

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL BOYALARININ GİDERİMİNDE TARIMSAL ATIK KULLANIMI

PELİN (KOYUNCUOĞLU) YALÇIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

MALATYA

2005

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma Jürimiz tarafından Biyoloji Anabilim dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak

kabul edilmiştir.

Prof. Dr Özfer YEŞİLADA

Başkan

Prof. Dr Murat ÖZMEN

Üye

Yrd Doç Dr Sibel KAHRAMAN

Üye

Onay

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../.....

Prof. Dr. Ali ŞAHİN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİL BOYALARININ GİDERİMİNDE TARIMSAL ATIK KULLANIMI

Pelin (Koyuncuoğlu) YALÇIN

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Ana Bilim Dalı

48 + vii sayfa

2005

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sibel (Şık) Kahraman

Tekstil atıksularından boyaların giderimi en önemli çevresel problemlerden birisidir. Atıksulardan boyar maddelerin gideriminde genellikle fiziksel ve kimyasal metotlar kullanılmaktadır. Fakat bu metotların, yüksek maliyet gerektirmesi, giderimin yetersiz kalması, düşük seçicilik ve yüksek enerji tüketimi gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle, çevreden toksik ve kanserojenik boyaları giderebilmek için yeni ve alternatif teknolojilerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Son yıllarda, atık sulardan boya gideriminde adsorbent olarak tarımsal yan ürünlerin kullanıma yönelik önemli bir ilgi vardır.

Bu çalışmada, sıvı çözeltilerden boyaları (Astrazon mavi, kırmızı, siyah ve sarı) gidermek için pamuk sapı ve kayısı çekirdeği kabuğu biyosorbent olarak kullanılmıştır. Boya giderimi üzerine başlangıç pH'sı ve boya konsantrasyonu, adsorbent miktarı, adsorbent partikül büyüklüğü ve çalkalama hızı gibi çeşitli deneysel parametrelerin etkisi çalışılmış ve optimum deneysel koşullar belirlenmiştir. Sonuçlar, adsorbent miktarının artmasına ve adsorbent partikül büyüklüğünün azalmasına bağlı olarak boya giderim oranının arttığını göstermektedir. İki tarımsal atık ile boyaların renginin giderimi başlangıç boya konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Pamuk sapı, kayısı çekirdeğine göre boyaların rengini daha etkili bir biçimde gidermektedir.

Çalışmanın diğer bir kısmında, bir toprak bakterisi olan *P. aeruginosa* üzerine işlem öncesi ve sonrası boyaların antibakteriyel etkisi belirlendi. Tarımsal atıklar ile bu boyaların renginin giderimi *P. aeruginosa* üzerine olan toksik etkilerini azaltmaktadır. Toksik etkide meydana gelen bu azalış çevre biyoteknolojisi ve atık detoksifikasyonu açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışma pamuk sapı ve kayısı çekirdeği kabuğunun atık su arıtımında boyar maddelerin renginin giderimi için düşük maliyetli bir alternatif olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Anti-bakteriyel etki, Tekstil boyaları, Renk giderimi, Tarımsal atık

ABSTRACT

Master Thesis

THE USE OF AGRICULTURAL WASTE FOR REMOVAL OF TEXTILE DYES

Pelin (Koyuncuoglu) YALCIN

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

48+ vii pages

2005

Supervisor: Assist. Prof. Sibel (Şık) Kahraman

The removal of dye from textile effluents is one of the most significant environmental problems. The elimination of colored substances in wastewater is based mainly on physical or chemical methods. But, these methods have several disadvantages like high cost, incomplete removal, low selectivity and high energy consumption. Therefore, there is a need to develop innovative and alternative technologies that can remove toxic and carcinogenic dyes from environment. In recent years, there has been considerable interest in the use of agricultural by-products as adsorbents for removal of dyes from wastewater.

In this study, two agricultural wastes, cotton stalk and apricot seed bark were used as a biosorbent for color removal of dyes (Astrazon Blue, Red, Black and Yellow) from aqueous solutions. The effect of various experimental parameters on dye removal such as initial pH and dye concentration, adsorbent amount, adsorbent particle size and agitation rate were studied and optimal experimental conditions were determined. The results showed that as amount of the adsorbent was increased, the percentage of dye removal increased accordingly. The ratios of dye removal increased as the adsorbent particle size decreased. The removal of color from dyes by two agricultural wastes was clearly dependent on the initial dye concentration of the solution. The dye removal efficiency of two agricultural waste was in the order cotton stalk > apricot seed bark.

In addition, antibacterial effect of untreated and treated dyes on a soil bacterium, *P. aeruginosa* was determined. The decolorization of these dyes with agricultural wastes reduced the toxic effect on *P. aeruginosa*. This reduction in toxic effect is important both in respect of environmental biotechnology and waste detoxification.

This study has indicated that cotton stalk and apricot seed bark could be employed as low-cost alternatives in wastewater treatment for the removal of color from dyes.

KEYWORDS: Agricultural wastes, Antibacterial effect, Textile dyes, Color removal

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının konusunun belirlenmesinde, deneysel ve teorik aşamalarında ve yazımı esnasında yardım, öneri ve desteğini gördüğüm danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Sibel (Şık) KAHRAMAN'a,

Tez konunun belirlenmesi ve yürütülmesi sırasında değerli fikir ve önerileri ile çalıőmalarımızı destekleyen Sayın hocam Prof. Dr. Özfer YEŞİLADA'ya,

Toksikolojik alıőlarımda bilgi ve deneysel aőamalarda yardımlarını esirgemeyen Arő. Grv. Dr. Hüseyin KAHRAMAN'a,

Çalıőmalarım sırasında fikir ve önerileriyle sürekli yardım ve desteklerini gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Dilek ASMA'ya, Arő. Grv. Seval CİNG'e, Arő. Grv. Elif APOHAN'a ve Arő. Grv. Emre BİRHANLI'ya,

Laboratuvar çalıőmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım master öğrencileri Nükhet DOĞAN ve Filiz KURU'ya,

Tüm hayatım boyunca yardımlarını ve desteklerini gördüğüm AİLEM'e ve özellikle babama,

Çalıőmalarıma her zaman destek veren eşim Av. Umut YALÇIN'a

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çevre ve Çevre Kirliliği.....	1
1.2. Su Kirliliği ve Kaynakları.....	3
1.2.1 Mikroorganizmalar.....	4
1.2.2 Organik Maddeler.....	4
1.2.3 Endüstriyel Atıklar.....	4
1.2.4 Tarımsal Gübreler ve Deterjanlar.....	5
1.2.5 Petrol ve Petrol Ürünleri.....	5
1.2.6 Pestisitler.....	6
1.3 Boyar Maddeler ve Çevrede Yarattığı Sorunlar.....	6
1.3.1 Boyar Maddeler.....	6
1.4 Su Kirliliğinin Giderimi.....	8
1.4.1 Atık Sulardan Boyar Madde Giderimi.....	9
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	12
2.1. Mikroorganizmalar İle Yürütülen Boyar Madde Giderim Çalışmaları.....	12
2.2. Tarımsal Atık Kullanılarak Yapılan Boyar Madde Giderimi Çalışmaları.....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Adsorbentlerin Hazırlanması.....	21
3.2. Boya Çözeltileri.....	21
3.3. Renk Giderimi Çalışmaları.....	21
3.4. Toksikite Deneyleri.....	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	23
4.1. Renk Giderimi Üzerine Adsorbent Miktarı ve Adsorbent Partikül Büyükliğünün Etkisi.....	23
Renk Giderimi Üzerine pH'nın Etkisi.....	26
4.2. Renk Giderimi Üzerine Çalkalama Hızının Etkisi.....	29
4.3. Renk Giderimi Üzerine Başlangıç Boya Konsantrasyonunun Etkisi.....	31
4.8. Tarımsal Atıklarla İşlem Öncesi ve Sonrası Boyaların Antibakteriyel Etkisi.....	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	37
6. KAYNAKLAR.....	39
7. EKLER.....	44
EK1 Astrazon mavi ve Astrazon kırmızı boyaalarının kimyasal yapıları.....	44
EK2 Pamuk sapı ile işlem görmemiş (üstteki resim) ve görmüş (alttaki resim) Astrazon mavinin renginin giderimi (Boya konsantrasyonu: 50-500 mg/l).....	45
EK3 Pamuk sapı ile işlem görmemiş (üstteki resim) ve görmüş (alttaki resim) Astrazon kırmızının renginin giderimi (Boya konsantrasyonu: 50-500 mg/l).....	46
EK4 Pamuk sapı ile işlem görmemiş (üstteki resim) ve görmüş (alttaki resim) Astrazon siyahının renginin giderimi (Boya konsantrasyonu: 50-500 mg/l).....	47
EK5 Pamuk sapı ile işlem görmemiş (üstteki resim) ve görmüş (alttaki resim) Astrazon sarının renginin giderimi (Boya konsantrasyonu: 50-500 mg/l).....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1.	pH'nın astrazon mavinin renginin giderimi üzerine etkisi.....	27
Şekil 4.2.	pH'nın astrazon kırmızının renginin giderimi üzerine etkisi	28
Şekil 4.3	pH'nın astrazon siyahının renginin giderimi üzerine etkisi	28
Şekil 4.4.	Çalkalama hızının astrazon mavinin renginin giderimi üzerine etkisi.....	29
Şekil 4.5.	Çalkalama hızının astrazon kırmızının renginin giderimi üzerine etkisi.....	30
Şekil 4.6	Çalkalama hızının astrazon siyahının renginin giderimi üzerine etkisi	30
Şekil 4.7.	Başlangıç boya konsantrasyonunun astrazon mavinin renginin giderimi üzerine etkisi.....	31
Şekil 4.8	Başlangıç boya konsantrasyonunun astrazon kırmızının renginin giderimi üzerine etkisi.	32
Şekil 4.9.	Başlangıç boya konsantrasyonunun astrazon siyahın renginin giderimi üzerine etkisi	32
Şekil 4.10.	Başlangıç boya konsantrasyonunun astrazon sarının renginin giderimi üzerine etkisi	33

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1	Endüstriyel atık sulardan boya uzaklaştırmada kullanılan bazı metodların avantaj ve dezavantajları.....	10
Çizelge 2.1	Bazı canlı fungal hücrelerin boya renk giderim yetenekleri.....	15
Çizelge 2.2	Bazı bakteri hücreleri ile boya karışmış atık sulardaki boyaların biyolojik yıkımı.....	16
Çizelge 4.1	Pamuk sapı miktarının ve partikül büyüklüğünün astrazon boyaların renginin giderimi üzerine etkisi.....	23
Çizelge 4.2	Kayısı çekirdeği kabuğu miktarının ve partikül büyüklüğünün astrazon boyaların renginin giderimi üzerine etkisi.....	24
Çizelge 4.3	Pamuk sapı ile işlem görmüş ve görmemiş boyaların <i>P. aeruginosa</i> 'ya antibakteriyal etkisi	36

1. GİRİŞ

1. 1. Çevre ve Çevre Kirliliği

Bireyin ve toplumun fiziksel, biyolojik, sosyal-psikolojik, sosyo-ekonomik ve kültürel yaşamını etkileyen tüm etmenleri ÇEVRE olarak tanımlayabiliriz. Çevre tüm canlıların yaşamında önemli bir rol oynamaktadır. İnsanların her türlü faaliyetleri sonucu havada, suda ve toprakta meydana gelen olumsuz gelişmelerle ekolojik dengenin bozulması ve aynı faaliyetler sonucu ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede meydana getirdiği arzu edilmeyen oluşumlara ise Çevre Kirliliği denir. Nüfusun artışı, kentleşme, sanayileşme gibi faktörler çevre kirliliğinin artmasına neden olan faktörlerdir [1].

Çevre sorunları özellikle geçen yüzyılın ikinci yarısından itibaren dünya gündemini işgal eden en önemli sorunlardan biri olmuştur. Kuşkusuz bu çevre sorunlarının daha önce var olmadığı anlamına gelmemektedir. Doğada kirlenmeye neden olan etmenleri, doğal etmenler ve insan faaliyetleri ile oluşan etmenler olmak üzere iki grupta inceleyebiliriz [2].

Doğal etmenler; depremler, volkanik patlamalar, seller gibi doğadan kaynaklanan etmenlerdir.

İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan etmenler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Evler, iş yerleri ve taşıt araçlarında; petrol, kalitesiz kömür gibi fosil yakıtların aşırı ve bilinçsiz tüketilmesi.
- Sanayi atıkları ve evsel atıkların çevreye gelişigüzel bırakılması.
- Nükleer silahlar, nükleer reaktörler ve nükleer denemeler gibi etmenlerle radyasyon yayılması.
- Kimyasal ve biyolojik silahların kullanılması.
- Bilinçsiz ve gereksiz tarım ilaçları, böcek öldürücüler, soğutucu ve spreylerde zararlı gazlar üretilip kullanılması.
- Orman yangınları, ağaçların kesilmesi, bilinçsiz ve zamansız avlanmalardır.

Yukarıda sayılan olumsuzlukların önlenmesiyle çevre kirliliği büyük ölçüde önlenabilir.

Çevre bilimcilere göre genelde, iki çeşit kirlenme vardır;

Birinci tip kirlenme; Biyolojik olarak ya da kendi kendine zararsız hale dönüşebilen maddelerin oluşturduğu kirliliktir. Hayvanların besin artıkları, dışkıları, ölüleri, bitki

kalıntıları gibi maddeler birinci tip kirlenmeye neden olur. Kolayca ve kısa zamanda yok olan maddelerin meydana getirdiği kirliliğe *geçici kirlilik* de denir.

İkinci tip kirlenme: Biyolojik olarak veya kendiliğinden yok olmayan ya da çok uzun yıllarda yok olan maddelerin oluşturduğu kirliliktir. Plastik, deterjan, boyar maddeler, tarım ilaçları, böcek öldürücüler (DDT gibi), radyasyon vb. maddeler ikinci tip kirlenmeye neden olur [2].

Çevre kirliliğini oluşturan temel unsurlar evsel ve endüstriyel atıklardır. Bu atıklar her hangi bir işlem görmeden doğrudan doğaya verildiğinde "atık" adını alırlar [3]. Endüstriyel atıklar, su ortamına ulaştığı zaman atığın içeriği ile doğru orantılı olarak ciddi problemler ortaya çıkabilir. Özellikle koyu renkli ve boyar madde içeren atık suların alıcı ortamlara verilmeden önce arıtılmaları gerekmektedir. Endüstriyel atık suların içerdikleri kirleticilerin büyük bir kısmını geleneksel aerobik arıtım sistemleri ile arıtmak mümkün değildir.

Tekstil ve boya fabrikası atık sularının oluşturduğu çevre kirliliği problemi günümüzde önemli çevre sorunlarından birisidir. Mevcut tekstil ve boya fabrikalarının pek çoğunun arıtım sistemleri olmadığından atık sular direkt alıcı ortama verilmektedir. Bu tip atık suların nehir, göl ve alıcı su ortamlarına verilmesi güneş ışığının geçmesini engellemekte, fotosentez aktivitesi ve çözülmüş oksijen konsantrasyonunu azaltmaktadır. Bunun sonucunda anaerobik koşullar oluşmakta ve aerobik canlılar ölmektedir [4,5].

Boyar maddelerin renginin gideriminde genellikle fiziksel ve kimyasal metodlar kullanılmaktadır. Fakat kullanılan bu tekniklerin tesis, ekipman ve malzeme açısından ekonomik olmamaları ve çevre kirliliği problemini tam olarak ortadan kaldırmamaları gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle pahalı olmayan ve etkili bir yöntemin çok önemli kazanımları olacaktır. Bunun için alternatif, kaçınılmaz olarak biyoteknolojidir [6].

Bakteri, fungus ve alg gibi pek çok mikroorganizma boyar maddelerde renk giderimi amacıyla kullanılmaktadır. Boyar maddelerde renk gideriminde beyaz çürükçül fungus kullanımı en etkili biyoteknolojik alternatiflerden birisidir. Bu funguslar, boyar maddelerin de içerisinde olduğu pek çok farklı çevresel kirleticiyi yıkma yeteneğine sahiptir [7-13]. Ancak boyar maddelerin çok farklı kimyasal yapılarda olmaları ve zor yıkılabilmeleri yani rekalsitran özellikte olmaları biyolojik yıkımlarını güçleştiren bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda tekstil boyalarının renginin gideriminde aktif karbon, etkili bir yöntem olarak kullanılmakta ancak bu yöntem çok

pahalı olması nedeniyle çoğu zaman tercih edilememektedir. Bu nedenle daha düşük maliyetli ve etkili alternatif adsorban maddeler geliştirme zorunluluğu doğmuştur.

Bu çalışmada, çevredeki yaygınlıkları düşünülerek, çevre kirliliğinin önemli bir kısmını oluşturan Astrazon grubu boyalar (Astrazon mavi, kırmızı, siyah ve sarı) ile çalışılmıştır. Bu boyaların çevrede neden olduğu kirliliğin giderilebilmesi için çözüm üretecek alternatif materyaller saptanmaya çalışılmıştır. Buna yönelik olarak ülkemizde ve yöremizde önemli oranlarda oluşan pamuk sapı ve kayısı çekirdeği kabuğu boyar maddelerin giderimi için adsorban olarak kullanılmıştır. Son yıllarda boyar madde giderimi için düşük maliyetli biyosorbentler geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Bu çalışmada da endüstriyel atıksulardaki boyar madde kirliliğinin düşük maliyetli adsorban maddelere tutundurulması ve böylece atık suların geri kazanılabilmesi ve kullanılabilme olasılığı araştırılmıştır. Aynı zamanda, ülkemizde ve yöremizde büyük miktarlarda oluşan ve değerlendirilemeyen tarımsal atıkların değerlendirilebilme olasılığı ve bilimsel literatürde bu açıdan eksikliğin tamamlanması hedeflenmiştir. Bu nedenle çalışmamızda çeşitli tarımsal atıkların boya gideriminde adsorban madde olarak kullanılması planlanmıştır.

1.2. Su Kirliliği ve Kaynakları

Konutlar, sanayi ve endüstri kuruluşları, enerji santralleri tarım ve hayvancılık uygulamaları sonucu açığa çıkan, içinde canlı yaşamını tehdit eden zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri içeren sular atık su olarak adlandırılır. Atık sular yer altı suları, akarsular, göl ve denizlerde su kirliliğine neden olur [14]. Su kaynağının fiziksel, kimyasal, ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesine neden olan ve doğrudan yada dolaylı olarak canlı yaşamında, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde ve enerji kaynaklarının su ortamına boşaltılması su kirliliği olarak tanımlanır [3]. Su kirliliğinin ana kaynakları kirletici kaynakların farklı özelliklerine göre ikiye ayrılır. Bunlar;

a) Direkt Kaynaklar (Point Sources): Kirleticilerin su ortamına daima aynı noktadan sürekli ve kesikli olarak verildiği kirletici kaynağıdır.

Ör: Kanalizasyon çıkış noktaları ve endüstriyel kuruluşların atık boşaltım noktaları, suyu direkt olarak kirleten kaynaklardır.

b) İndirekt Kaynaklar (Non-point Sources): Asit yağmurları, pestisit gibi sentetik kimyasalların kullanımı, suni gübreleme ve tanker kazaları gibi olaylarla bir yerde

oluşan kirliliğin yağmur, kar, rüzgar, erozyon vb ile su ortamına ulaşması dolaylı olarak gerçekleşen kirletici kaynaklarıdır.

