

Atıksu Arıtımında Mikroorganizma Kullanımında Yeni Bir Yaklaşım: Tekstil Boyalarının Membran Biyoreaktörde Funguslarla Arıtımı

*¹İlker Özer, ¹Onur Kavuştu, ²Kadir ÖZAN, ³Ülküye Dudu GÜL, ¹Çağlayan ACIKGÖZ

*¹Department of Chemical and Process Engineering, University of Bilecik Seyh Edebali, Bilecik, Turkey

² Pazaryeri Vocational School, University of Bilecik Seyh Edebali, Bilecik, Turkey

³Vocational School of Health Services, University of Bilecik Seyh Edebali, Bilecik, Turkey

Özet

Tekstil endüstrisi Türkiye'nin en önemli endüstrilerinden bir tanesidir. Çok çeşitli kimyasal ve karmaşık yapıya sahip tekstil boyalarını içeren tekstil endüstrisi çıkış suları çevreye oldukça zarar vermektedir. Ucuz maliyetli atık su arıtım metotları geliştirilmelidir. Biyolojik arıtım metotları düşük yatırım ve işletim maliyetleri kadar gerçekten basit ve çevre dostu arıtım prosesi olduğu için dikkat çekmektedir. Son zamanlarda yüksek oranda kirlilik giderimi ve mükemmel çıkış suyu kalitesinden dolayı, Membran Biyoreaktör (MBR) sistemleri atık su arıtımında önem kazandı. Bu çalışmada kullanılan sentetik tekstil atık suyu; Everzol orange reaktif tekstil boyası ve tekstil endüstrisi atık sularında bulunan diğer kimyasal maddelerin ilave edilmesiyle oluşturulmuştur. Hazırlanan sentetik atık suyun arıtım çalışmaları *Aspergillus versicolor* ve filamentli bir fungus olan *Rhizopus arrhizus* karışık kültürleri aşılandığı lab/pilot ölçekte membran biyoreaktör (MBR) sisteminde steril olmayan ortamda gerçekleştirilmiştir. Altı günlük arıtım periyodunda, atıksu tankı (besleme), havalandırma tankı ve çıkış (deşarj) suyunda boya konsantrasyonu, KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı), ÇO (çözünmüş oksijen), pH ve sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Yapılan arıtım çalışmasında % 54 renk giderim ve % 73,26 KOİ giderimi verimi sağlanmıştır. MBR sisteminde karışık mantar kültürleri tarafından tekstil boyalarının etkin bir şekilde giderildiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Atıksu Arıtımı; Renksizleştirme; Biyobozunluluk; Membran Bioreaktör; Tekstil atıksuyu

Abstract

The textile industry is one of the most important industries in Turkey. Textile effluents can damage highly the environment as they contain dyes with complex and varied chemical structures. It is necessary to develop inexpensive wastewater treatment methods. Biological treatment methods have attracted much attention due to the relatively simple and ecologically friendly treatment processes as well as their relatively low fixed capital investment and operating costs. Recently, more attention has been paid to the membrane bioreactor (MBR) for wastewater treatment because of its higher efficiency of pollutant removal and excellent effluent quality. In this research, the decolorization process of reactive everzol orange dye by using *Aspergillus versicolor* and *Rhizopus arrhizus* mixed culture was examined in membrane bioreactor (MBR) system. It was seen at the end of 6 days that the decolorization ratio is %54. It was also established that absorbance peak diminished gradually in spectrums. In the experiment, Chemical Oxygen Demand (COD) reduction in 3 days is measured %73,26. It can be concluded that textile dyes can be effectively decolorize by mixed fungal strains in the MBR system.

*Corresponding author: Address: Department of Chemical and Process Engineering, University of Bilecik Seyh Edebali, Bilecik, Turkey. E-mail address: ilkeroz2209@gmail.com, Phone:+905318569207, Fax:+902141332

Key words: Wastewater treatment; Decolorization; Biodegradation; Membrane Bioreactor; Textile wastewater

1. Giriş

Tekstil endüstrisi, Türkiye'de en hızlı gelişen sanayilerin başında gelmektedir. Bu hızlı gelişim, büyük debilerde ve büyük konsantrasyonlarda kirlilik taşıyan atık suların arıtma gerekliliğini de beraberinde getirmiştir. Asit, baz, boya, deterjan, tuz ve kullanılan diğer kimyasallar atık suda kirlilik yaratan başlıca kirleticilerdir. Ülkemizde önemli bir yere sahip olan bu endüstri kolunun çevresel etkileri dikkate alınmalı ve endüstri kaynaklı atık suların arıtım ve geri kazanım alternatifleri incelenmelidir. Tekstil fabrikalarının üretim tipine göre atık sularını deşarj ederken uymaları gereken kirlilik sınır değerleri Resmi Gazete'de yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer almaktadır[1-3].

