Toplam katı maddeler	1000-1600 ppm
Askıdaki katı maddeler	50-150 ppm
Toplam alkalinite	300-900 ppm
Renk	Koyu

Çizelgelerden de görülebileceği gibi bu atık suların içeriği alıcı ortamlara verilemeyecek özelliktedir. Yüksek BOİ ve pH değerleri vardır. Daha da önemlisi koyu renklidir. Renk işletmenin kullandığı boyaya göre ve birim zamanda hangi boya ile boyama yapıldığına göre değişmektedir.

Kimyasal olarak üretilen sentetik elyafların (aynı türde olanlarının bile) fiziksel ve kimyasal özellikleri üretim prosesine göre değişmektedir. Sentetik elyaf yapımıcısı ürününe istenilen özellikleri kazandırabilmek için hergün prosese yeni bir madde katabilmekte ve bunun sonucunda sentetik elyaf kullanan tekstil proseslerinden çıkan atık suyun özellikleri çok değişken olmaktadır.



1.6.1. Tekstil atık sularının alıcı ortamlara deşarj standartları

Tekstil sanayi atık sularının alıcı ortamlara deşarj standartları Çizelge 1.3.'de verilmiştir [12].

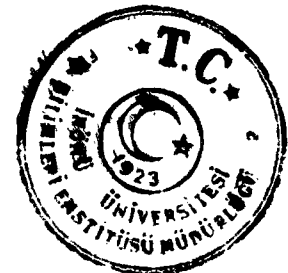
Çizelge 1.3. Tekstil sanayi (Pamuklu ve benzerleri) atık suyu deşarj standartları

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	90	60
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ ₅)	mg/l	250	200
Toplam Askıdaki Katı Madde	mg/l	160	120
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	mg/l	5	—
Serbest Klor	mg/l	0.3	—
Toplam Krom	mg/l	2	1
Sülfür (S ⁻²)	mg/l	0.1	—
Sülfid	mg/l	1	—
Yağ ve Gres	mg/l	10	—
Balık Biyodeneyi (ZSF)		4	3
pH		6-9	6-9

1.7. Tekstil Endüstrisi Atık sularını Bazı Arıtım Yöntemleri

Tekstil endüstrisinde atık suların özellikleri her süreçte ayrı kimyasal maddelerin kullanılmasıyla değişken olmaktadır. Bunun sonucunda ise tekstil endüstrisinin sıvı atıkları için ortak bir arıtım yönteminin uygulanması engellenmektedir. Arıtım yöntemi seçiminde öncelikle her süreçten çıkan atık suyun miktarlarının ve özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Bu verilere dayanarak tekstil endüstrisi atıkları için aşağıdaki arıtım yöntemlerinin hepsi veya bir kısmı uygulanmaktadır. Şunu da unutmamalıyız ki şu anda Türkiye'de ve özellikle de Malatya'daki pek çok endüstrinin atık su arıtım sistemleri yoktur.

1. Dengelenme-Depolanma
2. Eleme
3. Çökeltme
4. Süzme
5. Nötrleştirme
6. Kimyasal çökeltme
7. Yüzdürme
8. Kimyasal çökeltme
9. Biyolojik arıtım yöntemleri
 - a) Aktif çamur prosesi
 - b) Damlatmalı filtre



- c) Oksitleme havuzu
- d) Havalandırılmalı havuz
- e) Anaerobik arıtım

Yün sürecinden çıkan atık suyun arıtımı için kimyasal çökeltme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem atık suda bulunan BOİ'nin % 20-85'ini gidermektedir. Biyolojik arıtım yöntemleri de sıklıkla kullanılmaktadır. pH ayarlaması yapıldıktan sonra aktif çamur yöntemiyle BOİ'nin % 90'ı giderilmektedir. Kimyasal çökeltme için alüminyum sülfat, demir sülfat, demir klorür, kalsiyum klorür kullanılır. Pamuk sürecinden çıkan atık sular genellikle biyolojik yöntemlerle arıtılmaktadır. Biyolojik yöntemin uygulanabilmesi için engelleyici etkenlerin ortadan kaldırılması lazımdır. Sentetik elyafların hammadde olarak kullanıldığı tekstil süreçlerinden çıkan atık sular da pamuk süreci suları gibi biyolojik yöntemlerle arıtmaya uygundur. Ancak yine sentetik elyaf süreçlerinden çıkan atık suların ön işleme tabi tutulması gerekmektedir.

Pekçok tekstil-boya endüstrisi atık suları, işletmenin kanalizasyon suyu ile karıştırılmaktadır. Bu da atık suyun mevcut biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerinin artmasına ve atık suyun, ayrıca, evsel atık su karakteri taşımaya neden olmaktadır.

KOİ ve BOİ organik madde miktarını ifade etmektedir. Yüksek KOİ veya BOİ'ye sahip bir atık suyun içerisinde yüksek miktarda organik madde var demektir. Bu tip atık suların alıcı ortama arıtılmadan verilmesi alıcı ortamdaki canlı yaşamı olumsuz etkilemektedir. Organik maddeler alıcı ortamda organizma üremesini indüklemekte ve öncelikle aerobik yaşam indüklenirken, daha sonra biyolojik oksidasyon sonucu çözünmüş oksijen azalacağından anaerobik yaşama doğru gidiş başlamaktadır. Bunun sonucu sucul ortamdaki aerobik yaşamın ortadan kalkması ve hiper ötrofikasyon oluşmasıdır.

Renk pekçok durumda BOİ veya KOİ'den daha da büyük problemdir. Çünkü birçok durumda renk direkt olarak atık su içerisindeki mevcut zararlı potansiyeli olan maddeyi göstermektedir. Örneğin kağıt fabrikası atık sularının içerisindeki lignin türevi maddelerden gelirken, zeytin yağı fabrikası atık sularının rengi içerdiği fenolik maddelerden gelmektedir. Tekstil-boya fabrikası atık sularının rengi de içerdiği boyar maddeden gelmektedir. Bu tip renkli maddelerin nehir ve göl gibi alıcı ortamlara verilmesi sonucunda oluşacak renklenme güneş ışığının su içerisine absorbe olmasını engellemektedir. Böylece fotosentez süreci



dengesi bozulmaktadır. Sonuçta da çözünmüş oksijen seviyesi azalmakta ve aerobik organizmaları olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun sonucu anaerobik sürecin başlamasıdır [1]. Fakat şimdilerde biyolojik işlemler ile değişik karakterdeki atık suyun arıtımı gerçekleştirilebildiği gibi tekstil endüstrisi atık suyunun da arıtımı bazı engelleyici etkenlerin aşılması ile gerçekleştirilebilmektedir.

Biyolojik yöntemin uygulanmasını engelleyici olan etkenler ön işlemlerle giderildikten sonra biyolojik yöntemler başarıyla uygulanabilir. Engelleyici etkenleri şöyle sıralayabiliriz:

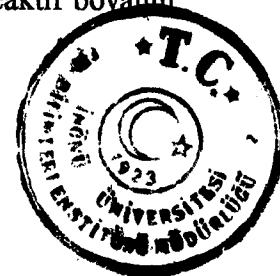
1. Biyolojik arıtım yöntemlerinde gerekli besleyici (fosfor ve azot) miktarının atık suda az oluşu
2. Çeşitli boyalardan ve beyazlatma işlemlerinden gelen zehirli maddeler
3. Atık su pH 'ının 6.5-9.5 arasında olmayışı
4. Atık suda parça halinde bulunan elyafların aletlerde çeşitli engellemeler yapması gibi

1.8. Boyar Maddelerle İlgili Genel Bilgi

Boya molekülleri kromajenik yapılar içerir. Bu yapılar boyanın görünür ışığı absorbe etmelerini sağladığı gibi ayrıca boyanın elyafın üzerine veya içine tutunmasını sağlar. 12 sınıf kromojenik grup vardır. En yaygını azo tipidir ve üretilen boyaların % 70-80'ini oluşturur. Daha sonra da antrakinin tipi gelir [13].

Ayrıca boya molekülünde oksokrom grup da vardır. Oksokrom grubu, moleküle elektrolitik çözünme özelliği veren ve boya molekülünün tuz meydana getirmesini sağlayan bir gruptur. Oksokrom grubu boyanın renk tonunu (daha koyu veya daha açık renk) değiştirebilir, fakat gerçek rengin ortaya çıkmasını sağlayamaz. Ayrıca boyanın asidik veya bazik olduğunu belirler. Oksokrom gruplara örnek olarak; $-NR_2^+$, $-NH_2^+$, NHR^+ , $-OH^-$, $-OCH_3^-$, $-I^-$, $-Br^-$ ve Cl^- gösterilebilir [14].

Boyaların diğer bir sınıflandırılması uygulanmasına bağlı olarak yapılmaktadır. Buna göre bazik, asit, direkt, mordan, reaktif, metal-kompleks, dispers, vat, ve kükürt boyalar olarak gruplanırlar. Reaktif boyalar daha fazla ilgi çekmektedir. Çünkü % 20-30'luk market payı vardır ve uygulanan reaktif boyanın % 30'u alkali yıkama sırasında atık olarak atılmaktadır [13].



1.8.1. Boyama özelliklerine göre sınıflandırma

1- Bazik (katyonik) Boyar Maddeler: Organik bazların hidroklorürleri şeklinde olup katyonik grubu renkli kısımda taşır. N veya S atomu içerirler. Yapılarından dolayı bazik (proton alan) olarak etki ettiklerinden anyonik grup içeren liflerle bağlanırlar. Elyaf-boyar madde ilişkisi iyoniktir. Boyar madde katyonu, elyafın anyonik gruplarıyla tuz oluşturur [15].

2- Asit Boyar Maddeler: OH⁻, SO₃H⁻, COOH⁻, gibi oksokrom grupları içerirler. Bu boyalar Na⁺, K⁺, Ca⁺, NH₄⁺ vb. gruplarla tuz yaparlar ve çözelti içinde negatif yükü verecek şekilde iyonlaşırlar. Yün, ipek ve derilerin boyanmasında kullanılır [16].

3- Direkt Boyar Maddeler: Bunlar genellikle sülfonik, bazen de karboksilik asitlerin sodyum tuzlarıdır. Direkt boyar maddeler önceden bir işlem yapılmaksızın (mordanlama) boyar madde çözeltisinden selüloz veya yüne doğrudan doğruya çekilirler. Elyafın iç misellerinde hiçbir kimyasal bağ meydana getirmeksizin depo edilirler [15].

4- Mordan Boyar Maddeler: Mordan sözcüğü, boyar maddeyi elyafa tespit eden madde veya bileşim anlamını taşır. Birçok doğal ve sentetik boyar madde bu sınıfa girer. Bunlar asidik veya bazik fonksiyonel gruplar içerirler ve bitkisel ve hayvansal elyaf ile kararsız bileşikler oluştururlar. Bu nedenle hem elyaf hem de boyar maddeye karşı aynı kimyasal ilgi gösteren bir madde (mordan), önce elyafa yerleştirilir. Daha sonra elyaf ile boyar madde suda çözünmeyen bileşik vermek üzere reaksiyona sokulur. Mordan olarak suda çözünmeyen hidroksiller oluşturan Al, Sn, Fe ve Cr tuzları kullanılır [17].

5- Reaktif Boyar Maddeler: Elyaf yapısındaki fonksiyonel gruplar ile gerçek kovalent bağ oluşturabilen reaktif gruplar içerir. Selülozik elyafın boyanmasında ve baskısında kullanılan, son yıllarda geliştirilen, bu boyar maddeler ayrıca yün, ipek ve poliamid boyanmasında kullanılırlar. Reaktif grup molekülün renkli kısmına bağlıdır [15].

6- Metal-kompleks Boyar Maddeler: Belirli gruplara sahip bazı azo boyar maddeleri ile metal iyonlarının kompleks meydana getirmesi ile oluşurlar. Kompleks oluşumunda azo grubu rol oynar. Metal katyonu olarak Co, Cr, Cu ve Ni iyonları kullanılır. Krom kompleksleri daha çok yün, poliamid, bakır kompleksleri ise pamuk ve deri boyacılığında kullanılır [17].



7- Dispersiyon Boyar Maddeler: Suda eser miktarda çözünebildiklerinden dolayı elyafa sudaki dispersiyonları halinde uygulanırlar. Boyar maddeler, boyama işlemi sırasında dispersiyon ortamından hidrofob elyaf üzerine difüzyon yolu ile çekilirler. Boyama, boyar maddenin elyaf içinde çözünmesi şeklinde gerçekleşir. Poliester, poliamid ve akrilik elyafın boyanmasında kullanılır [15].

8- Kükürt Boyar Maddeler: Aromatik aminlerin, fenollerin, kükürt ve sodyum sülfür ile reaksiyonundan meydana gelen, suda çözünmeyen, makromolekül yapılı, renkli organik bileşikler kükürt boyar maddeleri olarak adlandırılır. Kükürt boyar maddeleri ilk defa selülozlu organik maddelerin (odun talaşı vb.) kükürtlü maddelerle ısıtılmasıyla elde edilmiştir. Pamuğu alkali ortamda boyamak için kullanılmıştır. Genellikle pamuk boyacılığında, fiyatlarının ucuz ve uygulama yönteminin basitliği nedeniyle tercih edilir. Özellikle ucuz malzemelerin (iş elbisesi, askeri malzeme vb.) boyanmasında kullanılır [15].

1.9. Renk Gideriminde Kullanılabilecek Bazı Yöntemler

1.9.1. Adsorbsiyon

Adsorbsiyon işlemi amacıyla en yaygın olarak aktif karbon kullanılmaktadır. Aktif karbonun asidik, bazik, ve dispers boyalar için uygun olduğu ancak direkt boyalar için ise renk gideriminin zor olduğu belirtilmiştir. Aktif karbon granül veya toz olarak kullanılabilir. Genel olarak aktif karbon kolonlara doldurulur ve atık su bu kolonlardan geçirilir. Doğal olarak bir müddet sonra aktif karbonun yüzeyi dolacağı için verim düşer. Çeşitli araştırmacılar endüstriyel ve tarımsal atıkların arıtımı için bu yöntemi test etmektedir.

Tekstil atık sularının renginin giderilmesi amacıyla aktif karbona ek olarak değişik adsorban maddeler denenmektedir. Silika, kil, şeker kamışı posası, mısır bitkisi, pirinç, uçucu kül, kitin ve kömür gibi birtakım diğer ucuz adsorbanlar bunlara örnek verilebilir. Bu tip adsorbanların yüksek adsorbsiyon kapasitesine sahip olduğu bulunmuştur. Ancak uygulama maliyet açısından uygun olmasına rağmen kullanılmış adsorban miktarı çok yüksek olup tasfiyesi de endüstriyel atık içerdiğinden oldukça pahalı ve zahmetli olacaktır [18].

Biyolojik açıdan da mikroorganizmaların adsorbsiyon yeteneği test edilmiştir [19].



1.9.2. Membran Sistemi

Membran sistemlerinin atık sudan boyayı uzaklaştırma, arıtmadan çıkan suyun yeniden kullanılımı ve bazı boyar maddelerin geri kazanımı gibi avantajları vardır.

Şu anda ticari amaçlı olarak kullanılan membran sistemleri olarak ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon, ters osmoz, gaz ayırma ve elektrodializ sayılabilir. Bu teknolojiler 1980'lerde indigo boyar maddelerin geri kazanımı amacıyla Amerika Birleşik Devletlerinde kullanılmaya başlamıştır [18].

Ancak membran sistemi kullanıldığında ortaya membranlarda yoğunlaşan maddenin uzaklaştırılması sorunu çıkar. Bunun için membran sistemiyle birlikte membranda yoğunlaşan maddenin arıtımı da göz önünde tutulmalıdır. Ayrıca geriye kalan konsantre sıvı ciddi sınırlamalara yol açmaktadır. Membran sistemi tek başına problemi çözememektedir.

1.9.3. Ozonifikasyon

Ozon tekstil atık sularının arıtılmasında uygun bir yöntem gibi görülmesine rağmen oldukça pahalı bir arıtma yöntemidir. Ozon suda çözünmeyen dispers ve vat boyalar dışındaki bütün boyaların rengini giderebilir. Fakat ozon çoğu zaman rengin tamamını ortadan kaldırmakta başarılı olamamaktadır. Ham tekstil atık suyunda ozonlama yeterince verimli olmadığından dolayı son uygulama olarak veya en azından kimyasal koagülasyonu takiben kullanımı daha verimli olur. Ozonlama sonucunda KOİ çok azalır ve BOİ artar. Öte yandan bir başka problem ise boyar maddeleri ozon tarafından parçalanma ürünlerinin özellikle omurgasız sucul canlılar üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu yönündedir. Genelde ozonla gerçekleşen reaksiyonlar oldukça hızlıdır. Fakat pek çok boyar madde kükürt klorür ve klor içerdiğinden dolayı parçalanma ürünleri bazen oldukça toksik olabilmektedir. Son yıllarda son uygulama olarak ozonlamanın uygulanması popüler olmuştur [20].



1.9.4. Biyolojik arıtım

Geleneksel sekonder arıtım sistemleri ile boyar madde içeren atık suların rengini gidermek mümkün değildir. Bunun için sekonder arıtımla entegre çalışacak bir başka sisteme ihtiyaç vardır. Boyar maddelerin çevre şartlarına dayanıklı olmasının istenmesi ve tekstil atık sularında boyaların karışık olarak bulunmasından dolayı boyar maddelerin biyolojik arıtımında renk her zaman sorun olmuştur. Genel olarak tekstil atık sularının arıtımında aktif çamur kullanılmaktadır. Fakat bu sistem uygulandığında çıkan sular her zaman renkli olmaktadır. Aktif çamur çözünen bazik ve direkt boyaların önemli bir kısmının rengini giderir. Fakat geniş oranda kullanılan reaktif ve asit boyar maddeleri çok az uzaklaştırabilir. Ayrıca tekstil atık sularının sürekli değişken bileşiminden dolayı bakteriyi canlı tutmak zorlaşmaktadır [18].

Geleneksel arıtım sistemleri (aktif çamur sistemi) direkt veya evsel atık su ile birleştirildikten sonra bile tekstil atık sularının arıtımında uygun değildir. Aktif çamur sistemi ve diğer tip reaktörler yeterli renk, KOİ, azot, sürfenktanlar ve diğer mikro kirleticilerin gideriminde yeterli olmamaktadır. Genelde aktif çamur işleminden sonra koagülasyon/flokülasyon kullanılmasına rağmen geriye kalan çamur önemli bir problemdir. Aktif çamur sisteminden sonra ozon kullanımının yüksek maliyet ve aldehit oluşumu gibi dezavantajları vardır [13].

Tekstil sanayileri önceden belirtildiği gibi yüksek miktarda atık su oluşturmaktadır. Bu atık suların içeriği fabrikadan fabrikaya değişmektedir. Fakat desarj edilen atık suyun miktarı ve içeriği düşünüldüğü zaman endüstri kuruluşları içerisinde en fazla kirletici sektör oldukları düşünülebilir. Tekstil atık sularının arıtımı genelde biyolojik (esas olarak aerobik) ve fizikokimyasal işlemlerle yapılmaktadır. İçerikleri çok kompleks ve değişken olduğundan geleneksel arıtım yöntemiyle arıtılmaları pek kolay değildir. Özellikle bu atık su içinde bulunan rekalsitran maddeler (boyalar, toksik maddeler vb.) geleneksel arıtım sistemlerinde sorun yaratmakta ve giderilememelerinin yanısıra verimi de etkilemektedir.

Son zamanlarda tekstil atık sularının arıtımında anaerobik ve aerobik sistemlerin beraber kullanılması üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Burada anaerobik sistem birinci aşamada azo boyar maddelerin sahip olduğu çift azo bağının parçalanmasında kullanılmakta ve ortaya çıkan parçalanma ürünleri ise aerobik bir sistem tarafından son ürünlere oksitlenmektedir. Anaerobik



daha iyi renk giderimi gibi avantajı vardır. Fakat laboratuvar ölçeğinde anaerobik uygulamalar renk giderimi açısından verimli olsa da anaerobik ön işlem uygulanan büyük ölçekli çalışmalar tamamıyla renk giderimini sağlamamaktadır. Ayrıca ortamda sülfat ya da nitrat tuzlarının bulunması sistemin verimini azaltmaktadır. Buna ek olarak ortamda hidrojen sülfür gazı oluşması bir başka problemdir. Anaerobik sistemin bir başka eksikliği ise mutlak surette aerobik bir sisteme ihtiyaç duymasıdır. Bunun nedeni ise ortamda azo boyar maddelerin parçalanmasından oluşan aromatik aminlerin anaerobik olarak parçalanmasının zorluğudur. Yine anaerobik yıkım sonucu toksik aminler oluşabilmektedir.

Özellikle son yıllarda boyar maddelerin mikrobiyal giderimi (biosorpsiyon veya biyolojik yıkım) üzerinde çok yoğun olarak çalışılan bir konudur.

1.9.5. Koagülasyon –flokülasyon

Bu işlemlerde inorganik koagülantlar, örneğin kireç, magnezyum ve kireç tuzları boyar maddelerin koagülasyonu amacıyla uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Ancak son zamanlarda boyar maddelerin yapılarında meydana gelen değişimler boyar maddelerin bu kimyasallarla uzaklaştırılmasını zorlaştırmaktadır

Bu amaçla organik polimerler inorganik maddelere göre daha iyi renk giderimi verimi ve daha az çamur oluşumu sağlamasına rağmen polimer kullanımı da tam bir renk giderimi sağlayamamaktadır. Katyonik boyalar kimyasal yapılarından dolayı son derece zayıf koagüle olmakta veya hiç olamamaktadır. Asit, direkt , vat , mortant ve reaktif boyalar ise koagüle olmakla birlikte oluşan flokların kalitesi zayıf olup ortama flokülant ilave edilmesi bile çökelme verimini pek artırmamaktadır. Öte yandan sülfür ve disperse boyalarda koagülasyon–flokülasyon işlemi ile tam renk giderimi olmaktadır [20].