Su kirliliğine neden olan başlıca kirleticiler ise şu başlıklar altında incelenebilir[1].

1.2.1. Mikroorganizmalar

Et endüstrisi ve evsel atıklardan kaynaklanan kirlenme sonucunda atık suların içinde bulunan bağırsak orijinli patojen mikroorganizmalar, buldukları alıcı ortamlardaki yoğunluklarına bağlı olarak, halk sağlığını önemli ölçüde tehdit etmektedir. Mikrobiyolojik kirlenmeyi oluşturan canlılar bakteri virüs ve diğer hastalık yapıcı mikroorganizmalardır. Bu mikroorganizmalar insanlarda tifo, kolera, dizanteri, hepatit gibi hastalıklara sebep olurlar [1].

1.2.2. Organik Maddeler

Evsel ve endüstriyel atık suların, hayvan, bitki, ve tarımsal atıkların alıcı ortam sularına karışmasından meydana gelen organik kirlenme; suda bulunan oksijen miktarının azalmasına neden olmaktadır. Yüzeysel sulardaki çözülmüş oksijen miktarının 4mg/l'nin altına düşmesi bir çok balık türünün ölmesine neden olmaktadır. Organik kirleticilerin çok fazla olduğu durumlarda aeorobik bakteriler, alıcı su ortamı içindeki organik maddeleri parçalayıp ayrıştırırken, oksijeni tüketir ve anaerobik veya septik durumlar meydana getirirler. Bu şartlar altında biyolojik ayrışım anaerobik bakteriler tarafından sürdürülür [1].

1.2.3. Endüstriyel Atıklar

Çeşitli endüstriyel atık sularda bulunan Demir (Fe), Manganez (Mn), Klor (Cl), Azot (N), Fosfor (P), Fenol (C₆H₅OH), Arsenik (As), Siyanür, Kadmiyum (Cd), Krom (Cr) gibi bir çok madde, inorganik kirlenmeye ve bazıları da organik kirliliğe neden olur. Bu maddelerin her birinin çevreye etkisi farklıdır. Fenol (C₆H₅OH), Arsenik (As), Siyanür, Kadmiyum (Cd), Krom (Cr) gibi toksik maddeler, su ürünlerinin bünyesinde birikerek, gıda maddeleri olarak tüketimleri esnasında insan sağlığını doğrudan tehdit ederler. Özellikle fenoller düşük konsantrasyonlarda bile organizmalara zarar verirler.

Fenol karışmış suların insanlar tarafından tüketimi, ölüme bile yol açabileceği için bunların atık sulardan uzaklaştırılması oldukça önemlidir [1].

İnorganik ve organik kirliliğe neden olan, çok farklı karmaşık yapıda ve çevresel etkiye sahip bu tür maddeler, alıcı ortamda yok olmadan biriktikleri için, gittikçe artan bir kirlilik meydana getirirler. Bu yüzden endüstriyel kuruluşlar atık sularını çevreye vermeden önce kirleticilerini uzaklaştırmak zorundadır. Fakat pek çok endüstri kuruluşu arıtım sistemine sahip değildir ve atık sularını ya direkt olarak ya da küçük bir ön işlem ile alıcı ortama verirler. Bu atıkları doğada zararsız hale getirmenin yolu çökeltme ve seyreltmedir. Aynı zamanda metaller organizmaların biyosorpsiyonu ile ortamlardan uzaklaştırılabilirler [15 ,16].

1.2.4. Tarımsal Gübreler ve Deterjanlar

Yapay ve doğal gübrelerden, sentetik deterjan kullanımından kaynaklanan atık sulardaki fosfat ve nitrat miktarının, sucul hayat için bulunması gereken miktardan fazla olması, yüzeysel sularda aşırı alg üremesi ile “Ötrofik” ortamlar oluşturur. Sentetik deterjanlar yıkıma dirençli olduğu için suda birikir ve bol miktarda nitrat taşırlar. Ötrofikasyonda, suda kısa bir süre için alglerin üremesi suda oksijen miktarını artırır. Daha sonra ölen algler bakteriler tarafından parçalanır. Parçalanma esnasında oksijen kullanılır ve anaerobik organizma sayısı artar. Anaerobik organizma sayısının artması ile hiperötrofikasyon oluşur. Böyle bir hal almış su ortamının eski haline dönmesi ise çok zordur. Üreyen bu algler toksin üreterek, balık ölümlerine yüzeysel sularda estetik kirlenmeye ve oksijen azalmasına neden olur [15,18].

1.2.5. Petrol ve Petrol Ürünleri

Tanker ve boru hatları ile taşınan petrolün sızması, rafineri ve tanker kazaları sonucu meydana gelen bu tür kirlenmenin boyutu, genellikle petrol ile kaplanan alanların büyüklüğü ile ölçülmektedir. Petrol ve türevlerinin yoğunluğunun, deniz suyu yoğunluğundan ortalama % 10 daha az olması nedeniyle, su yüzeyinde kalan maddelerin, sahile vuruncaya değin bu konumlarını muhafaza edebileceklerini düşünsek de, gerçekte durum böyle değildir .

Bu tür petrol ürünlerinin uçucu kısımlarının buharlaşmasından dolayı, hacimleri azalır ve geri kalan kısım emülsiyon işlemlerine tabi tutularak suya karışır, foto

oksidasyon ve oksidasyon sonucu ayrışır. Böylece petrol ve türevlerinin, denize dökülmelerinden birkaç ay sonra hacim olarak % 85 i azalır, kalan kısım siyah yoğun katranımsı bir madde olarak dibe çöker veya sahile vurur [1].

1.2.6. Pestisitler

Bitkilerin zararlılardan korunması için herbisitler ve böcekleri yok etmek için insektisitler kullanılır. Pestisitlerin kullanımındaki artış yer altı ve yüzey sularının kirlenmesine neden olur ve bu olay çevrede ciddi tehlikelere yol açar. İnsanlar da ya doğrudan ya da dolaylı yollardan yiyecek ve içme suyu ile pestisitlere maruz kalabilirler. Çoğu pestisit doğada kalıcı, toksik ve mutajeniktir. Pestisitlerin su ortamına ulaşması, pestisit artıklarının ticari kuruluşlardan, direkt olarak su yüzeyine bulaşması ve bunların muhafaza edildiği boş kutuların bilinçsiz bir şekilde doğaya atılmasıyla oluşmaktadır.

Organoklorlu pestisitlerin, lipofilik ve hidrofobik yapısı, düşük kimyasal ve biyolojik biodegradasyon oranı, bunların biyolojik dokularda birikimine neden olur. Besin zincirinde ilerlerken bir sonraki canlıda miktarları artar ve özellikle lipofilik olmalarından dolayı organizmanın, yağ dokusunda birikirler. Organofosforlu pestisitlerin ise yıkılabilmesi organoklorlulara göre daha kolaydır [16].

1.3. Boyar Maddeler ve Çevrede Yarattığı Sorunlar

1.3.1. Boyar maddeler

Cisimlerin dış yüzeyini korumak yada güzel bir görünüm almasını sağlamak için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere “boya” denir. Cisimlerin kendilerinin renkli olması için uygulanan maddelere ise “boyar madde” adı verilir [17]. Tekstil, kağıt, dokuma, deri, yiyecek gibi çoğu endüstriyel alanda boya kullanılır. Bu fabrikaların renkli atıklarının alıcı su ortamlarına boşaltılması suda renklenmeye neden olur [19].

100 binin üzerinde ticari kuruluşun her yıl 700,000 ton boya kullandığı bilinmektedir [20]. Günümüzde ticari olarak satılan 10 000 farklı boya vardır ve bu

boyaların yaklaşık %5-10'u endüstriyel atıksularda kalarak çevreye verilmektedir [12, 21]. Bu boyaların geleneksel arıtım yöntemleri ile ortadan kaldırılması zordur.

Boyar maddeler yapısına, kimyasal ve/veya fiziksel özelliklerine yada uygulama işlemi sırasındaki karakteristiğine göre sınıflandırılabilir. Bunun yanısıra, boyalar sentetik ve doğal boyalar olarak sınıflandırılabilir ancak bu sınıflandırma yetersiz kalmaktadır, çünkü günümüzde pekçok doğal maddenin yapay olarak sentez edilmesi mümkündür. Boyar maddeler tekstil, deri, kağıt yada gıda boyaları olarak da sınıflandırılabilir. Fakat günümüzde en fazla kullanılan sistematik sınıflandırma şekli boyar maddelerin kimyasal yapısına göre yapılan sınıflandırmadır [22].

Boyarlar genellikle sentetik kökenli ve kompleks aromatik yapılu moleküller olup aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar [16];

- Anyonik boyalar (direkt, asidik ve reaktif boyalar)
- Katyonik boyalar (bazik boyalar)
- İyonik olmayan boyalar (Dispers-Dağılan boyalar)

İyonik olmayan ve anyonik boyaların kromoforları çoğunlukla azo yada antrakinin gruplarıdır .

Azo boyalar endüstriyel olarak sentezlenen en eski organik bileşenlerden biridir. Azo boyalar farklı tekstil endüstrilerinde en yaygın kullanılan boya grubudur ve bütün tekstil boyar maddelerinin %60-70'ini oluşturur [23-25]. Azo boyalar, tipik üretim koşullarında zarar görmelerini engellemek için rekalsitran olarak üretilirler. Bu nedenle oldukça toksiktirler ve biyolojik yıkıma dirençlidirler. Azo boyaların parçalanması sonucu atıksularda oluşan toksik aminler karsinojenik etkiye sahiptir [16, 24].

Azo boyalar içerdikleri azo bağının (-N=N-) sayısına göre monoazo, diazo, triazo gibi gruplara ayrılabilir ve bu grup boyalar da kendi içerisinde asidik, bazik, direkt, dispers, azoik ve pigment azo boyalar olarak farklı kategorilere ayrılırlar [26].

Astrazon boyalar Azo grubu boyalara dahildir. Ek 1'de çeşitli astrozon boyaların kimyasal yapıları verilmiştir.

1.4. Su Kirliliğinin Giderimi

Sucul ortamların kirlenmesinde evsel ve endüstriyel atıkların rolü büyüktür. Bu yüzden böyle suların doğaya verilmeden önce arıtılması gerekmektedir. İngilterede 19. yüzyılda su ile taşınan kolera gibi salgın hastalıkların artması, atık suların arıtıma tabi tutulması isteğini arttırmış ve 20. yüzyılın başlarından itibaren arıtım tesisleri kurulmaya başlanmıştır. 20. yüzyılın sonlarına doğru “British Royal Komisyonu” atık su arıtımının amacının BOD değerini 20 mg/l, askıda kalan katı miktarını ise 30 mg/l’ye düşürmek olduğunu belirtmiştir [27].

Atık su arıtım işlemlerinin üç amacı vardır,

- Atık suyun organik içeriğini indirgemek,
- Karalara uygulandığı zaman, yeraltı ve yüzey sularına karışıp kirlilik yapan azot ve fosfor indirgenmesi ve giderimi,
- Patojen mikroorganizma ve parazitlerin inaktivasyonu veya giderimi [27].

Atık su arıtımının basamakları şunlardır.

- Başlangıç arıtımı
- Primer arıtım
- Sekonder arıtım
- İleri(üçüncül)arıtım

Başlangıç arıtımında ayıklayıcı aletler kullanılarak kaba partiküller giderilir.

Primer arıtım, eleme, çöktürme gibi fiziksel işlemleri içerir. Bu basamakta kirleticilerin %30 -40 ı giderilir ve çamur oluşumu gerçekleşir.

Sekonder arıtımda atık sudan organik bileşikleri ayırmak için biyolojik ve kimyasal yöntemler kullanılır. Ağır metallerin ve bazı kimyasalların giderimi bu basamakta gerçekleşemez. Primer arıtımda genellikle mikroorganizmalar aracılığı ile organik maddelerin miktarı azalır.

Üçüncül arıtım, diğer basamaklardan kalan BOD, organik maddeler, patojenler, parazitler ve toksik maddeleri gidermek için uygulanır. Bu basamakta fizikokimyasal işlemler uygulanır ve bu işlemde geçirilen su içilebilir özellik bile kazanabilir [28].

Atık su arıtımında kullanılan teknikler ise üç maddede toplanabilir .

- Fiziksel teknikler
- Kimyasal teknikler

- Biyolojik teknikler

Fiziksel Teknikler: Tarama, eleme, süzme, sedimentasyon, adsorbsiyon, havalandırma işlemlerini kapsar.

Kimyasal Teknikler: Nötralizasyon, toksik maddelerin parçalanması, flokların çöktürülmesi, demir sülfat ve alüminyum hidroksit ile fosfatın uzaklaştırılması ve klorlama işlemlerini kapsar.

Biyolojik Teknikler: Oksidasyon havuzu yöntemi, damlatmalı filtre yöntemi, aktif çamur yöntemi ve döner disk biyolojik arıtım yöntemleri bu arıtımın aerobik kısmıdır. Biyolojik arıtımda bir de anaerobik arıtım basamağı bulunmaktadır.

1.4.1. Atıksulardan Boyar Maddelerin Giderimi

Tekstil fabrikası atık sularındaki en önemli problem boyar maddelerden kaynaklanmaktadır. Çok düşük miktarlarda boyar madde bulunduğu zaman suda yüksek oranda renklenme oluşabilir ve bu durum su canlıları için önemli bir sorun oluşturur. Günümüzde boyar maddelerin çevrede yarattığı sorunların artması ve bu maddelerin güç yıkılabilmemesinden dolayı, boya giderimi ile ilgili çeşitli yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Boya gideriminde en fazla fiziksel ve kimyasal yöntemler tercih edilmektedir. Fakat bu yöntemler pahalı ve çevreye zarar veren teknikler kullandığı için son yıllarda düşük maliyetli ve çevre dostu yöntemler geliştirilmesi yönünde büyük çaba harcanmaktadır. Geleneksel biyolojik arıtım sistemleri ise düşük giderim kapasitelerinden dolayı boya gideriminde etkisiz olmaktadır [20].

Boyar madde gideriminde kullanılan fiziksel ve kimyasal yöntemler şunlardır;

- Flotasyon
- Elektroflotasyon
- Fe (II) ve Ca (OH)₂ ile flokülasyon
- Membran filtrasyonu
- Elektrokinetik koagülasyon
- Elektrokimyasal yıkım
- İyon değişimi
- Radyasyon
- Çöktürme
- Ozonifikasyon
- Adsorbsiyon (aktif karbon ile)

Çeşitli boyaların gideriminde kullanılan önemli bazı arıtım yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları Çizelge 1.3’de özetlenmiştir [19].

Çizelge 1.1. Endüstriyel atıklardan boya uzaklaştırmada kullanılan bazı metodların avantaj ve dezavantajları [19].

<u>Fiziksel/kimyasal metodlar</u>	<u>Avantajları</u>	<u>Dezavantajları</u>
Fenton ayırıcı	Etkili renk giderimi	Çamur oluşumu
Ozonifikasyon	atık hacminde değişiklik yok	Kısa yarı ömür (20 dk.)
Fotokimyasal	Çamur oluşumu yok	Yan ürün oluşumu
NaOCl	Azo bağlarını ayırmayı başlatır	Aromatik aminler serbest kalır
Elektrokimyasal	Son ürün tehlikesizdir	Elektriğin yüksek maliyeti
Aktif Karbon	Tüm boyalarda yüksek etkili	Çok pahalı
Slika jel	Bazik boyalara etkilidir	Atıkda yan reaksiyonlar
Membran filtrasyon	Tüm boyaları giderir	Konsantre çamur oluşumu
İyon değişimi	Adsorbent kaybı yok	Tüm boyalar için etkili değil

Yukarıda bahsedilen fiziksel ve kimyasal yöntemler ile etkili renk giderimi elde edilmesine rağmen, bu tekniklerin oldukça fazla dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar arasında, çok fazla kimyasal kullanımına ihtiyaç duyulması, yoğun miktarda çamur oluşumuna yol açması, pahalı tesis ve ekipman gerekliliği ve farklı özelliklerde atık su girişlerinde etkisiz olması gibi sınırlayıcı faktörler vardır. Son yıllarda, atıksulardaki boyar maddeleri biyolojik olarak yıkabilen yada biyolojik birikime uğratabilen mikroorganizmalar ile yapılan çalışmalar ilgi çekmektedir. Bu amaçla bakteri, fungus ve algler gibi mikroorganizmalar kullanılarak çok geniş çeşitlilikte boyalı atık sulara aerobik, anaerobik veya aerobik-anaerobik arıtım işlemleri ile renk giderimi sağlanmaktadır [4, 16, 20, 25].

Atıksulardaki boyar maddeleri gidermek amacıyla test edilen biyolojik ajanları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Beyaz çürükçül funguslar
- Aerobik bakteriler
- Anaerobik bakteriler

- Canlı veya ölü mikrobiyal kütle (adsorbsiyon) [17].

Yukarıda bahsedilen canlılar arasında özellikle beyaz çürükçül funguslar büyük ilgi çekmektedir. Beyaz çürükçül funguslar boyar maddelerin de içerisinde olduğu pek çok toksik kirletici maddeyi yıkabilme yeteneği olan canlılardır. Beyaz çürükçül fungusların ölü ve canlı formlarının kullanılması ile yapılan pek çok biyoremediasyon çalışması bulunmaktadır [8-13, 29-31].

Son yıllarda çeşitli kirleticilerin gideriminde ölü mikroorganizma veya cansız biyokütle kullanımına olan ilgi artmaktadır. Günümüzde, boyar madde gideriminde tarımsal atık kullanımı yüksek performans ve düşük sorbent maliyetleri nedeniyle cazip bir alternatif olarak görülmektedir. Son yıllarda daha uygun ve ucuz adsorbentler geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır ve boyar maddelerin gideriminde tarımsal atıkların kullanılabileceğini gösteren çalışmalar başlamıştır [19, 32-38].

Tarımsal atıklar gibi cansız biyokütle kullanımının diğer biyosorbentlere göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar;

1. Bol kaynaklara sahiptir. Bütün tarımsal atıkların yılda 320 milyon metrik tona ulaştığı hesaplanır.
2. Kültürasyona ihtiyaç yoktur. Bu atıklar tarımsal işlemlerin yan ürünüdür ve özel olarak kültüre edilmesine ve toplanmasına gerek yoktur. Aksine mikroorganizmalar büyütülmeli ve ortamdaki alınmalıdır.
3. Tarımsal atıklardan alınan biyosorbentler tarımsal uygulamaların atıklarıdır. Genelde düşük maliyete sahiptirler.

Bu avantajlarından dolayı, tarımsal atıklardan oluşturulan biyosorbentler, geniş uygulama alanlarında kullanılabilir ve boyar maddelerin giderimi için yeni ve alternatif adsorbentler olarak tercih edilebilir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Mikroorganizmalar ile Yürütülen Boyar Madde Giderimi Çalışmaları

Bakteri, alg, fungus ve mayalar uygun yüzey özelliklerinden dolayı sulu ortamlardan pek çok farklı tipteki kirleticiyi adsorplama özelliğine sahiptir.