Tekstil atık suları yüksek konsantrasyonda boyar madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) içerir. Aynı zamanda bu sular yüksek alkalinite ve sıcaklığa sahiptir[4].

Biyolojik yöntemler tekstil endüstrisi için önerilen fiziksel ve kimyasal yöntemlere karşın daha az çamur üretmesi, maliyetinin düşük olması veya alıcı ortamları için daha az zararlı yan ürünlerin oluşması gibi özelliklerinden dolayı tekstil endüstrisi atık sularının arıtımı için ideal çözüm olarak kabul edilmektedir[5].

Tekstil atık sularındaki en önemli kirlilik kaynağı olan boyar maddelerin mikrobiyal hücreler üzerinde adsorpsiyonu da son yıllarda çok araştırılan konular arasındadır. Bu amaçla bakteri, maya, mantar, alg gibi değişik tipte organizmalar boyar maddelerin sulu ortamlardan giderimi için kullanılmaktadırlar[6].

Atık ve çevre biyoteknoloji alanında yapılan biyoloji arıtım çalışmalarında en çok kullanılan organizmalar beyaz çürükçül mantarlardır.

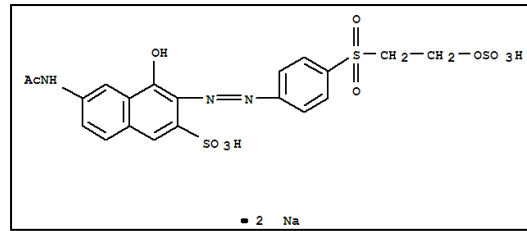
P.chryosporium'un azo ve heterosiklik boya Orange II, Tropaeolin O,Congo Red, Azure B boyalarını biyolojik olarak yıktığı gösterilmiştir. Bu çalışmalarda renk giderimi oranının boya kompleksliği, azot varlığı ve kültürdeki ligninolitik aktiviteye bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. Düşük azot konsantrasyonunda rengin %90'ı yüksek azot konsantrasyonunda ise rengin %63-93'ü giderilmiştir[7].

Trametes versicolor'ın karbon kaynağı olarak glukoz kullanıldığında Reaktif Blue 4 ve Reaktif Red 2 boya renklerini giderdiği gözlenmiştir. Ayrıca mantarın kayın ağacı odunlarından oluşan diskler üzerinde geliştirildiğinde Reaktif Blue 4'ün rengini %70 oranında giderdiği saptanmıştır. Glukoz eklenmeden de gerçekleştirilen bu çalışmada; 200 mg/L boya konsantrasyonunda ve 3 günlük hidrolik bekleme süresi sonunda boya giderimi gözlenmiştir [8].

Bu çalışmanın amacı; özellikle tekstil endüstrisinde kullanılan ve bu endüstrinin çevreyi kirleten önemli bileşenlerinin düşük maliyetle ve en kısa sürede biyolojik olarak arıtılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu çalışma kapsamında, sentetik tekstil atık suyunun MBR sistemindeki arıtımında bir fungus türü olan *Aspergillus versicolor* and *Rhizopus arrhizus* karışık kültürünün steril olmayan ortamda kullanılabilirliği, MBR sisteminin arıtma performansı araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada; sentetik tekstil atıksuyu içinde bulunan Everzol Orange reaktif boyarmaddesi giderilmeye çalışılmıştır. Şekil 1'de Everzol Orange tekstil boyar maddesinin açık kimyasal formülü verilmiştir.



Şekil 1. Everzol Orange reaktif boya açık kimyasal formülü

Tablo 1' de ise kimyasal özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. Everzol Orange reaktif boyarmaddesi kimyasal özellikleri

Boyarmadde	Kimyasal formül	Molekül ağırlığı (g mol^{-1})	λ_{max} (nm)
C.I. Everzol Orange	C ₂₀ H ₁₇ N ₃ Na ₂ O ₁₁ S ₃	617,54	494