1.9.6. Kimyasal arıtma yöntemleri (Oksidasyon ve indirgenme)

Oksitleme işlemi için klor, klordioksit, hidrojen peroksit ve ozon kullanılır.

Klorla yapılan renk giderim işlemlerinde sodyum hipoklorit kullanılmaktadır. Bu yöntemle pek çok boyar maddenin rengi giderilmesinin rağmen rengin tamamını gidermek mümkün değildir. Klordioksit (ClO₂) klorla



daha az etkili olup tam renk giderimi sağlanamamaktadır. Ancak klordioksit reaktif, direk, disperse ve anyonik metalik boyar maddelerde hayli etkilidir. Son renk giderme prosesi olarak uygulanabilir.

Hidrojen peroksit normal şartlar altında oldukça yetersiz olmasına rağmen asidik ortamda demir ile Fenton reaktifini oluşturmaktadır. Burada hidroksil radikalleri ortaya çıkmakta ve oluşan bu radikaller boyar maddelerin rengini gidermektedir. Fenton reaktifi hem çözünür hem de çözünmeyen boyar maddelerin rengini oldukça iyi giderir ama işleme maliyeti çok yüksektir. Fenton yöntemi Güney Afrika'da bulunan tekstil fabrikalarında atık suların arıtımında yoğun olarak kullanılmaktadır. Çok sayıda boyanın rengini gidermede etkilidir [20].

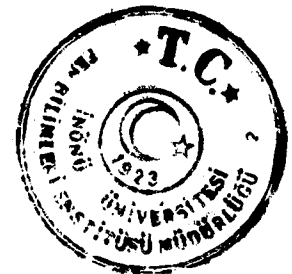
Kimyasal indirgeme, tekstil atık sularının renginin giderilmesinde genellikle ön arıtımda kullanılan yöntemlerden birisidir. Azo boyar maddeler çift azo bağının parçalanması ile aromatik aminlere çevrilebilir. Oluşan bu aromatik aminlerin biyolojik olarak parçalanması azo boyar maddelerin parçalamasından çok daha kolaydır. Kullanılan indirgenler; sodyum hiposülfid (sodyum ditionit), thioure dioksitdir (formamidin sülfirik asit) [18].

1.9.7. Elektrokimyasal teknoloji

Elektrokimyasal teknolojinin kullanımı 1970'lere rastlamaktadır. Bu teknoloji Kuzey Amerika'da yaygın olarak ağır metallerin gideriminde kullanılmaktadır.

Sistem genel olarak alüminyum yada demir bileşiklerini oluşturmada bir demir yada alüminyum elektrot kullanılması temeline dayanır. Bu oluşan floklar kendi başına çökebileceği gibi ortama inorganik maddelerin eklenmesiyle elde edilen çökeltmeden daha iyi bir çökeltme verimi sağlanabilir. Asidik boyaların gideriminde kullanılabilir.

Bu teknoloji renk, KOİ, toplam organik karbon, askıdaki katı ve ağır metallerin tekstil atık sularından uzaklaştırılmasında kullanılmakla beraber bu sistem kullanıldığında mutlaka bir başka prosesle birlikte kullanılmalıdır[20].



1.9.8. Fotokatalizasyon

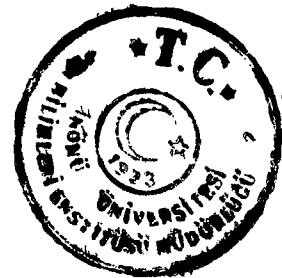
Tanaka vd. [21] tarafından yapılan bir çalışmada yedi azo boyar maddenin yıkımı fotokatalitik reaksiyonlarla (oksidasyon ve redüksiyon) gerçekleştirilmiştir. TiO_2 süspansiyonunda boyalar fotokatalitik olarak yıkılabilmektedir. Ara ürün olarak aromatik aminler, fenolik bileşikler ve birçok organik asitler tespit edilmektedir. Toplam karbon, oksidasyon ile elimine edilmektedir. Diazo boyaların monoazo boyalara göre daha az yıkabilir olduğu belirtilmektedir.

Carlos vd. [22] tarafından yapılan benzer bir çalışmada reaktif boyaların fotokatalitik olarak yıkımında oksijenli-UV-ZnO sistemi kullanılmaktadır. Tamamen renk giderimi için 60 dakikadan fazla zaman gerekmektedir. Ayrıca renk giderimi yüzdesi TiO_2 kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalara göre daha yüksek olmaktadır. TiO_2 - ZnO sisteminde sinerjistik bir etki yoktur.

1.9.9 Aktif çamur ve koagülasyon/flokülasyon yöntemlerinin birleştirilmesi

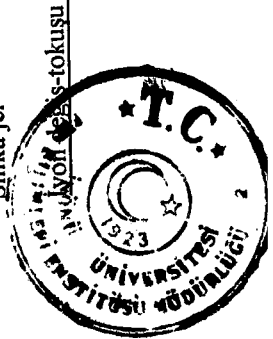
Kimyasal koagülasyon ön işlem, son işlem veya ana işlem olarak boya fabrikası atık sularının muamelesinde uygulanır. Bu işlemin önemli bir dezavantajı yüksek miktarda toksik çamurun oluşmasıdır. Yine reaktif ve bazı asidik boyalar için de zayıf flokülasyondan dolayı yeterince renk giderimi olmamaktadır. Bu problem reaktif boyalara yüksek affinitesi olan flakülantlar geliştirilerek aşılabilir. Koagülasyon/flokülasyon yönteminin tek başına veya biyolojik yöntemle birlikte kullanılması ile suyun geri kazanımı sağlanabilir. Fakat maliyet ve çamur problemi henüz aşılamamıştır [13].

Daha öncede belirtildiği gibi atık su arıtımında en yaygın olarak kullanılan yöntem geleneksel aktif çamur sistemidir. Fakat bu sistem boyar maddeden gelen rengin giderimi için kesinlikle yetersizdir. Genelde boyar madde içeren atık su evsel atık su ile birleştirilerek arıtım yapılmaktadır. Aktif çamur sistemi ve diğer teknolojilerin karşılaştırılması Çizelge 1.4'de verilmiştir (Vandevivere ve Robinson'dan değiştirilerek alınmıştır).



Çizelge 1.4. Tekstil atık sularının renginin gideriminde olası bazı yöntemler

İşlem	Basamak	Kullanılan ölçek	Verim	Sınırlamalar
Fenton Yöntemi	Ön işlem	G. Afrika'da büyük fabrika ölçekli Pilot ölçek	Tam renk giderimi, düşük yatırım ve işletme maliyeti	Köpük oluşumu ve elektrod ömür uzunluğu
Elektroliz	Ön işlem	Pilot ölçek	Tam renk giderimi, düşük maliyet	
Flotasyon	Ön işlem	Laboratuvar ölçeği	Rengin % 90', KOI'nin % 40'ı uzaklaştırır, ucuz	Konsantrre sıvı oluşumu
Filtrasyon	Ana işlem veya son işlem	Laboratuvar ölçeği	Yüksek verim, suyun geri kullanımı	Renk, surfektan ve yüksek KOI kalması
Biyolojik Yıkım (A.Ç.S.)	Ana işlem	G. Afrika'da yoğun kullanım	KOI ve N uzaklaştırma	
Anaerobik-Aerobik Arıtım Sabit yataklı	Ana işlem	Birkaç çalışma rapor edildi	Renk, toksik maddeler ve KOI'nin daha iyi uzaklaştırılması	Yüksek KOI ve renk kalması
Fungus/H ₂ O ₂	Ana işlem	Çin'de bazı pilot ölçekli çalışmalar	Daha iyi KOI ve N uzaklaştırma	Rejenerasyon problemi
O ₃	Ana işlem	Laboratuvar ölçeği	Tam renk giderimi	
Koagülasyon/ Flokülasyon	Son işlem	Fabrika ölçeği	Tam renk giderimi, suyun geri kazanımı	Pahalı ve aldehyt oluşumu
Sorpsiyon (Karbon, kil, biyokütüle)	Ön, ana, son işlem	Geniş kullanım	Tam renk giderimi, suyun geri kazanımı	Her zaman etkili değil, çamur oluşumu var
Fotokataliz	Ön veya son işlem	Adsorbe edici ajana göre laboratuvar ölçeği veya büyük ölçek	Yeni tutucular etkili ve ucuzdur. Suyun geri kazanımı	Yüksek atık veya tasfiye güçlükleri
Silika jel	Son işlem	Pilot ölçek	Detoksikasyon, yüksek renk giderimi	Yalnızca son aşamaya uygulanabilir
			Bazık boyaların renginin gideriminde etkili	Yan reaksiyonları yaygın olarak kullanımı engellemektedir
			Adsorban kaybı yok	Bütün boyalar için etkili değil



1.10. Biyoteknoloji

Biyoteknoloji biyolojik sistemlerin mal ve hizmet üretimde kullanılması ve teknolojiye uygulanması olarak ifade edilebilir. Ayrıca biyolojik sistemlerin (hayvan, bitki, mikroorganizma ve bunların bileşimi) maddenin yıkım ve sentez ve işlemlerinde kullanılması olarak da tanımlanabilir (Yeşilada, Biyoteknoloji ders notları 2001). Biyoteknoloji çok geniş bir alanda yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Bu yüzden biyoteknolojik çalışmalar farklı başlıklar altında ele alınabilir. Örneğin Çevre ve Atık Biyoteknolojisi, Fermentasyon Biyoteknolojisi, Enzim Biyoteknolojisi, Protein Biyoteknolojisi, Anaerobik Biyoteknoloji, Tarımsal Biyoteknoloji ve Genetik Mühendislik uygulamaları gibi.

Günümüzde biyoteknoloji pekçok alanda arazi veya endüstriyel boyutta uygulama bulabilmektedir. Özellikle Çevre ve Atık Biyoteknolojisi konusunda yoğun araştırmalar olduğu bilinmektedir.

1.10.1. Çevre ve atık biyoteknolojisi

Kirlilik kontrolü, toksik atıkların uzaklaştırılması, atıkların değerlendirilmesini, kaynakların korunmasını ve yeniden kazanılmasını, atıkların arıtılmasını ve rekalsitrant maddelerin yıkımını kapsar. Bu şekilde biyolojik sistemler çevresel problemlerin ortadan kaldırılması ve önlenmesi amacıyla kullanılır. Atık ve çevre biyoteknolojisinin amaçlarından birisi atıkların içeriğini doğanın özümleyeceği düzeye indirmektedir. Normalde kullanılan arıtım sistemleri doğadakilerin modifiye şeklidir. Biyolojik olarak arıtım da bunu hedefler. Çünkü doğada mikroorganizmalar belirli bir hızda organik molekülleri yıkar. Biyoteknoloji bu modelleri erlenlere, havuzlara, fermentörlere uygular. Yürütülen çalışmalar arasında besin endüstrisi atıklarının arıtımı, kömür sıvılaştırması, tekstil boya fabrikası atıklarının arıtımı ve renginin giderimi sayılabilir [23-26].

1.11. Fungusların Biyoteknolojik Açıdan Önemi

Funguslar içerisinde küfler, mayalar ve şapkalı mantarlar da dahil edilir. Biyoteknolojide fungusların çok geniş kullanım alanları vardır. Funguslar protein kaynağı olarak değerlendirilebildikleri gibi sitrik asit ve penisilin gibi çeşitli biyokimyasalların üretimde de kullanılabilir. Mayalar da ekmek ve alkol üretimi için



kullanılır. Bunun yanısıra özellikle son yıllarda fungusların endüstriyel atıkların ve aromatik veya ksenobiyotik maddelerin arıtımında ve yıkımında kullanımı üzerine yoğun çalışmalar vardır [27-29].

Fungusları kullanarak siyanid, pestisid ve bunun gibi zararlı maddelerin uzaklaştırılması araştırılmaktadır. Boyar maddelerin biyoremediasyonuna yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Biyoremediasyon çevresel kirleticilerin biyolojik muamelesi ve giderimidir. Bu şekilde kirlilik ortadan kaldırılır. Mikroorganizmaların kirliliğin gideriminde kullanımı yeni bir olay değildir. Örneğin evsel atık suların biyolojik arıtım sistemleri arıtımının uzun bir geçmişi olduğu bilinmektedir. Rekalsitrant maddelerin yıkımında esas önemli olan mikroorganizmalar, bakteriler ve funguslardır. Biyoremediasyon yeteneği açısından beyaz çürükçül funguslar muhteşemdir.

1.12 Beyaz Çürükçül Funguslar

Beyaz çürükçül funguslar, Basidiomycetes sınıfına dahil olup, yüksek enzim sentezleme yeteneğine sahiptirler. Lakkaz, Mn-peroksidaz, ligninaz, ve NADH peroksidaz (NADH oksidaz) gibi enzimleri hücre dışı olarak sentezleyebilmeleri çevre biyoteknolojisindeki önemlerini bir kat daha arttırmaktadır. Bu funguslar arasında *Coriolus versicolor*, *Funalia trogii*, *Phanerochate chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus*, *P.sajor-caju* ve *P.eryngii* sayılabilir. Bunlardan *C. versicolor* ve *P.chrysosporium* biyoteknolojik çalışmalarda yoğun olarak kullanılan mikroorganizmalardır. *F.trogii* de son yıllarda özellikle laboratuvarımızda yürütülen çalışmalarla biyoteknoloji literatürüne kazandırılmıştır (Yeşilada'nın çalışmaları).

Beyaz çürükçül funguslarla biyoteknolojik amaçlı yürütülen pekçok çalışma vardır. Bunlar arasında;

- 1- Beyaz çürükçül fungusların alkol fabrikası atık sularının arıtımı/renginin gideriminde kullanımı [30]
- 2- Bu funguslar zeytin yağı fabrikası atık suyunun arıtımında/renginin gideriminde kullanımı [29,31,32]
- 3- Boyar maddelerin ve tekstil fabrikası atık sularının renginin gideriminde kullanımı [1,13]
- 4- Bitkisel kütleden (saman ve odun gibi) lignin gideriminde kullanımı



- 5- Kağıt hamurundan lignin gideriminde kullanımı [35]
- 6- Ağır metallerin biyolojik adsorbsiyonunda kullanımı [36,37]
- 7- Pestisid gibi ksenobiyotiklerin biyolojik yıkımında kullanımı [38]
- 8- Mikrobiyal protein kaynağı olarak kullanımı [39]
- 9- Enzim üretiminde kullanımı [40]
- 10- Hormon üretiminde kullanımı [41]
- 11- Poliaromatik hidrokarbonların yıkımında kullanımı sayılabilir [42]
- 12- Peyniraltı suyunun değerlendirilmesi [43]



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Beyaz Çürükçül Funguslarla Yürütülen Boyar Madde Yıkımı ve Renk Giderimi Çalışmaları

Tekstil ve boya sanayi çok farklı boyaları kullanmaktadır. Bu sanayinin kullandığı su yükü ve boyar madde miktarı düşünüldüğünde bu atık suyun en önemli kirleticilerinden biri hatta birincisi olduğu anlaşılmaktadır. On binin üzerinde boyar madde olduğu düşünülürse karşımızdaki problemin ne kadar büyük olduğu daha iyi anlaşılır. Şu anda araştırmacılar sudan boyar maddelerin uzaklaştırılmasında çok farklı ajanları test etmektedir. Bunlar arasında çalışmaların yöneldiği en önemli ajanlar biyolojik sistemler olarak beyaz çürükçül funguslardır. Bu tip atık sular çevre üzerinde iki farklı olumsuz etki gösterebilir. Bunlardan birincisi atık su içinde bulunan boyar maddelerin canlı sistem üzerine toksik ve genotoksik etkiler yapabilmesidir. Çeşitli araştırmacılar bu tip olumsuz etkileri bildirmişlerdir [2,3]. İkincisi de önceden belirttiğimiz gibi renk kirliliğidir. Atık su içinde boyar madde toksik etki yapmayabilir fakat verildiği ortamda renk oluşturabilir. Bu tip renkli atık suların nehir ve göllere verilmesi sonucunda doğal su kaynaklarının ışık geçirgenliği etkilenir. Bunun sonucunda da fotosentetik aktivite ve çözünmüş O₂ konsantrasyonu azalır.

Boyar maddelerin gideriminde fizikokimyasal işlemler kullanılabilir. Fakat bütün bu tekniklerin sınırlamaları vardır. Ucuz ve etkili alternatif bir yöntemin çok önemli girdileri olacaktır [44].

Özellikle renk giderimine olan bilimsel ilgi son yıllarda artmaya başlamıştır. Bu tip atıkların artımı için birçok metod denenmektedir. Fakat mikrobiyal renk giderimi/yıkımı bu kirliliğin çevreden uzaklaştırılması için daha düşük maliyetli ve daha etkili ayrıca çevre kirliliği riski olmayan bir metod olarak görülmektedir. Son yıllarda yapılan birçok çalışmada mikroorganizmaların çeşitli boyaları yıkabildiği görülmüştür [1].

P. chrysosporium azo boya içeren ksenobiyotiklerin yıkımında yoğun olarak kullanılmıştır. Bu fungus boyar madde yıkımı ve renk giderimi çalışmalarında en yoğun kullanılan fungustur. Ligninaz ve Mn-peroksidaz enzimlerine sahip olması ayrıca avantajdır. Çizelge 2.1'de *P.chrysosporium* kullanılarak yapılan çalışmalar görülmektedir.



Banat vd. [1] tarafından bildirildiğine göre renk giderimi mekanizmasından lignin peroksidaz, Mn bağımlı peroksidaz ve lakkaz enzimlerinin sorumlu olduğu düşünülmektedir. Polimerik B-411, R-481, Y-606 gibi boyaların renginin giderimi *P.chryso sporium* kullanılarak Glenn ve Gold (1983) tarafından başarılmıştır [45]. Bu çalışmanın sonuçları renk gideriminin ligninolitik yıkım aktivitesi ile ilişkili olduğunu desteklemiştir. Fakat bu işlem yavaştır ve optimum renk giderimi için 8 günden fazla bir süreye ihtiyaç duyulmaktadır.

P.chryso sporium'un azo ve heterosiklik boya Orange II, Tropaeolin O, Congo Red, Azure B boyalarını biyolojik olarak yıktığı gösterilmiştir [46]. Bu çalışmada renk giderimi oranının boya kompleksliği, azot varlığı ve kültürdeki ligninolitik aktiviteye bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir. Düşük azot konsantrasyonunda rengin % 90'nı ilk 6 saatte uzaklaştırırken yüksek azot konsantrasyonunda, rengin % 63-93'ünün giderimi için, 5 günden fazla zaman gerekmiştir. Genellikle azot sınırlamasının sağlanması, lignolitik aktiviteyi arttırarak lignin peroksidaz ve Mn bağımlı peroksidaz aktivitesini arttırmakta ve böylece renk giderimi artmaktadır.

Çizelge 2.1. *Phanerochaete chryso sporium* ile yapılan renk giderimi çalışmaları

Boya / konsantrasyon	% Renk giderimi/Zaman	Referans
Amaranth (67mg/l)	%90(3 gün)	Chao& Lee(1994)
Orange G (67mg/l)	%90(3 gün)	Chao&Lee(1994)
Azo boyalar (12-20µmol)	%23-48(15 gün)	Sparado vd(1992)
Sulfonid azo boyalar	%40(21 gün)	Paszczynski(1992)
18 ticari azo boya (konsantrasyon bilinmiyor)	%40-73(5gün) (8 boya) %0.0(5gün) (10 Boya)	Capalash & Sharma (1992)
10 poliaromatik aza boya (200mg/l)	%45-98(10 gün)	Paszczynski & Crawford (1991)
Orange II(57µmol)	%100(24saat)	Cripps vd.(1980)
Tropaeolin(70µmol)	%95(24saat)	"
Azure B(100µmol)	%91(24saat)	"
Congo Red(76µmol)	%93(24saat)	"
Polimerik B-411(200mg/l)	bilinmiyor(8gün)	Glenn & Gold(1983)
Polimerik R-481(200mg/l)	bilinmiyor(6gün)	"
Polimerik Y-606(200mg/l)	bilinmiyor(14gün)	"

Banat [1]'den değiştirilerek alınmıştır.

Bazı ksenobiyotiklerin beyaz çürükçül funguslar tarafından yıkımında ligninolitik koşulların gerekmediği ve lakkaz enzimi aracılığıyla yıkımın gerçekleştiği bilinmektedir [47].



Yukarıdaki çalışmaların çoğunluğunda azot sınırlamasının lignin peroksidaz ve Mn-peroksidaz aktiviteleri arttırdığı gözlenmiş ve bundan dolayı renk giderimini arttığı belirtilmiştir. Bunun aksine Banat vd. [1]. tarafından bildirildiğine göre Chao ve Lee yaptığı çalışmada elde ettikleri soyları azot açısından zengin ortamda üretmiş (ön üretim) ve daha yüksek renk giderimi rapor etmiştir. Fakat azot az olduğu ortamlarda üretilmiş soylarda daha yavaş bir renk giderimi gözlenmiş veya hiç renk giderimi görülmemiştir [48].

Bumpus ve Brock [49] kristal viyole boyasının *P. chrysosporium* kullanarak yıkılabileceğini belirtmektedir. Kristal viyole dışındaki diğer trifenilmetan boyalar da bu fungus tarafından yıkılabilmektedir. *P. chrysosporium*'un ligninolitik olmayan kültürü de trifenilmetan boya yıkar. Bu sonuç lignin-yıkma sistemine ek olarak başka bir mekanizmanın da bu boya yıkan funguslarda var olduğunu göstermektedir. Fungus misellerine adsorbsiyon olayı renk giderimi sebebi olarak düşünülebilir. Fakat adsorbsiyon mekanizması ile gerçekleşen renk giderimi toplam renk gideriminin sadece % 22'sini oluşturmaktadır.