Zhou ve Banks tarafından yapılan çalışmada işlenmemiş sularda ölü *Rhizopus arrhizus* ile organik renklenmeye sebep olan humanik asitin adsorpsiyonu araştırılmıştır. Hızlı ve metabolik enerjiden bağımsız bir basamak ile metabolik enerjiye ihtiyaç duyan ve yavaş gerçekleşen ikinci basamak sonucunda gerçekleşen adsorpsiyonun, kimyasal bir reaksiyon olmayıp hücre duvarı ile humanik asit arasında tamamen fiziksel bir reaksiyon olduğu gösterilmiştir [40].

Hu tarafından yapılan çalışmada tekstil endüstrisi aktif çamur sisteminden izole edilmiş bakteriyel hücrelerin 11 reaktif boyaya adsorpsiyon yeteneği gösterilmiştir. *Aeromonas sp'* nin hücre duvarında, bütün hücreye göre daha yüksek adsorpsiyon kapasitesi olduğu gösterilmiştir. 100 mg/l boya konsantrasyonunda renk giderim kapasitesinin %94.3 e ulaştığı, *Aeromonas sp'* nin maksimum adsorpsiyon kapasitesinin pH 3.0'te Procion kırmızısı G için 27.4 mg boya/g kurutulmuş hücre ile olduğu rapor edilmiştir [41].

Polman ve Breckendridge tarafından, atık sulardan sülfür ve reaktif boyaları uzaklaştırmak için 30 filamentli fungus, maya ve bakteri türü test edilmiştir. Herbir türün canlı ve ölü formlarının kullanıldığı çalışmada, ölü hücrelerin kullanılan reaktif siyah 5 ve reaktif mavi 19 boyalarını canlı hücrelerden daha fazla bağlayabildiği yani adsorpsiyon kapasitesinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin ise ölüm ile hücre üzerindeki kopmalarla yüzey alanının artması olabileceği belirtilmiştir [42].

Tatarko ve Bumpus tarafından, otoklovize edilmiş *P. chrysosporium* beyaz çürükçül fungusu ile katyonik bir boya olan Congo kırmızısının biyosorpsiyonu çalışılmıştır. Bu çalışmada çalkalamalı koşullarda %90 gibi yüksek bir oranda renk giderimi olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak ölü hücrelerin dekolorizasyon oranının, canlı hücrelerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir [43].

Aksu tarafından, iki reaktif boyanın (reaktif mavi 2 ve reaktif sarı 2) hem bakteri hem de protozoalardan oluşan kurutulmuş aktif çamur üzerine biyosorpsiyonu araştırılmıştır. Aktif çamurun, organik kirleticileri bakteri hücre duvarı üzerindeki

amino asit, lipid, asidik polisakkaritlerden dolayı geniş miktarda alabildiği belirtmiştir [44].

Aksu ve Dönmez, reaktif remazol mavisini uzaklaştırmak için 9 maya türünün biyosorpsiyon kapasitelerini araştırmışlardır. Mayaların boya gideriminde oldukça etkin olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada maya hücre duvarında bulunan polisakkarit, protein ve lipid moleküllerinin boya bağlama kapasitesine sahip olan amino, karboksil, sülfidril, fosfat ve tiol gibi fonksiyonel gruplara sahip olduğu belirtilmiştir [45]

Chu ve Chen seçtikleri Direct Orange 39 ve direct Red 83 boya ile noniyonik Dispers menekşe 8, Dispers sarı 54 ve Bazik mavi 3, Bazik menekşe 3, Bazik sarı 24, Bazik kırmızı 18 gibi boya atık sudan uzaklaştırmak için, biyosorbent olarak 105-297 µm partikül büyüklüğünde, fırında kurutulmuş aktif çamur biyokütlesi ile çalışmışlardır. Sonuç olarak boyanın kimyasal yapısının, bazikliğinin, bazik boya molekülünün molekül ağırlığının, aktif çamur biyokütlesinin adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkili olduğu rapor edilmiştir. Yine bu araştırmacılar, Bazik Sarı 24 boyasında partikül büyüklüğünün, çalkalamanın, başlangıç boya konsantrasyonunun biyosorpsiyona etkisini de belirtmişlerdir. Buna göre, partikül büyüklüğü arttıkça, biyosorpsiyon kapasitesi azalmış ve çalkalamanın 40 rpm den 160 rpm e yükselmesi ile biyokütlenin alım kapasitesinin de yükseldiği gözlenmiştir. Boya konsantrasyonunun 50 mg/l'den 300 mg/l yükselmesi ile biyokütlenin alım kapasitesinin yükseldiği saptanmıştır [46, 47].

Fu ve Viraraghavan tarafından ölü *Aspergillus niger*'i Congo kırmızısının uzaklaştırılması için test etmişler ve bu amaçla ölü *Aspergillus niger* biyokütlesi NaHCO₃ ile önışleme tutulmuştur. Önışlem gören fungal biyokütlenin, biyosorpsiyon kapasitesinin yükseldiği ve pH 6.0 da en etkili adsorpsiyonun olduğu rapor edilmiştir [48].

Gallagher vd. ölü *Aspergillus niger*, *Laminaria digitata* ve *Rhizopus oryzae* ile Reaktif Brilliant Kırmızı ile yaptıkları çalışmada mg boya/g biyokütle adsorpsiyon kapasitesini 2 haftada 14.2 olarak bulmuşlardır [49].

Mou vd. tarafından yapılan çalışmada, otoklavize edilmiş hücrelerle canlı hücrelerin boya renk giderimi yetenekleri karşılaştırılmış ve renk giderim oranının canlı ve ölü hücrelerde hemen hemen eşit olduğu belirtilmiştir [50, 55].

Yeşilada vd. çeşitli beyaz çürükçül fungus peletlerinin, tekstil boyalarının (Astrazon mavi, siyah ve kırmızı) renginin gideriminde kullanılabilirliğini araştırmış ve tüm fungal peletlerin 24 saatte bu boya rengini %75 den daha fazla oranda

giderdiğini rapor etmiştir. Bu çalışmada en yüksek renk gideriminin 100-150 rpm'de, 30°C'de ve pH 6-11 aralığında olduğu belirtilmiştir [12].

Yeşilada vd. yaptıkları diğer bir çalışmada, *Funalia trogii* pelletleri kullanarak Astrazon kırmızı FBL boyasının renk giderimini araştırmıştır. Başlangıç pH sı, boya konsantrasyonu, pellet miktarı, çalkalama hızı ve sıcaklığın *Funalia trogii* pelletlerinin renk giderimi kapasiteleri üzerine etkisi çalışılmış ve fungal pelletler tarafından boyanın mikrobiyal metabolizma ile yıkıldığı, cansız hücrelerin ise boya adsorpsiyonu yolu ile giderim yaptığı bulunmuştur. En yüksek renk giderimi 24 saat, 150 rpm, 30°C'de ve 6-11 pH aralığında gerçekleşmiştir. Yüksek boya konsantrasyonlarında bile %90 a varan renk giderimi elde edilmiştir. *F. trogii* pelletlerinin tekrarlı kullanılabilceği rapor edilmiştir [8].

Yeşilada vd. *Phanerochaete chrysosporium* canlı pelletleri ile indigo boya içeren tekstil fabrikası atıksuyunun renginin 24 saate % 95 oranında giderildiğini rapor etmiştir. *P. chrysosporium*'un canlı pelletlerinin 5 gün süren tekrarlı-kesikli çalışma süresince yüksek ve kararlı renk giderim yeteneğine sahip olduğu gösterilmiştir [11].

Cing tarafından yapılan çalışmada, *Funalia trogii* ile Astrazon Mavi ve Astrazon Kırmızı boyalarının giderimi çalışılmıştır. Boya giderimi başlangıç boya konsantrasyonundan, sıcaklık değişiminden, pellet miktarından ve çalkalama hızından etkilenirken pH değişiminden etkilenmemiştir. Düşük boya konsantrasyonlarında (13-132 mg/l) fungusun giderim aktivitesi 5 gün süresince yüksek ve kararlı iken, yüksek boya konsantrasyonlarında (264 mg/l) ilk 3 günde %96 oranında yüksek giderim değerlerine ulaşılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, fungus ile meydana gelen renk gideriminin başlangıçta adsorbsiyon yoluyla olduğu ve devamında mikrobiyal metabolizma ile biyolojik yıkım gerçekleştiği rapor edilmiştir [14].

Apohan tarafından yapılan çalışmada ise *Funalia trogii* ile Astrazon boyalarının renginin giderimi ve giderim sonrası boyaların toksisitesindeki değişim araştırılmış ve *Funalia trogii*'nin test edilen tüm Astrazon boyalarının rengini giderdiği ve giderim sonrası boyaların hem funguslar ve hemde bakteriler üzerine olan toksik etkisinin önemli oranda azaldığı gösterilmiştir [17].

Başbüyük ve Forster tarafından yapılan çalışmada, canlı aktif çamur üzerine bir asidik boya olan, Asit Sarı 17 ve bir bazik boya olan Maksilon Kırmızı BL-N' nin biosorpsiyonu araştırılmıştır. Sonuçlar renkli grupları aniyonik olan, Asit sarı 17 boyasının aktif çamur tarafından bağlanmasının yetersiz olduğunu, renkli grupları katyonik olan Maksilon kırmızı BL-N boyasının, aktif çamur tarafından iyi adsorbe

edildiğini göstermiştir. Asit boyanın adsorpsiyon kapasitesinin zayıflığının, normal pH da aktif çamurun negatif elektriksel yükü nedeniyle, boya ile aktif çamur arasında bir elektriksel itim oluşmasıyla meydana geldiği belirtilmiştir [51]. Çizelge 2.1 de bazı canlı fungal hücrelerin renk giderimi ve boya giderimini nasıl gerçekleştirdikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Bazı canlı fungal hücrelerin boya renk giderim yetenekleri [50].

Kültür	Boya ve Konsantrasyonu	%Renk Giderimi ve Zaman	Mekanizma	Ref.
<i>Candida sp.</i>	Prosiyon siyah (100mg/l)	%93.8 2saat	Adsorpsiyon	[52]
<i>P. chryso sporium</i>	İndigo karmin (40-50mg/l)	%29.8 9 gün	Ligninaz aktivitesi	[53]
<i>T. versicolor</i>	Asit siyah 24 (40-50mg/l)	%98 9 gün	Ligninaz aktivitesi	[53]
<i>Cyathus bulleri</i>	Kristal menekşe	%87.5 2 gün	Lakkaz aktivitesi	[54]
<i>Ganoderma sp.</i>	Orange II (100mg/l)	%28-%77 2 gün	Adsorpsiyon	[55]

Nigam vd. *Alkalijenes feacalis* ve *Commomonas acidovarans* bakterileri kullanarak, reaktif boyalar, diazo boyalar ve dispers boyaların renk giderimine baktıkları çalışmada, kullanılan boyaların büyük kısmında 48 saatte, anaerobik koşullar altında %100 renk gideriminin olduğunu rapor etmiştir [56].

Hu tarafından yapılan çalışmada da, *Pseudomonas luteola* bakterisi kullanılmış ve 2-6 gün statik inkübasyon sonucunda 100 mg/l boya içeren ortamlarda, reaktif azo, direkt azo ve deri boyalarının renginin %59 - 99 oranında giderildiği bildirilmiştir [57]. Çizelge 2.2’de bazı bakteri türleri ile yapılan boya biyolojik yıkım çalışmaları özetlenmiştir.

Çizelge 2.2 Bazı bakteri türleri ile, boya karışmış atık sularındaki boyaların biyolojik yıkımı [58].

Boya	Kullanılan mikroorganizma	Giderim Oranı ile ilgili açıklama	Ref.
Diazobağlı kromoforlar	Karışık anaerobik kültür	Azo bağların redüksiyonu ile %85 boya giderimi	[59]
Orange II	<i>Bacteroides fragilis</i>	8 saatte %50 renk giderimi	[60]
Asit turuncu 7	Karışık ve metanojenik kültür	% 94 renk giderimi renk giderimi karışık kültürde daha hızlı	[61]
Remazol siyah B	<i>Shewanella putrefaciens</i>	6.5 saatte %85 renk giderimi	[62]
Reaktif turuncu 96	<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>	Anaerobik koşullar ve sülfid varlığında, 2 saatte %95 renk giderimi	[63]

Banat vd. alglerin azo boyalarını yıktığını rapor etmiştir [4]. Chlorella ve Oscillatoria gibi algler bir çok azo boyasını aromatik aminlere, basit bileşiklere ve CO₂ ye yıkabilirler. Bazıları azo boyalarını tek karbon ve azot kaynağı olarak kullanır [14].

2.2. Tarımsal Atık Kullanılarak Yapılan Boyar Madde Giderimi Çalışmaları

Garg vd. bir kereste endüstrisi atığı olan, Hindistan gül ağacı talaşını kullanarak, atık su benzeri ortamdaki adsorbsiyon ile bazik boya (metilen mavisi) uzaklaştırılmasını araştırmıştır. Formaldehit ve sülfirik asitle işlem gören gül ağacı talaşlarına, farklı sistemlerin etkisi, adsorbent miktarı, başlangıç boya konsantrasyonu ve temas süresinin etkisi test edilmiştir. Adsorpsiyon miktarının 2-10 aralığındaki pH dan etkilenmediği, hem formaldehit hem sülfirik asitle muamele görmüş gül ağacı tozlarının kullanım miktarı (g/100ml) arttıkça boya gideriminin arttığı ve maksimum boya adsorbsiyonunun deney başladıktan sonra 30 dakika içinde olduğu gözlenmiştir [19].

Ho vd. biyosorbent olarak, lignin ve selüloz içeren düşük maliyetli eğrelti otu kullanarak, sıvı solüsyonlardan Bazik kırmızı 13 boyasının uzaklaştırılmasını çalışmıştır. Sıcaklık artırılıp partikül büyüklüğü azaldıkça sorbent tarafından adsorbe edilen boya miktarının arttığı gözlenmiştir. Sorpsiyon kapasiteleri ise Langmuir izoterm modeli ile hesaplanmıştır [37].

Robinson vd. mısır koçanı ve arpa kabuğu gibi tarımsal atıkları, yapay tekstil boya atıklarının uzaklaştırılması amacıyla kullanmıştır. Deneyler 5 tekstil boyasının eşit karışımından oluşan sentetik atıkların 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200 mg/l boya konsantrasyonlarında yapılmıştır. Deneylerde başlangıç boya konsantrasyonunun etkisi, biyosorbent partikül büyüklüğünün ve biyosorbent miktarının adsorpsiyona etkisi test edilmiştir. 100 ml de 1gr 600 µm'den küçük mısır koçanları 48 saatte %92 oranında, 1gr 1.4 mm arpa kabuğunun da 48 saatte %92 adsorpsiyon kapasitesi gösterdiği bulunmuştur. Sonuç olarak bu tarımsal atıkların tekstil atık sularından boya uzaklaştırmak için etkili biyosorbentler olarak kullanılabilceği belirtilmiştir [39].

Garg vd. bir ziraat endüstrisi atığı olan *Prosopis cineraria* ağacının talaşlarını adsorbent olarak kullanarak, Malaşit Yeşili boyasının uzaklaştırılması ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Formaldehit ve sülfirik asit ile muamele edilmiş tozlar halinde *Prosopis cineraria* ve granüler aktif karbon adsorbent olarak kullanılmış ve giderim kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Her bir deney konsantrasyonu bilinen 100 ml boya solusyonunda, 0.4 g adsorbent kullanılarak, 27-28°C'de ve 160 rpm çalkalamalı koşullarda gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak *Prosopis cineraria*' dan elde edilen formaldehit ve sülfirik asit ile işlem görmüş tozların, yüksek boya konsantrasyonunda adsorpsiyon etkisinin granüler aktif karbondan daha düşük olduğu, fakat düşük boya konsantrasyonlarında etkili bir adsorbent olduğu gösterilmiştir. Herbir adsorbentin miktarı arttıkça (0.2, 0.4, 0.6,...1.0 g/ml) boya giderim oranının da arttığı gösterilmiştir. Sonuç olarak kolay bulunabilen *Prosobis cinereria* tozlarının ucuz maliyetli materyal olarak kullanılabilceği önerilmiştir [33].

Nigam vd. tarafından yapılan çalışmada, buğday samanı, odun talaşı, mısır koçanı parçalarının tek ve karışık boya adsorplama yeteneği araştırılmış ve sonuçta elde edilen boya adsorplamış atıklar, *Phanerochaete chrysosporium* ve *Coriolus versicolor* gibi iki beyaz çürükçül fungusun katı fermentasyonu için substrat olarak kullanılmıştır. Mısır koçanı parçaları ve buğday samanı kullanarak, oda sıcaklığında 500 ppm boya solusyonunda bile %75 oranında boya giderimi olduğu gözlemlenmiştir. Boya endüstrisi atıklarının 10-50 mg/l boya içerdiği düşünülürse bu atıkların, boya atıklarını kolayca giderebileceği anlaşılmaktadır. Yine aynı çalışmada yüksek sıcaklığın, bu tarımsal atıkların boya tutma kapasitesini de etkilemediği görülmüştür. Yapılan deneylerin sonuçları, boya tutan tarımsal atıkların katı fermentasyon için uygun substrat olduğunu da göstermiştir [34].

Gong vd. tarafından yapılan çalışmada, sıvı solüsyolardan anyonik boya ları uzaklaştırmak için, biyosorbent olarak toz hale getirilmiş yer fıstığı kabuk ları kullanılmıştır. Deneyde kullanılan anyonik boya lar Amaranth, Sunset sarı ve Fast yeşil'in toz haldeki yer fıstığı kabuk larına adsorpsiyonu için başlangıç pH sı, boya konsantrasyonu, sorbent miktarı ve partikül büyüklüğü gibi deneysel koşullar optimize edilmiştir. pH 2 de üç boyanın da renk gideriminin etkili olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak yer fıstığı kabuk larının atık sulardan boya ları uzaklaştırmada etkili olacağı belirtilmiştir [64].

Robinson vd. tarafından atık sulardan tekstil boya larını uzaklaştırmak için düşük maliyetli, yenilenebilir ve kolay elde edilebilen elma posası ve buğday samanını kullanarak bir çalışma planlanmıştır. Deneyde 5 tekstil boya sının eşit karışımından oluşan sentetik atık ile 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, ve 200 mg/l konsantrasyonlarında boya kullanılmıştır. 1gr elma posasının en iyi adsorbent miktarı olduğu ve 2 mm×4mm partikül büyüklüğünde yapay atıktan boyanın %81'nin giderildiği, 600 µm'de ise %91'nin uzaklaştırdığı belirtilmiştir. 1 gr elma posasının ve 1gr buğday samanının 600µm büyüklüğünde partiküllerinin, sentetik boya ları uzaklaştırmak için uygun olduğu ve elma posasının, buğday samanı ile karşılaştırıldığında beş boyanın da renk gideriminde daha etkili bir biyosorbent olduğu bulunmuştur [35].