DeneySEL çalışmalar Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya ve Süreç Mühendisliği laboratuvarında bulunan lab/pilot ölçekte membran biyoreaktör (MBR) sisteminde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). MBR sistemi 220 L'lik pleksiglas malzemeden imal edilmiş 1 adet havalandırma tankından (efektif hacmi yaklaşık 170 L'dir) ve 2 adet 145 litre kapasiteli besleme

ve deşarj tankından oluşmaktadır. Membran modülü toplam 1,5 m² alana sahip olup, por büyüklüğü 0,08-0,3 µm olan 6 adet plaka-çerçeve tipi membran kasetinden (PVDF + PET) ibarettir ve membran modülü havalandırma tankına düşey olarak yerleştirilmiştir. Havalandırma, membran modülünün altına yerleştirilen disk formunda membranlı difüzör ile sağlanmıştır. Difüzör, aynı zamanda membranların üzerinde kek tabakası oluşumunun etkisini de azaltmaktadır. MBR panoya yerleştirilen kumanda elemanları ile kontrol edilmektedir[9].



Şekil 2. MBR sistemi

Mantar suşları Ankara Üniversitesi Biyoloji Bölümü Biyoteknoloji Laboratuvarı Kültür Koleksiyonundan tedarik edilmiştir. Stok kültürleri PDA'lı besiyerinde +4°C'de saklanmıştır. Renk gideriminde kullanılan fungal biyokütlenin üretilmesi amacıyla minimal ve Complete Yeast Medium gibi çeşitli besiyeri hazırlanarak stok kültürden erlenlerdeki besiyeri ortamına ekim yapılarak inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresince fungal gelişim takip edilerek istenilen miktarda biyokütle elde edildikten sonra üretilen mikroorganizmalar (*Aspergillus versicolor* ve *Rhizopus arrhizus* karışık kültürü) MBR sistemine transfer edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan sentetik tekstil atık suyu Everzol Orange reaktif boyası ve tekstil endüstrisi atık sularında bulunan diğer kimyasal maddelerin ilave edilmesiyle oluşturulmuştur. sentetik tekstil atıksuyunun bileşimi Tablo 2'de verilmiştir.

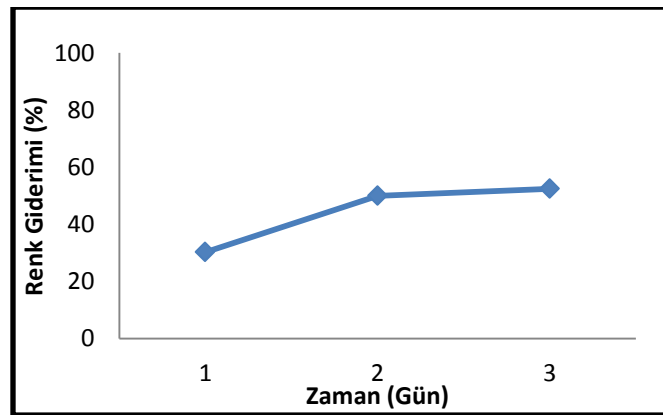
Tablo 2.Sentetik atık su bileşimi

Kullanılan Kimyasal	Miktar
Glikoz	100 (g/L)
Nişasta	150 (g/L)
Üre	40 (g/L)
KH_2PO_4	200 (g/L)
CaCl_2	9,99 (g/L)
Thiamine	102,5 (g/L)
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,1 (g/L)
Boya	10 (g/L)
NaCl	25,5 (g/L)
NaCO_3	17 (g/L)
NaHCO_3	17 (g/L)
İz element (stok çözelti)	1 (ml/L)

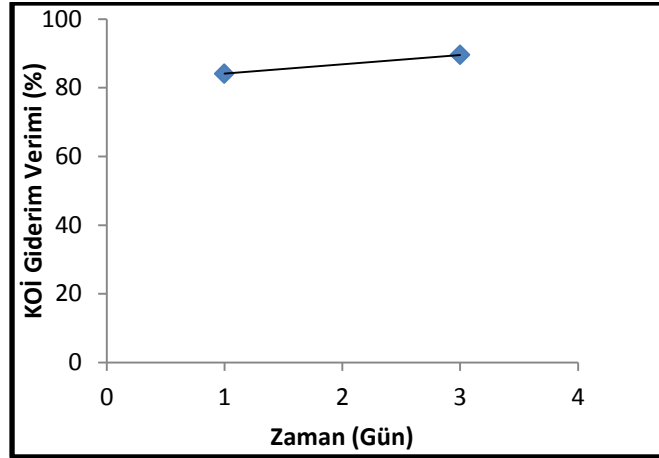
Arıtma süresince, havalandırma tankındaki ÇO (Çözünmüş Oksijen), pH, sıcaklık, boya konsantrasyonu ve KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) değerleri belirlenmiştir. Deneysel ölçümler için her 24 saatte bir numune alımı yapılmış ve numuneler alındığı gün standart metotlara göre analiz edilmiştir[10].