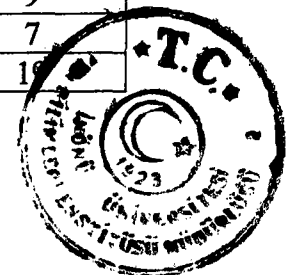
Yeşilada (1995) kristal viyolenin renginin farklı funguslar tarafından giderildiğini de rapor etmiştir. Çalışmada *Coriolus versicolor*, *Funalia trogii* ve *P. chrysosporium* olmak üzere üç beyaz çürükçül fungus ve bir kahverengi çürükçül fungus olan *Laetiporus sulphureus* kullanmıştır. Bu çalışmada ayrıca kristal viyolenin renginin ticari kırmızı turp peroksidazı kullanılarak giderilebildiği bildirilmiştir. Önemli oranda oksidasyon sadece H₂O₂ varlığında gözlenmiştir. H₂O₂ olmaksızın, enzim bu boyanın renginin gideriminde etkili olamamış sonuç olarak H₂O₂ bağımlı enzimlerin boya oksidasyonu ile ilgili olduğu ifade edilmiştir. En fazla renk giderimi (% 92) *Coriolus versicolor* ile gerçekleştirmiştir [26]. Çizelge 2.2'den de görülebileceği gibi renk giderimi zamana ve kullanılan fungusa bağlı olarak değişmektedir.

Çizelge 2.2. Kristal viyolenin (5µg/ml) renginin giderilmesi

Fungus	Kalan Boya Miktarı (µg)				
	4 saat sonra	12 saat sonra	24 saat sonra	48saat sonra	72 saat sonra
A	25	11	7	5	4
B	19	10	10	10	9
C	22	17	15	8	7
D	23	22	21	20	19

C.versicolor(A), *F.trogii*(B), *L.sulphureus*(C) ve *P.chrysosporium*(D)

*6 gün üretimden sonra boya eklenmiştir



Yine *Phanerochaete chrysosporium* kullanılan bir çalışmada 2 g/l glukoz içeren sentetik besiyerinde renk giderimi (Red 5337-dispers, diazo boya) araştırılmıştır. Serbest pelet ve tutuklanmış hücreler kullanılmıştır. Tutuklanmış *Phanerochaete chrysosporium*'un uzun süre renk giderimi aktivitesini koruduğu saptanmıştır [50].

Çeşitli fungusların denendiği diğer bir çalışmada üç azo boya (R. orange 96, R. violet 5 ve R.black 5) ile iki fitalosiyanın boya (R. blue 38 ve R. blue 15) kullanılmıştır. Agarda yapılan çalışmalarda, 7 günlük sürede *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor* ve *Bjerkandera adusta* ile yüksek renk giderimi elde edilmiştir. Sıvı kültür çalışmalarında *Bjerkandera adusta* ve *T. versicolor* ile ilk 24 saatte % 40 civarında renk giderimi oluşurken, 4 gün sonra rengin % 95'i giderilebilmiştir. 280 nm'de absorbans ilk 4 gün içinde % 35 oranında azalmıştır (HRB38 için). Buna bağlı olarak aromatik madde yıkımı ifade edilmiştir. Ayrıca otoklavize edilmiş misel örneklerinin de boyayı tuttuğu gösterilmiştir. Canlı hücreye adsorbe olmuş boya miktarları *Bjerkandera adusta* için % 13, *T. versicolor* için % 21 olarak saptanmıştır. *Phanerochaete chrysosporium* ise HRB38'e karşı daha az aktiftir. 7 günde rengin % 48'i giderilmiştir. Ancak renk % 98 oranında 17 günde giderilebilmiştir. HRV5 boyasının rengi *Bjerkandera adusta* ve *T. versicolor* ile 6 günde % 95 oranında giderilmiştir. *Phanerochaete chrysosporium* ile rengin % 4'ü 7 günde, % 90'nı ise 20 günde giderilmiştir. 280 nm'de absorpsiyon *Bjerkandera adusta* ile başlangıç absorpsiyonuna göre 7 gün içinde % 77, *T. versicolor* ile % 62 oranında azalmıştır. Ekim yapılmamış kontrollerde herhangi bir renk giderimi görülmemiştir. HRB38'in toksikliği önemli oranda *Bjerkandera adusta* ve *T. versicolor* ile 7 gün muamele sonucunda giderilmiştir. HRV5'in toksikliği ise *Bjerkandera adusta* ile azaltılmıştır. Konsantre enzim çözeltileri ile yapılan çalışmalarda H₂O₂' e bağımlı şekilde renk giderimi olmuştur. Boyaların rengi ısı ile inaktive edilmiş enzimler veya yalnızca H₂O₂ kullanıldığı zaman giderilememiştir. *Bjerkandera adusta* ve *T. versicolor*'ın bu boyaların yıkımında *Phanerochaete chrysosporium*'a göre daha uygun olduğu gösterilmiştir [51].

Fungus F29 ile yürütülen bir optimizasyon çalışması azot sınırlı ise 15 g/l glukoz içeren ortamlarda yapılmıştır. Çalışma sonucunda çalkalamanın renk giderim hızını arttırdığı tespit edilmiştir. En uygun pH aralığı 5.5-6.3 iken sıcaklık aralığı 27-30°C olarak saptanmıştır. Malt özütü ortamında 6 gün üretilip kullanılan



misellerin, 9 gün üretilip kullanılan misellere göre renk giderim yüzdesi daha yüksektir. Veratril alkolün düşük miktarları (5-20 mmol.dm⁻³) başlangıç renk giderim hızını az miktarda artırırken yüksek miktarda eklenmesi (50 mmol.dm⁻³) renk giderimini inhibe etmektedir [52].

Yeşilada ve Özcan (1998) tarafından yapılan çalışmada azo boya (Orange II), trifenilmetan boya (Bromfenol mavisi), heterosiklik boya (Metilen Mavisi) ve polimerik boya (Remazol Brilliant Mavisi R) kullanılmıştır. *C. versicolor*, *F. trogii*, *P.sajor-caju* ve *P.chryso sporium* ile çalışılmış ve ayrıca *C. versicolor*' un ham kültür filtratı kullanılmıştır. Kültür filtratının alındığı periyotla renk giderimi aktivitesinin ilişkisi araştırılmıştır. En yüksek renk gideriminin sekonder fazda olduğu gözlenmiştir. Primer fazda da belirli düzeyde renk giderimi oluşmaktadır. Reaksiyon karışımına MnSO₄, veratril alkol ve H₂O₂ eklenerek, bu üç maddenin renk giderim aktivitesi üzerine etkileri test edilmiştir. Katalaz eklenmesi sonucu renk giderimi yeteneğinin tümüyle sonlanmaması H₂O₂'e bağımlı olan ve olmayan enzimlerin bu işte rol oynadığını göstermektedir. Enzim inhibitörü olan siyanid ve asit eklenmesi ve ısıtma kültür filtratının renk giderimi yeteneğini inhibe etmiştir (Çizelge 2.3). Renk gideriminin pH değişikliğine bağlı olmadığı da bu çalışmada rapor edilmiştir [25].

Çizelge 2.3. *C.versicolor*, *F. trogii*, *P.sajor-caju* ve *P.chryso sporium* ham kültür filtratının ile çeşitli boya renklerinin giderimi (%)

Fungus	Bf.M.	Orange II	RBMR	M.M.	KülFilt. pH
<i>C.versicolor</i>	70	92	81	0	5.97
<i>F. trogii</i>	32	89	87	0	6.07
<i>P.sajor-caju</i>	62	19	81	0	5.15
<i>P.chryso sporium</i>	9	9	0	0	5.56

Bf.M: Bromfenol mavisi, R.B.M.R.: Remazol Brilliant Blue R, M.M.: Metilen mavisi.

Renk giderimi çalışmalarında sıklıkla kullanılan *Phanerochaete chryso sporium* ile statik ve çalkalamalı koşullarda çalışılmış ve Red HE-38, malaşit yeşili, Denizci (navy) mavisi, Magenta kristal boya renkleri kullanılmıştır. Bu çalışmada bakteri ile renk gideriminin bazı sınırlamaları olduğundan dolayı fungus kullanımı tercih edilmiştir. Çünkü bakteri enzimleri doğada spesifik olarak çalışır. Fakat beyaz çürükçül funguslar tarafından üretilen enzimlerin çok düşük substrat özgüllüğü vardır ve değişik gruplardaki tekstil boya renklerini yıkabilecek yetenekleri mevcuttur. Ayrıca hidroksil, amino, asetamido ve azot bulunan aromatik halkaları



bunları içermeyen halkalara göre daha hızlı oranda yıkabilmektedir. Ekilen fungus miktarı arttıkça hem statik hem de çalkalamalı koşullarda renk giderimi artmıştır. Çalkalamalı kültürlerde pek çok boyanın % 80'i giderilmiştir. Çalkalamalı kültürlerde statik kültürlerle göre renk giderimi daha fazla olmuştur. Ortamda ligninaz ve Mn-peroksidaz saptanamamıştır. Bu yüzden başka enzimlerin rol oynadığı ifade edilmiştir. Sonuç olarak renk giderim hızının çalkalamalı koşullara göre statik koşullarda daha yüksek olduğu ve biyokütle miktarına bağlı olduğu rapor edilmiştir. Yine tekstil fabrikası atık suyu ile yapılan deneylerde de renk gideriminin ekim miktarına bağlı olarak arttığı bildirilmiştir [53].

Farklı azo boyaların renginin giderimi ile ilgili yapılan diğer bir çalışmada da *P. chryso sporium*' un ekstrasellüler kültür sıvısı kullanılmıştır. Bu fungusun oksidatif mineralizasyon yeteneği bulunmaktadır. Bu fungus yalnızca azo boyaların rengini gidermekle kalmaz ayrıca onları CO₂'e kadar mineralize eder. Diğer çalışmalarda olduğu gibi yine ortam azot-sınırlı olmaktadır. Tween 80 ve veratril alkol içeren zengin bir besiyeri kullanılmıştır. H₂O₂'nin renk giderimi üzerine etkisini saptamak için boyalar yalnızca 1 mmol H₂O₂ ile inkübe edilmiştir, fakat renk giderimi olmamıştır. 24 farklı yapıdaki boya ile çalışılmıştır. Monoazo boyaların rengi antrakinon boyaların renklerinden daha hızlı şekilde giderilmiştir. En düşük renk giderimi diazo grup içeren boyalarda olmuştur. Bu çalışma çok farklı özellikteki boyaların lignin peroksidaz ile renginin giderilebileceğini göstermektedir [54].

Conneely vd. (1999) tarafından yapılan çalışmada yine *Phanerochaete chryso sporium* kullanılmış ve Remazol Turkish Blue G (bakır içeren fitalosiyenin boya) boyasının (200 mg/l) 7 günde tamamen rengi giderilmiştir. Fakat 4 günlük sürede sadece % 33'lük renk giderimi olmuştur. Önemli miktarda lignin peroksidaz ve Mn-peroksidaz aktivitesi gözlenmemiştir. Bu çalışmada zengin içerikli besiyeri kullanılmış olması dikkat çekicidir. Ayrıca boya yapısında bulunan bakırın serbest hale geçtiği gözlenmektedir. Bu da şunu göstermektedir ki boyanın sadece rengi giderilmemiş aynı zamanda yıkımı da gerçekleştirilmiştir [55].

Yapılan bir diğer çalışmada azot sınırlı ortamda Orange II boyasının beyaz-çürükçül fungus F29 ile renk giderimi çalışmaları yapılmıştır. Serbest ve tutuklanmış fungus peletleri ile çalışılmış ve yüksek renk giderim değerleri rapor edilmiştir. Bu çalışmada akışkan yataklı, sürekli sabit yataklı ve sürekli akışkan yataklı reaktörler kullanılmıştır. Sürekli sabit yatakta 2 ay sürekli olarak



giderimi elde edilmiştir. Kararlı ve yüksek bir aktivite gözlenmektedir. Tutuklama yüzeylerinden özellikle tel ağ verimli olmuştur. Fakat miselin çok artması sıvı akışını engellemekte ve verimi düşürmektedir. Bunun O₂ transferini güçleştirme riski de yüksektir. Yarı-kesikli akışkan yataklı serbest pelet kullanılan çalışmada peletler 30 günden fazla ve 9 kez kullanılabilmiştir. Yüksek ve kararlı bir aktivite gözlenmektedir (% 95). Aljinat içine tutuklanmış misel kullanıldığında ise 2 aydan fazla sürede 27 kez tutuklanmış hücreler kullanılabilmiştir. Sürekli akışkan yataklı reaktör-serbest pelet çalışmasında 2 haftadan fazla 3 günlük bekletilme süresinde % 95-97 renk giderimi elde edilmiştir. Sonuçlar bütün reaktörlerin uzun süre kullanımda yüksek ve kararlı renk giderimi aktivitesine sahip olduğunu göstermektedir [56].

Everzol Turkish Blue G boyasının *Coriolus versicolor* kullanılarak renginin giderimi çalışmasında yüksek renk giderimi değerlerinin elde edilebileceği saptanmıştır. Bu çalışmada mikroorganizma direkt ekim tekniği ile sentetik besiyerinde hergün üç dakika saf O₂ verilerek 9 gün süresinde üretilmiştir (100 rpm). Ayrıca kullanılan boyanın konsantrasyonu 100-1650 mg/l'dir. Çalışmada çeşitli koşulların optimizasyonu araştırılmış ve çalışma sonucunda renk giderimi için en uygun pH'nın 4.5, en uygun karbon ve azot kaynaklarının glukoz ve üre olduğu ve düşük-azotlu veya azotsuz ortamın etkili renk giderimi için gerekli olduğu rapor edilmiştir. Tamamıyla renk giderimi olması için boya miktarının 500 mg/l altında olmasının gerekli olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmanın dezavantajı sentetik besiyeri kullanılması, % 100'lük renk giderimi için 9 gün civarında süreye gerek duyulması ve ilk 24 saat içinde çok düşük renk giderimi elde edilmesidir [57].

Kapdan vd. 2000 tarafından yapılan diğer bir çalışmada yine Everzol Turquoise Blue G boyası ve *Coriolus versicolor* kullanılmış, fakat bu çalışmada sabit kolon reaktörü dizayn edilmiştir. Çeşitli maddeler tutuklama yüzeyi olarak kullanılmış ve tekrarlı kesikli işlemde en iyi tutuklama ajanı metal ağ olarak saptanmıştır. Bundan dolayı sabit kolon reaktörde yapılacak çalışmalarda metal ağ parçalarına tutundurulmuş *Coriolus versicolor* ile çalışılmıştır. Bu reaktörde boya miktarı 200 mg/l ve glukoz 5 g/l olan sentetik ortam kullanılmıştır. İlk 2 yüklemede % 90'dan fazla renk giderimi elde edilirken 7 gün sonra verim % 50 olarak saptanmıştır. Tekrarlı-kesikli çalışmada 24 saatlik sürelerde taze boyalar besiyeri eklenerek 7 kez tekrarlanmıştır [58].



Zhang vd. 2000 Asit Viyole 7 boyasının renginin giderimi çalışmalarında *Trametes versicolor* beyaz çürükçül fungusun üreme ortamına aktif karbon tozları (1-3 mg/l) ilave ederek merkezinde aktif karbon tozları bulunan çapı 1-5 mm arasında değişen peletler elde etmiş ve bunları kompleks pelet olarak adlandırmıştır. Kompleks pelet, pelet ve aktif karbon kullanılarak yapılan renk giderimi çalışmalarında kompleks peletlerin en yüksek ve en kararlı renk giderimini gerçekleştirdikleri görülmüştür (kesikli üretimde). Merkezinde aktif karbon bulunan peletlerin daha geç yaşlandıklarını ve bu yaşlanma işaretinin peletlerin merkezlerine doğru çöküşü olduğu ifade edilmektedir. Tekrarlı kesikli çalışmada kompleks peletlerle yüksek ve kararlı renk giderimi aktivitesi elde edilmiştir. Aktif karbona tutundurulmuş hücrelerin renk gideriminin yüksek olması aktif karbonun çevreden kimyasalları tutması ve ayrıca ekstrasellüler enzimleri de tutması olabilir [44].

Phanerochaete chrysosporium BKMF-1767 (ATCC24725) kullanılan bir çalışmada yarı-katı koşullarda sabit yataklı biyoreaktörde üretim yapılarak ligninolitik enzim ve renk giderimi yeteneği araştırılmıştır. Sabit yataklı reaktörde üç tip taşıyıcı kullanılmıştır. Bunlar poliüretan köpük, naylon sünger küpleri ve kıyılmış mısır koçanıdır. İşlemler kesikli ve kesiksiz olarak yürütülmüştür. En yüksek renk giderimi % 70 ile naylon sünger konmuş reaktörde görülmüştür. Naylon süngerin pürüzlü, hidrofobik doğada olması ve gözenekli yapısı destek maddesi olarak kolaylıkla kullanılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada fungusun lakkaz ürettiği de ifade edilmektedir. Kesiksiz üretimde enzimin kararlılığını sürdürebilmesi için fungusun proteaz enzimi salgılamasını en aza indirmek üzere ortama glukoz eklenmiştir. Kullanılan boya Poli-R-478'dir [59].

Aynı boya ve aynı ekiple yapılan bir başka çalışmada mısır koçanı üzerine yoğunlaşmıştır. Mısır koçanı hem fiziksel destek hem de besleyici kaynak olarak kullanılmaktadır. Mısır koçanı kullanılan ve veratril alkol eklenen ortamda eklemeyen bir gün sonra % 36'lık renk giderimi elde edilirken 12 günlük üretim sonucunda % 85'lik bir renk giderimi elde edilmiştir. Mangan oksit ilave edilen besiyerinde ise mangan peroksidaz (MnP) ve lignin peroksidaz saptanmıştır. Daha sonra lakkaz aktivitesi gözlenmeye başlamıştır. Araştırmacılar bu boyanın yıkımında MnP'in sorumlu olduğunu ileri sürmüştür. Fungus bulunan ortama boya konulduğunda boyanın renginin koyu kırmızıdan sarıya ve oranja doğru dönüştüğü görülmektedir. Bu da biyolojik yıkımın enzim aktivitesi ile ilgili olduğunu açıklar.



göstermektedir. Çünkü fungusuz kontrol ortamında herhangi bir renk değişimi olmamaktadır [60].

Tekstil fabrikası atık suyu ile yapılan bir çalışmada en iyi renk giderimi 35°C’de, pH 3 ve % 10’luk ekim miktarı kullanarak, 28 saatlik sürede % 97 olarak saptanmıştır. Yüksek azot varlığında renk giderimi azalmaktadır. 0.3 g/l miktarına kadar glukoz ilavesi renk giderim hızını olumlu etkilemektedir. Çalışma hava yüklemeli reaktörde *Phanerochaete chrysosporium* kullanılarak yapılmıştır [61].

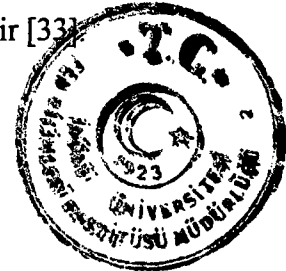
Yürütülen diğer bir çalışmada ticari azo, triarilmetan, antrakinin ve indigo boyaların renginin giderimi funguslardan elde edilen enzim örnekleri ile gerçekleşmiştir. Ham ekstrasellüler sıvıların enzim örneği olarak kullanıldığı bu çalışmada boyalardaki grupların farklılığının enzim aktivitesini etkilediği gözlenmiş ve sonuç olarak hidrosil ve amino gruplarının renk giderimini arttırdığı tespit edilmiştir [62].

Kirby vd. tarafından yapılan bir çalışmada azo boya olan sekiz sentetik tekstil boyası (200 mg/l) *Phlebia tremellosa* ile muamele edilmiş ve statik koşullarda 14 gün sonucunda % 96 ‘nın üzerinde renk giderimi elde edilmiştir. Lakkaz aktivitesi sekiz boyanın karışımı olarak hazırlanmış besiyerinde 5. günde gözlenmiş ve 15. günde maksimum aktivite elde edilmiştir. Ortamda LiP ve MnP aktivitesi saptanamamıştır [63].

Çeşitli beyaz çürükçül fungusların kullanıldığı çalışmada Poli-R-478, Orange II ve RB38’in renginin giderebildiği saptanmıştır. Bütün çalışmalar statik koşullarda yürütülmüştür. 14 günlük üretim sonucunda % 90’nın üzerinde renk giderimi elde edilebileceği rapor edilmiştir. Renk giderimi yaklaşık 3 günlük lac periyodundan sonra başlamaktadır ve renk gideriminin çoğu lignolitik enzimlerin üretiminin olduğu 3-7 gün arasında olmaktadır. LiP gözlenmezken yüksek oranda MnP gözlenmiştir. Lakkaz aktivitesi ise bazı türlerde saptanırken, bazılarında saptanamamıştır. Mangan eklenen ortamlarda yapılan çalışmalarda özellikle 33 µM mangan varlığında renk giderimi artarken, yüksek mangan miktarlarında renk giderimi azalmıştır. Oksalik asit eklenmesinin ise renk giderimine etkisi olmadığı gözlenmiştir [64].

Orange II ile yapılan diğer bir renk giderim çalışmasında tutuklanmış mikroorganizmaların renk gideriminde kullanılabileceği rapor edilmiştir [33].