Rajeshwarisivaraj vd. tarafından yapılan çalışmada sulu çözeltilerden boya ları ve metal iyon larını uzaklaştırmak için adsorbent olarak yöresel bir çalımsı bitki olan, Cassava kabuğundan elde edilen karbon kullanılmıştır. Cassavadan elde edilen karbonlar fiziksel ve kimyasal metodlar kullanarak hazırlanmıştır. Fiziksel metotda elde edilen karbonlar 700°C de bir saat bekletilerek hazırlanmıştır. Kimyasal metotla elde edilen ise H₃PO₄ ile 14 saat boyunca 120°C de ısıtma ile elde edilmiştir. Kimyasal metotla hazırlanan karbonların, fiziksel metotla hazırlananlardan daha fazla adsorpsiyon yaptığı belirlenmiştir. Ayrıca karbonların hazırlanmasında ham madde olarak atık kullanımının ticari olarak elde edilen aktif karbondan daha az maliyetli olduğu da belirtilmiştir [65].

Gupta vd. dışbudak ağacı kökleri ve yağı alınmış soya posası kullanılarak, bir suda çözü nür boya olan Quinoline sarı boya sının adsorpsiyon ve desorpsiyonu çalışmıştır. Deneyler pH, boya konsantrasyonu, adsorbent dozajı ve büyüklüğü, sıcaklık gibi faktörleri optimize ederek yapılmıştır. pH 2-10 aralığında yapılan çalışmalarda her iki tarımsal atıkta da giderimin en iyi pH 2 de, 0,2 gr adsorbent miktarında, 170 mesh

partikül büyüklüğünde olduğu ve bu adsorbentlerin renk giderimi çalışmalarına uygun olduğu sonucuna varılmıştır [38].

Kadirvelu vd. tarafından yapılan çalışmada, pamuk kabuğu, Hindistan cevizi ağacı talaşı, hint irmiği atığı, mısır koçanı ve muz posası gibi tarımsal atıklar kullanarak aktif karbon hazırlanmış ve boya giderimi uygulamasında kullanılmıştır. Yapılan deneylerin sonucu tarımsal atıkları kullanarak hazırlanan aktif karbonun, boya gideriminde etkili olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir. Normalde aktif karbonun elde edilmesi pahalı olmasına rağmen böyle düşük maliyetli atıklardan da üretilebilir olması maliyeti düşürmektedir [32].

Robinson vd. tarafından sürekli ve akışkan yataklı reaktörde tekstil atık suyundaki beş sentetik boyanın, arpa kabuğu üzerine adsorpsiyonu çalışılmıştır. Statik durumlu reaktörde çeşitli başlangıç konsantrasyonlarının, adsorbent miktarının ve dinlenme zamanının adsorpsiyona etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, arpa kabuğunun bu tip reaktörlerde en etkili adsorbent olduğu belirlenmiştir [36].

McKay vd. pirinç kabuğu, pamuk atığı, tik ağacı kabuğu, saç ve kömür kullanarak sıvı ortamlardan bazik boyalar olan, Safranin ve Metilen mavisi giderimini araştırmış ve ağaç kabuğu, pirinç kabuğu ve pamuk atığının adsorpsiyon kapasitesinin safranin ve metilen mavisi için diğer atıklardan daha yüksek olduğunu bulmuştur [66].

Khattari ve Singh tarafından yapılan bir çalışmada, yöresel bir bitki olan Neem talaşı kullanılarak, Kristal menekşe, Metilen mavisi, Malaşit yeşili ve Rodamin B'nin renk giderimi üzerine farklı konsantrasyon, pH ve sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Neem talaşı ile Kristal menekşenin giderimi, boya konsantrasyonunun 6 mg/l'den 12 mg/l'ye çıkarılması ile %91.56'dan % 78.94'e düşmüştür. Diğer üç boya için de konsantrasyonun artırılması ile boya giderim oranının azaldığı gösterilmiştir [67].

Sivaraj vd. tarafından yapılan çalışmada ise sıvı solusyonlardan bir asidik boya olan Asit menekşe 17'nin portakal kabuğu ile giderimi çalışılmıştır. Boya giderimi üzerine zaman, adsorbent dozu, başlangıç boya konsantrasyonu ve pH'nın etkisi test edilmiştir. En iyi boya giderimi, pH 2.0'de, 600 mg/50 ml adsorbent dozunda ve 10 mg/l boya konsantrasyonunda % 87 olarak elde edilmiştir. Ayrıca pH 10.0'da %60 oranında desorpsiyon başarılmıştır [68].

Annadurai vd. tarafından yapılan çalışmada düşük maliyetli adsorbentler olarak muz ve portakal kabuğu kullanarak, Metil turuncu, Metilen mavisi, Rodamin B, Kongo kırmızı, Metil menekşe ve Amido siyah 10B boyalarının giderimi 10-120 mg/l ve

30°C'de çalışılmıştır. Boya gideriminin, en iyi alkali pH'da gerçekleştiği ve muz kabuğunun portakal kabuğuna göre daha iyi bir adsorbent olduğu rapor edilmiştir [69].

Arami vd. tarafından Direkt kırmızı 23 ve Direkt kırmızı 80 boyaalarının giderimi için adsorbent olarak portakal kabuğu kullanılmıştır. Bu boyalar için 50-125 mg/l konsantrasyonlarda 25°C'de ve pH 2.0'de, 8 g/l ve 4 g/l adsorbent kullanılarak % 90'ın üstünde boya giderimine ulaşılmıştır. Ayrıca DR 23 ile % 98 ve DR 80 ile %93 desorpsiyon oranı elde edilmiştir [70].

Mittal vd. toksik bir boya olan Malaşit yeşilinin giderimi için düşük maliyetli bir adsorbent olarak yağı alınmış soya kullanmış ve pH, adsorbent dozu, adsorbent partikül büyüklüğü, zaman, sıcaklık ve boya konsantrasyonunun, renk giderim üzerine etkisini araştırmıştır. Adsorbent dozunun 0.01 g'dan 1.0 g'a çıkarılması ve partikül büyüklüğünün 0.3 mm'den 0.6 mm'ye çıkarılması ile renk gideriminin arttığı rapor edilmiştir. pH'nın 2.0'den 5.0'e çıkarılmasıyla renk giderimin arttığı fakat 5.0'in üstünde giderimin değişmediği gözlenmiştir. Renk gideriminin sıcaklık değişiminden (30, 40 ve 50°C) etkilenmediği ve zamana bağlı (20-160 dk. arası) artış gösterdiği rapor edilmiştir [71].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Adsorbentlerin Hazırlanması

Çalışmada ülkemizde ve yöremizde önemli tarımsal atıklar olan pamuk sapı ve kayısı çekirdeği kabuğu adsorbent olarak kullanılmıştır. Pamuk sapı Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nden, kayısı çekirdeği kabuğu ise Malatya yöresinden elde edilmiştir. Atıklar Laboratuvara getirildikten sonra öğütücüde öğütülmüş ve farklı partikül büyüklüklerine getirebilmek amacıyla farklı meshlerde elekler kullanılarak elenmiştir. Deneyler sırasında adsorbent dört farklı partikül büyüklüğünde hazırlanmıştır. Bunlar 25-60-100-270 British Standard Sieve(BSS) meshdir.

3.2. Boya Çözeltileri

Bu çalışmada kullanılan katyonik boyalar (Astrazon mavi FGRL, Astrazon kırmızı FBL, Astrazon siyah FDL, Astrazon sarı G GELB GLE) İnönü Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Biyoteknoloji laboratuvarından elde edilmiştir. Deneylerde kullanılmak üzere 500 mg/l konsantrasyondaki stok boya çözeltileri, distile su ile hazırlanmıştır.

3.3. Renk Giderimi Çalışmaları

Çalışmada farklı miktarlarda tarımsal atık kullanılmıştır. Bunun için tarımsal atıklar 50 ml boya solüsyonu içeren 250 ml'lik erlenlere eklenmiştir. Boya giderimi üzerine etkili olduğu düşünülen parametrelerden adsorbent miktarı, başlangıç boya konsantrasyonu, pH değeri, adsorbentin partikül büyüklüğü ve çalkalama hızının boya giderimine etkileri çalışılmıştır. pH'nın etkisinin saptanması için 50 mg/l konsantrasyonda 30°C'de pH 2.0-7.0 aralığında çalışılmıştır. pH 0.1 N HCl ve 0.1 N NaOH kullanılarak ayarlanmıştır. Başlangıç boya konsantrasyonunun renk giderimi üzerine etkisi 50-500 mg/l aralığında çalışılmıştır. Çalkalama hızının tarımsal atıkların renk giderim kapasitesine etkisi statik-50-100-150-200 ve 250 rpm'de çalışılmıştır. Adsorbent miktarının renk giderimi üzerine olan etkisini belirlemek için 0.1-0.2-0.5 ve 1.0 g/50 ml olacak şekilde çalışma planlanmıştır. Adsorbent partikül büyüklüğünün

giderim üzerine etkisini test etmek amacıyla 25-60-100 ve 270 mesh partikül büyüklüğü kullanılmıştır.

Tüm renk giderim deneyleri üç tekrarlı yapılmış ve adsorbent içermeyen boya çözeltileri kontrol olarak kullanılmıştır. Adsorbent + boya içeren solusyonlar 30 dk. yukarıda bahsedilen koşullarda tutulduktan sonra, tarımsal atıklar santrifüj ile ayrılmış ve süpernatanın absorbansı spektrofotometrede okunarak (Astrazon kırmızı FBL için 530 nm, Astrazon mavi FGRL için 601 nm, Astrazon siyah FDL için 601 nm, Astrazon sarı G GELP GLE için 438 nm dalga boyunda) renk giderimi köre karşı % giderim olarak belirlenmiştir [8,12].

3.4. Toksikite Deneyleri

Boyar madde içeren çözeltilerin işlem öncesi ve sonrası, antimikrobiyal etkisini test etmek için toprak bakterisi olan *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145 suşu kullanılmıştır. Bunun için, *P.aeruginosa* nutrient agar katı besiyerinden öze ile alınarak nutrient broth ortamına ekilmiş ve 37°C'de 18 saat boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası 100 µl bakteriyel süspansiyon, 1 ml nutrient broth ve 4 ml işlem görmüş ve görmemiş boya çözeltisi içeren tüplere ekilmiştir. Bu tüpler 24 saat 37°C'de inkübe edildikten sonra, tüplerden nutrient agar plaklarına seri sulandırım tekniği ile ekim yapılmış ve 24 saat 37°C'de plaklar inkübe edilmiştir. Daha sonra plaklardaki canlı hücre sayıları (colony forming units, cfu/ml) belirlenmiştir [72].

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Renk Giderimi Üzerine Adsorbent Miktarı ve Adsorbent Partikül Büyüklüğünün Etkisi

Astrazon boyalarının renginin giderimi üzerine adsorbent miktarı ve adsorbent partikül büyüklüğünün etkisinin test edildiği çalışmalarda, 50 mg/l boya içeren çözeltiye 0.1- 0.2- 0.5- 1.0 g/50 ml olacak şekilde ve farklı partikül büyüklüğünde (25-60-100-270 mesh) pamuk sapı ve kayısı çekirdeği kabuğu eklenmiştir. Deneyler 30°C sıcaklıkta, doğal pH'da, 150 rpm çalkalamalı koşullarda ve 30 dakika süresince yürütülmüştür. Çalışmanın sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Pamuk sapı miktarının ve partikül büyüklüğünün Astrazon boyalarının renginin giderimi üzerine etkisi

		Boya Giderimi (%)			
Boyalar	Adsorbent miktarı (g /50 ml)	Partikül Büyüklüğü			
		25	60	100	270
Astrazon Mavi	0.1	48	71	82	87
	0.2	75	86	90	91
	0.5	90	92	95	90
	1.0	94	95	95	89
Astrazon Kırmızı	0.1	50	69	79	85
	0.2	76	88	92	93
	0.5	91	94	94	94
	1.0	94	95	93	92
Astrazon Siyah	0.1	64	78	86	90
	0.2	82	89	91	90
	0.5	91	93	91	92
	1.0	92	91	90	91

Çizelge 4.2. Kayısı çekirdeği kabuğu miktarının ve partikül büyüklüğünün Astrazon boyaalarının renginin giderimi üzerine etkisi

		Boya Giderimi (%)			
Boyalar	Adsorbent miktarı (g /50 ml)	Partikül Büyüklüğü			
		25	60	100	270
Astrazon Mavi	0.1	14	25	47	76
	0.2	23	51	74	84
	0.5	55	82	92	96
	1.0	78	92	95	96
Astrazon Kırmızı	0.1	7	13	37	51
	0.2	12	29	42	82
	0.5	42	68	87	94
	1.0	67	87	94	95
Astrazon Siyah	0.1	11	24	55	70
	0.2	22	40	77	88
	0.5	46	71	86	92
	1.0	53	84	90	93

Çizelgeler incelendiği zaman, adsorbent miktarının artması ile renk gideriminin belirgin bir biçimde arttığı görülmektedir. Pamuk sapı için 25 mesh partikül büyüklüğünde adsorbent miktarının 0.1 g'dan 1.0 g'a çıkarılması ile Astrazon mavinin renginin giderim oranı %48'den %94'e çıkmıştır. Kayısı çekirdeği kabuğu için 25 mesh partikül büyüklüğünde adsorbent miktarının 0.1 g'dan 1.0 g'a çıkarılması ile Astrazon mavinin renk giderim oranı %14'ten %78'e çıkmıştır. Sonuçlarımız adsorbent miktarının artışı ile adsorbent yüzey alanının arttığını, daha fazla adsorbsiyon alanının oluştuğunu ve buna bağlı olarak renk giderim oranının yükseldiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar, Garg vd. 2004 tarafından yapılan *Prosopis cineraria* odun talaşı ile Malaşit yeşilinin giderimi çalışmasında da gösterilmiştir [33]. Bu çalışmada 0.2- 0.4- 0.6- 0.8 ve 1.0 g/100 ml ile 250 mg/l boya konsantrasyonunda çalışılmış ve en etkili giderim 0.8 ve 1.0 g/100 ml adsorbent dozunda elde edilmiştir. Ancak bu çalışmada, 0.5 ve 0.8 g /100 ml de elde edilen giderim değerleri birbirine çok yakındır. Bunun nedeninin, yüksek adsorbent miktarında partiküllerin birbirine yapışması ve adsorbsiyon yüzey alanının azalması olabileceği rapor edilmiştir. Bizim çalışmalarımızda da 0.5 ve

1.0 g/50 ml adsorbent dozunda- özellikle küçük partikül büyüklüğünde- birbirine çok yakın giderim değerlerine ulaşılmıştır. Bu nedenle çalışmamızda daha ekonomik olması nedeniyle sonraki deneylerimiz 1.0 g/50 ml yerine 0.5 g/50 ml ile devam ettirilmiştir.

Gupta vd. tarafından Quinolin sarı boyasının tarımsal atıklar kullanılarak giderimi ile ilgili çalışmada adsorbent miktarının giderim üzerine etkisini test etmek amacıyla 0.05 ve 0.3 g dozlarında çalışma planlanmıştır. Adsorbent dozunun 0.05 g'dan 0.2 g'a çıkarılması ile boya gideriminin arttığı ancak daha yüksek dozlarda giderimin artmadığı belirtilmiştir [38]. Gong vd. tarafından yapılan bir diğer çalışmada, sıvı solusyonlardan anyonik boya için yer fıstığı kabuğu adsorbent olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, adsorbent 1.0 -10 g/l doz aralığında olacak şekilde kullanılmış ve 5.0 g/l dozuna kadar boya giderimi artarken, daha yüksek dozlarda giderimde belirgin bir artış gözlenmemiştir ve çalışma 5.0 g/l adsorbent dozu ile devam etmiştir [64]. Robinson vd. tarafından boya gideriminde tarımsal atıkların kullanıldığı bir başka çalışmada 1.0- 2.0 ve 5.0 g/100 ml adsorbent miktarı ile çalışılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre en etkili giderimi 2.0 ve 5.0 g/ 50 ml adsorbent dozlarında elde edilmiştir [35].

Adsorbsiyon işlemlerinde önemli olan diğer bir parametre de adsorbent partikül büyüklüğüdür. Tablo 4.1 ve 4.2 incelendiği zaman boya gideriminin adsorbent partikül büyüklüğü ile çok fazla ilişkili olduğu görülmektedir. Sonuçlarımız, adsorbent partikül boyutunun küçülmesi ile renk giderim oranının belirgin bir biçimde arttığını göstermektedir. Bu daha önceki çalışmalarla uyum içindedir. Pamuk sapı ve kayısı çekirdeği kabuğu için en etkili partikül büyüklüğünün 100 ve 270 mesh olduğu bulunmuştur.

Adsorbent partikül büyüklüğünün azalması ile daha fazla adsorbsiyon yüzey alanı oluşmakta ve bunun sonucu olarak boya yüzeye bağlanma oranı artmaktadır. Ancak 100 meshin üstündeki partikül büyüklüklerinde partiküller çok küçüldüğü için, çözelti içinde bir topaklaşmaya ve bulanıklığa yol açmakta ve giderim olumsuz etkilemektedir. Robinson vd. tarafından tarımsal atıklar ile boya giderildiği bir çalışmada, adsorbent partikül büyüklüğünün küçülmesi ile giderimin arttığı rapor edilmiştir. Bu çalışmada, 2 mm x 4 mm ve 600 µm olacak şekilde iki farklı partikül büyüklüğü kullanılmış ve 600 µm ile daha etkili giderim değerlerine ulaşılmıştır [35]. Gupta vd. 36 – 100 ve 170 mesh partikül büyüklüğünde tarımsal atık kullanılmış ve mesh büyüdükçe daha iyi boya giderimine ulaşıldığını rapor etmiştir [38]. Ho vd. eğrelti otu ile Bazık kırmızı 13 boyasının giderimi çalışmasında, partikül büyüklüğünün

azalması ile adsorbsiyon yüzey alanının arttığını ve daha etkili giderim olduğunu rapor etmiştir [37].

Khattri ve Singh, yöresel bir bitki olan Neem talaşı kullanarak, Kristal menekşe, Metilen mavisi, Malaşit yeşili ve Rodamin B'nin renk gideriminde farklı partikül büyüklüğünün etkisi araştırmış ve bu amaçla 50- 80 ve 100 mesh partikül büyüklüğünde talaş kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda, 12 mg/l boya konsantrasyonunda, pH 7.2'de ve $30^{\circ}\text{C}\pm 1$ 'de talaşın partikül büyüklüğü, 50 mesh'den 100 mesh'e düştüğünde Kristal menekşe giderimi %70'den %82'ye çıkmıştır [67]. Deneylerimizde elde ettiğimiz sonuçlar literatür verileri ile uyum göstermektedir.

Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında pamuk sapı için 0.5 g ve 100 mesh partikül büyüklüğü ve kayısı çekirdeği kabuğu için ise 0.5 g ve 270 mesh partikül büyüklüğü kullanılmıştır. Deneylerimizde 1.0 g/50 ml ile elde edilen renk giderim değerleri ile 0.5 g /50 ml ile elde edilen renk giderim değerleri arasında çok küçük bir farklılık olması nedeni ile, daha ekonomik olacağı için 0.5 g/50 ml tercih edilmiştir.