3. Bulgular

Bu çalışma da sentetik tekstil atık suyunun aerobik yarı-kesikli şartlar altında karışık kültür tarafından renk giderimi ve KOİ giderimi araştırılmıştır. Sisteme konsantrasyonu $C_0=89,88$ mg/L boya olarak hazırlanan sentetik tekstil atık suyu yüklendi. Yüklenen atık suyun giriş KOİ değeri 1268 mg/l olarak belirlendi. 3 gün boyunca izlenen arıtım sürecinde yapılan havalandırma tankından alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre Everzol Orange reaktif boya ve KOİ giderim yüzde değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 3. Everzol Orange reaktif boya giderim verimi



Şekil 4. KOİ giderim verimi

Atık su arıtımının ne kadar gerçekleştiğinin tespit edilebilmesi adına KOİ değeri en önemli parametredir. Bunun yanında renk, ÇO, pH ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklık ve pH parametrelerin uygun değerlerde olması mikroorganizmaların canlılıklarını sürdürebilmeleri açısından önem taşımaktadır. Deneysel çalışma boyunca sıcaklık 23-27 °C, pH 4,5-5,5 değerleri, ÇO 6-9 mg/L arasında tutulmuştur. Sentetik tekstil atık suyunun başlangıç derişim olan $C_0=89,88$ mg/L boya derişimi 3 günlük arıtım sonunda 41,3 mg/L değerine düşerek %54 lük bir boya giderimi sağlanmıştır. Sentetik tekstil atık suyunun başlangıç KOİ derişimi 1268 mg/L değerinden 339 mg/L değerine düşerek % 73,26'lık bir giderim verimi elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Yapılan arıtım çalışmasında Everzol Orange reaktif tekstil boyasının sentetik tekstil suyundan giderimi ve sentetik tekstil suyunun KOİ giderim verimi araştırılmış ve deneysel çalışma sonucunda % 54 renk giderim ve % 73,26'lık bir KOİ giderimi verimi sağlanmıştır. MBR sisteminde karışık mantar kültürleri (*Aspergillus versicolor* ve *Rhizopus arrhizus*) tarafından tekstil boyalarının giderildiği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi tarafından BAP Projesi “2013-01.BİL.03.06 nolu proje” kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

[1] Gönüllü, M.T. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Cilt I. Birsen Yayınevi, Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2004.

- [2] Kocaer, F.O. ve Alkan, U. Boyar madde içeren tekstil atıksularının arıtım alternatifleri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2002,Cilt 7, Sayı 1: 47-55.
- [3] Kitiş, M.,Yiğit, N.Ö., Köseoğlu, H., Bekaroğlu, Ş.Ş. Su ve atıksu arıtımında ileri arıtma teknolojileri - Arıtılmış atıksuların geri kullanımı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı çevre görevlisi eğitimi ders notları, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği, Isparta, 2009
- [4] Kestioğlu K. Yalılı M. Yüksek KOİ içerikli tekstil atıksularının kimyasal çökeltim ve adsorpsiyon yöntemleriyle arıtılabilirliği, Ekoloji Çevre Dergisi, 15, 59, 27-31.
- [5] Kocaer, F.O. ve Alkan, U. Boyar madde içeren tekstil atıksularının arıtım alternatifleri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi”, 2002; Cilt 7, Sayı 1: 47-55.
- [6] Kargi, F., Ozmihci, S. Batch biological treatment of nitrogen deficient synthetic wastewater by using Azotobacter supplemented activated sludge. Bioresource Technol. 2004; 94: 113-117.
- [7] Crips C., Bumpus J. A. ve Aust S. D. Biodegradation of azo and heterocyclic dyes by *P. chrysosporium*. Applied En. Microbiol. 1990; 56: 1114-1118
- [8] Mercimek, H.A. Trametes Versicolor’ın tekstil boyalarının gideriminde kullanım olanakları, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007; Yüksek Lisans Tezi.
- [9] Özan, K. Tekstil endüstrisi atıksularının arıtılmasında kullanılmak üzere lab/pilot ölçekte membran biyoreaktör tasarımı ve imalatı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Endüstrisi, 2012; Yüksek Lisans Tezi.
- [10] APHA, standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. American Public Health Association, Washington DC, USA, 1998.