2.2. Renk Gideriminde Kullanılan Diğer Funguslar



Beyaz çürükçül funguslar dışında diğer funguslar renk giderimi yeteneği göstermektedir. Bu açıdan yapılan çalışmalar Banat vd. [1] tarafından hazırlanan derlemede verilmiştir. Bu derlemede çeşitli fungusların renk giderim yetenekleri ele alınmıştır. Corso vd. *Neurospora crassa*'nın diazo boyaların rengini giderdiğini rapor etmiştir. Boyanın rengi, 24 saat inkübasyon sonucunda % 89-91 oranında giderilmiştir. Kullandıkları boyanın konsantrasyonu litrede 16-32 mg/l' dir. Bu oranlar endüstriyel boya atık suyundaki oranlara benzemektedir [65].

Pycnopus cinnabarinus'un 200 litrelik sabit yataklı reaktörde 48-72 saat inkübasyonu sonucunda boyaların rengini giderdiği ve tolere ettiği bulunmuştur. Fungus reaktörde üretilmiş ve Remazol Brilliant Blue R boyası ilave edilmiştir. Hızlı bir renk giderimi gözlenmiştir. Fenoloksidaz ve lakkaz enzimleri renk giderimi işlemi katalize etmiştir. Ayrıca saflaştırılmış lakkaz enzimi de kullanılmıştır [66].

De Angelis ve Rodrigues (1987) *Candida sp.* kütlesi kullanarak tekstil boyasından renk uzaklaştırılmasını test etmiş ve birçok Prosiyon (100 mg/l) boyaları için % 93-98 oranında renk giderimi elde etmiştir [67]. Çizelge 2.4'de çeşitli funguslarla yapılan çalışmalar verilmektedir.

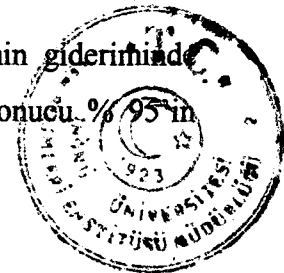
Çizelge 2.4. Renk Giderme Yeteneği Olan Diğer Funguslar

Kültür	Boya ve Konsantrasyonu	%Renk Giderimi ve zaman	Mekanizma	Referans
<i>Neurospor crassa</i>	Vermelho ReanilP8B (16-32mg/l)	% 89-91 24 saat	Adsorbsiyon	Corso vd. (1981)
<i>Pycnopus cinnabrinus</i>	----- bilinmiyor	% 90 3gün	Ekstraselüler oksidaz	Schliephake vd. (1996)
<i>Candida sp.</i>	Prosiyon Black SPL (100mg/l)	%93.8 2 saat	Adsorbsiyon	De Angelis & Rodrigues (1987)
<i>Candida sp</i>	Prosiyon Blue MX2G (100mg/l)	%96.8 2 saat	Adsorbsiyon	De Angelis & Rodrigues (1987)
<i>Candida sp</i>	Prosiyon Red HE7B (100mg/l)	%98.9 2 saat	Adsorbsiyon	De Angelis & Rodrigues (1987)

(Banat' dan [1] değiştirilerek alınmıştır)

İzole edilen *Penicillium sp.* kullanılan bir başka çalışmada Poli-R478 ve Poli-S119'un (% 0.01) sıvı ortamda rengi giderilmiştir. Özellikle Poli-R478'in rengi 4 günlük sürede hemen hemen tamamıyla giderilmiştir [68].

Yürütülen diğer çalışmada reaktif tekstil boyaların renginin gideriminde *Aspergillus foetidus* kullanılmıştır. Fungusun 48 saatlik üretimi sonucu % 95'in



üzerinde renk giderimi elde edilmiştir. Renk gideriminin eksponansiyel üreme fazı ile ilişkili olduğu ve glukoza da ihtiyaç duyduğu saptanmıştır. 72. saatte renk giderimi % 72 oranında olmuştur [69].

Meehan C. vd. tarafından yapılan tekstil boyalarının rengini gidermeye yönelik çalışmada *Kluyvermyces marxianus* IMB3 (termotolerant bira mayası) ve Remazol Black-B boyası kullanılmıştır. Bu çalışmada da maksimum renk giderimi 37° C’de % 98 oranında olmuştur. Renk gideriminin boyanın yıkımı sonucu değil hücrelere tutunması sonucu olduğu gözlenmiştir. Aerobik koşullarda renk giderimi 18 saat içinde tamamlanırken, anaerobik koşullarda inkübasyon yapıldığında renk giderimi yüzdesi düşmüştür. Değişik başlangıç pH’ larının renk giderimi üzerinde fazla bir etkisi yokken değişik sıcaklıklar etkili olmuştur [70].

Diğer bir adsorbsiyon çalışması kuru *Rhizopus arrizhus* miselleri kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın amacı Remazol Black B boyasının kuru misellere tutunmasını sağlamaktır. En yüksek adsorbsiyon 35° C’de, pH 2’de ve boya konsantrasyonu 800 mg/l olduğu zaman olduğu bildirilmiştir. Boya fungus hücrelerinin hücresel bileşenlerine, amino asitlerine, lipidlerine, asidik polisakkaritlerine ve kitine bağlanmaktadır. Çözeltinin pH’sı hücre yüzeyinin boya bağlanacak kısımlarını ve sudaki boyanın kimyasal yapısını etkilemektedir. Bundan dolayı düşük pH değerleri negatif yüklü boya moleküllerinin ve pozitif yüklü hücre yüzeyinin elektrostatik çekimini olumlu yönde etkilemektedir [19].

2.3. Bakteri Kültürleri İle Renk Giderimi

Tekstil fabrikası atığının renginin giderimi ile ilgili Nigam vd. tarafından yapılan bir çalışmada basit ve pratik bir biyolojik işlem gerçekleştirilmiştir. Anaerobik ve aerobik kültürlerden renk giderimi yeteneği olanlar izole edilmiştir. İzole edilmiş iki karışık bakteri kültürünün (PDW ve PDC) tekstil boyalarının rengini giderme yeteneğine sahip olduğu ve zengin kültürlerden izole edilip tek karbon kaynağı boya olan minimal ortamda ve anaerobik koşullarda bir yıldan fazla korunabileceği saptanmıştır. Her iki bakteri kültürü mineral tuz ortamında üretildikleri zaman yavaş üreyebilmiş ve plaklarda herhangi bir renk giderimi gözlenememiştir. Anaerobik koşullarda üreme çok daha fazladır fakat düşük bir renk giderimi elde edilmiştir. Benzer olarak glukoz veya maya özütü zenginleştirilmiş ortamlarda üretildiği zaman aerobik olarak üremişlerdir. Fakat



herhangi bir renk giderimi gözlenmemiştir. Anaerobik koşullarda ise aktif olarak üremişler ve R.Turkish Blue G 133 dışındaki bütün boyaların rengini tümüyle gidermişlerdir (Çizelge 2.5). Bu çalışma sonucunda plaklarda ve erlenlerde üremenin anaerobik koşullarda daha hızlı, daha yoğun olduğu ve renk gideriminin yalnızca anaerobik koşullarda olduğu gözlenmiştir [71].

Çizelge 2.5. Karışık Bakteri kültürü ile yapılan renk giderimi çalışmaları

Tekstil boyası	Absorbans	Boya tipi	Renk giderimi %	
			24 saat	4 gün
Cibacron Red C-2G	515	Reaktif	88	100
Remazol Navy Blue GG	620	Diazo	80	100
Remazol Red RB	525	Diazo	89	100
Cibacron Orange CG	489	Reaktif	79	100
Hisperse Navy D2GR	543	Disperse	68	80
Remazol Blue B	590	Diazo	76	100
Remazol Turquoise Blue G133	660	Fitalosiyenin	08	<20
Remazol Black B	600	Diazo	67	100

Boya ile kontamine olmuş aktif çamurdan izole edilen *Klebsiella pneumoniae* RS-13 toksik azo boya Metil Red'in rengini giderebilmiştir. Bu çalışmada *Klebsiella pneumoniae*'nin renk giderimi yeteneği *Acetobacter liquefaciens* S-1 ile karşılaştırılmış ve *Klebsiella pneumoniae*'de daha yüksek yıkım yeteneği gözlenmiştir. İki bakterinin Metil Red yıkım ürünlerinin HPLC ile analizi Metil Red boyasının indirgen olarak halkasal yapısının kırıldığını ve 2-amino-benzoik asit ve N,N dimetil-p-fenilendiamin oluştuğunu göstermiştir. Çalışmada sıcaklık, statik/çalkalamalı koşullar, glukoz ve amonyum sülfat gibi faktörlerin etkisi araştırılmıştır. Özellikle *Klebsiella pneumoniae*'nin doğa şartlarına daha az duyarlı olması bu bakterinin azo boya içeren atık suya muamelesinin uygulanabilirlik olasılığını artırmaktadır [72].

Banat I.M. vd. yaptığı bir çalışmada iki fakültatif bakteri kültürü izole edilmiştir. Bunlar karışık kültür (BMM) ve saf kültürdür (DTB). Bu çalışmada yüksek sıcaklıkta üreyebilen termofilik bakteriler tercih edilmiştir. Çünkü tekstil endüstrisinde, sıcak atık sulara işlemden sonra soğutma işlemi yapılması gerekmektedir. Bu tarz bakteriler soğutma işlemi yapılmadan ilk basamakta kullanılabilir. Bu da doğal olarak maliyeti azaltmaktadır. Renk giderimi % 67-84, % 70-89 arasında değişmiştir. Atık sulardan izole edilmiş bakteriler öncelikle statik olarak 47°C'de 10 gün inkübe edilmiştir. Bu işlem için aynı ortam

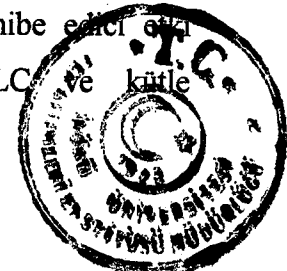


içeren agar plakları hazırlanmış ve ekim gerçekleştirilmiştir. Renk giderimi zonlar halinde kendini göstermektedir. Farklı sıcaklıklarda üreme oranı optikal yoğunluk ölçümü ile yapılmıştır. Böylece optimum sıcaklık seçilmiştir. DTB kültürü ile yapılan uygulamalarda renk giderimi oranı % 70'den fazladır. Ayrıca direkt tekstil fabrikası atığı ile yapılan uygulamalarda renk giderimi % 95'den fazladır. BMM hem Gram (-) hem de Gram (+) bakterileri içermektedir. BMM karışık kültürünün seri sulandırım aşamalarından sonra DTB kültürleri elde edilmiştir. Bu kültür *Corynebacterium*'dur [73].

Pseudomonas luteola (boya atık su arıtım çamurundan elde edilmiş) ile yapılan çalışmada çeşitli azo boyaların renginin giderimi çalışılmıştır. Sıvı besiyerinde RP₂B'nin (100 mg/l) rengi 6 günde yaklaşık % 95 oranında giderilmiştir. Bu çalışmada kültürler 48 saat 100 rpm'de, 28°C'de üretildikten sonra 4 gün statik olarak üretime devam edilmiştir. 6 günlük muamele sonucu hücrelerin beyaz kalması renk gideriminin adsorbsiyon değil, biyolojik yıkım olduğunu göstermiştir. Bu bakteri glukoz olmayan ortamda RP₂B boyasını karbon kaynağı olarak kullanıp üreyebilmiştir. Bu bakterinin glukozsuz ortamda üreyebilmesi ve düşük glukoz konsantrasyonunda (% 0.125) % 95 civarında renk giderimine ulaşılabilmesi boya atık sularının arıtımında direk olarak kullanılabileceğini fikrini vermektedir [74].

Pseudomonas mendocina MCM B-402, tek karbon kaynağı olarak Metil viyoleto içeren (trifenilmetan) sentetik ortamda 48 saatte rengi tamamıyla gidermiştir. Burada renk gideriminin demetilasyon sonucu olduğu saptanmıştır [75].

Yapılan bir başka çalışmada çeşitli azo boyaların rengini giderebilen *Pseudomonas luteola*'dan azoredüktaz genleri *E. coli*'ye klonlanmış ve *E. coli* NO₃ mutant bakteri soyu ile Reaktif Kırmızısı 22 (azo boya) boyasının rengi giderilmeye çalışılmıştır. Boya konsantrasyonun, çevre faktörlerinin (sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen seviyesi) bakteriyal renk giderimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. *E. coli* NO₃'ün uzun dönemde yenilenen işlemlerdeki kararlılığı ve etkinliği de araştırılmıştır. Boya konsantrasyonu 200 mg/l olacak şekilde çalışılmış ve yüksek renk giderimi görülmüştür. Rekombinant olmayan *E. coli* ise azo boyanın rengini giderememiştir. Glukoz varlığı boyanın renginin gideriminde inhibe edici etki yapmıştır. Bunun nedeni katabolit baskılama olabilir. HPLC



spektrofotometre analizleri renk gideriminin büyük oranda azo indirgenmesine benzediğini göstermektedir [76].

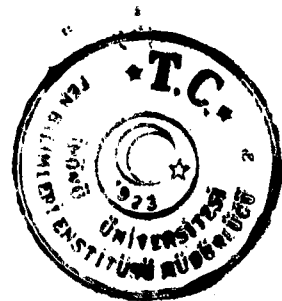
Asit antrakinon boyası Tektilon Blue (TB4R) halı boyama fabrikalarının atık sularının esas renkli bileşenidir. TB4R'nin kesikli sistemde üç bakteri ile (*Bacillus gordonae*, *Bacillus benzeovora* ve *Pseudomonas putida*) aerobik biyolojik yıkımına çalışılmış ve kullanılan üç bakteri de bu boyanın rengini başarılı bir şekilde gidermiştir. Renk gideriminin % 19'u biosorpsiyonla olurken, geriye kalan önemli bir kısmı da boyanın bakteri tarafından kullanılmasına bağlıdır. Çalışma çalkalamalı koşullarda 400 ml'lik erlenlerde 100 ml boya içerecek şekilde yapılmıştır. Bu ortamlara 20 ml bakteri kültürü eklenmiş ve 250 rpm'de çalışmada yürütülmüştür [77].

2.4. Alg Kültürleri ile Renk Giderimi

Azoredüktazın indüklenmiş formu aracılığıyla alglerin azo boyaları yıktığına dair bilgiler Banat vd. [1] tarafından bildirilmiştir. *Chlorella* ve *Oscillatoria* birçok azo boyasını aromatik aminlere, basit bileşiklere ve CO₂'e yıkar. Bazıları azo boyalarını tek karbon ve azot kaynağı olarak kullanabilir [78].

Sonuç olarak boyar maddelerin renginin giderimi için mutlak biyoteknolojik yöntem gereklidir. Bu açıdan beyaz çürükçül funguslar öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada amaçlarımız Malatya'da Tekstil fabrikalarında boyar madde olarak kullanılan Astrazon boyalarının renginin beyaz çürükçül fungus, *F. trogii* ATCC 200801, kullanılarak gideriminin araştırılması, biyoteknolojik koşulların optimizasyonu ve mikroorganizmaların renk giderim yeteneğinin artırılmasıdır. Çalışmada ayrıca farklı beyaz çürükçül fungusların da renk giderim aktivitesi araştırılmıştır. Beyaz çürükçül fungusların Astrazon boyalarının rengini giderim yeteneği ilk kez bu çalışmada ortaya konmuştur.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışmada Kullanılan Boyar Madde

Çalışmada bazik Astrazon Kırmızı FBL ve Astrazon Mavi FGRL boyası kullanılmıştır. Boyalar İPAŞ Tekstil AŞ'den temin edilmiştir.

3.2. Çalışmada Kullanılan Boyar Maddenin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan boyar maddeler 0.066 gr/10ml distile su olacak şekilde hazırlanmıştır. Otoklavda 120°C'de 1 atm basınç altında 15 dakika otoklavize edildikten sonra çalışmalarda belirlenen boya konsantrasyonlarına uygun olarak besiyerlerine ilave edilmiştir.

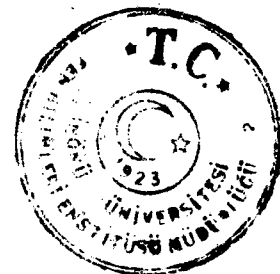
3.3. Çalışmada Kullanılan Besiyerleri

Çalışmanın türüne bağlı olarak stok temel besiyeri (STB) ve distile su kullanılmıştır. Stok temel besiyerinin içeriği Tablo 3.1'de verilmiştir. Besiyerleri otoklavda 120°C'de 1 atm basınçta 15 dakika otoklavize edilmiş ve çalışmalarda kullanılmıştır.

Çizelge 3.1 Stok temel besiyerinin (STB) içeriği

Kullanılan Bileşen	Miktar (g/l)
KH_2PO_4	0.2
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.1
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.05
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0.5
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.035
Glukoz	2
Maya özütü	1

Statik çalışmalar için 15 ml STB/250 ml'lik erlenler, çalkalamalı çalışmalar için 50 ml STB/250 ml'lik erlenler kullanılmıştır. Distile su ile yapılan çalışmalarda da aynı oranlar kullanılmıştır. Çalışmalar üçerli tekrarlar halinde yapılmıştır.



3.3.1. Çalışmada kullanılan kontrol gruplarının hazırlanması

Yapılan bütün çalışmalarda çalışmanın amacına bağlı olarak belirtilen miktarda besiyerleri ve boya ilave edildikten sonra kontrol grubu olarak ayrılan erlenlere fungus ekimi yapılmamıştır.

3.4. Çalışmada Kullanılan Funguslar

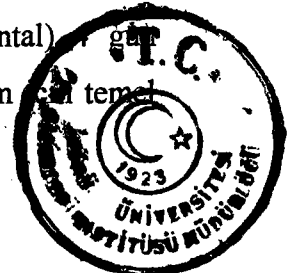
Çalışmada Basidiomycetes sınıfına dahil olan beyaz çürükçül funguslardan *Funalia trogii* ATCC200800, *Coriolus versicolor* (*Trametes versicolor*) ATCC200801, *Pleurotus florida*, *Pleurotus sajor-caju*, *Phanerochaete chrysosporium* ME446 ve *Pleurotus ostreatus* kullanılmıştır. *P. sajor-caju*, *P. chrysosporium*, *P. florida*, *P. ostreatus* ME446 Nazif Kolonkaya (Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi) tarafından sağlanmış olup uzun yıllardır laboratuvarımızda korunmaktadır. Diğer iki fungus ise Biyoloji bölümünde Doç. Dr. Özfer Yeşilada tarafından kültüre alınmış olan funguslardır. Bu kültürler ayrıca ATCC olarak tanımlanmıştır.

3.5. Çalışmada Kullanılan Fungusların Üretimi ve Saklanması

Çalışmada kullanılan fungusların devamlılığını sağlamak için funguslar, Sabouraud dextrose agar plaklarında 30°C'de, 4-6 gün inkübe edilmiştir. Funguslar 3-4 haftada bir taze besiyerlerine aktarılmıştır. Fungus kültürleri +4°C'de buzdolabında saklanmıştır.

3.6. Çalışmada Kullanılacak Stok Fungus Kültürlerinin Hazırlanması

Fungusların kültür ortamlarına ekimi ve bu ortamlara adaptasyonlarının sağlanması amacı ile Sabouraud dextrose agar eğik besiyerleri tüplerinde üretilmiş olan kültürlerle 10 ml distile su eklenmiş ve misel süspansiyonları elde edilmiştir. Misel süspansiyonları (5 ml) aseptik koşullarda, 100 ml Sabouraud dextrose broth içeren 250 ml'lik erlenlere aktarılmıştır. Hazırlanan fungus kültürleri 30°C'de 150 rpm'de çalkalamalı inkübatörde (New Brunswick Scientific; G 24 Environmental) 24 saat süreyle üretilmiş ve bu kültürler çalışmada kullanılacak besiyerlerine ekim için stok fungus kültürleri olarak kullanılmıştır.



3.7. Fungusların Ekimi ve Üretimi

Hazırlanan kültürler steril koşullarda homojenizatör (Kinematica Gmdh) yardımı ile çok düşük devirde homojenize edilmiştir. Homojenize edilmiş fungusların kullanıldığı çalışmalarda statik çalışmalar için 250 ml'lik erlenlerdeki boyalı besiyerlerine 0.5 ml, çalkalamalı koşullarda yürütülecek çalışmalar için besiyerlerine 1 ml olacak şekilde funguslar ekilmiştir.

Statik çalışmalar için 15 ml STB/250 ml'lik erlenler, çalkalamalı çalışmalar için 50 ml STB/250 ml'lik erlenler kullanılmıştır. Distile su ile yapılan çalışmalarda aynı oranlar kullanılmıştır.

Statik koşullarda yapılacak çalışmalarda STB veya distile su içeren besiyerlerine otoklavize edilmiş stok boya çözeltisinden 0.03 ml eklenmiş ve 0.5 ml homojenize olmuş fungus ekilmiştir.

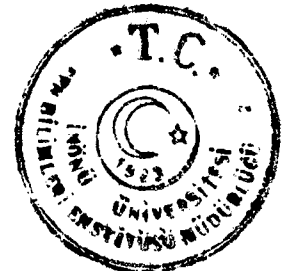
Çalkalamalı koşullarda yapılacak çalışmalarda ise STB veya distile su içeren besiyerlerine yine otoklavize olmuş stok boya çözeltisinden 0.1 ml (13 mg/l) olacak şekilde boya ilave edilmiştir. Daha sonra 1 ml homojenize olmuş fungus ekilmiş ve 6 gün 30°C'de çalkalamalı etüvde (150 rpm) inkübe edilmiştir.

Pelet çalışmalarında ise homojenize edilmiş fungus kültüründen 100 ml Sabouraud dextrose broth/250 ml'lik erlenlere, 2 ml homojenize edilmiş fungus ekilmiş ve çalkalamalı etüvde 4-6 gün inkübasyona bırakılmıştır.