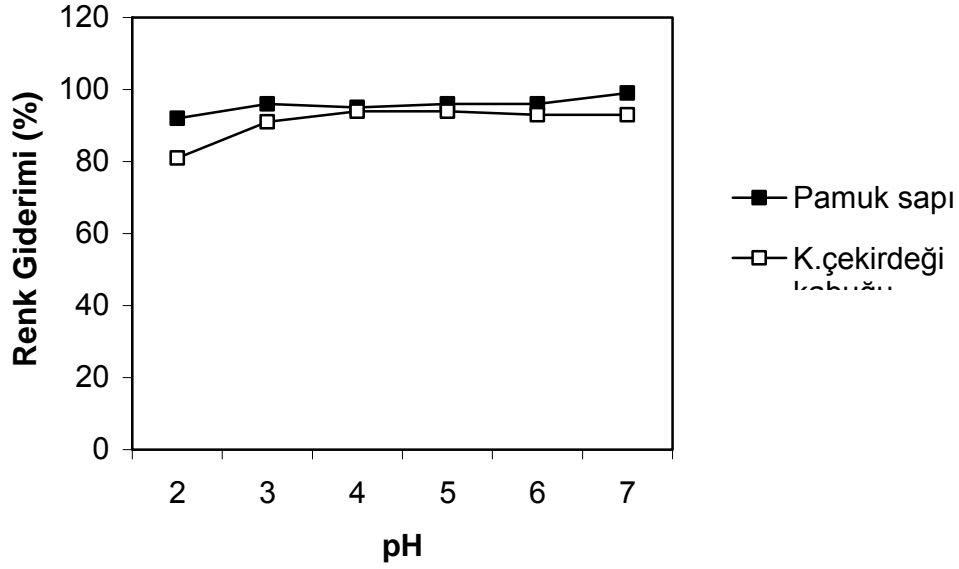
4.2. Renk Giderimi Üzerine pH'nın Etkisi

Renk giderimini etkileyen önemli parametrelerden birisi pH'dır. Astrazon boyaının renk giderimi üzerine pH'nın etkisini belirlemek amacıyla pH 2.0-7.0 aralığında çalışılmıştır. Bu amaçla, çalışma 50 mg/l boya konsantrasyonunda, 0.5 g/50 ml adsorbent dozunda ve 100 mesh (pamuk sapı için) ve 270 mesh (kayısı çekirdeği kabuğu için) adsorbent partikül büyüklüğü olacak şekilde planlanmıştır. Deneyler 30°C sıcaklıkta, 150 rpm çalkalamalı koşullarda ve 30 dakika süresince yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir.

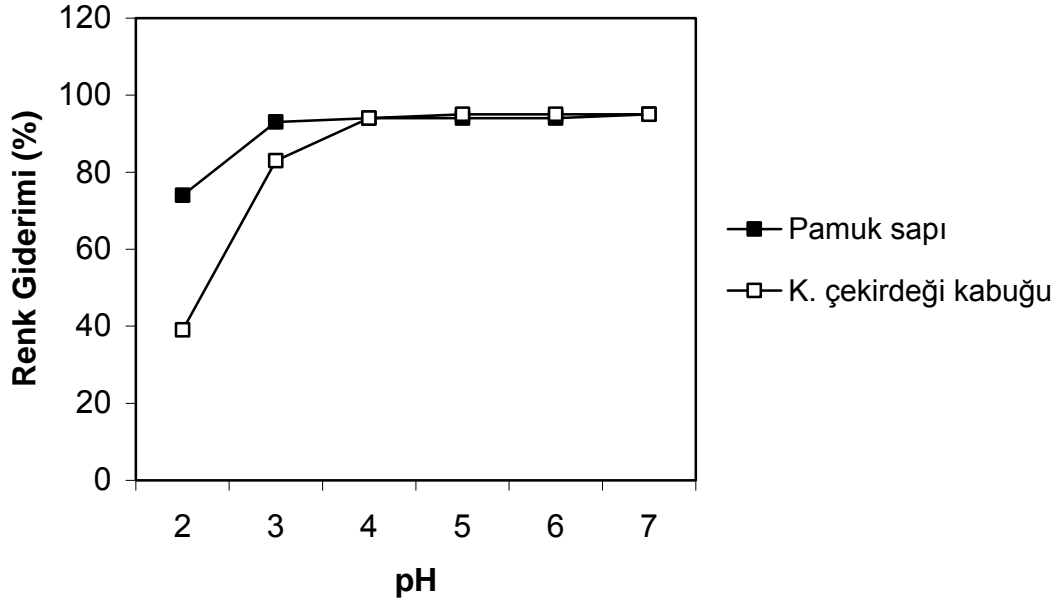
Şekiller incelendiği zaman, tarımsal atık ile muamele edilmiş üç boyanın renk gideriminin pH değişiminden çok fazla etkilenmediği görülmektedir. pH 2.0 değerinde ise diğer pH değerlerine göre daha düşük renk giderimine ulaşılmıştır. Bunun nedeni, pH 2.0'de yüksek H^+ varlığından dolayı, bu iyonların boya katyonları ile rekabete girmesi ve adsorbent yüzeyinde bağlanma alanlarını işgal etmesi olabilir. Ayrıca, pH 2.0 gibi oldukça asidik bir pH değeri tarımsal atıkların yüzeyinde bir hidrolize neden olarak, adsorbentin zarar görmesine yol açabilir. Garg vd. tarafından Malaşit yeşilinin giderimi üzerine ortam pH'sının etkisinin belirlendiği çalışmada pH 2.0-10.0 aralığında deneyler planlanmıştır. Düşük pH değerlerinde (2-5 aralığında) düşük giderim değerlerine ulaşılırken, 6-10 aralığında pek fazla değişiklik gözlenmemiştir. Düşük pH

değerlerindeki boya gideriminin düşük olmasının nedeninin ortamdaki H^+ iyonlarının varlığı olabileceği rapor edilmiştir [33]. Gong vd. ve Gupta vd. tarafından yapılan çalışmalarda ise pH 4-10 aralığında boya gideriminin çok fazla değişmediği, ancak anyonik boyalar ile çalışıldığı için düşük pH değerlerinde (2-4 aralığında) daha yüksek giderim değerlerine ulaşıldığı rapor edilmiştir [38,64].

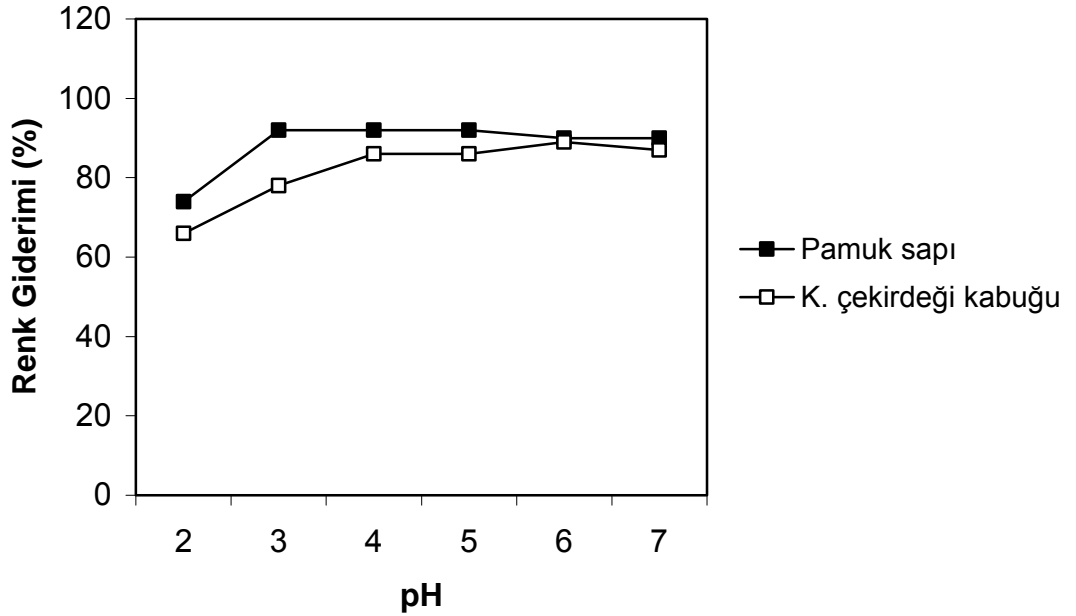
Yeşilada vd. tarafından yapılan bir çalışmada Astrazon kırmızı boyasının pH 6-11 aralığında kolaylıkla renginin giderildiği edildiği rapor edilmiştir [8]. Garg vd. tarafından yapılan bir diğer çalışmada da Metilen mavisinin renginin gideriminin pH 2-10 aralığında gerçekleştiği ve giderimin pH değişiminden çok fazla etkilenmediği gösterilmiştir [19]. Bizim sonuçlarımız bu sonuçlarla uyum içindedir.



Şekil 4.1 pH'nın astrazon mavinin renginin giderimi üzerine etkisi



Şekil 4.2 pH'nın astrazon kırmızının renginin giderimi üzerine etkisi

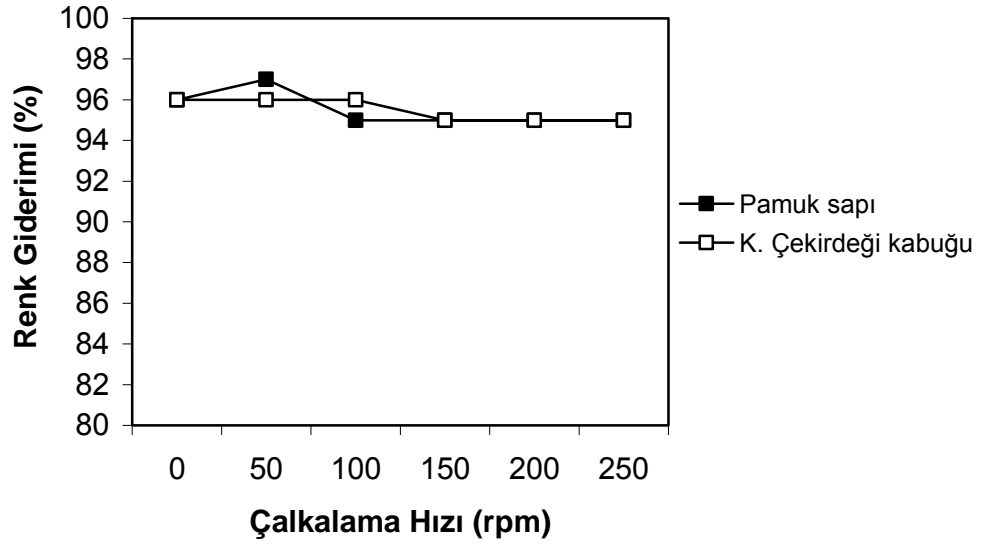


Şekil 4.3 pH'nın astrazon siyahının renginin giderimi üzerine etkisi

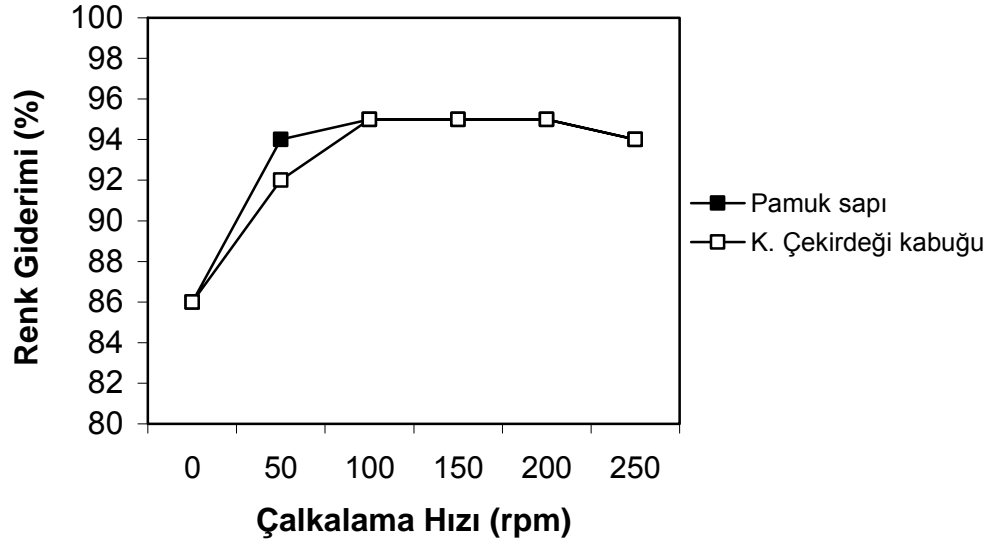
4.3 Renk Giderimi Üzerine Çalkalama Hızının Etkisi

Renk giderim aktivitesi üzerine çalkalama hızının etkisini belirlemek amacıyla 0-250 rpm'de çalışılmıştır. Bu amaçla, çalışma 50 mg/l boya konsantrasyonunda, 0.5 g/50 ml adsorbent dozunda ve 100 mesh (pamuk sapı için) ve 270 mesh (kayısı çekirdeği için) adsorbent partikül büyüklüğü olacak şekilde planlanmıştır. Deneyler 30°C sıcaklıkta, doğal pH'da ve 30 dakikada yürütülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

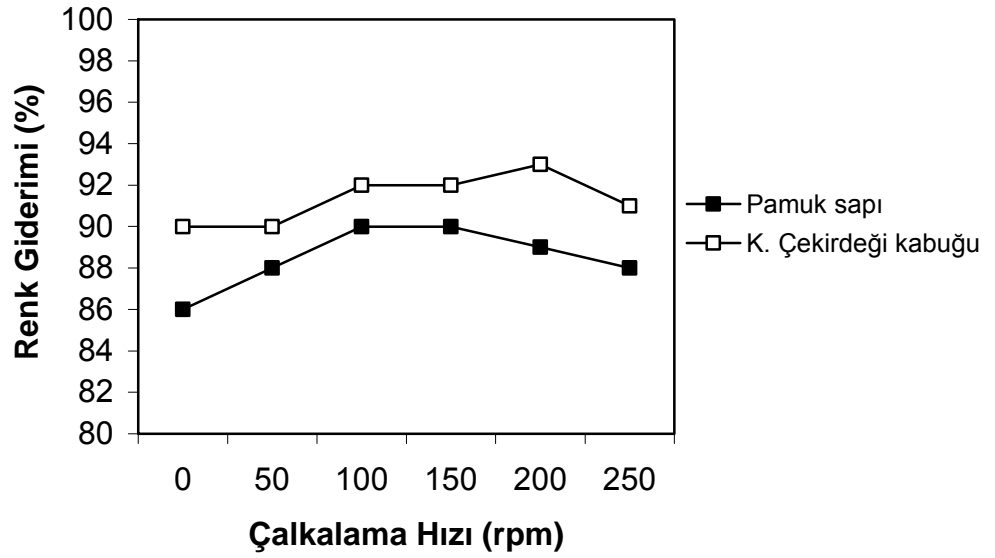
Şekillerden de görüleceği gibi, çalkalama hızı boya giderim oranını pek fazla etkilememiştir. Bununla birlikte 100-150 rpm çalkalama hızlarının nispeten daha etkili olduğu bulunmuştur. Yeşilada vd. astrazon boyalarının beyaz çürükçül fungus pelletleri ile giderimi ile ilgili çalışmada, en iyi giderimin 100-150 rpm değerlerinde olduğunu rapor etmiştir [12].



Şekil 4.4 Çalkalama hızının astrazon mavinin renginin giderimi üzerine etkisi



Şekil 4.5 Çalkalama hızının astrazon kırmızının renginin giderimi üzerine etkisi

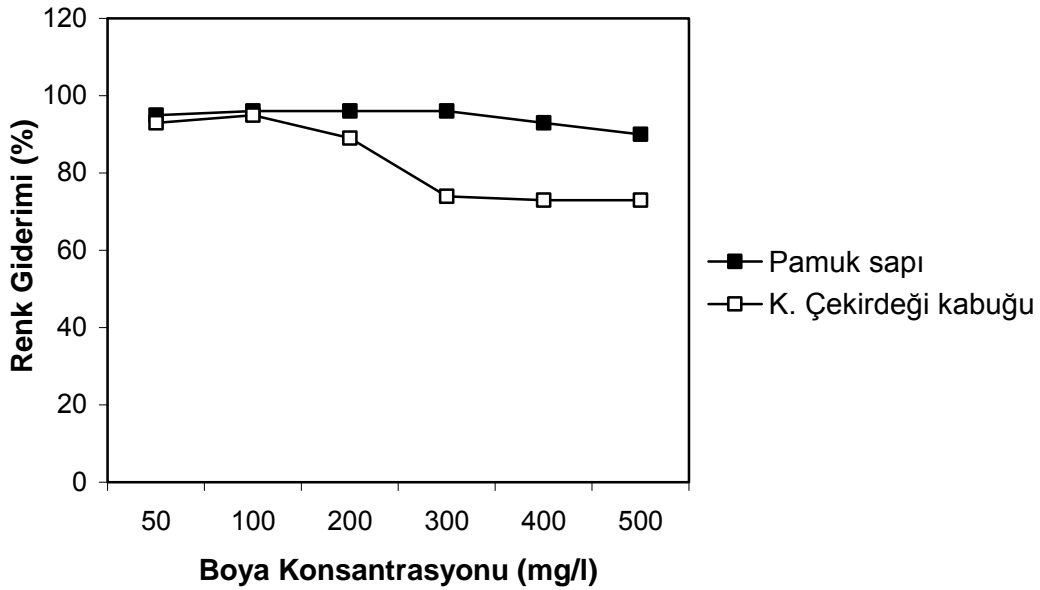


Şekil 4.6 Çalkalama hızının astrazon siyahının renginin giderimi üzerine etkisi

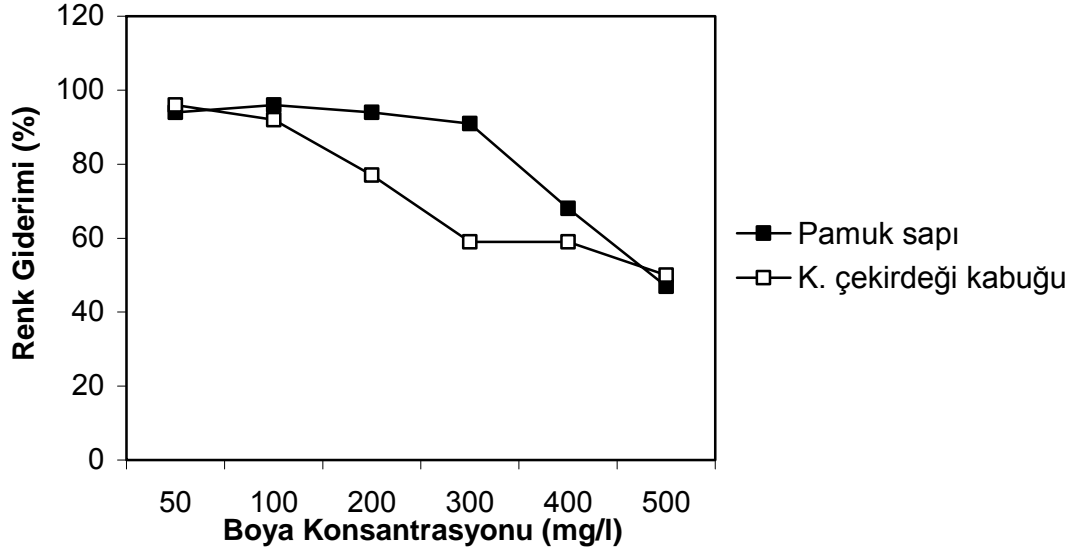
4.4. Renk Giderimi Üzerine Başlangıç Boya Konsantrasyonunun Etkisi

Renk giderimi üzerine başlangıç boya konsantrasyonunun etkisini belirlemek amacıyla 50-500 mg/l aralığında çalışılmış ve bu amaçla, çalışma 0.5 g/50 ml adsorbent dozunda ve 100 mesh (pamuk sapı için) ve 270 mesh (kayısı çekirdeği için) adsorbent partikül büyüklüğü olacak şekilde planlanmıştır. Deneyler 30°C sıcaklıkta, doğal pH'da, 30 dakikada ve 150 rpm çalkalama hızında yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10'da verilmiştir.

