

***Pinus brutia* Ten. (Kızılçam) Kozalak ve Yaprak Biyomasının Boya Biyosorpsiyon/Desorpsiyon Potansiyeli**

Fatih DEN Z¹, engül KARAMAN²

¹Kanuni Sultan Süleyman Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Gaziantep

²KSÜ, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kahramanmara

Geli (Received): 02.05.2014

Kabul (Accepted): 24.10.2015

Özet: Biyosorbent rejenerasyonu ve tekrar kullanımı, biyosorpsiyon prosesini daha ekonomik hale getirmek için oldukça önemlidir. Desorpsiyon çalı maları, biyosorpsiyon olayının mekanizmasının ortaya konulması, biyosorbentın geri kazanımı ve tekrar biyosorpsiyon prosesinde kullanımı için yapılmaktadır. Ba arılı bir desorpsiyon i lemi, biyosorbentın çe idine ve biyosorpsiyon mekanizmasına göre de i en uygun bir desorbent seçimini gerektirmektedir. Seçilen desorbentler etkili, ucuz ve zararsız olmalıdır. Bu çalı mada, kızılçam kozalak ve yaprak biyosorbentleri tarafından biyosorplanan Basic Red 46 ve Acid Yellow 220 boya larının biyosorbent yüzeylerinden desorpsiyonu için seyreltik (0,1 M) HCl ve NaOH çözeltileri kullanımı tır. Biyosorbentlerin boya biyosorpsiyonunda yeniden kullanım potansiyellerini de erlendirmek için ardı ık biyosorpsiyon/desorpsiyon döngüsü aynı biyosorbentle üç kez tekrarlanmı tır. 0,1 M HCl kullanımı ile Basic Red 46 boyasının kozalak ve yaprak biyosorbentlerinden en dü ük boya desorpsiyonu sırası ile %90,88 ve %95,99 olarak belirlenmi tir. 0,1 M NaOH kullanımı ile Acid Yellow 220 boyası için kozalak ve yaprak biyosorbentlerinden en dü ük boya desorpsiyonu sırası ile %88,37 ve %86,79 olarak bulunmu tur. Sonuçlar, bu biyosorbentlerin ekonomik bir ekilde boya biyosorpsiyon çalı malarında tekrar tekrar kullanılabilce ini göstermi tir.

Anahtar Kelimeler: Kızılçam, Boya, Biyosorpsiyon, Desorpsiyon

Dye Biosorption/Desorption Potential of *Pinus brutia* Ten. (Red pine) Cone and Leaf Biomass

Abstract: The regeneration and reuse of biosorbent is quite important in order to make the biosorption process more economical. Desorption studies were performed for elucidating the mechanism of biosorption case, recovery of biosorbent and reuse of biosorbent at biosorption process. Selection of an appropriate eluent is crucial for successful regeneration. A successful desorption process requires the selection of a proper desorbent, which depends on the type of biosorbent and the mechanism of biosorption. The selected desorbents should be effective, cheap and harmless. In this study, dilute (0.1 M) HCl and NaOH solutions were employed for desorption of Basic Red 46 and Acid Yellow 220 dyes biosorbed by the cone and leaf biosorbents of red pine from the biosorbent surfaces. In order to evaluate the reuse potential of biosorbents at the dye biosorption, consecutive biosorption/desorption cycles were repeated three times with the same biosorbent. The minimum dye desorption from the cone and leaf biosorbents for Basic Red 46 by using 0.1 M HCl was defined as %90.88 and %95.99, respectively. For Acid Yellow 220, the minimum dye desorption from the cone and leaf biosorbents by employing 0.1 M NaOH was found as %88.37 and %86.79, respectively. The results displayed that these biosorbents as economically could be repeatedly used in the dye biosorption studies.