3.8. Optimizasyon Çalışmaları

3.8.1. Başlangıç pH'sının renk giderimi üzerindeki etkisinin saptanması

Renk giderimi üzerine başlangıç pH'sının etkisinin saptanması amacı ile 0.1 N HCl ve 0.1 N NaOH besiyerine ilave edilmiştir. Besiyeri pH'ları 6, 7, 8, 9, 10 ve 11'e ayarlanmıştır. pH'sı ayarlanmış besiyerlerine son konsantrasyon 264 mg/l olacak şekilde steril boya eklenmiş ve 370/50 ml Sabouraud dextrose sıvı besiyerinde üretilmiş peletler steril koşullarda besiyerine ekilmiştir. Bu kültürler 30°C'de 24 saat inkübe edildikten sonra renk değişimi saptanmıştır.



3.8.2. Boya konsantrasyonunun renk giderimi üzerine etkisinin saptanması

Çalışmalarda son konsantrasyon olarak 13-1500 mg/l Astrazon Kırmızı boyası içeren distile su ortamlarına 370 mg/50 ml olacak şekilde pelet eklenmiştir. Kültürler 30°C, 150 rpm'de 24 saat süresince çalkalamalı olarak inkübe edilmiştir.

3.8.3. Sıcaklığın renk giderimi üzerine etkisinin saptanması

Sıcaklığın renk giderimi üzerine etkisinin saptanması amacıyla 264 mg/l Astrazon Kırmızı FBL boyası içeren distile su ortamlarına 370 mg/50 ml pelet eklenmiş ve 10°C, 20°C ve 30°C'de 150 rpm'de çalkalamalı olarak 24 saat süresince inkübasyona bırakılmıştır.

3.8.4. Çalkalamanın renk giderimi üzerine etkisinin saptanması

Çalkalamanın renk giderimi üzerine etkisinin saptanması amacıyla distile su içeren 250 ml'lik erlenlere 264 mg/l olacak şekilde boya ilave edilmiştir. SDB'da üreyen 370 mg/50 ml pelet steril koşullarda bu ortamlara eklenmiştir. Kültürler 0, 50, 100 ve 150 rpm'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır.

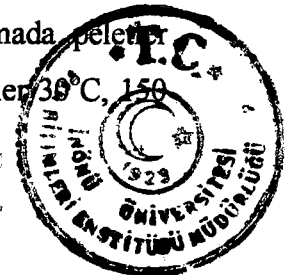
3.8.5. Pelet miktarının renk giderimi üzerine etkisinin saptanması

Pelet miktarının renk giderimi üzerine etkisinin saptanabilmesi için 50 ml distile su içeren 250 ml'lik erlenlere 13, 66, 132 ve 264 mg/l olacak şekilde boyar madde ilave edilmiştir. Boyar madde içeren besiyerlerine daha sonra 60, 150, 370 mg/50 ml olacak şekilde pelet eklenmiş ve üretime bırakılmıştır.

3.8.6. Canlı ve ölü peletlerin renk giderimi üzerine etkisinin saptanması

Canlı ve ölü peletlerin renk giderimindeki etkisinin saptanması amacıyla Bölüm 3.7'de belirtildiği gibi peletler hazırlanmıştır.

Ölü pelet kullanılacak çalışmada peletler süzülmeden önce otoklavda 1.5 atm basınç altında 120°C'de 20 dakika otoklavize edilmiştir. Sonraki aşamada peletler aseptik koşullarda 264 mg/l boya içeren besiyerlerine eklenmiştir. Kültürler 30°C, 150 rpm'de 24 saat inkübasyona bırakılmışlardır.



3.9. Muamele Süresinin Renk Giderimine Etkisi

Çalışmanın bu kısmında Astrazon kırmızısı boyasının renginin zamana bağlı olarak giderimi saptanmış ve aktivitenin biyolojik yıkım mı yoksa boyanın tutunmasından dolayı mı olduğu araştırılmıştır.

3.10. Tekrarlı–Kesikli Çalışmalar

Tekrarlı–kesikli çalışmalarda kullanılacak peletler bölüm 3.7’de olduğu gibi hazırlanmıştır. 50 ml distile su içeren 250 ml’lik erlenlere sırasıyla 13, 66, 132 ve 264 mg/l olacak şekilde boya ilave edilmiştir. Hazır peletler Bölüm 3.8.5’de belirtilen miktarda olacak şekilde 13, 66, 132 ve 264 mg/l boya içeren besiyerlerine ayrı ayrı ekilmiştir. Kültürler 30°C, 150 rpm’de 24 saat inkübe edildikten sonra peletler ortamdaki alınmıştır. Aynı miktarda boya içeren taze besiyerlerine aynı peletler steril koşullarda eklenmiş ve aynı şartlarda inkübasyona bırakılmıştır. Bu çalışmalar 5 gün boyunca devam etmiştir.

3.11. Besiyerine Eklenen Ek Kaynakların Renk Giderim Verimi Üzerine Etkisinin Saptanması

Distile su içeren besiyerlerine ayrı ayrı 2-4 g/l glukoz, 2-10 g/l Mangan sülfat, 1-2 g/l Amonyum klorür ve 10-25 ml/50 ml peyniraltı suyu ilave edilerek çalışmalar yürütülmüştür. Bölüm 3.7’de belirtilen şekilde hazırlanan peletler steril koşullarda boya (264 mg/l) ve ek kaynak içeren besiyerlerine eklenmiştir. 30°C ve 150 rpm’de inkübasyona bırakılmıştır. Çalışmalar tekrarlı–kesikli olarak yürütülmüştür.

3.12. Farklı Fungus Kültürleri ile Yürütülen Çalışmalar

Funalia trogii ile yürütülen çalışmalara ek olarak bölüm 3.4’de belirtilen fungusların da renk giderimi yeteneğinin test edilmesi amacıyla Bölüm 3.7’de belirtilen şekilde peletler üretilmiş ve 264 mg/l boya içeren 50 ml’ lik distile su ortamına, peletler steril koşullarda aktarılmıştır. Kültürler 30°C, 150 rpm’de 24 saat inkübe edilmişlerdir.



3.13. Analizler

3.13.1. Boyar madde içeren besiyerinin renk değişiminin ölçümü

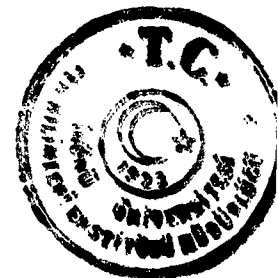
Boyar madde içeren ortamların renk değişimi absorbands değişimi olarak tayin edilmiştir. Funguslarla muamele sonucunda fungusun aktivitesine bağlı olarak gözlenen renk değişimi her boyanın maksimum dalga (A. Kırmızı FBL için 530nm, A. Mavi FGRL için 601nm) boyunda spektrofotometrede (Philips PU8620, UV/Visible) ölçülmüştür. Renk değişimi kontrole karşı % renk giderimi olarak ifade edilmiştir.

3.13.2. Kültür ortamındaki lakkaz aktivitesinin saptanması

Lakkaz aktivitesi, substrat olarak syringaldazine kullanılarak tespit edilmiştir [79]. Homojenize edilmiş fungusların kullanıldığı çalışmalarda kültürler filtre kağıdından süzöldükten sonra ekstrasellüler sıvılar alınmış ve enzim aktivitesinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Hazır peletlerin kullanıldığı çalışmalarda ekstrasellüler sıvı direkt kültür ortamından steril edilmiş mikropipet uçları ile aseptik koşullarda alınmış ve enzim aktivitesinin ölçümü için kullanılmıştır. Enzim aktivitesi, 525 nm dalga boyunda 1 dakikada oluşan absorbands değişimi olarak belirlenmiş ve unit/l olarak ifade edilmiştir [33].

3.13.3. Kültür ortamındaki biyokütle miktarının ölçümü

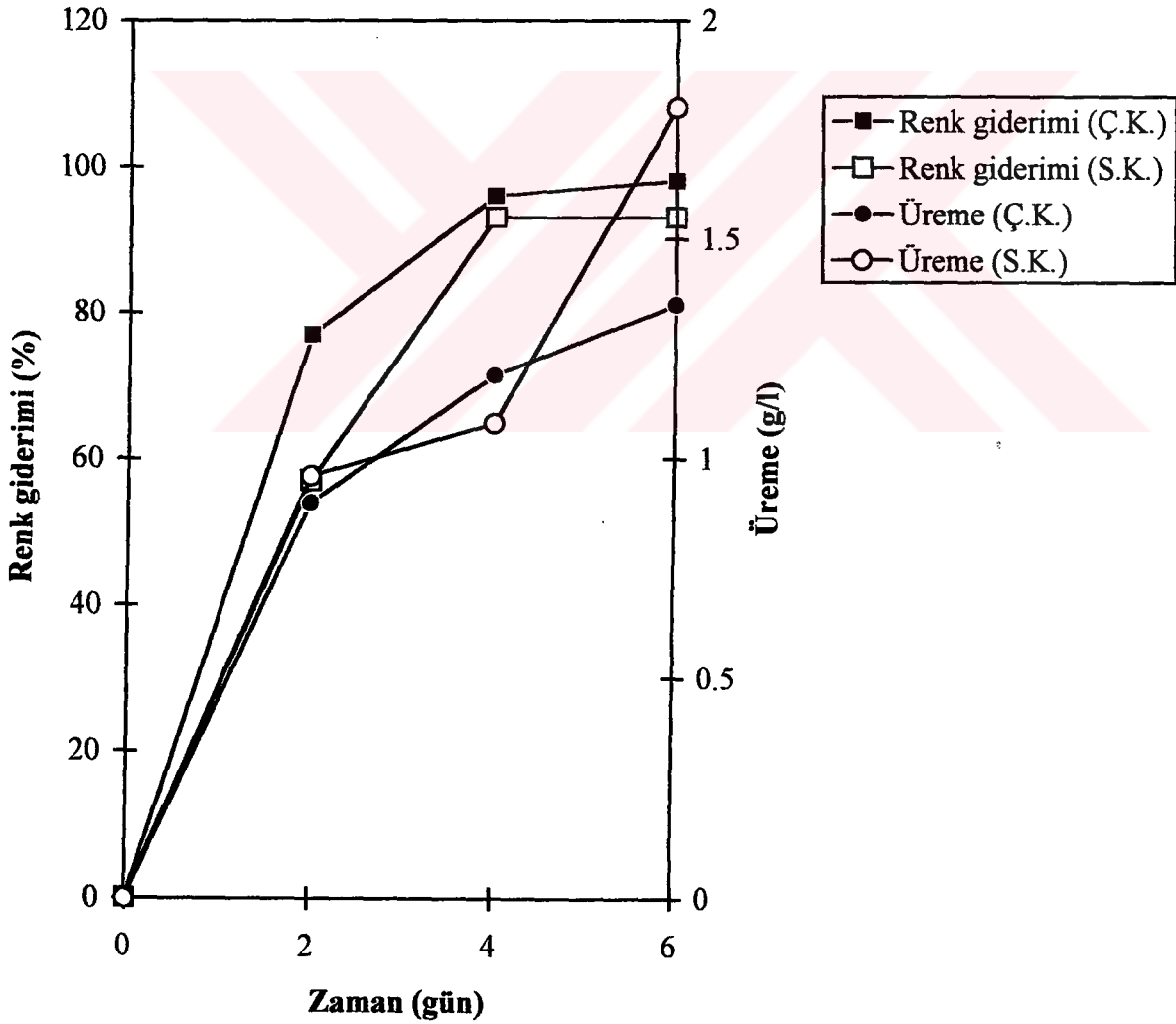
Kültür ortamındaki biyokütle miktarlarını saptamak için öncelikle 50°C'de 24 saat pastör fırınında kurutulan filtre kağıtları (Whatman No:1, Toyo Advantec, 125 mm çap) 1 saat desikatörde bekletilmiş ve hassas terazide ağırlıkları saptanmıştır. Biyokütle miktarını ölçmek için kültür, darası alınmış filtre kağıdından süzölmüştür. Fungus +filtre kağıdı 24 saat 50°C'de kurutulmuş ve 1 saat süresince desikatörde bekletilmiştir. Daha sonra filtre kağıtları hassas terazide tartılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Astrazon Kırmızı FBL Boyasının Renginin *F. trogii* Tarafından Giderimi

Bazik bir tekstil boyası olan Astrazon Kırmızısının renginin giderimi öncelikle başlangıçta besiyerine direkt ekim yapılarak yürütülmüştür. *F. trogii*, boyanın rengini statik ve çalkalamalı koşullarda giderebilmiştir. Statik koşullarda renk giderimi çalkalamalı koşullarda üretilen kültürlerle göre daha az olmuştur (Şekil 4.1.). Benzer sonuçlar Sani vb. (1998) [53] tarafından da rapor edilmiştir. Çalışmalarda 4 günlük inkübasyona sonrası, statik kültürlerde % 93 ve çalkalamalı kültürlerde % 96 oranında renk giderimi elde edilmiştir. Bu süre bir fabrikanın atık suyunun arıtımı için uygun bir arıtım süresi değildir. Zaten direkt ekim çalışmalarının en önemli dezavantajı uzun bir



Şekil 4.1. Zamana bağlı olarak *F. trogii*'nin üreme ve A. Kırmızı FBL boyasının rengini giderimi (30°C, 150 rpm, S.K.: Statik koşullar, Ç.K.: Çalkalamalı koşullar)

süreye gereksinim olmasıdır.

4.2. Pelet Kullanılarak Yapılan Renk Giderimi Çalışmaları

4.2.1. Astrazon Kırmızı FBL ve Astrazon Mavi FGRL boyar maddelerinin renginin çeşitli beyaz çürükçül funguslar kullanılarak giderilmesi

Çalışmanın bu kısmında fungus peletlerinin, besiyerine organik veya inorganik maddeler eklenmeden renk giderme yeteneği test edilmiştir. Distile su içinde bölüm 3.2.'de belirtildiği şekilde hazırlanan A. Kırmızı FBL ve A. Mavi FGRL boyalarının renginin giderimini test etmek için 6 farklı fungus türü seçilmiştir. Çizelge 4.1.'de görüldüğü gibi fungusların tümü dikkat çekici oranda renk giderimi yapabilmişlerdir. Bütün funguslar en az % 97, en fazla % 99 oranında Astrazon Kırmızı FBL boyasının rengini giderebilmişlerdir. A. Mavi FGRL boyasının rengi en az (*P. florida*) % 75 en fazla *P. ostreatus* ile % 97 oranında giderilebilmiştir. Ayrıca renk giderimi besiyeri ortamına herhangi bir ek madde ilave edilmeden gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar beyaz çürükçül fungus peletlerinin etkili bir şekilde renk giderim işlemlerinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.1. Farklı fungus peletleri kullanılarak Astrazon Kırmızı ve Astrazon Mavi boyasının renginin 30°C, 150 rpm ve 24 saatlik inkübasyon sonucunda giderimi

Fungus	Renk giderimi (%)	
	Ast. Kırmızı	Ast. Mavi
<i>Coriolus versicolor</i> ATTC 200801	98	92
<i>Funalia trogii</i> ATTC 2008000	97	92
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> ME446	99	97
<i>Pleurotus florida</i>	97	75
<i>Pleurotus ostreatus</i>	97	89
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	99	97

4.2.2. *F.trogii* peletlerinin A. Kırmızı FBL boyasının rengini giderme yeteneğinin zamana bağlı değişimi

F. trogii peletlerinin boyar madde içeren besiyerine eklenmesinden iki saat sonra % 72 oranında hızlı bir renk giderimi gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2). Maksimum renk giderimi (%97) 24 saat içinde elde edilmiştir. Benzer sonuçlar Shahvali vd. (2000)



tarafından tekstil atık suyu kullanılarak rapor edilmiştir [61]. Tekstil atık suyunun maksimum renk giderimi *P. chrysosporium* ile 28 saat içinde olmaktadır. Mikroskobik ve makroskobik incelemeler renk gideriminin başlangıçta boya bileşiklerinin misellere adsorbsiyonu şeklinde olurken, adsorbsiyon işlemini mikrobiyal metabolizma faaliyetleri sonucu meydana gelen biyolojik yıkım izlemektedir. Zheng vd. (1999) Poly R-478 boyasının *Penicillium* misellerine başlangıçta adsorbe olduğunu fakat inkübasyonun ileriki aşamalarında boyanın miseller tarafından biyolojik yıkıma uğratıldığını belirtmişlerdir [68].

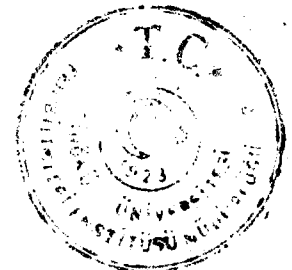
Renk giderim yeteneğinin biyolojik yıkım mı yoksa adsorbsiyon mu olduğunu test etmek amacıyla otoklavize edilmiş peletlerin renk giderim yetenekleri de araştırılmıştır. Isı ile muamele edilmiş peletler boyayı adsorbe ederek ilk 24 saat içinde % 55 oranında renk giderimi sağlamışlardır. Fakat aynı fungusların ikinci kez aynı koşullar içeren ortamda kullanımı sonucu renk giderimi % 24 olmuştur. Bu bize canlı hücrelerde yapılan renk giderimizin adsorbsiyon değil biyolojik yıkım sonucu olduğunu da göstermektedir.

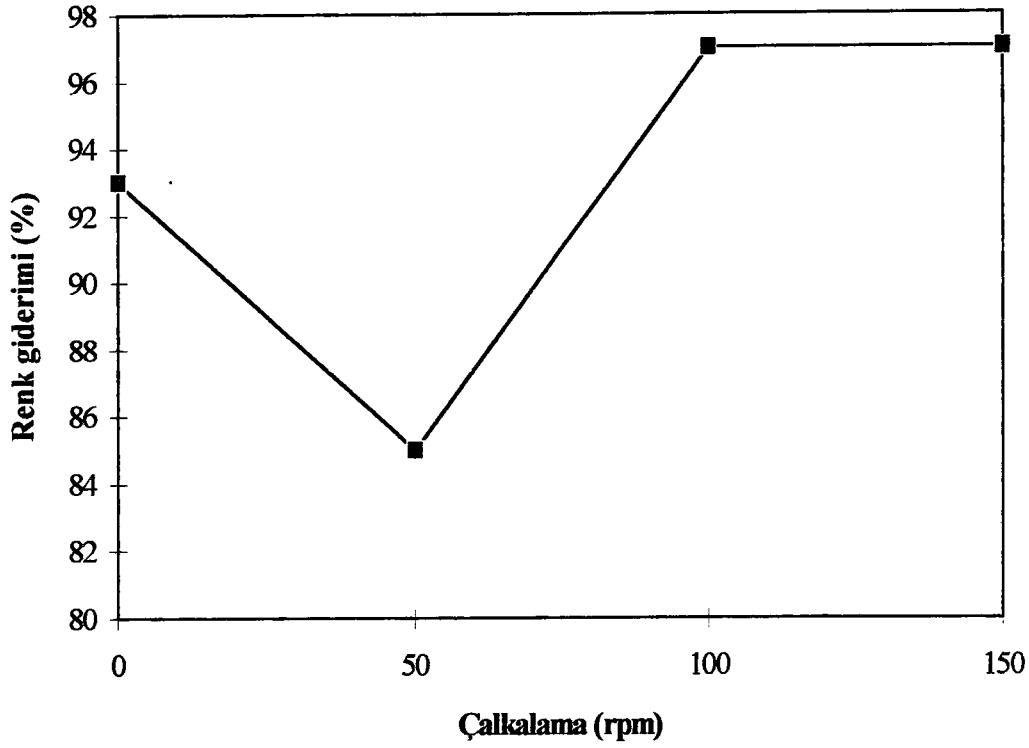
Çizelge 4.2. *F. trogii* peletlerinin A. Kırmızı FBL boyasının rengini zamana bağlı giderim verimi (boya konsantrasyonu 264 mg/l)

<u>Fungus</u>	<u>Renk giderimi (%)</u>				
	<u>2. saat</u>	<u>4. saat</u>	<u>6. saat</u>	<u>12. saat</u>	<u>24. saat</u>
<i>F. trogii</i>	72	83	90	95	97

4.2.3. Çalkalamanın renk giderimine etkisi

Çalkalamanın etkisini tespit etmek üzere *F. trogii* peletleri statik ve çalkalamalı koşullarda inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 4.2). Renk giderim verimi çalkalama hızının değişimine bağlı olarak çok az değişmiştir. En yüksek renk giderimi 100-150 rpm'de elde edilmiştir. 50 rpm'de daha düşük (%85) renk giderimi aktivitesi tespit edilmiştir. Statik koşullarda ise 24 saatlik inkübasyon sonucunda % 93 oranında renk giderimi meydana gelmiştir. Knapp vd. (1997) 23 saatlik inkübasyondan sonra statik koşullarda Orange II boyasının renginin % 45, çalkalamalı koşullarda % 97.5 oranında giderebildiğini rapor etmiştir [52].