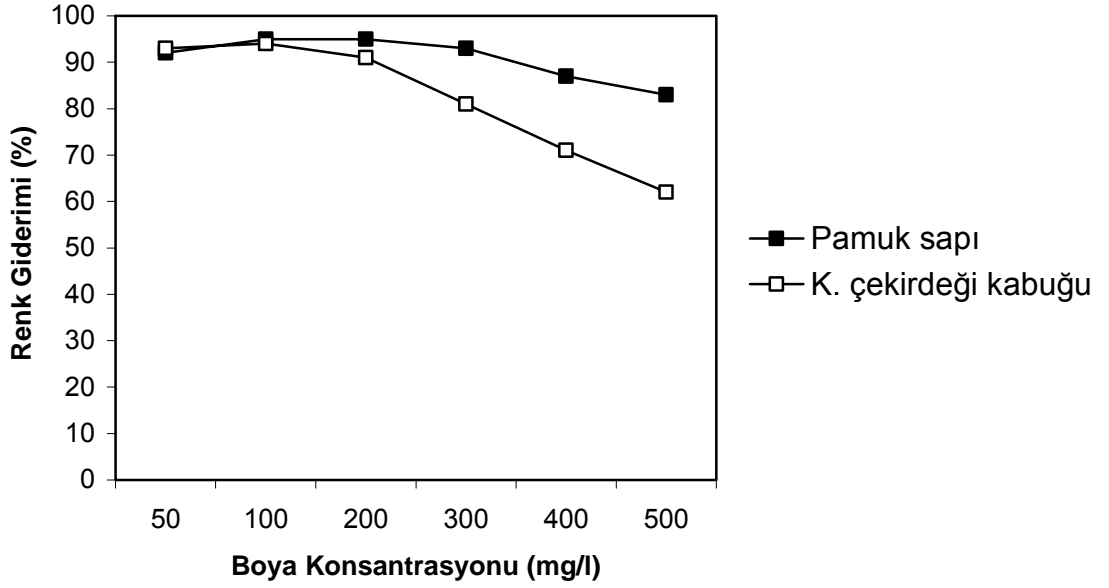
Astrazon boyalarının renginin gideriminde başlangıç boya konsantrasyonunun önemli olduğu saptanmıştır. Boya konsantrasyonunun artması ile renk giderimi belirgin bir biçimde azalmıştır (pamuk sapı ile astrazon mavi giderimi hariç). Astrazon mavinin renk gideriminde 500 mg/l başlangıç konsantrasyonunda dahi %80'in üzerinde giderim değerlerine ulaşılmıştır.



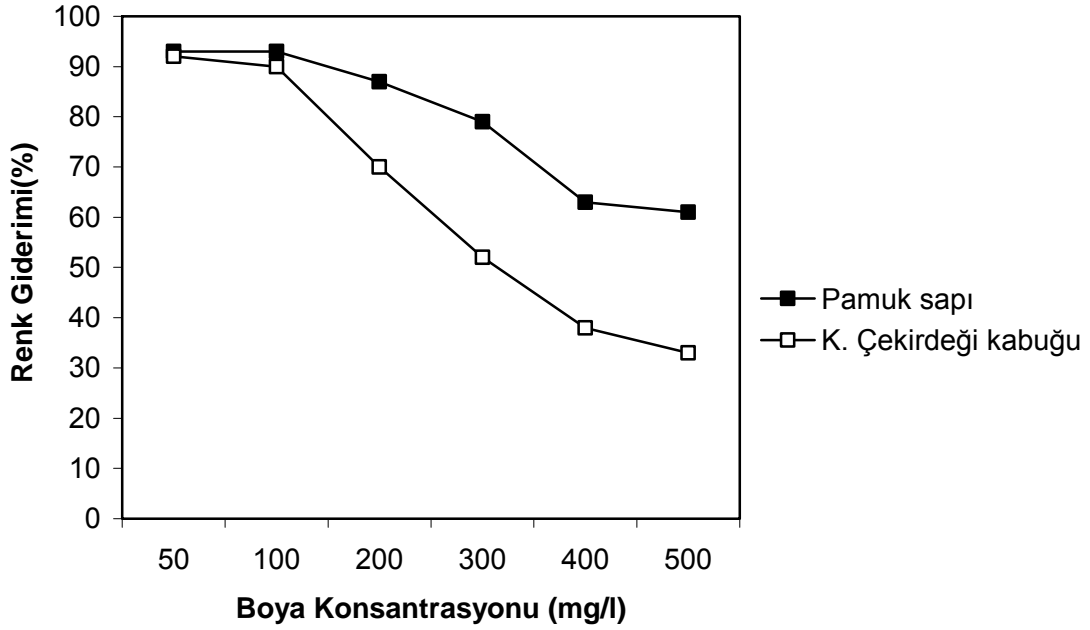
Şekil 4.7 Başlangıç boya konsantrasyonunun astrazon mavinin renginin giderimi üzerine etkisi



Şekil 4.8 Başlangıç boya konsantrasyonunun astrazon kırmızının renginin giderimi üzerine etkisi



Şekil 4.9 Başlangıç boya konsantrasyonunun astrazon siyahının renginin giderimi üzerine etkisi



Şekil 4.10 Başlangıç boya konsantrasyonunun astrazon sarının renginin giderimi üzerine etkisi

Yüksek konsantrasyonlarda, astrazon boyalarının renginin gideriminde pamuk sapının daha etkili olduğu görülmektedir. Pamuk sapı ile işlem öncesi ve sonrasında Astrazon boyalarında meydana gelen renk değişimleri Ek 2, 3, 4 ve 5'te verilmiştir. Genellikle doğal tekstil atık sularında bulunan boya miktarının 500 mg/l'den daha düşük (yaklaşık 10-50 mg/l) olduğu düşünülürse elde edilen bu değerler çevre kirliliğinin önlenmesi açısından oldukça anlamlıdır [34].

Nigam vd. tarafından yapılan bir çalışmada, tekstil boyalarının renginin gideriminde tarımsal atıklar kullanılmış ve giderim üzerine başlangıç boya konsantrasyonunun etkisini belirlemek amacıyla 200-500 mg/l' de deneyler planlanmıştır. Bu çalışmada, boya konsantrasyonunun artışı ile boya gideriminin azaldığı ve en yüksek giderimin 200 mg/l boya konsantrasyonunda elde edildiği rapor edilmiştir [34].

Robinson vd. tarafından farklı tarımsal atıklar kullanılarak tekstil atıksularından boya gideriminin belirlendiği iki çalışmada, boya gideriminin başlangıç boya konsantrasyonundan etkilendiği ve en etkili giderimin 50 mg/l boya konsantrasyonunda

elde edilirken, konsantrasyonun 200 mg/l'ye çıkarılmasının giderimi olumsuz etkilediği rapor edilmiştir [35, 36].

Garg vd. Malaşit yeşili ve Metilen mavisinin renginin gideriminde çeşitli tarımsal atıklar kullanmış ve başlangıç boya konsantrasyonunun giderim üzerine olan etkisini aktif karbon ile karşılaştırarak test etmişlerdir. Bu çalışmada, 50-550 mg/l başlangıç boya konsantrasyonlarında kurulan deneylerde tarımsal atıklar ile giderimin boya konsantrasyonundan çok fazla etkilendiği ve konsantrasyonun artması ile giderimin azaldığı, fakat aktif karbon ile giderimin konsantrasyondaki artıştan etkilenmediği gösterilmiştir [19,33].

Yeşilada vd. tarafından astrazon boyalarının, beyaz çürükçül fungus pelletleri ile renginin giderildiği bir çalışmada 13 ve 66 mg/l boya konsantrasyonunda %90'ın üzerinde renk giderimine ulaşılrken, 132 ve 264 mg/l boya konsantrasyonlarında giderim oranı düşmüştür. Ancak kullanılan fungusun pellet miktarı artırılarak yüksek konsantrasyondaki boyalarında gideriminin artması sağlanmıştır [8]. Yeşilada vd. tarafından yapılan bir başka çalışmada Astrazon boyalarının gideriminde *F. trogii* pelletlerinin tekrarlı-kesikli olarak renk giderim kapasiteleri araştırılmıştır. İlk ve ikinci tekrar kullanımda test edilen tüm boya konsantrasyonlarında (13-66-132-264 mg/l) yüksek giderim değerlerine ulaşılrken, 3 ve daha sonraki kullanımlarda boya konsantrasyonunun artırılması ile pelletlerin renk giderim kapasitesi düşmüştür [12].

4.5. Tarımsal atıklar ile İşlem Öncesi ve Sonrası Boyaların Antibakteriyel Etkisi

Boyalar sucul ve karasal çevrelerde yaşayan pek çok organizmaya toksik etki yapmaktadır. Bu nedenle, atık sularda bulunan boyar maddelerin giderilmesi ve kirletici etkilerinin azaltılması çevrede yaşayan canlılar açısından oldukça önemlidir [75-78]. Çalışmamızın bu kısmında, bir toprak bakterisi olan *Pseudomonas aeruginosa*'nın üremesi üzerine boyaların toksik etkisi test edilmiştir. Bu amaçla, pamuk sapı ile işlem öncesi ve sonrası Astrazon boyalarının antibakteriyel etkisi belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelge incelendiği zaman, pamuk sapı ile işlem sonrası boyaların toksik etkisinin azaldığı görülmektedir. Toksik etkideki bu düşüş, çevre kirliliğinin giderilmesi açısından oldukça önemlidir.

Moawad vd. tarafından yapılan bir çalışmada, sekiz farklı tekstil boyasının toksik etkileri Ames testi ve tohum çimlenme testi kullanılarak gösterilmiştir. Bu çalışmada, yüksek konsantrasyondaki boyaların mikrobiyal kolonilerde yüksek oranda

mutasyonlara yol açtığı ve hatta hücreler üzerine letal etki gösterdiği rapor edilmiştir [23].

Doğan ve Yeşilada, dört tekstil boyasının (Astrazon kırmızı, mavi, siyah ve sarı) genotoksik etkisini belirlemek amacıyla somatik mutasyon ve rekombinasyon testini kullanarak *Drosophila*'da kanat mutasyonlarını araştırmışlardır. Bu çalışmada, astrazon boyaalarının *Drosophila* üzerine genotoksik etki yaptığı gösterilmiştir [78].

Birhanlı ve Özmen, yaptıkları çalışmada altı farklı tekstil boyasının (Astrazon mavi, kırmızı, Remazol kırmızı, turkuaz mavi, Cibacron kırmızı, mavi) toksik etkisini FETAX testi ile araştırmıştır. Bu çalışmada kullanılan boyaaların *Xenopus laevis* embriyoları üzerine teratojenik etki yaptığı gösterilmiştir. Test edilen boyaalar içinde Astrazon mavinin en toksik boya olduğu rapor edilmiştir [77].

Boyaaların biyolojik yıkım sonrası toksik etkilerindeki değişimleri ile ilgili çeşitli çalışmalar vardır. Ramsay vd. tarafından yapılan bir çalışmada, *Trametes versicolor* ile işlem görmüş sekiz farklı boyanın antibakteriyal etkisi test edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, *T. versicolor* ile rengi giderilen tekstil boyaalarının toksisitesinin değişmeden kalabildiği, azalabildiği ve hatta artabildiği gösterilmiştir [73].

Yeşilada ve Apohan tarafından yapılan çalışmada, fungus ile işlem görmüş azo boyaaların toksik etkileri rapor edilmiştir. Bu çalışmada, boyaaların bakteriler üzerine olan toksik etkisi test edilmiştir. Bu amaçla öncelikle *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus fecalis* ile toksisite testleri yapılmış ve en duyarlı olduğu belirlenen *S. aureus* ile çalışmalara devam edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda rengi giderilen Astrazon kırmızı ve Astrazon mavi boyaalarının toksik etkilerinin azaldığı rapor edilmiştir [17, 29].

Abd-El Rahim ve Moawad tarafından yapılan bir çalışmada, *Aspergillus niger* ile Direct Brown ve Polar Red boyaalarının renginin giderildiği ve renk giderimi sonrası boyaaların mutajenik etkisinin azaldığı Ames testi ile gösterilmiştir [74]

Tarımsal atıklar ile boyaaların renginin giderimi ile ilgili pek çok çalışma bulunmasına rağmen, tarımsal atık ile işlem sonrası boyaaların toksik etkisindeki azalış ile ilgili literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bulgularımızın bu konuda ilk çalışma olduğunu ve sonuçlarımızın başka toksisite testleri ile desteklenmesi gerektiğini söyleyebiliriz.

Çizelge 4. 3. Pamuk sapı ile işlem görmüş ve görmemiş boyaların *P. aeruginosa*'ya antibakteriyal etkisi

	<u>Canlı Hücre Sayısı (cfu /ml)</u>							
	<u>Astrazon Mavi</u>		<u>Astrazon Kırmızı</u>		<u>Astrazon Siyah</u>		<u>Astrazon Sarı</u>	
	İşlem öncesi	İşlem sonrası	İşlem öncesi	İşlem sonrası	İşlem öncesi	İşlem sonrası	İşlem öncesi	İşlem sonrası
Boya (mg/l)								
50	1.34×10^{10}	1.53×10^{10}	1.21×10^{10}	2.22×10^{10}	1.80×10^8	1.72×10^9	2.45×10^8	1.73×10^9
100	2.31×10^9	2.18×10^{10}	2.75×10^9	2.07×10^{10}	2.52×10^8	1.57×10^9	1.90×10^8	1.89×10^9
200	2.60×10^8	2.34×10^9	2.95×10^7	1.29×10^9	1.80×10^7	1.36×10^9	2.00×10^8	2.84×10^9
300	1.33×10^5	1.75×10^9	0.0	1.36×10^9	1.21×10^6	1.03×10^9	2.22×10^6	2.36×10^9
400	1.24×10^4	1.02×10^9	0.0	2.80×10^8	0	2.93×10^8	0	2.70×10^9
500	1.12×10^4	2.44×10^8	0.0	2.56×10^8	0	1.84×10^8	0	2.01×10^9

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tekstil ve boya fabrikası atık sularının oluşturduğu çevre kirliliği problemi günümüzde önemli çevre sorunlarından birisidir. Mevcut tekstil ve boya fabrikalarının pek çoğunun arıtım sistemleri olmadığından atık sular direkt alıcı ortama verilmektedir. Bu tip atık suların nehir, göl ve alıcı su ortamlarına verilmesi güneş ışığının geçmesini engellemekte, fotosentez aktivitesi ve çözülmüş oksijen konsantrasyonunu azaltmaktadır. Bunun sonucunda anaerobik koşullar oluşmakta ve aerobik canlılar ölmektedir [4,5].

Bakteri, fungus ve alg gibi pek çok mikroorganizma boyar maddelerde renk giderimi amacıyla kullanılmaktadır. Boyar maddelerde renk gideriminde beyaz çürükçül fungus kullanımı en etkili biyoteknolojik alternatiflerden birisidir. Ancak boyar maddelerin çok farklı kimyasal yapılarda olmaları ve zor yıkılabilmeleri yani rekalsitran özelliğe olmaları biyolojik yıkımlarını güçleştiren bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

Boyar maddelerin gideriminde genellikle fiziksel ve kimyasal metodlar kullanılmaktadır. Fakat kullanılan bu tekniklerin tesis, ekipman ve malzeme açısından ekonomik olmamaları ve çevre kirliliği problemini tam olarak ortadan kaldırmamaları gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle pahalı olmayan ve etkili bir yöntemin çok önemli kazanımları olacaktır. Son yıllarda tekstil boyalarının gideriminde aktif karbon kullanımı etkili bir yöntem olarak kullanılmakta ancak bu yöntem çok pahalı olması nedeniyle çoğu zaman tercih edilememektedir. Bu nedenle daha düşük maliyetli ve etkili alternatif adsorban maddeler geliştirme zorunluluğu doğmuştur.

Bu nedenle çalışmamızda çeşitli tarımsal atıklar, boya gideriminde adsorban madde olarak kullanılmış ve daha ucuz/etkili bir boya giderim yöntemi geliştirmek için ortam koşulları optimize edilmiştir.

Boya gideriminde tarımsal atık kullanımının sağlayacağı faydalar ;

1- Ekonomiklik: Tarımsal atıklar her yıl büyük miktarlarda oluşmaktadır,

Bulunabilirliği kolaydır ve elde edilmesi düşük maliyetlidir.

2- Atık madde azalımı: Çevrede atık problemi yaratmalarından dolayı bu alanda değerlendirilmeleri kirletici etkilerini azaltmaktadır

3- Duyarlılık Problemi Yok: Cansız biyosorbent olduğu için, boyar maddelerin toksik etkisinden olumsuz yönde etkilenmemektedir

4- Hızlı Adsorpsiyon: Canlı biyosorbentlere göre daha kısa sürede boyaları adsorblayabilirler.

Sonuç olarak, boya maddelerinin gideriminde tarımsal atıkların biyosorbent olarak kullanılması hem çevrede bu tarımsal atıkların yaratacağı kirlilik potansiyelini düşürecek hem de boya gideriminde ucuz ve kolay bulunabilir bir alternatif biyosorbent geliştirilmiş olacaktır. Çalışmamızın bilimsel literatürde bu konudaki bilgileri destekleyeceği ve bundan sonra yapılacak çalışmalara temel oluşturacağı inancındayız.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.geocities.com/cevre2004>
- [2] <http://turkislam.net/Bsm/icerik/saglik/Biyoloji/cevrekorumu.htm>
- [3] <http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/5tk02/44.pdf>
- [4] I. M. Banat, P. Nigam, D. Singh, R. Marchant, Microbial decolorization of textile-dye-containing effluents: a review, **Bioresource Technology**, 58(1996) 217,227
- [5] V. Kumar, L. Wati, P. Nigam, I.M. Banat, B. S. Yadav, D. Sing, R. Marchant, Decolorization and biodegradation of anaerobically digested sugarcane molasses spent wash effluent from biomethanation plants by white-rot fungi, **Process Biochem.**,33:1(1998) 83-88
- [6] F. Zhang, J. Yu, Decolourisation of acid violet 7 with complex pellets of white rot fungus and activated carbon, **Bioproc.Eng.** 23 (2000) 295-301
- [7] S. Ş. Kahraman, Ö.Yeşilada, Endüstriyel ve tarımsal atıkların beyaz çürükçül fungusların lakkaz üretimine etkisi, **Biyoteknoloji (Kükem) Dergisi**, 23:2 (1999) 139 -144
- [8] O. Yesilada, S. Cing, D. Asma, Decolorization of the textile dye Astrazon Red FBL by *Funalia trogii* pellets, **Bioresource Technology**, 81 (2002) 155-157.
- [9] D. Asma (Hamamci), O. Yesilada, Effect of paraquat on cellular defense enzymes and glutathione level of *Funalia trogii*, **Folia Microbiol.** 47:4 (2002) 413-416
- [10] S. Kahraman, D. Asma, S.Erdemoglu, O.Yesilada, Biosorption of copper(II) by live and dried of the white-rot fungi *Phanerochaete chrysosporium* and *Funalia trogii*, **Engineering Life Science**, 5: (2005) 72-77.
- [11] S. Cing, D. Asma (Hamamci), E. Apohan, O.Yesilada Decolorization of Textile Dyeing Wastewater by *Phanerochaete chrysosporium*, **Folia Microbiol**, 48: 5 (2003) 639- 642
- [12] O. Yeşilada, D. Asma, S. Cing , Decolorization of textile dyes by fungal pellets, **Process Biochemistry**, 38 (2003) 933-938.
- [13] S. Kahraman, O. Yesilada, Decolorization and bioremediation of molasses wastewater by white rot fungi in semi-solid state condition, **Folia Microbiol.** 48:4 (2003) 525-528
- [14] S. Cing, Tekstil boyalarının renginin gideriminde mikroorganizma kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001
- [15] Ö.Yeşilada, Çevre Biyoteknolojisi Ders notları.
- [16] Z. Aksu, Application of biosorption for the removal of organic pollutants:a review, **Process Biochemistry**, 40 (2005) 997-1026.
- [17] E.Apohan, Biyoteknolojik işlerden geçmiş ve geçmemiş tekstil fabrikası boyalarının çeşitli organizmalar üzerine toksik etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001
- [18] www.egr.msu.edu/classes/ce280/voice/poverpoint/sp2002/lecture16ppt
- [19] V.K Garg, M. Amita, R. Kumar, R. Gupta, Basic Dye (methylene blue) removal from simulated wastewater by adsorption using Indian Rosewood sawdust:a timber industry waste, **Dyes and Pigments**, 63 (2004) 243-250.
- [20] Y. Fu, T. Viraraghavan, Fungal decolorization of dye wastewaters: a review, **Bioresource Technology**, 79 (2001) 251-262.
- [21] Y.Wong, J. Yu, laccase catalyzed decolorization of synthetic dye, **Water Research**, 33(1999) 3512-3520.

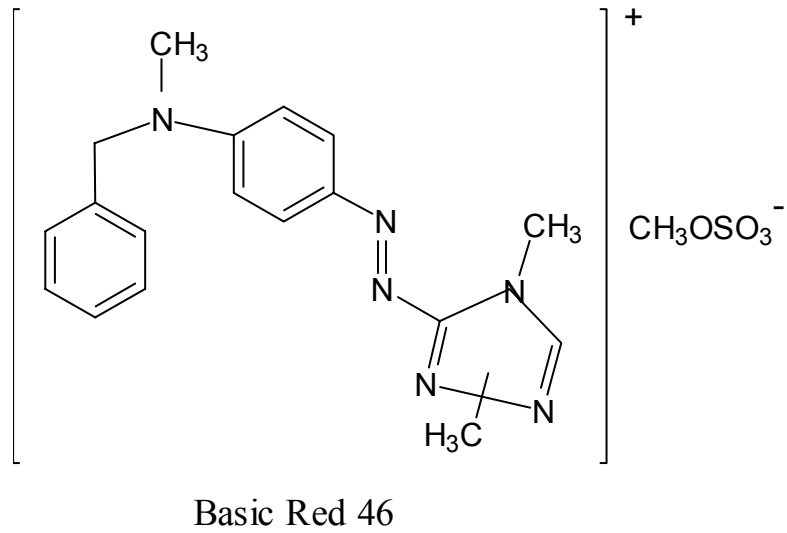
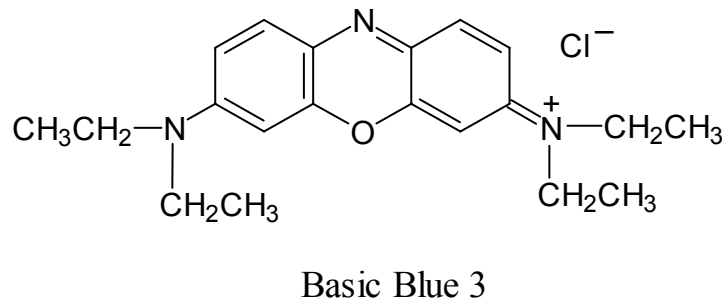
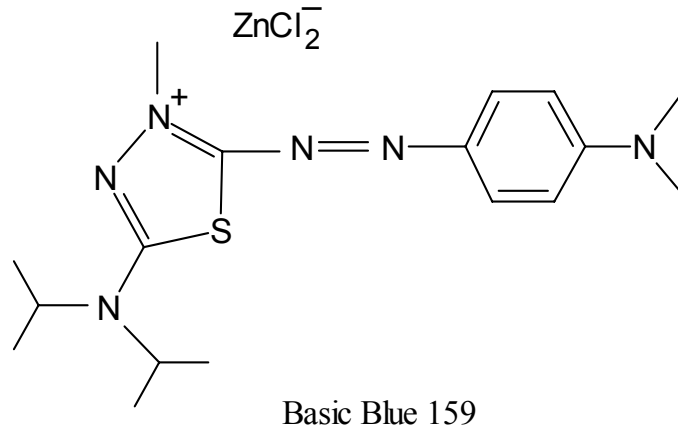
- [22] D. Wesenberg, I. Kyriakides, S.N. Agathos. White-rot fungi and their enzymes for the treatment of industrial dye effluents. **Biotechnol. Adv.** 22 (2003) 161-187
- [23] H. Moavad, W.M. Abd El –Rahim, M. Khalafallah, Evaluation of biotoxicity of textile dyes using two bioassays, **J.Basic Microbiol**, 43:3 (2003) , 218-219
- [24] B. Donlon, E. Razo-Flores, M. Luijten, H. Swarts, G. Lettinga, J. Field, Detoxification and partial mineralization of the azo dye mordant orange I in a continuous upflow anaerobic sludge-blanket reactor, **Appl. Microbiol Biotechnol.**, 47 (1997) 83-90
- [25] T. Robinson, G. McMullan, R. Marchant, 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.
- [26] I.K. Konstantinou, T.A. Albanis. TiO₂-assisted photocatalytic degradation of azo dyes in aqueous solution: kinetic and mechanistic investigations. A review. **Appl. Catalysis B: Environmental**, 49 (2004) 1-14
- [27] G. Bitton, Waste water microbiology, USA. (1994) syf. 478.
- [28] www.ifm.liu.se/lawrence/wastewater%20treatmentppt
- [29] E. Apohan, O. Yeşilada, Role of white rot fungus *Funalia trogoii* in detoxification of textile dyes, **Basic Microbiol**, 45:2 (2005) 99-105.
- [30] S.Cing, O. Yesilada, Astrazon red dye decolorization by growing cells and pellets of *Funalia trogoii*, **J. Basic Microbiol**. 44 (2004) 263-269
- [31] M. Sam, O Yesilada Decolorization of Orange II dye by white-rot-fungi, **Folia Microbiol**, 46:2 (2001) 143-146
- [32] K. Kadirvelu, M. Kavipriya, C. Karthika, M. Radhika, V Vennilamani, S. Pattaphi, Utilization of various agricultural wastes for activated carbon preparation and application for the removal of dyes and metal ions from aqueous solutions, **Bioresource Technology**, 87 (2003) 129-132
- [33] V.K. Garg, R. Kumar, R. Gupta, Removal of malachite green dye from aqueous solution by adsorption using agro-industry waste:a case study of *Prosopis cineraria* , **Dyes and pigments**, 62 (2004) 1-10.
- [34] P. Nigam, G. Armour, I.M. Banat, D. Singh, R. Marchant, Physical removal of textile dyes from effluents and solid-state fermentation of dye-adsorbed agricultural residues, **Bioresource Technology**, 72 (2000) 219-226.
- [35] T. Robinson, B. Chandran, P. Nigam , Removal of textile dye effluent by biosorption on apple pomace and wheat straw, **Water Research** 36 (2002) 2824-2830
- [36] T. Robinson, B. Chandran, G.S. Naidu, P. Nigam, Studies on removal of dyes from a synthetic textile effluent using barley husk in static-batch mode and in a continuous flow, packed-bed, reactor, **Bioresource Technology** 85 (2002) 43-49.
- [37] Y-S. Ho, T-H. Chiang, Y-M. Hsueh, Removal of basic dye from aqueous solution using tree fern as a biosorbent, **Process Biochemistry**, 40 (2005) 119-124.
- [38] V.K. Gupta, A. Mittal, V. Gajbe, Adsorption and desorption studies of a water soluble dye, Quinoline Yellow, using waste materials, **Journal of Colloid and Interface Science** (Baskıda)
- [39] T. Robinson, B.Chandran, P. Nigam, Removal of dyes from an artificial textile dye effluent by two agricultural waste residues, corncop and barley husk, **Environment International** 28 (2002) 29 -33.

- [40] J.L Zhou, C.J. Banks, Removal of humanic acid fraction by *Rhizopus arrhizus*: uptake and kinetic studies. **Environ. Technol.**, 12 (1991) 859-869.
- [41] T.L. Hu, Sorption of reactive dyes by *Aeromonas* biomass. **Water Science Technology**, 26 (1992) 357-66.
- [42] J.K Polman, C.R Breckenridge, Biomass-mediated binding and recovery of textile dyes from waste effluents, **Text Chem Colour**, 28 (1996)31-5.
- [43] M. Tatarko, JA Bumbus, Biodegradation of Congo Red by *Phanerochaete chrysosporium*, **Water Resource**, 32 (1998) 1713-7.
- [44] Z.Aksu Biosorption of reactive dyes by dried activated sludge equilibrium and kinetic modeling, **Biochemistry Eng J**, 7 (2001) 79-84
- [45] Z. Aksu, G.Dönmez, A comparative study on the biosorption characteristics of some yeast for Remazol Blue reactive dye. **Chemosphere**, 50 (2003) 1075-1083
- [46] H.C. Chu, K.M Chen, Reuse of activated sludge biomass: I. Removal of basic dyes from wastewater by biomass. **Process Biochemistry** 37 (2002) 595-600.
- [47] H.C. Chu, K.M Chen, Reuse of activated sludge biomass: II. The rate process for the adsorption of basic dyes on biomass. **Process Biochemistry**, 37 (2002) 1129-1134.
- [48] Y. Fu, T. Viraraghavan, Removal of Congo Red from an aqueous solution by fungus *Aspergillus niger*, **Advances in Environmental Research**,7 (2002) 239-247.
- [49] K.A Gallather, M.G. Healy, S.J. Allen, Biosorption of syntetic dye and metal ions from aqueous effluents using fungal biomass. In Wise DL.(E.d). **Global Environmental Biotechnology** .UK:1997. p. 27-50.
- [50] Y. Fu, T. Viraraghavan, Fungal decolorization of dye wastewaters: a review, **Bioresource Technology** 79 (2001) 251-262.
- [51] M. Basibuyuk, C.F. Forster. An examination of the adsorption characteristics of a basic dye (Maxilon Red BL-N) on to live activated sludge system, **Process Biochemistry** 38 (2003) 1311-6.
- [52] De Angelis, F.E. Rodrugues, Azo dyes removal from industrial effluents using yeast biomass. **Arquivos De Biologia E. Technologia**, 30 (1987) 301-309.
- [53] L.Young, J.Yu, Ligninase-catalyzed decolorization of synthetic dyes. **Water Research**. 31:5 (1997) 1187-1193.
- [54] K. Vastev, R.C. Kuhat, R.K. Saxena, Decolorization of triphenylmethane dyes by the bird's nest fungus *Cyathus bulleri*. **Current Microbiol**, 30(1995) 269-272.
- [55] D.G. Mou, K.K. Lim, H.P Shen, Microbial agents for decolorization of dye wastewater, **Biotechnol. Adv.** 1991. 9, 613-622.
- [56] P. Nigam, I.M. Banat, D. Singh, R Marchant, Microbial process for the decolorization of textile effluent containing azo, diazo and reactive dyes, **Process Biochemistry**,31:5 (1996) 435-42
- [57] T.L Hu, Kinetics of azoreductase and assesment of toxicity of metabolic products from azo dyes by *Pseudomonas luteola*, **Water Science and Technology**, 43:2 (2001) 261-9.
- [58] C.I. Pearce, J.R. Lloyd, J.T. Guthrie The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review, **Dyes and Pigments**, 58 (2003) 179-196.
- [59] J.S. Knapp, P.S. Newby, The microbiological decolorization of an industrial effluent containing a diazo-linked chromophore, **Water Research**, 29:7 (1995) 1807-1809

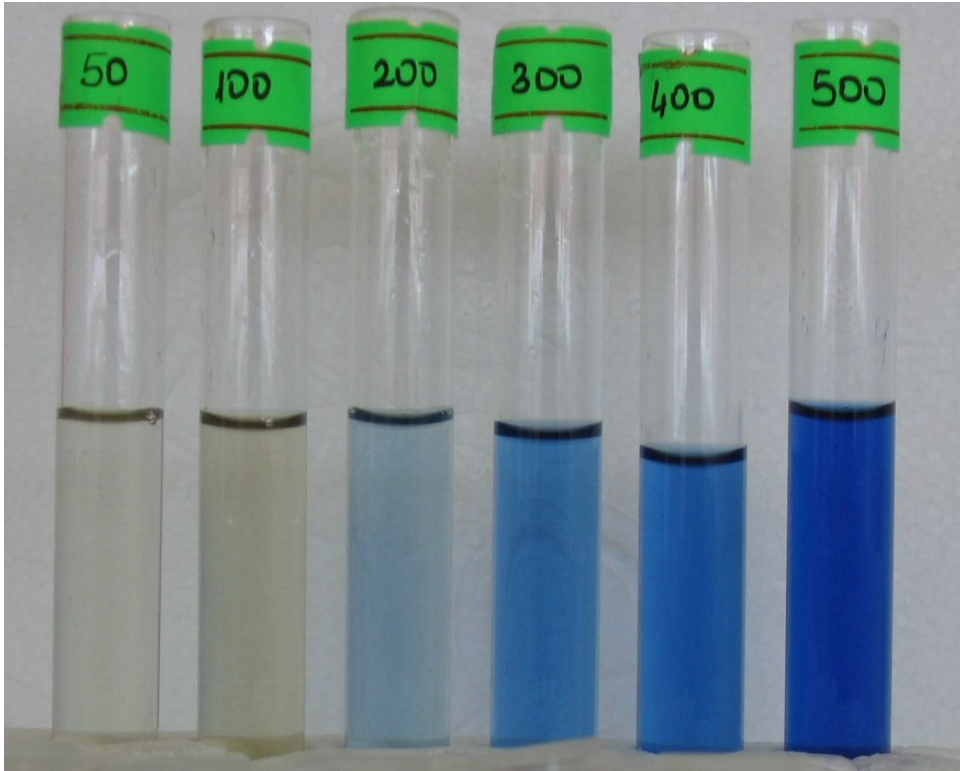
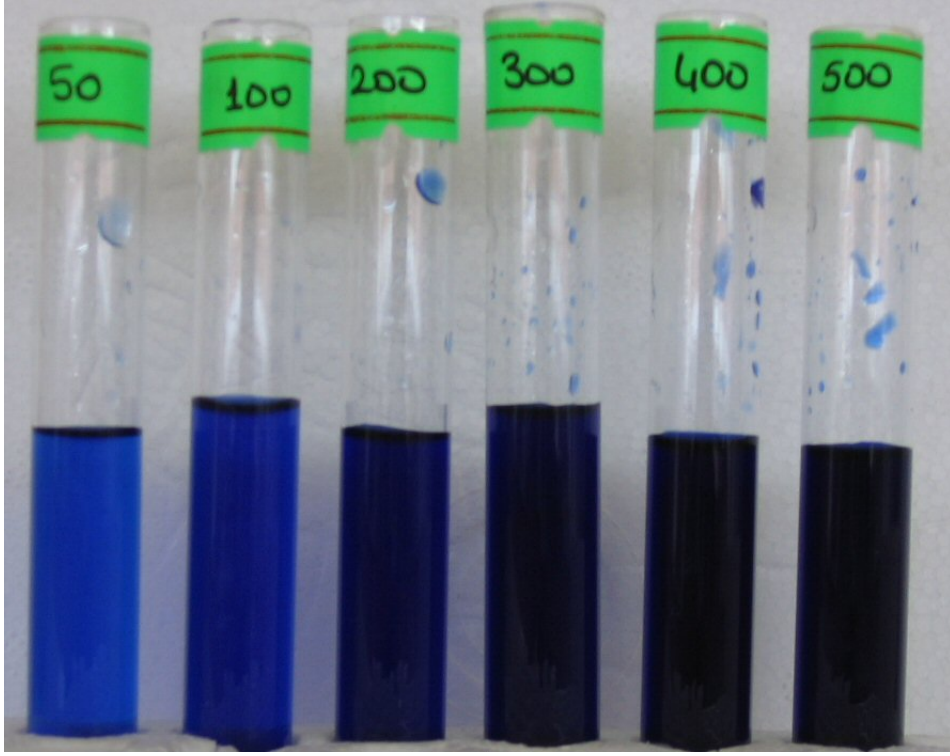
- [60] J.L. Bragger, A.W. Lloyd, S.H. Soozandehfar, S.F. Bloomfield, C. Marriott, G.P. Martin. Investigation into the azo reducing activity of a common colonic microorganism, **International Journal of Pharmaceutics**, 1997. 157, 61-71
- [61] R. Brass, I.A. Ferra, H.M. Pinheiro, I.C. Goncalvez. Batch tests for assessing decolourisation of azo dyes by methanogenic and mixed cultures, **Journal of Biotechnology**, 2001. 89, 155-162
- [62] A. Kamilaki. The removal of reactive dyes from textile effluents-a bioreactor approach employing whole bacterial cells. PhD Thesis, UK: University of Leeds, 2000.
- [63] E.S. Yoo, J. Libra, U. Wiesmann. Reduction of azo dyes by *Desulfovibrio desulfiricans*, **Water Science and Technology**, 41:12 (2000) 15-22
- [64] R. Gong, Y. Ding, M. Li, C. Yang, H. Liu, Y. Sun, Utilization of powdered peanut hull as biosorbent for removal of anionic dyes from aqueous solution, **Dyes and Pigments**, 64 (2005) 187-192.
- [65] Rajeshwarisivaraj , S. Sivakumar, P. Senthilkumar, V. Subburam, Carbon from Cassava peel, an agricultural waste, as an adsorbent in the removal of dyes and metal ions fom aqueous solution, **Bioresource Technology** 80 (2001) 233-235
- [66] G. McKay, J.F. Porter, G.R. Prasad, The removal of dye colours from aqueous solution by adsorption on low-cost meterials, **Water, Air and Soil Pollution** 114 (1999) 423-438,
- [67] S.D. Khatri, M.K. Singh, Colour removal from synthetic dye wastewater using a bioadsorbent, **Water, Air and Soil Pollution**, 120(2000) 283-294
- [68] R. Sivaraj, C. Namasivayam, K. Kadirvelu, Orange peel as an adsorbent in the removal of Acid Violet 17 (acit dye) from aqueous solutions. **Waste Management** 21(2001) 105-110.
- [69] G. Annadurai, R-S. Juang, D-J Lee, Use of cellulose-based for adsorption of dyes from aqueous solution, **Journal of Hazardous Meterial**, B92 (2002) 263-274.
- [70] M. Arami, N.Y. Limaee, M.M. Mahmoodi, N.S. Tabrizi, Removal of dyes from colored textile wastewater by orange peel adsorbent: Equilibrium and kinetic studies, **Journal of Colloid and Interface Science**, (Baskıda).
- [71] A.Mittal, L. Krishnan, V.K. Gupta, Removal and recovery of malachite green from wastewater using an agricultural waste metarial, de-oiled soya. **Seperation and Purification Technology**, 43 (2005) 125-133.
- [72] O. Yesilada, M. Sam, Toxic effects of biodegraded and detoxified olive oil mill wastewater on the growth of *Pseudomonas aeruginosa*, **Toxicol. Environ. Chem.**, 65 (1998) 87-94.
- [73] J. A. Ramsay, T. Nguyen, Decoloration of textile dyes by *Tremates versicolor* and its effect on dye toxicity, **Biotechnology Letters**, 24(2002) 1757-1761
- [74] Abd-El Rahim, W.M And H.Moavad, Enhancing bioremoval of textile dye s eight fungal strains from media supplemented with gelatin wastes and sucrose. **J. Basic Microbiol**, 43(2003) 367-375
- [75] G. Yan, T. Viraraghavan, Heavy-metal removal from aqueous solutions by fungus *Mucor rouxii*. **Water Research**, 37: (2003) 4486-4496.
- [76] E. Yesilada, Genotoxicity testing of some metals in the *Drosophila* wing somatic mutation and recombination test, **Bull Environ Contam Toxicol.**, 66 (4):(2001) 464-469.
- [77] A. Birhanli, M. Ozmen, Evaluation of the toxicity and teratogenity of six commercial textile dyes using the frog embryo teratogenesis assay-Xenopus. **Drug Chem. Toxicol.** 1 (2005) 51-65.