Şekil 4.2. Çalkalamanın Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin giderimine etkisi

4.2.4. Sıcaklığın renk giderimine etkisi

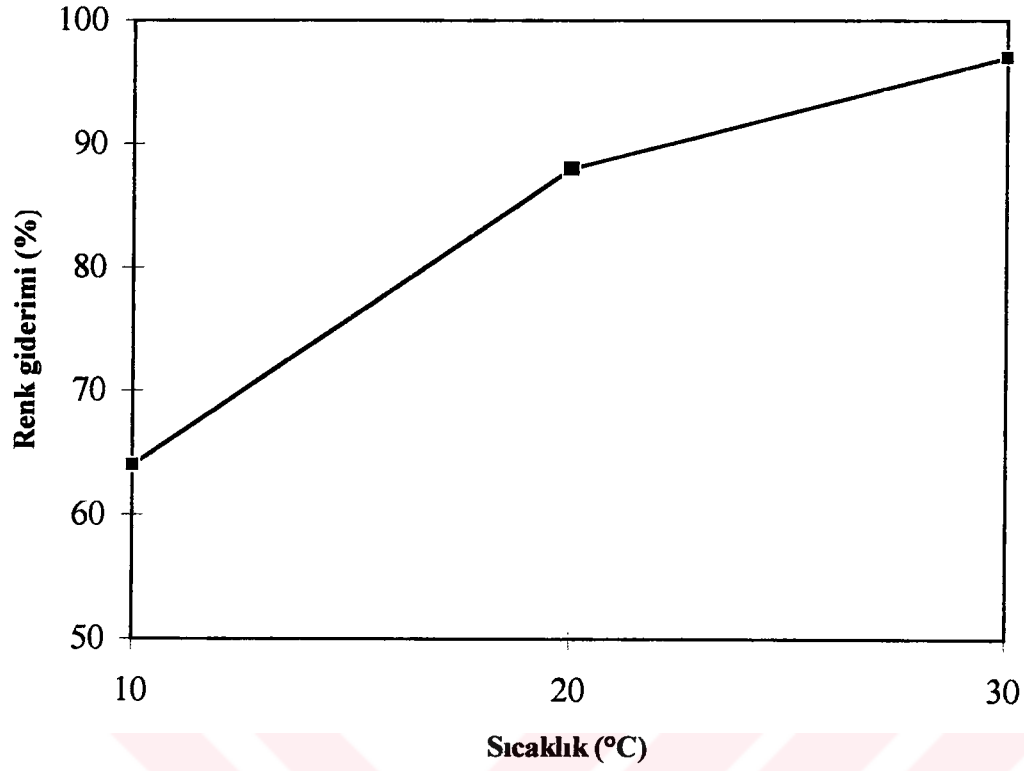
Renk giderimi çalışmaları değişik sıcaklıklarda yürütülmüştür (10-30°C). Renk giderimi performansı 30°C’de maksimum değerlere ulaşmıştır. 10°C’de renk giderimi % 64 oranında olurken, 30°C’de bu oran % 97’e ulaşmaktadır (Şekil 4.3). Renk giderimi için optimum sıcaklık 30°C olarak tespit edilmiştir.

4.2.5. Başlangıç pH’sının renk giderimine etkisi

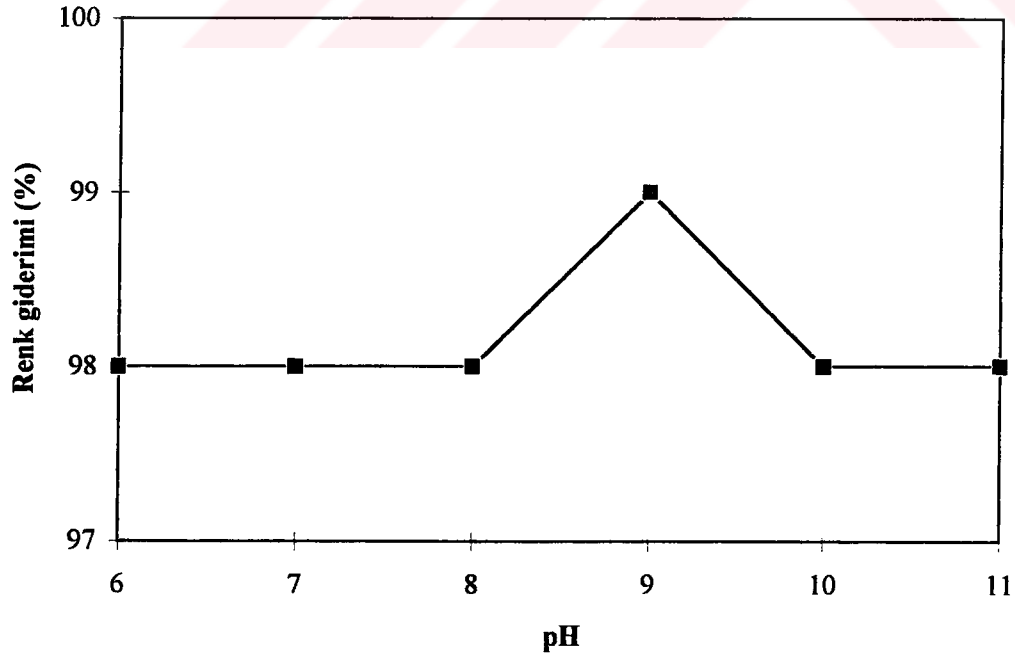
En uygun başlangıç pH’sının tespiti için bölüm 3.8.1.’de belirtildiği gibi başlangıç pH’ ları farklı olarak hazırlanan besiyerlerine *F. trogii* peletleri eklenmiş 150 rpm, 30°C’de çalışmalar yapılmıştır. A. Kırmızı FBL boyasının rengi bütün başlangıç pH değerlerinde kolaylıkla giderilebilmiştir (Şekil 4.4). pH 6-11 aralığında benzer iyi sonuçlar alınmıştır.

Shahvali vd. [61] (2000) ve Knapp vd. [52] (1997) tekstil atık suyunun ve Orange II boyasının renginin etkili bir şekilde giderilebilmesi için ortam pH’sının ayarlanmasının gerekli olduğunu bilmişlerdir. Pelet içermeyen kontrol erlenlerinde renk değişimi olmamıştır.

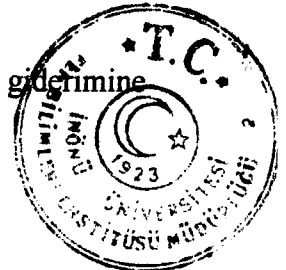




Şekil 4.3. Sıcaklığın Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin giderimine etkisi

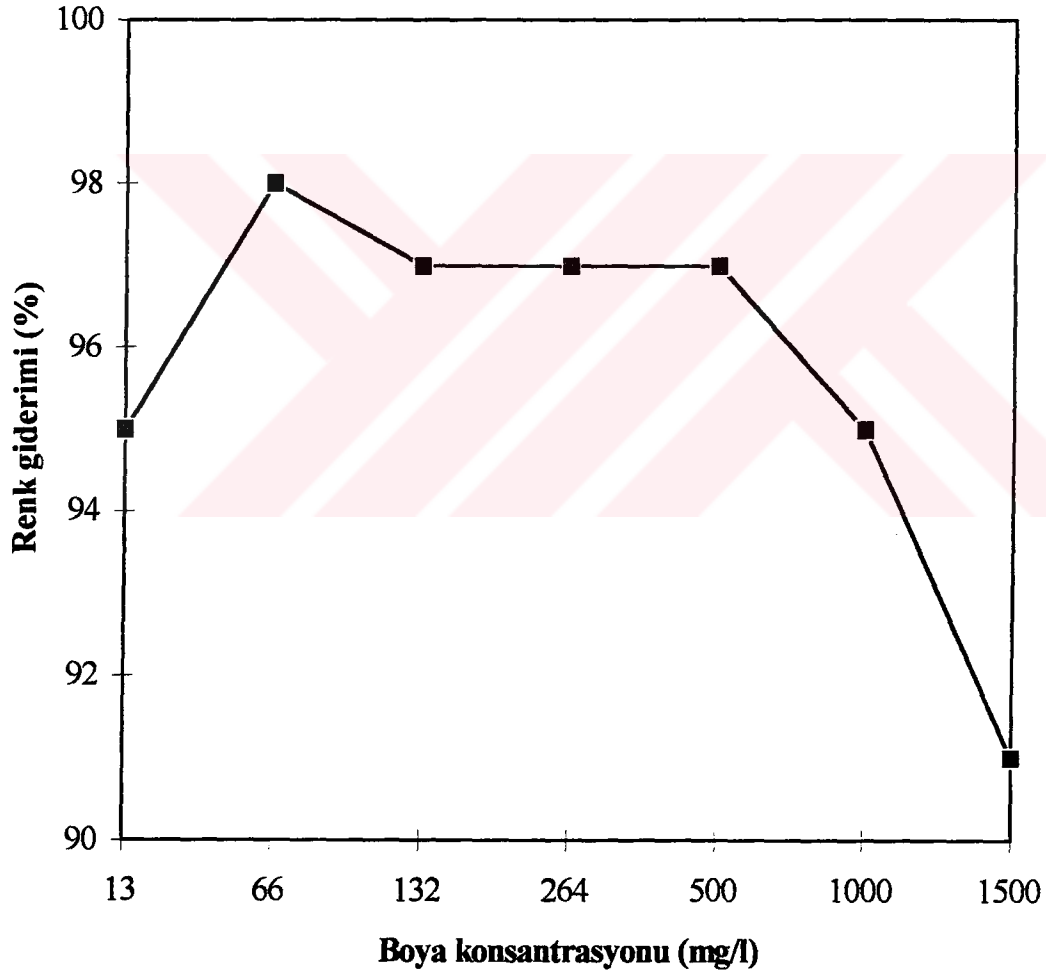


Şekil 4.4. Başlangıç pH'sının Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin giderimine etkisi

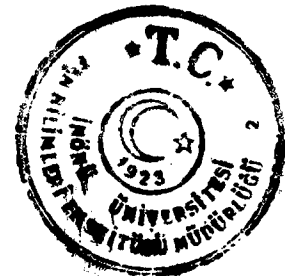


4.2.6. Boya konsantrasyonunun renk giderimine etkisi

Farklı başlangıç boya konsantrasyonlarında fungus peletlerinin renk giderim yetenekleri test edilmiştir (13-1500 mg/l). Sonuçlar fungus peletlerinin bu boyanın rengini ilk 24 saat içinde test edilen bütün konsantrasyonlarda etkili bir şekilde giderebildiğini göstermektedir (Şekil 4.5). En yüksek boya konsantrasyonda bile (1500 mg/l) % 91 oranında renk giderimi olmuştur. Benzer sonuçlar Knapp vd. [52] (1997) ve Kapdan vd. [57] (2000) tarafından Orange II ve Everzol Turquoise Blue G boya ile yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir. Boya içeren fakat fungus peletleri ilave edilmeyen kontrollerde renkte herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.



Şekil 4.5. Başlangıç boya konsantrasyonunun Astrazon Kırmızı FBL boyasının renginin giderimine etkisi



4.2.7. Pelet miktarının renk giderimine etkisi

Üç farklı pelet konsantrasyonu 50 ml besiyeri içeren ortama ilave edilmiştir; 60, 150 ve 370 mg/l (kuru misel ağırlığı). Farklı pelet miktarlarının, değişik boya konsantrasyonlardaki (0-264 mg/l) A. Kırmızı FBL boyasının rengini giderebilme performansı ölçülmüştür. Pelet miktarı 13 ve 66 mg/l boya konsantrasyonlarında renk giderimi verimini etkilememiştir. Fakat daha yüksek boya konsantrasyonlarında (132 ve 264 mg/l) pelet miktarına bağlı olarak renk giderimi veriminde dikkat çekici bir yükseliş vardır. 370 mg/50 ml pelet kullanıldığı durumlarda renk giderimi % 97 olurken, 60 mg/50 ml pelet kullanıldığı zaman renk giderimi % 76 oranında olmaktadır (bu deney için son boya konsantrasyonu 264 mg/l'dir). Daha fazla pelet kullanılan çalışmalarda, özellikle yüksek boya konsantrasyonlarında daha yüksek renk giderimi saptanmıştır (Çizelge 4.3). Knapp vd. (1997) kültür ortamındaki pelet miktarının, Orange II boyasının renginin gideriminde en önemli faktör olduğu bildirilmiştir [52].

Çizelge 4.3. Farklı pelet miktarlarının (*F. troglia*) A. Kırmızı FBL boyasının renginin giderimi (%) üzerine etkisi (30°C, 150 rpm ve 24 saatlik inkübasyon)

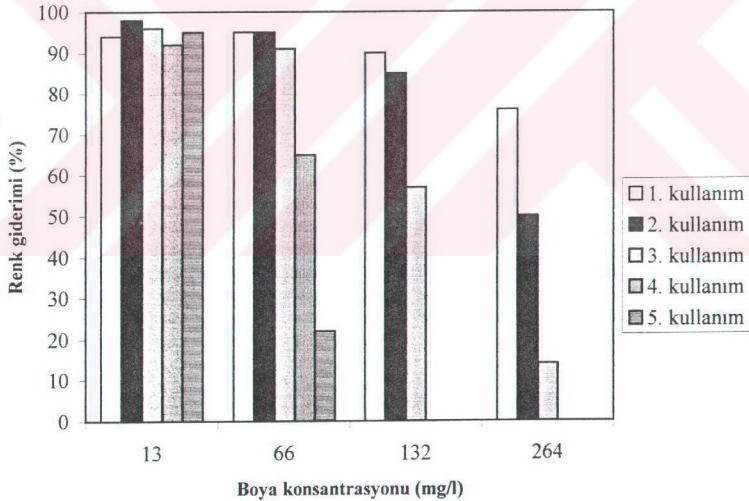
<u>Pelet miktarı</u>	<u>Başlangıç boya miktarı(mg/l)</u>			
	<u>13</u>	<u>66</u>	<u>132</u>	<u>264</u>
60 mg/50 ml	94	95	90	76
150 mg/50 ml	93	96	96	95
370 mg/50 ml	95	98	97	97

4.2.8. Tekrarlı-kesikli çalışmalar

Bu tip çalışmalarda en önemli faktör kullanılacak biyolojik sistemin ne kadar uzun süre kullanılabileceğidir. Bu prosesin ekonomikliği için şarttır. Bu yüzden çalışmanın bu kısmında peletlerin tekrar tekrar kullanılabilirlikleri test edilmiştir. *F. troglia* peletlerinin tekrar tekrar kullanılabilirlikleri tekrarlı-kesikli çalışmalarda test edilmiştir. Çalışmada peletler 24 saatlik inkübasyon süresinde kullanılmışlar ve 5 kez çalışma tekrarlanmıştır. Bunun için peletler, boya içeren besiyerlerinde 24 saat inkübe edilmiş ve sonra aynı koşullara sahip yeni besiyerlerine transfer edilmiştir. Aynı peletler 50 ml taze test solüsyonu içeren besiyerinde ikinci kullanım için tekrar inkübe edilmiştir. Bu işlem optimum koşullarda 5 kez tekrarlanarak, aynı peletlerin beş kez verimli bir şekilde kullanımı test edilmiştir. Çalışma farklı pelet miktarlarında



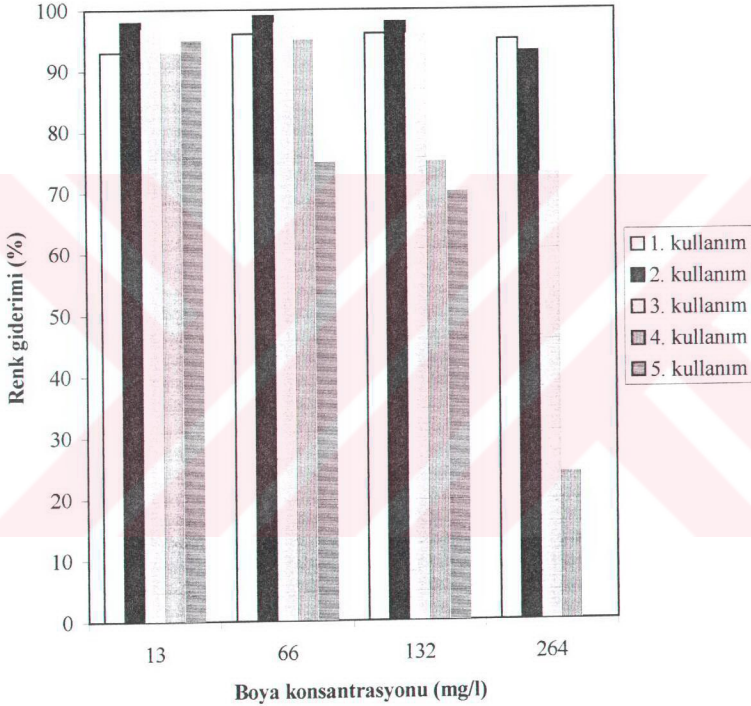
konsantrasyonlarında sürdürülmüştür. Şekil 4.6-8'de 5 kullanımdan sonra elde edilen renk giderimi profili görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi pelet miktarındaki artış renk giderimi aktivitesinin uzunluğunu olumlu yönde etkilemiştir. Diğer taraftan boya konsantrasyonunun artışına paralel olarak, tekrarlı-kesikli çalışmalarda peletlerin boyanın rengini giderme yeteneklerinde azalma görülmüştür. Bunun nedeni yüksek boya konsantrasyonunun toksik etki göstermesi ve renk giderim performansını olumsuz yönde etkilemesi olabilir. Tekstil boyalarının ve atık suların toksik ve genotoksik etkileri ile ilgili bazı çalışmalar bulunmaktadır [80-82]. Hu ve Wu (2001) RP₂B tekstil boyasının *Anabeana sp.* üzerindeki toksik etkisini tespit etmiştir [3]. Renk giderimi verimi pelet miktarının artması ile artmıştır. Birinci kullanımda bütün test edilen kültürlerde renk giderim yeteneği yüksek olmuştur (% 76-98). 60 mg/50 ml pelet kullanılan çalışmada renk giderimi başlangıçta iyi olmasına rağmen özellikle yüksek boya konsantrasyonlarında peletlerin tekrar kullanımına bağlı olarak renk giderim veriminde hızlı bir düşüş olmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Tekrarlı-kesikli renk giderim çalışması. Mikroorganizma miktarı: 60 mg/50 ml, sıcaklık: 30°C ve çalkalama hızı:150 rpm



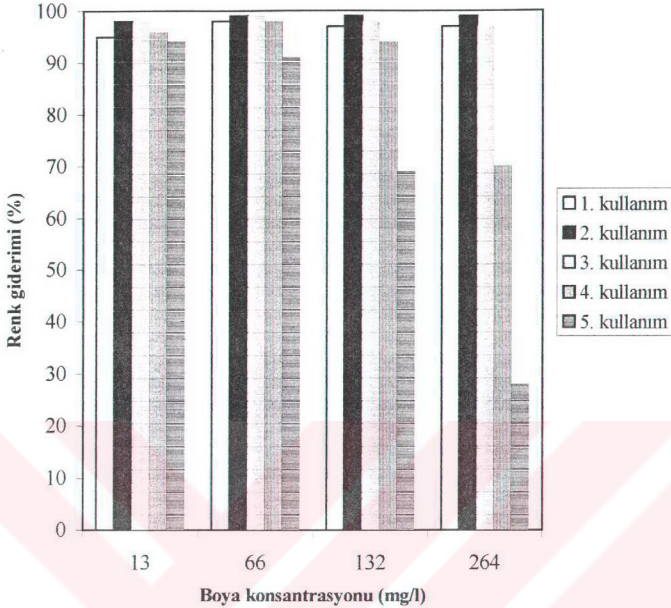
Pelet miktarının 60 mg/ l'den yüksek olduğu durumlarda renk giderim verimi 3 gün kararlı kalmıştır. 3. günün devamında renk giderim verimi düşmüştür. Pelet miktarının 370 mg/50 ml ve boya konsantrasyonunun 132 mg/l olarak kullanıldığı durumlarda, peletler renk giderim aktivitelerini 5 gün sürdürmüşlerdir. Fakat pelet miktarı 370 mg/l boya konsantrasyonu 264 mg/l olduğu durumda peletlerin renk giderim performansı 4 gün sürmüştür (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Tekrarlı-kesikli renk giderim çalışması. Mikroorganizma miktarı: 150 mg/50 ml, sıcaklık: 30°C ve çalkalama hızı: 150 rpm

Şekil 4.8'de görüleceği gibi, 370 mg/50 ml peletin 264 mg/l boya konsantrasyonunda renk uzaklaştırma verimi üç kullanım için % 98 oranındadır. Fakat bunu izleyen kullanımlarda renk giderim performansı düşmüştür. Bu sonuç yüksek pelet miktarlarının uzun süreli çalışmalarda iyi renk giderimi performansı sağladığını göstermiştir.





Şekil 4.8. Tekrarlı-kesikli renk giderim çalışması. Mikroorganizma miktarı: 370 mg/50 ml, sıcaklık: 30°C ve çalkalama hızı:150 rpm

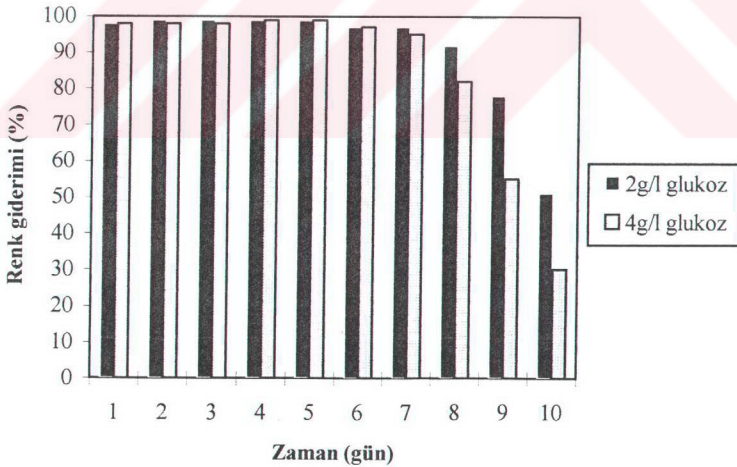
Renk giderim yüzdesinin kullanılan pelet miktarına bağlı olduğu görülmektedir. Renk giderim verimi (5 gün) içinde kullanılan pelet miktarına bağlı olarak hızlı bir şekilde yükselmiştir. Ayrıca boya konsantrasyonu 132 mg/l ve 264 mg/l olduğunda bile 370 mg/l pelet miktarı için renk giderim performansı en az 4 gün kararlı kalmıştır. Daha düşük boya konsantrasyonları için, renk giderim verimi 5 gün kararlı kalmıştır. % 90'dan fazla renk giderimi beşinci kullanımdan sonra 13 veya 66 mg/l boya ile başarılıdır. Fakat boya konsantrasyonu 264 mg/l olduğu durumda renk giderim verimi beşinci kullanımdan sonra % 72 oranında olmuş ve tamamlanmıştır (Şekil 4.8). Yang ve Yu (1996) Red 533 boyasının renginin immobilize olmuş *P. chrysosporium* ile giderilebildiğini ve bu immobilize (tutuklanmış) fungusun yüksek renk giderim aktivitesini uzun süreli işlemlerde sürdürdüklerini belirtmiştir [50]. Ayrıca boya miktarının artmasının renk giderimin verimini düşürdüğü saptanmıştır. Benzer şekilde Knapp vd. (1997) [52] ve Zhang vd. [56] (1999) F29 peletlerinin tekrarlı kullanım



periyotlarında yüksek ve kararlı renk giderim aktivitelere sahip olduğunu belirtmiştir. Burada üstünde durulması gerekli olan en önemli nokta genelde boyar madde içeren atık suların içerisindeki boya miktarının 10-50 mg/l olmasıdır. Bizim çalışmamızda 13 mg/l ve 66 mg/l boya konsantrasyonlarında peletler başarılı bir şekilde kullanılabilmiştir. Yani 5 gün % 90'ın üzerinde verimle kullanılabilmiştir. Bu da yöntemin atık su arıtımında kullanılabilirliği için bir göstergedir.