- [78] E. Dogan, E. Yesilada, L. Ozata, S. Yologlu, Genotoxicity testing of four textile dyes in two crosses of *Drosophila* using wing somatic mutation and recombination test. **Drug Chem. Toxicol.** (2005).

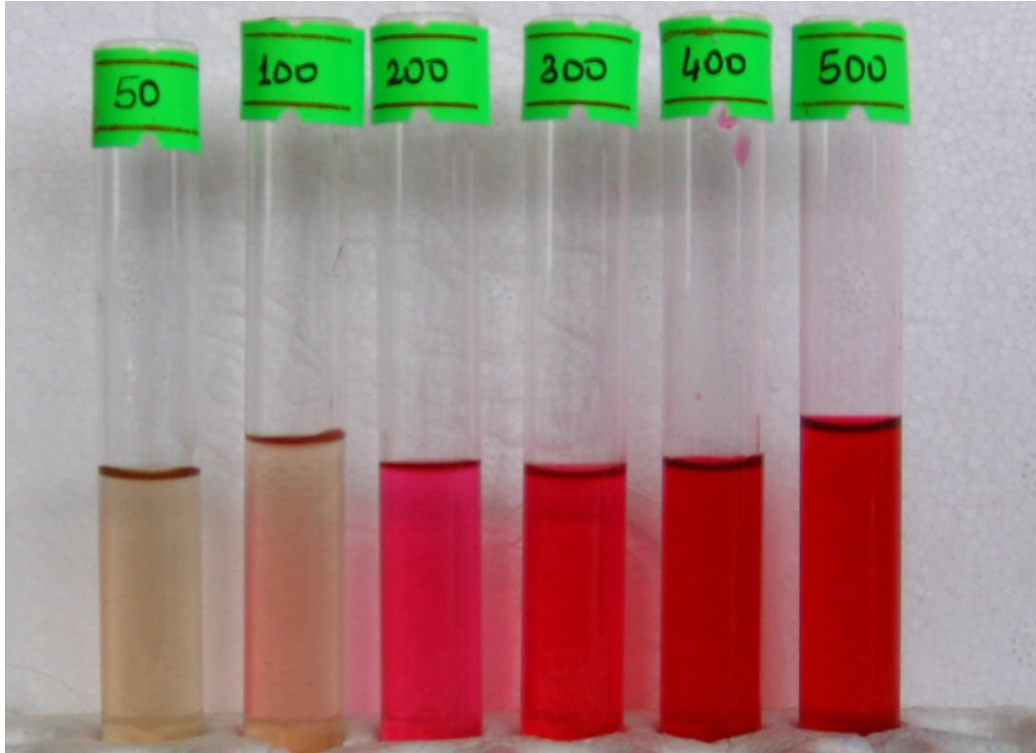
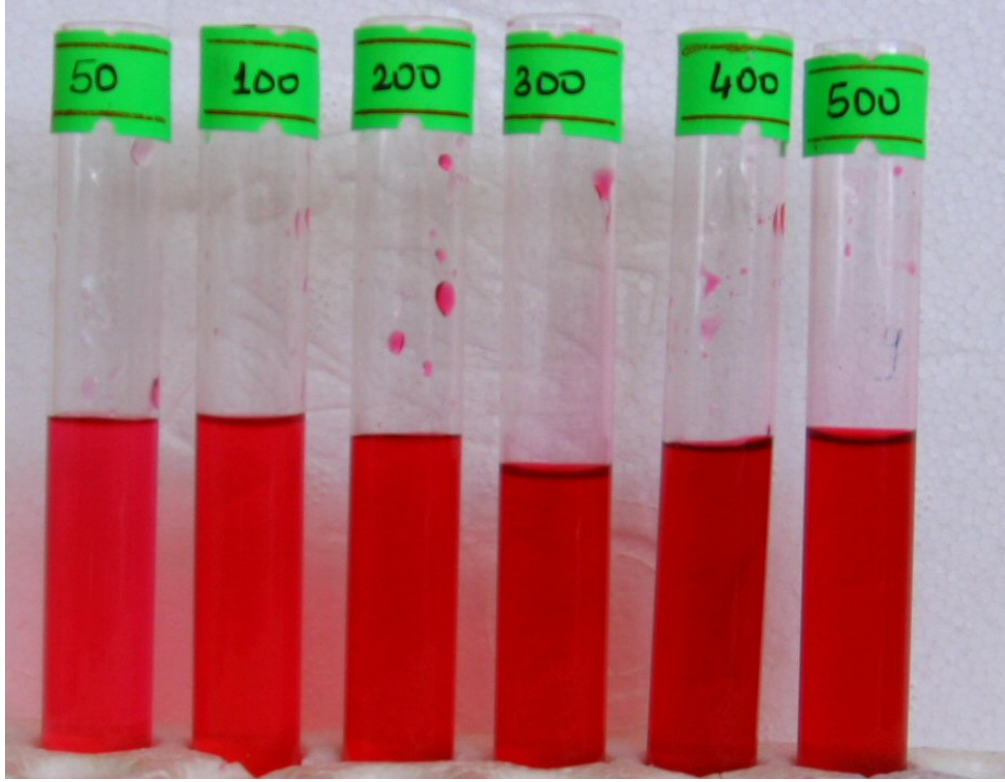
7. EKLER



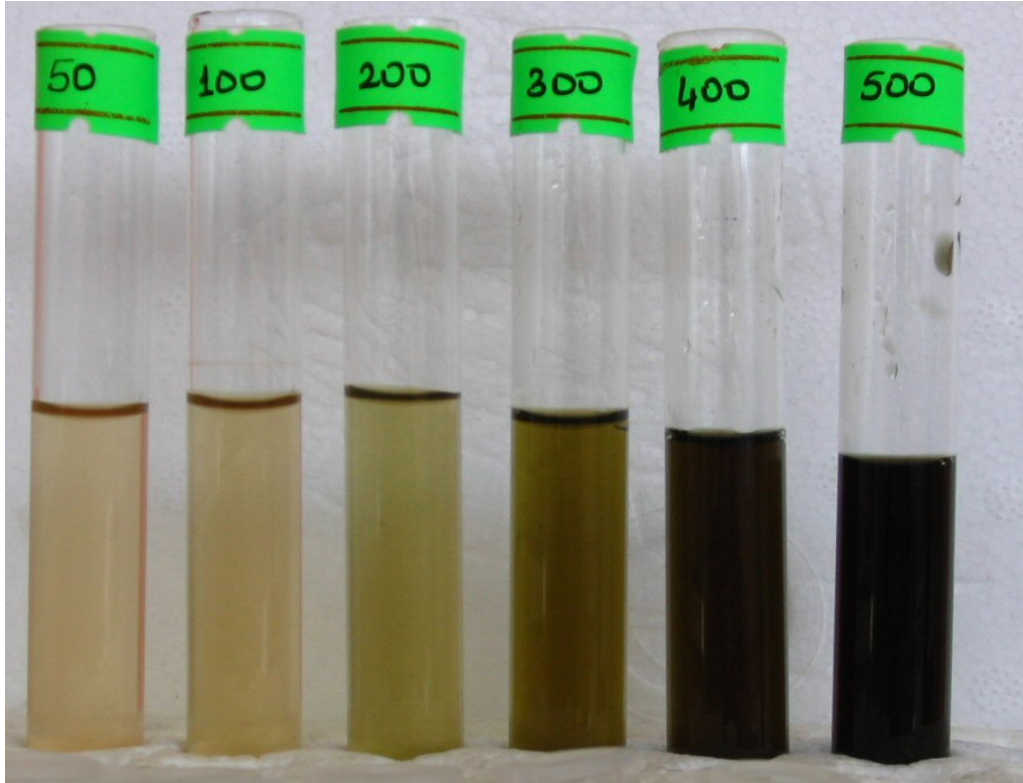
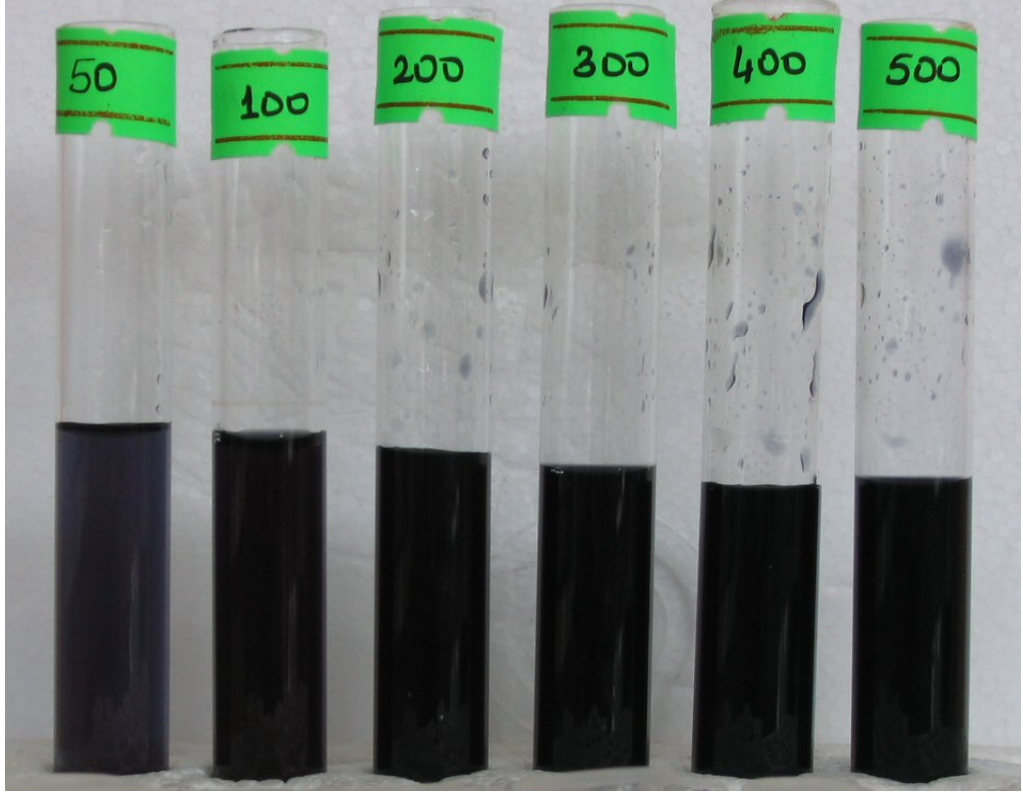
Ek 1. Astrazon mavi ve Astrazon kırmızı boyalarının kimyasal yapıları [29]



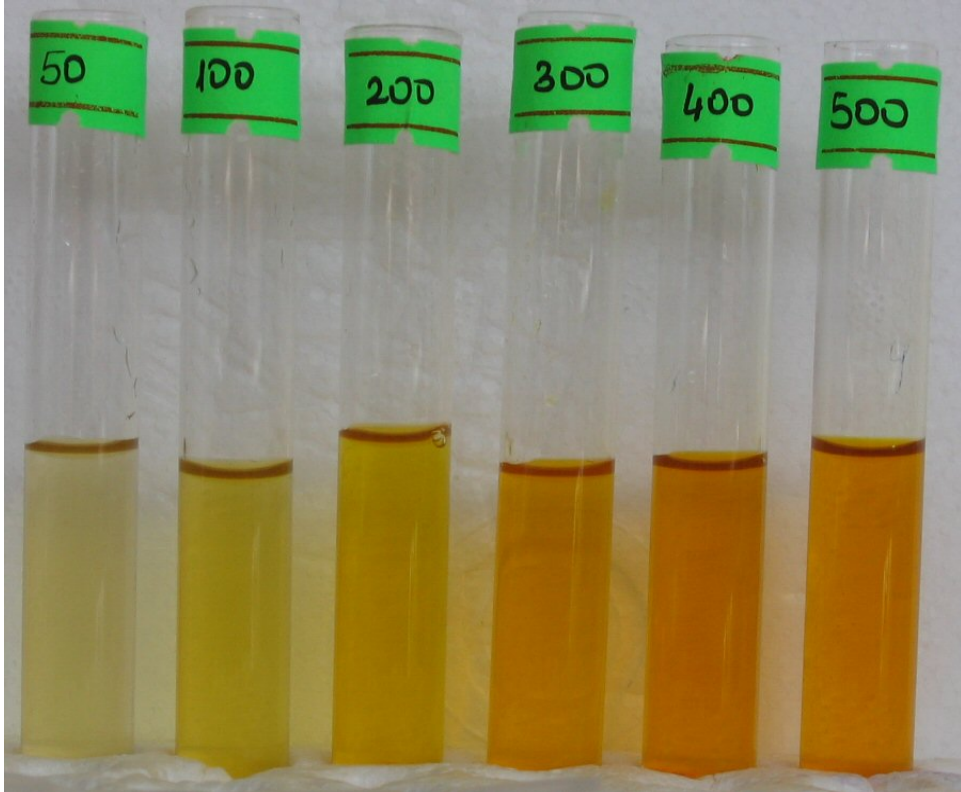
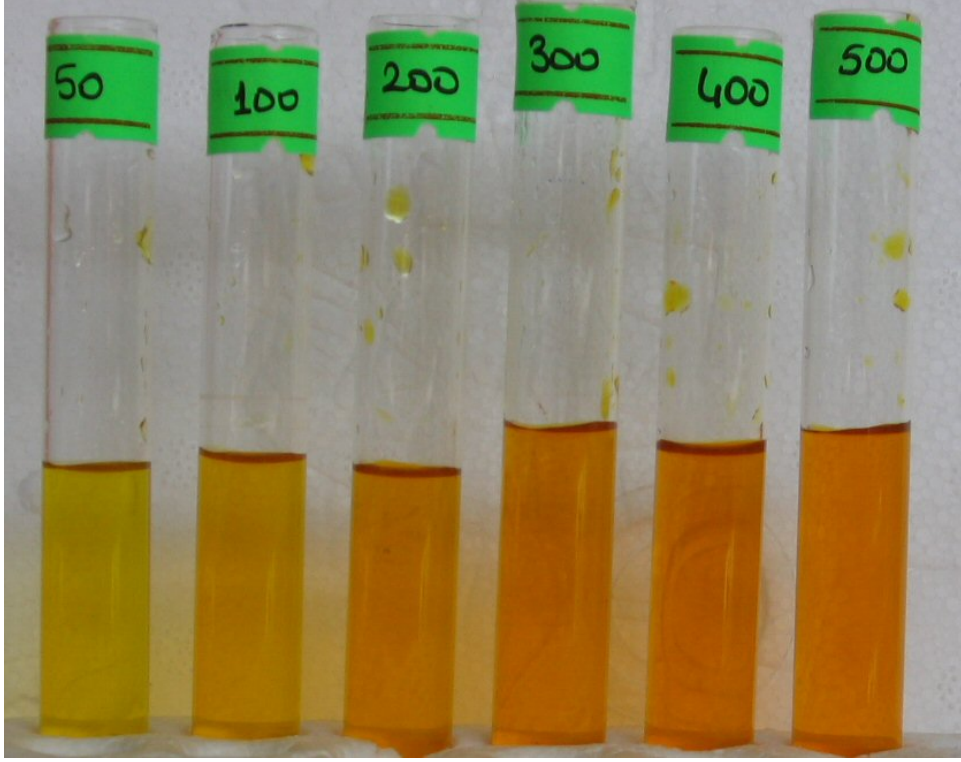
Ek 2. Pamuk sapı ile işlem görmemiş (üstteki resim) ve görmüş (alttaki resim) Astrazon mavinin renginin giderimi (Boya konsantrasyonu: 50-500 mg/l)



Ek 3. Pamuk sapı ile işlem görmemiş (üstteki resim) ve görmüş (alttaki resim) Astrazon kırmızının renginin giderimi (Boya konsantrasyonu: 50-500 mg/l)



Ek 4. Pamuk sapı ile işlem görmemiş (üstteki resim) ve görmüş (alttaki resim) Astrazon siyahının renginin giderimi (Boya konsantrasyonu: 50-500 mg/l)



Ek 5. Pamuk sapı ile işlem görmemiş (üstteki resim) ve görmüş (alttaki resim) Astrazon sarının renginin giderimi (Boya konsantrasyonu: 50-500 mg/l)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: :Pelin (Koyuncuoğlu) Yalçın
Doğum Yeri ve Tarihi :Malatya-1979
Mesleği :Fen Bilgisi Öğretmeni

EĞİTİM

İlkokul :Gazi İlköğretim Okulu (Malatya)
Orta Okul :Atatürk Ortaokulu (Malatya)
Lise :Malatya Lisesi
Lisans :İnönü Üniversitesi Eğitim Fak. Biyoloji Öğrt.(1996-2000)
Yüksek Lisans :İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Biyoloji
Anabilim Dalı (2002-...)

ÇALIŞTIĞI KURUMLAR

Derme İlköğretim Okulu (Malatya)
Akçalı Yatılı İlköğretim Bölge Okulu (Hakkari)
Topraktepe İlköğretim Okulu(Doğanşehir/Malatya)-Halen Görevde

BİLİMSEL FAALİYETLER

Seminer :Su Kirliliğinin Ana Kaynakları, Çevreye Etkileri
ve Kirliliğin Giderimi
Seminer Tarihi :31.05.2005
Seminer Yeri : Biyoloji Seminer Salonu