4.2.9. Besiyerine ek maddeler eklenerek yapılan tekrarlı-kesikli renk giderimi çalışmaları

F. trogl peletleri kullanılarak yapılan A. Kırmızı FBL boyasının rengini giderme çalışmalarında peletlerin kullanım sürelerini artırmak amacıyla besiyerine ek maddeler ilave edilmiştir. 264 mg/l boya konsantrasyonu ve 370 mg/50 ml pelet kullanılan çalışmalarda ortama glukoz ilave edilmesi renk giderim aktivitesinin uzunluğunu artırmıştır. 2 g/l glukoz ilave edildiğinde renk giderim yüzdesi 8 gün % 90'dan yüksek olurken 9. günde düşmeye başlayarak çalışmanın son günü (10. gün) % 51 oranında olmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Glukoz miktarının renk giderim verimine etkisi (mikroorganizma miktarı 370 mg/l, 264 mg/l A. Kırmızı FBL)



Glukoz oranı (4 g/l) artırılarak yapılan tekrarlı-kesikli çalışmada ilk 7 gün içinde renk giderimi % 90'dan yüksek olmuş ve maksimum renk giderimi % 99 olarak gerçekleşmiştir. 8. günde renk giderim yüzdesi % 82 olurken 9. ve 10. günlerde % 55 ve altına düşmüştür.

Diğer bir çalışmada ortama farklı miktarlarda mangan sülfat eklenmiş ve renk giderimine etkisi araştırılmıştır. 2 g/l mangan sülfat ilave edildiğinde 3 gün kararlı bir şekilde devam eden renk giderim aktivitesi 3. günden sonra hızlı bir şekilde düşmektedir. 10 mg/l mangan sülfat eklendiğinde ise renk giderim verimi ilk 2 gün % 80'nin üzerinde gerçekleşirken 2. günden sonra hızlı bir şekilde düşmüştür.

Literatür bilgilerimiz fungusların üretimi ve boyanın rengini giderme çalışmalarında, azot sınırlı ortamların tercih edilen bir durum olduğu şeklindedir [46, 48, 61]. Benzer olarak biz de azot kaynağı eklediğimiz çalışmalarda yüksek azot konsantrasyonunun renk giderim verimini olumsuz etkilediğini gözlemledik. Shahvali vd. (2000) azot varlığının renk giderimi için gerekli olan substratların hızlı tüketimini engellediğini bildirmektedir [61]. Amonyum klorür eklenen çalışmalarda renk giderim verimi ilk 3 gün kararlı kalmış fakat 4. günde hızlı bir düşüşe geçmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Farklı kaynakların renk giderimine ve lakkaz aktivitesine etkisi

Kullanım	Amonyum klorür kons.				Mangan sülfat kons.			
	1 g/l		2 g/l		2 g/l		10 g/l	
	R.G.	L.A.	R.A	L.A	R.A	L.A	R.A	L.A.
1.	98	1.2	97	0.4	93	4	86	0.33
2.	99	0.4	99	0.5	95	0.5	85	0.033
3.	74	0.09	82	1.2	84	0.4	41	4.8
4.	51	0.4	40	0.4	27	0.1	8	6.1
5.	25	0.15	0.3	0.1	2.1	0.3	2.5	0.2

R.G.: Renk giderimi (%)

L.A.: Lakkaz aktivitesi (unit/l)

Boya konsantrasyonu: 264 mg/l, Mikroorganizma miktarı: 370 mg/50 ml

4.2.10. Peyniraltı suyunun renk giderim verimine etkisi

Peynir endüstrisinin yan ürünlerinden biri de peyniraltı suyudur. Peyniraltı suyunun bileşiminde yaklaşık % 6.96 oranında süt kurumaddesi bulunmaktadır. Bunda % 0.36 yağ, % 0.84 protein, % 5.76 laktoz ve tuzlar, % 0.2 kadar laktoz sit ver



almaktadır. Bu değerler çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca peyniraltı suyunda bazı vitaminler (B₁, B₂, C, D ve riboflavin) ile potasyum oksit (% 0.188), sodyum oksit (%0.075), kalsiyum oksit (% 0.071), magnezyum oksit (0.018), demir oksit (% 0.001), klor (% 0.107) bulunmaktadır. Fakat sütün bileşimine ve peynir işleme metotlarına bağlı olarak peyniraltı suyunun içeriği değişmektedir [83].

Çeşitli mikroorganizmalar kullanarak peyniraltı suyu ile etanol [84], riboflavin [85], pullulan (suda çözünebilir ekstraselüler mikrobiyal polisakkarit) [86] üretimi yapılmıştır.

Peyniraltı suyu eklenen çalışmalarda (% 20'lik veya % 50'lik) 10 gün boyunca % 90'nın üzerinde renk giderimi elde edilmiştir. Hatta % 50 oranında peyniraltı suyu ilave edilen deneylerde çalışmanın son üç gününde renk giderimi % 100 oranında olmuştur (Çizelge 4.5). Peyniraltı suyu renk giderim verimini artırmak için ilk kez tarafımızdan test edilmiştir. Feijoo vd. [43] *Bjkandera sp.* BOS55 ile peyniraltı suyu kullanarak mangan peroksidadın üretimini gerçekleştirmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı kaynakların renk giderimine ve lakkaz aktivitesine etkisi

Kullanım	Glukoz kons.				Peyniraltı suyu kons.			
	2 g/l		4 g/l		% 20'lik		% 50'lik	
	R.G.	L.A.	R.G.	L.A.	R.G.	L.A.	R.G.	L.A.
1.	98	4	98	4.9	97	11	97	1.5
2.	99	2.9	98	2.3	99	0.2	99	0.12
3.	99	3.4	98	3.8	99	0.29	99	6.2
4.	99	26	99	8.2	98	1.3	98	1.4
5.	99	18.6	99	12.2	98	2.3	98	2.1
6.	97	18.7	97	14.9	95	3.8	96	4.6
7.	97	25.4	95	24.8	98	2.5	99	1.3
8.	92	3.2	82	1.1	98	1.6	100	0.44
9.	78	0.6	55	1.1	97	0.84	100	0.47
10.	51	0.2	30	0.9	96	0.25	100	0.39

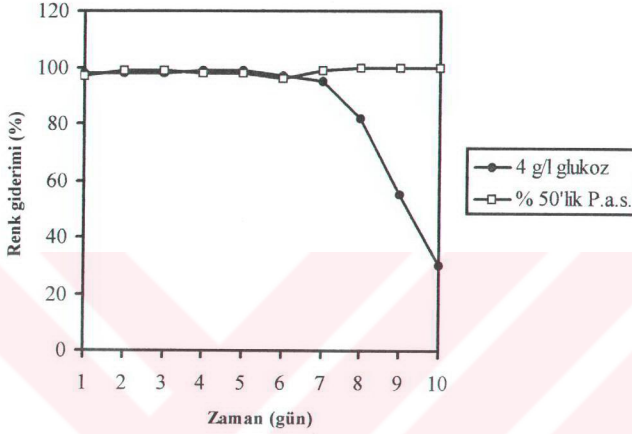
R.G.: Renk giderimi (%)

L.A.: Lakkaz aktivitesi (unit/l)

Boya konsantrasyonu: 264 mg/l, Mikroorganizma miktarı: 370 mg/50 ml



Çalışmamızda, Şekil 4.10'da görüleceği gibi peyniraltı suyu ilave edilen ortamlarda renk giderimi 10 gün boyunca kararlı ve yüksek oranda gerçekleşirken, 4 g/l glukoz ilave edilen ortamda 7. günden itibaren renk giderim yüzdesinde bir düşüş olmuştur.



Şekil 4.10 Peyniraltı suyu ve glukozun renk giderim verimine etkisi (264 mg/l A. Kırmızı FBL, 370 mg/l fungus, P.a.s.: Peyniraltı suyu)



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yürütülen çalışma *F. trogii* peletlerinin renk giderim yeteneğinin test edildiği ilk çalışmadır. Ayrıca Astrazon boyalarının biyoteknolojik olarak renginin giderimi üzerine herhangi bir çalışma rapor edilmemiştir. Bu açıdan çalışmamızın tümüyle orijinal olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Çalışmada iki farklı proses test edilmiştir. Bunlardan birincisi başlangıçta boyalı besiyerlerine fungusun direkt ekimi ve üretime bırakılması iken, ikincisi peletlerin kullanılmasıdır. Direkt ekim çalışmalarında en önemli problem fungusların üretimi için uzun bir süreye gereksinim duyulmasıdır. Aynı zamanda çeşitli kaynakları içermeyen atık sulara direkt ekim yöntemi ile fungusun üretimi mümkün değildir. Yani ek kaynaklar eklenmesi gereklidir. Yine bazen atık suyun toksik etkisinden dolayı fungusun üretilmesinde bazı zorluklarla karşılaşmıştır. Bu yöntemin uzun süreye ihtiyaç duyması ve yukarıda bahsettiğimiz negatif özelliklerinden dolayı atık sulara uygulanması mümkün değildir. Fakat peletlerin kullanılması bahsettiğimiz dezavantajları ortadan kaldırmaktadır.

F. trogii ve test amacıyla kullanılan diğer beyaz çürükcül funguslar boyanın rengini ortama ek bir madde ilave edilmeden yüksek oranda, uzun süreli olarak ve etkili bir şekilde giderebilmiştir.

Çalışmamız, ısı ile muamele edilmiş peletlerin (otoklavize edilmiş) A. Kırmızı FBL boyasının rengini giderme mekanizmasının esas olarak biyosorpsiyona dayalı olduğunu, mekanizmanın biyolojik yıkım olmadığını göstermektedir. Fakat canlı pelet kullanılan çalışmalarda renk giderim mekanizması inkübasyonun ilk saatlerinde hem biyosorpsiyon hem de biyolojik yıkım olarak gerçekleşirken, inkübasyon süresince renk gideriminin biyolojik yıkımla gerçekleştiği tespit edilmiştir. Çünkü çalışmanın sonunda peletlerin rensiz olduğu gözlenmiştir.

Çalkalamalı koşullarda yapılmış olan renk giderimi çalışmaları sonuçlarının statik koşullarda yapılmış olan renk gideriminden daha iyi olması, boya ve tekstil endüstrisinde boyalı atık suların arıtımı için pratik işlemlerin geliştirilmesinde birçok avantaj sunmaktadır.

Renk giderimde en uygun sıcaklık olarak bulunan 30°C ayrıca *F.trogii*'nin optimum üreme sıcaklığıdır. Bu da çalışmalarda büyük kolaylık sağlamaktadır.

Başlangıç pH'ları 6-11 aralığında hazırlanan ortamlarda yüksek renk giderim sonuçları elde edilmiştir. Bunun sebcbi pelet inkübasyonu sırasında başlangıçta renk giderim değerlerinin değişmesi olabilmektedir. Kesikli kültürlerde fungusla muamele



metabolik reaksiyona bağlı olarak asidik veya bazik maddelerin üretimi veya tüketimi pH'nın değişmesine sebep olabilir. Çalışmamız bu boyar maddeleri içeren bu tip atık suların başlangıç pH'sının ayarlanmasına gerek olmadığını göstermektedir. Bu nedenle mevcut artım işlemlerinde genellikle ilk basamak olarak yapılan pH dengeleme işlemi elimine edilebilir. Bu durum pH dengeleme işlemlerinde kimyasal madde kullanımının önlenmesi açısından büyük bir avantajdır.

Aynı peletlerin tekrarlı-kesikli işlemler boyunca tekrar tekrar kullanılabilmesi, yöntemin pratik ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Laboratuvar ölçekli olan bu çalışma, endüstriyel boyuta uygulandığı zaman da çevre dostu bir işlem olabilecektir.

Fungus peletlerinin renk giderim aktivitelerini uzun süre sürdürebilmeleri için kullanılan ve en uygun ek besleyici madde olarak seçilen peyniraltı suyu ve glukoz rahatlıkla bulunan maddelerdir. Daha önce yapılan çalışmalarda besiyerini zenginleştirmek amacıyla glukoz sıklıkla kullanılmasına rağmen peyniraltı suyu bu tarz çalışmalarda ilk kez kullanılmıştır. Özellikle ülkemizde peyniraltı suyu bol miktarda oluşmakta ve pek çoğu değerlendirilmemektedir. Bu açıdan zengin içerikli peyniraltı suyunun değerlendirilebilmesi mümkündür. Peyniraltı suyu eklenmiş ortamlarda peletlerin 10 gün % 100 civarında renk giderim performanslarını sürdürmeleri önemlidir ve ilk kez tarafımızdan gösterilmiştir.

Boyar maddelerin renginin giderimi işlemi için çevre dostu bir yöntem şarttır. Bu da bizim önerdiğimiz bir yöntem olabilir. Bu çalışmalar ışığı altında çevreye dost, maliyeti düşük ve uygulanabilirliği yüksek yeni bir renk giderim prosesi endüstriyel boyutta ileriki dönemlerde bilim ve teknoloji alanına sunulabilecektir.

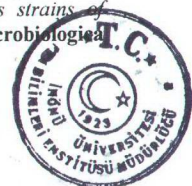


KAYNAKLAR

- [1] I.M. Banat, P. Nigam, D. Singh and R. Marchant, *Microbial decolorization of textile-dye containing effluents: a review*, **Bioresource Technology**, 58 (1996) 217-227.
- [2] S. Ramchandani, M. Das and S.K. Khanna, *Fd Chem. Toxic*, 32: 6 (1994) 559-563.
- [3] T.L. Hu and S.C. Wu, *Assessment of the effect of dye RP₂B on the growth of a nitrogen fixing cyanobacterium-Anabaena sp.*, **Bioresource Technology**, 77 (2001) 93-95.
- [4] B.C. Liman, *Atık sularardan kaynaklanan çevre sorunları*, I. Atıksu Sempozyumu, Kayseri, 1998, s. 1-5
- [5] E. Yeşilada, *Genotoxicity testing of some metals in Drosophila wing somatic mutation and recombination test*, **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 66 (2001) 464-469.
- [6] L. Gelegen and E. Yeşilada, *Drosophila melanogaster'in bazı gelişimsel özellikleri üzerine kadmiyum nitratın etkisi*, **T. J. Biol.**, 24 (2000) 585-591.
- [7] K. Kök, *Endüstriyel atık sular ve uygulanabilecek kontrol ve yöntemler*, I. Atıksu Sempozyumu, Kayseri, 1998, s. 96-101.
- [8] A. Teksoy, F.O. Kocaer ve H.S. Başkaya, *Yeraltı ve yüzeysel sularının karakteristikleri ve topraktaki doğal arıtım mekanizmalarının kirlenici parametreler üzerindeki etkisi*, I. Atıksu Sempozyumu, Kayseri, 1998, s. 10-17
- [9] M.Y. Kılınc, *Atık suların sulamada kullanılması*, I. Atıksu Sempozyumu, Kayseri, 1998, s. 156-160
- [10] N. Ağca, *Atık suların toprak ekosistemine etkileri*, Atıksu Sempozyumu, Kayseri, 1998, s. 5-10.
- [11] Anonim, *Çevre Sorunları*, MTA Enstitüsü Yayınları, Ankara, 1980, s. 39-56
- [12] Anonim, *Türk Çevre Mevzuatı Cilt II*, Türk Çevre Vakfı Yayını, Ankara, 1999, s. 812-813
- [13] P.C. Vandevivere, R. Bianchi and W. Verstraete, *Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: review of emerging technologies*, **J. Chem. Technol. Biotechnol.**, 72 (1998) 289-302.
- [14] A. Temiz, *Genel Mikrobiyoloji Uygulama Teknikleri*, Şafak Matbaacılık, Ankara, 1994, s. 86-89.
- [15] İ. Başer ve Y. İnanıcı, *Boyar Madde Kimyası*, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, 1990, s. 47-52, 35-37, 90-187.
- [16] P. Rys and H. Zollinger, *Fundamentals of The Chemistry And Application of Dyes*, Wiley, London, 1972, p. 3-21, 160-183, 83.
- [17] H.A. Lubs, *The Chemistry Of Synthetic Dyes and Pigments*, American Chemical Society Monograph Series, Florida, USA, 1982, p. 419-424, 250.
- [18] M. Başbüyük, A. Yüceer ve T. Yılmaz, *Tekstil atık sularında renk giderilmesinde kullanılan ileri teknolojiler*, I. Atıksu Sempozyumu, Kayseri, 1998, s. 82-87.
- [19] Z. Aksu and S. Tezer, *Equilibrium and kinetic modelling of biosorption of Remazol Black B Rhizopus arrhizus in a batch system: effect of temperature*, **Process Biochemistry**, 36 (2000) 431-439.
- [20] T. Robinson, G. McMullan, R. Marchant and P. Nigam, *Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative*, **Bioresource Technology**, 77 (2001) 247-255
- [21] K. Tanaka, K. Padermpole and T. Hisanaga, *Photocatalytic degradation of commercial azo dyes*, **Wat. Res.**, 34:1 (2000) 327-333.



- [22] C.A.K. Gouvea, F. Wypych, S.G. Moraes, N. Duran, N. Nagata and P. peralta-Zamora, *Semiconductor-assisted photocatalytic degradation of reactive dyes in aqueous solution*, **Chemosphere**, 40 (2000) 433-440.
- [23] M.S. Cohen and P.D. Gabriele, *Degradation of coal by fungi Polyporus versicolor and Poria monticolor*, **Appl. Environ. Microbiol.**, 44 (1982) 23-27.
- [24] M. Wainright, J. Susan and P.D. Jang, *Adsorption of insoluble compounds by fungus *Mucor flavus**, **Enzyme Microb. Technol.**, 8 (1986) 597-600.
- [25] Ö. Yeşilada, B. Özcan, *Decolorization of Orange II with crude culture filtrate of white rot fungus, *Corioulus versicolor**, **Tr. J. of Biology**, 22 (1998) 463-476.
- [26] Ö. Yeşilada, *Decolorization of crystal violet by fungi*, **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, 11 (1995) 601-602.
- [27] Ö. Yeşilada, K. Fişkın and E. Yeşilada, *the use of white rot fungus *Funalia trogii* (Malatya) for the decolorization and phenol removal from olive oil mill wastewater*, **Environmental Technolgy**, 16 (1995) 95-100.
- [28] Ö. Yeşilda, K. Fişkın, *Degradation of olive mill waste by *Coriolus versicolor**, **Turkish Journal of Biology**, 20 (1996) 73-79.
- [29] Ö. Yeşilada, S. Şık and M. Şam, *Biodegradation of olive oil mill wastewater by *Corioulus versicolor* and *Funalia trogii*: effects of agitation, initial COD, concentration, inoculum size and immobilization*, **World J. Microbiol. Biotechnol.**, 14 (1998) 37-42.
- [30] S. Kahraman, "Endüstriyel ve tarımsal atıkların biyoteknolojik olarak değerlendirilmesinde yeni bir yaklaşım", Doktora tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
- [31] Ö. Yeşilada, "Alkol fabrikası atığı olan şlempe (vinasse)'nin biyolojik olarak değerlendirilmesi ve beyaz çürükcül funguslarda şlempe-enzim ilişkisinin araştırılması", Doktora tezi, İnönü üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1992
- [32] Ö. Yeşilada, A.N. Bozcuk, *Alkol fabrikası atığının renginin gideriminde beyaz çürükcül fungusların kullanımı*, Çevre Biyolojisi Sempozyumu, Ankara, 1990.
- [33] Ö. Yeşilada and M. Sam, *Decolorization of Orange II dye by white-rot-fungi*, **Folia Microbiol.**, 46:2 (2001) 000-000.
- [34] Ö. Yeşilada, *Delignifikasyon işleminde *Pleurotus türlerinin kullanımı üzerine araştırmalar**, Yüksek Lisans Tezi, İnönü üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1988.
- [35] D.I. Reid and G.M. Paice, *Biological bleaching of kraft pulps by white-rot fungi and their enzymes*, **FEMS Microbiology Reviews**, 13 (1990) 369-376.
- [36] S.S. Dhawale, A.C. Lane, S.W. Dhawale, *Effects of mercury on white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium**, **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 56 (1996) 825-832.
- [37] J. Gabriel, O. Kofronova, P. Rychlovsky and M. Krenzelok, *Accumulation and effect of cadmium in the wood-rotting Basidiomycete *Daedalea quercina**, **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 57 (1996) 383-390.
- [38] D. Asma, *Bazı fungus ve bakterilerde detoksifikasyon sistemi ve sistem üzerine pestisitlerin etkisinin araştırılması*, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
- [39] M.B. Cardoso and J.R. Nicoli, *Single cell protein from the thermotolerant fungus *Phanerochaete chrysosporium* grown in vinasse*, **Nutrition Reports International**, 24:2 (1981)249-255.
- [40] J. Rogalski, T. Lundell, A. Leonowicz and A. Hatakka, *Production of laccase, lignin peroxidase and manganese-dependent peroxidase by various strains of *Trametes versicolor* depending on culture condition*, **Acta Microbiologica Polnica**, 40:3-4 (1991) 221-234.



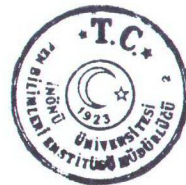
- [41] Ö. Yeşilada, F. Ş. Topçuoğlu, A. Ünyayar, S. Ünyayar, K. Fışkın ve S. Bozcuk, *Şleme içeren inkübasyon ortamında bazı beyaz çürükçül funguslarda absisik asit (ABA) üretimi*, X. Ulusal Biyoloji Kongresi, Erzurum, 1990.
- [42] I.T. Çağatay, Bazı poliaromatik bileşenlerin bidegradasyonunda beyaz çürükçül fungusun katalaz, süperoksit dismutaz, lignin peroksidaz aktivitelерinin rolü, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enst. Biyoloji Bölümü, Ankara, 1997.
- [43] G. Feijoo, M.T. Moreira, E. Roca and J.M. Lema, *Use of cheese whey as a substrate to produce manganase peroxidase by Bjerkandera sp. BOS55*, **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, 23 (1999) 86-90.
- [44] F. Zhang and J. Yu, *Decolourisation of Acid Violet 7 with complex pellets of white rot fungus and activated carbon*, **Bioprocess Engineering**, 23 (2000) 295-301.
- [45] J.K. Glenn and M.H. Gold, *Decolorization of several polymeric dyes by the lignin-degrading Basidiomycete Phanerochaete chrysosporium*, **Appl. Environ. Microbiol.**, 45 (1983) 1741-1747.
- [46] C. Cripps, J.A. Bumpus and S.D. Aust, *Biodegradation of azo and heterocyclic dyes by Phanerochaete chrysosporium*, **Appl. Environ. Microbiol.**, 56 (1990) 1114-1118.
- [47] S.W. Dhawale, S.S. Dhawale and D. Dean-Ross, *Degradation of phenanthrene by Phanerochaete chrysosporium occurs under ligninolytic as well as nonligninolytic conditions*, **Appl. Environ. Microbiol.**, 58 (1992) 3000-3006.
- [48] W.L. Chao and S.L. Lee, *Decolourisation of azo dyes by three white rot fungi: influence of carbon source*, **World J. Microbial Biotechnol.**, 10 (1994) 556-559.
- [49] I.A. Bumpus and B.J. Brock, *Biodegradation of crystal violet by the white rot fungus Phanerochaete chrysosporium*, **Appl. Environ. Microbiol.**, 54 (1988) 1143-1150.
- [50] F.C. Yang and J.T. Yu, *Development of bioreactor system using an immobilized white rot fungus for decolorization*, **Bioproc. Eng.**, 15 (1996) 307-310.
- [51] A. Heinflig, M. Bergbauer and U. Szewzyk, *Biodegradation of azo and phthalocyanine dyes by Trametes versicolor and Bjerkandera adusta*, **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, 48 (1997) 261-266.
- [52] J.S. Knapp, F.M. Zhang and K.N. Tapley, *Decolourisation of Orange II by wood-rotting fungus*, **J. Chem. Tech. Biotechnol.**, 69 (1997) 289-296.
- [53] R.K. Sani, W. Azmi and U.C. Banerjee, *Comparison of static and shaken culture in the decolorization of textile dyes and dye effluents by Phanerochaete chrysosporium*, **Folia Microbiol.**, 43:1 (1998) 85-88.
- [54] H. Podgornik, I. Grgic and A. Perdih, *Decolorization rate of dyes using lignin peroxidases of Phanerochaete chrysosporium*, **Chemosphere**, 38:6 (1999) 1353-1359.
- [55] A. Connelly, W.F. Smyth and G. McMullan, *Metabolism of the phthalocyanine textile dye Remazol Turquoise Blue G by Phanerochaete chrysosporium*, **FEMS Microbiology Letters**, 179 (1999) 333-337.
- [56] F.M. Zhang, J.S. Knapp and K.N. Tapley, *Development of bioreactor systems for decolorization of Orange II using white rot fungus*, **Enzyme Microb. Technol.**, 24 (1999) 48-53.
- [57] I.K. Kapdan, F. Kargı, G. McMullan and R. Marchant, *Effect of environmental conditions on biological decolorization of textile dyestuff by C. versicolor*, **Enzyme and Microbial Technology**, 26 (2000) 381-387.



- [58] I.K. Kaodan, F. Kargi, G. McMullan and R. Marchant, *Biological decolorization of textile dyestuff by Coriolus versicolor in a packed column reactor*, **Environmental Technology**, 21 (2000) 231-236.
- [59] S.R. Couto, I. Rivela, M.R. Munoz and A. Sanroman, *Ligninolytic enzyme production and the ability of decolourisation of Poly R-478 in packed bioreactors by Phanerochaete chrysosporium*, **Bioprocess Engineering**, 23 (2000) 287-293.
- [60] S.R. Couto, I. Rivela and A. Sanroman, *In vivo decolorization of polymeric dye Poly R-478 by corncob cultures of Phanerochaete chrysosporium*, **Acta Biotechnol.**, 20:1 (2000) 31-38.
- [61] M. Shahvali, M.M. Assadi and K. Rostami, *Effect of environmental parameters on decolorization of textile wastewater using Phanerochaete chrysosporium*, **Bioproc. Eng.**, 23 (2000) 721-726.
- [62] E. Abadulla, K.H. Robra, G.M. Gübitz L.M. Silva and A. Cavaco-Paulo, *Enzymatic decolorization of textile dyeing effluents*, **Textile Res. J.**, 70:5 (2000) 409-414.
- [63] N. Kirby, R. Marchant and G. McMullan, *Decolourisation of synthetic textile dyes by Phlebia tremellosa*, **FEMS Microbiology Letters**, 188 (2000) 93-96.
- [64] M.T. Moreira, I. Mielgo, G. Feijo and J.M. Lema, *Evaluation of different fungal strains in the decolourisation of synthetic dyes*, **Biotechnology Letters**, 22 (2000) 1499-1503.
- [65] C.R. Corso, D.F. De Angelis, J.E. De Oliveira and C. Kiyam, *Interaction between the diazo dye, Vermelho Reanil P8B. and Neurospora crassa strain 74A*, **Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.**, 13 (2000) 64-66.
- [66] K. Schliephake, G.t. Lonergan, C.L. Jones and D.E. Mainwaring, P, *Laccase variation during dye decolourisation in a 200 L packed-bed bioreactor*, **Biotechnol. Letters**, 18:8 (1996) 881-886.
- [67] F.E. De Angelis and G.S. Rodrigus, *Azo dyes removal from industrial effluents using yeast biomass*, **Arquivos De Biologia E. Technologia**, 30 (2000) 301-309.
- [68] Z. Zheng, R.E. Levin, J.L. Pinkham and K. Shetty, *Decolorization of polymeric dyes by a novel Penicillium isolate*, **Process Biochem.**, 34 (1999) 31-37.
- [69] S. Sumathi and B.S. Manju, *Uptake of reactive textile dyes by Aspergillus foetidus*, **Enzyme and Microbial Technology**, 27 (2000) 347-355.
- [70] C. Meehan, I.M. Banat, G. McMullan, P. Nigam, F. Smyth and R. Marchant, *Decolorization of Remazol Black-B using a thermotolerant yeast Kluyveromyces IMB3*, **Environmental International**, 26 (2000) 75-79.
- [71] P. Nigam, I.M. Banat, D. Singh and R. Marchant, *Microbial process for the decolorization of textile effluent containing azo, diazo and reactive dyes*, **Process Biochemistry**, 31:5 (1996) 435-442.
- [72] P.K. Wong and P.Y. Yuen, *Decolorization and biodegradation of Methyl Red by Klebsiella pneumoniae RS-13*, **Wat. Res.**, 30:7 (1996) 1736-1744.
- [73] I.M. Banat, P. Nigam, G. McMullan and R. Marchant, *The isolation of thermophilic bacterial cultures capable of textile dyes decolorization*, **Environmental International**, 23:4 (1997) 547-551.
- [74] T.L. Hu, *Degradation of azo dye RP₂B by Pseudomonas luteola*, **Wat. Sci. Tech.**, 38:4-5 (1998) 299-306.
- [75] S. Sarnaik and P. Kanekar, *Biodegradation of methyl violet by Pseudomonas mendocina MCM B-402*, **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, 52 (1999) 251-254.
- [76] J.M. Chang T.S. Kuo, *Kinetics of bacterial of azo dye with Escherichia coli NO₃*, **Biores. Technol.**, 75 (2000) 107-111.
- [77] G.M. Walker and L.R. Weatherley, *Biodegradation and biosorption of anthraquinone dye*, **Environmental Pollution**, 108 (2000) 219-223.

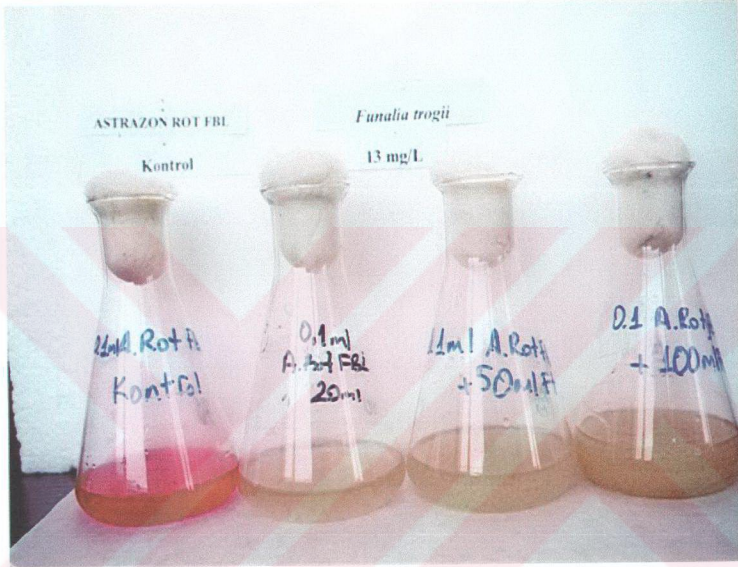


- [78] L. Jingt, L. Houtian, *Degradation of azo dyes by algae*, **Environ. Poll.**, 75 (1992) 273-278.
- [79] A. Leonowicz, K. Grzywnowicz, *Quantitative estimation of laccase forms in some white-rot fungi using syringaldazine as substrate*, **Enzyme Microbiol. Technol.**, 3:55 (1981).
- [80] W.K. Walthall and J.D. Stark, *The acute and chronic toxicity of xanthene dyes, fluorescein sodium salt and phloxine B, to Daphnia pulex*, **Environmental Pollution**, 104 (1999) 207-215.
- [81] K. Al-Sabti, *Chlorotriazine Reactive Azo Red 120 textile dyes induces micronuclei in fish*, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 47 (2000) 149-155.
- [82] M.K. Sharma and R.C. Sobti, *Rec effect of certain textile dyes in Bacillus subtilus*, **Mutat. Res.**, 465 (2000) 27-38.
- [83] A. Kurt, *Süt teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Yayınları, 1996 s:352-356.
- [84] C.S.F. Tin and A.J. Mawson, *Ethanol production from whey in a membrane recycle bioreactor*, **Process Biochemistry**, 28 (1993) 217-221.
- [85] E. Ertürk, O. Erkmen and M.D. Önder, *Effects of various supplements on riboflavin in production by Ashbya gossypii in whey*, **Tr. J. of Engineering and Environmental Science**, 22 (1998) 371-376.
- [86] T. Roukas, *Pullulan production from deproteinized whey by Aureobasidium pullulans*, **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, 22 (1999) 617-621.



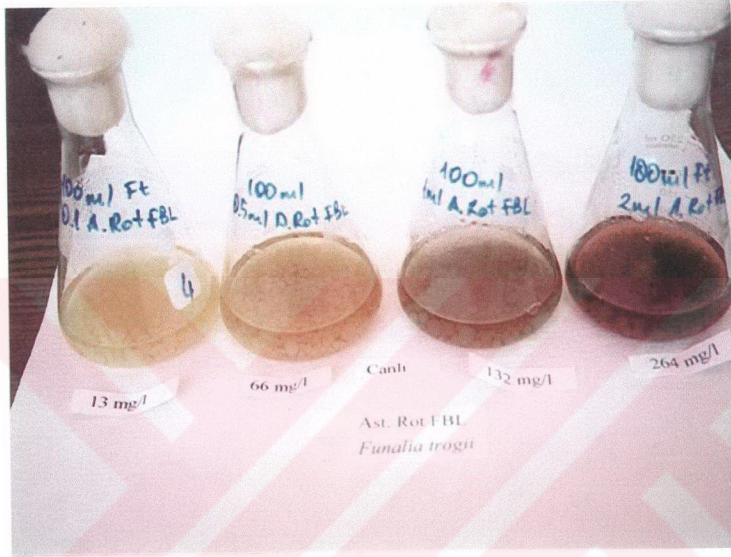
7. EKLER

EK 1 Astrazon Kırmızı FBL Boyasının Renginin *Funalia trogii* Kullanılarak Giderimi ile İlgili Fotoğraflar



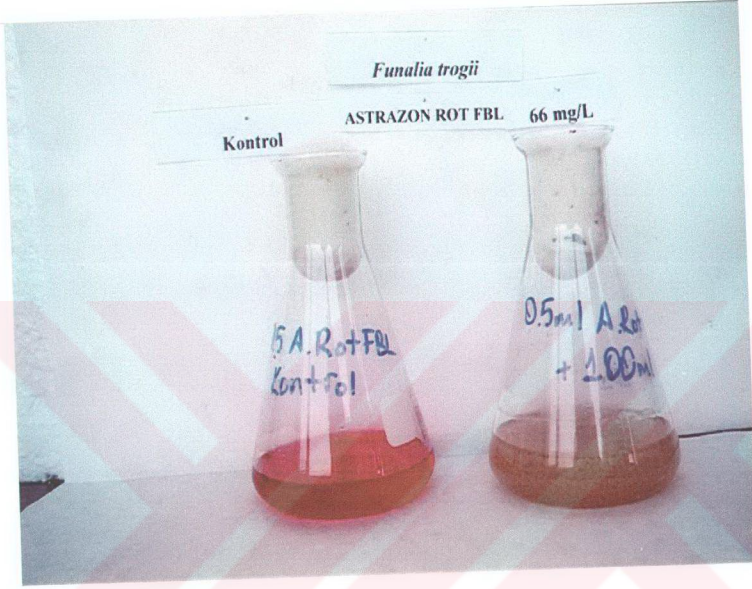
Fotoğraf 1: Farklı pelet miktarı ile yapılan çalışmadan bir görüntü. Boyar madde konsantrasyonu: 13 mg/l, mikroorganizma miktarı: 60, 150 ve 370 mg/50 ml (soldan sağa doğru)

- Sol baştaki erlen biyoteknolojik işlemden geçmemiş kontrol grubudur (13 mg/l)
- İnkübasyon süresi: 24 saat
- Kullanılan mikroorganizma: *Funalia trogii*
- Kullanılan boya: Astrazon Kırmızı FBL



Fotoğraf 2: Farklı boyar madde miktarlarıyla yapılan çalışmadan bir görüntü
Mikroorganizma miktarı: 370 mg/50 ml, boyar madde konsantrasyonu: 13, 66, 132 ve 264 mg/l (soldan sağa doğru)

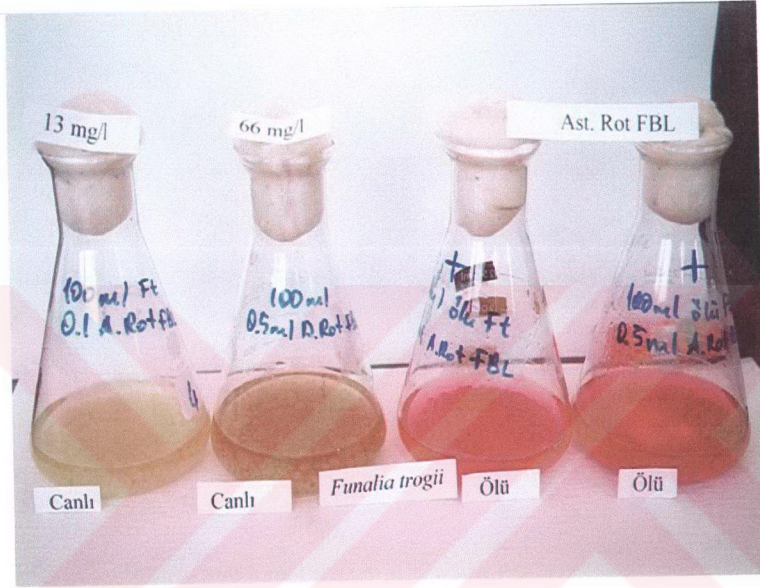
- İnkübasyon süresi: 24 saat
- Kullanılan mikroorganizma: *Funalia trogii*
- Kullanılan boyar madde: Astrazon Kırmızı FBL



Fotoğraf 3: 24 saatlik inkübasyon sonrası boyar maddenin kontrole göre renginin giderimi çalışmasından bir görüntü. Boyar madde konsantrasyonu: 66 mg/l, mikroorganizma miktarı: 370 mg/l

- Sol baştaki erlen biyoteknolojik işlemde geçmemiş kontrol grubudur (13 mg/l)
- Kullanılan mikroorganizma: *Funalia trogii*
- Kullanılan boyar madde: Astrazon Kırmızı FBL





Fotoğraf 4: Boyar maddenin renginin canlı ve ölü peletle giderimi çalışmasından bir görüntü. Mikroorganizma miktarı: 370 mg/50 ml, boyarmadde konsantrasyonu: 13 ve 66 mg/l (soldan sağa doğru)

- İlk iki erlen canlı pelet, son iki erlen ise otoklave edilmiş pelet içermektedir
- İnkübasyon süresi: 24 saat
- Kullanılan mikroorganizma: *Funalia trogii*
- Kullanılan boyar madde: Astrazon Kırmızı FBL

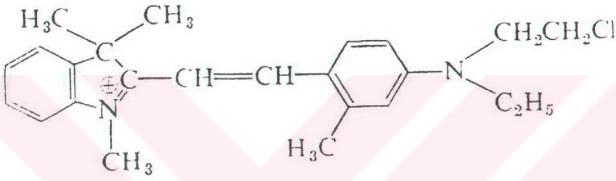


Fotoğraf 5: Boyar maddenin renginin canlı ve ölü peletle giderimi çalışmasından bir görüntü. Mikroorganizma miktarı: 370 mg/50 ml, boya konsantrasyonu: 13 mg/l

- İlk tüp otoklavize edilmiş pelet, ikinci tüp ise canlı pelet içermektedir
- İnkübasyon süresi: 24 saat
- Kullanılan mikroorganizma: *Funalia trogii*
- Kullanılan boyar madde: Astrazon Kırmızı FBL



EK 2 Astrazon Grubu Tekstil Boyalarının Kimyasal Yapısı



Şekil 7.1. Astrazon Red 6B (C.I. Basic Violet 7) boyasının kimyasal şekli



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Seval CİNG
Doğum Yeri ve Tarihi : Malatya-20.03.1975
Mesleği ve Durumu : Biyoloji Öğretmeni-Araştırma Görevlisi

EĞİTİM

İlkokul : Derme İlköğretim Okulu, 1981-1986
Ortaokul-Lise : Malatya Anadolu Lisesi, 1986-1993
Lisans : İnönü Üniversitesi, Eğitim Fak., Biyoloji Öğrt. Bölümü, 1994-1998
Yüksek Lisans : İnönü Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 1998-2001

ÇALIŞTIĞI KURUMLAR

1998-2000 : Namık Kemal İlköğretim Okulu Bünyan/Kayseri
Fen Bilgisi Öğretmenliği
Şubat 2000... : İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak., Biyoloji Bölümü,
Araştırma Görevlisi

BİLİMSEL FAALİYETLER

- a) Dinleyici Olarak Katılan Toplantılar (Toplantı Adı, Yeri ve Tarihi)
- Kongre: XV Ulusal Biyoloji Kongresi “ Uluslararası Katılımlı”, 5-9 Eylül 2000, Ankara.
- b) Bildiri ile Katılan Toplantılar (Toplantı Adı, Yeri ve Tarihi)
- Artım 2000 Sempozyumu, 17-20 Mayıs 2001, İstanbul.

Yayın Faaliyetleri:

Yurt içinde sunulan bildiriler:

- 1- Tekstil boyası olan Astrazon Kırmızı'nın biyoteknolojik yöntemlerle renginin giderimi. Artım 2000 Sempozyumu, İstanbul.
- 2- *Coriolus versicolor*'un statik ve çalkalamalı üretim sürecinde Remazol boyaların rengini giderimi. Artım 2000 Sempozyumu, İstanbul.

Yurt dışında yayınlanan makaleler:

- 1- Decolorization of Textile Dye Astrazon Red FBL by *Funalia trogii* pellets. Bioresource Technology (Baskıda).



Verilen Seminer:

Seminer konusu : Boyar Maddelerin Renginun Biyoteknolojik Yöntemlerle Giderilmesi

Seminer Tarihi : 29.09.2000

Seminer Yeri : Biyoloji Seminer Salonu

Devam eden Proje:

Tekstil ve boya fabrikası atıklarının yıkımında beyaz çürükçül fungusların kullanımının araştırılması (97K121480 Numaralı DPT Projesi).

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