Key words: Red pine, Dye, Biosorption, Desorption

G R

Su kirlili i çevre kirlili inin önemli bir kısmını olu turmaktadır. Su, hava ve toprakta çevre kirlili i biyolojik ve kimyasal etkenler tarafından olu turulmaktadır. Evsel, endüstriyel, tarımsal ve di er kullanımlar sonucunda aç ı a çıkan ve içinde sa l ı a zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri barındıran sular, atık su olarak tanımlanmı tır. Atık sular, yeraltı suları, akarsu, göl ve denizlerde olu an çevre kirlili inin en önemli kaynaklarıdır. Bu kirlenme yalnızca su kaynakları ile sınırlı kalmayıp besin zincirine girerek gıda kirlenmesine de neden olmaktadır. Atık sularda kirlenmeyi olu turan ve buna ba l ı olarak çevre kirlili ine neden olan kimyasal etmenler arasında fenoller, pestisitler, a ır metallere, hidrokarbonlar ve

deterjanlar gibi maddeler vardır (Aksu, 2005; Aravindhan ve ark., 2007; Gupta ve Suhas, 2009).

Günümüzde çevre kirlili ine sebep olan spesifik kirleticilerinden biri de sentetik boyalardır. Boyalar, ba ta tekstil sektörü olmak üzere çe itli endüstri kurulu larında yaygın olarak kullanılmakta ve dü ük miktarlarda bile kullanımı renkli atık su olu turmaktadır (Erta ve ark., 2010). Tekstil ve boya üretim endüstrilerinden çıkan ve boya içeren atık sular artırılması zor olan atık sulardan biridir. Bunun sebebi boyaların genellikle sentetik kaynaklı ve kompleks aromatik moleküler yapıya sahip olmaları ve bu yapıların boyaları daha kararlı ve biyolojik parçalanmaya kar ı dirençli hale getirmesidir (Han ve ark., 2008). Tekstil ve boyama endüstrilerinde sentetik boyaların kullanımı, bu boyaların sentezinin kolay ve

ucuz olması, oldukça dayanıklı ve do al boyalarla kar ıla tırıldı nda renklerinin oldukça çe itli olmaları nedeniyle giderek artmaktadır (Couto, 2009). Ticari boyaların renkleri, içerdikleri kompleks kromofor sisteminden kaynaklanmaktadır. Sentetik boyaların, güne ı ına ve yıkama proseslerine oldukça dayanıklı oldukları ve ayrıca mikrobiyal parçalanmaya kar ı direnç gösterdikleri bilinmektedir.

Dünya çapında yüz binin üzerinde sentetik boya ticari olarak kullanılmakta ve yıllık olarak yakla ık yedi yüz bin ton üretim yapıldı ı tahmin edilmektedir. Bu boyaların yakla ık %10-15'inin endüstriyel atık sularla atıldı ı rapor edilmi tir (Husain, 2006; Hai ve ark., 2007). Dü ük konsantrasyonlarda bile boya içeren atık sular alıcı ortama de arj edildiklerinde istenmeyen estetik problemlere yol açmaktadırlar. Boya içeren atık sular, do al bir su ortamına kar ı tıkları zaman ı ın suya giri ini engelleyerek fotosentez solunum dengesi bozulmaktadır. ık geçirgenli ini ve gaz çözünürlü ünü etkilediklerinden dolayı çözünmü oksijen seviyesi azalmakta ve aerobik organizmalar olumsuz yönde etkilenmektedir. Bunun sonucunda ise anaerobik süreçler ba lamaktadır. Bazı boyalar anaerobik parçalanmaya u rmasına ra men parçalanma sırasında toksik ve karsinojenik aromatik aminler olu tu undan dolayı çevre üzerine oldukça olumsuz etkiler olu turabilmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı sular da do al ekosistem ciddi ekilde bozulmaktadır (Lima ve ark., 2008; Barka ve ark., 2011).

Boyaların çevre üzerindeki olumsuz etkilerini engellemek için alıcı ortamlara de arj edilmeden önce atık sular dan arıtılması gerekmektedir (Rauf ve ark., 2009). Literatürde tekstil atık sular ının arıtılması konusunda biyosorpsiyon, kimyasal oksidasyon, kimyasal çöktürme ve filtrasyon gibi birçok teknikler mevcuttur. Son yıllarda biyosorpsiyon yöntemiyle boyarmadde giderimi büyük önem kazanmaya ba lamı tir (Ferrero, 2007).

Biyosorpsiyon, endüstriyel atıklar ın giderimi için umut verici alternatif bir yöntemdir (Hamuto lu ve ark., 2012) Biyosorpsiyon prosesinde boya, canlı veya ölü hücre yüzeyi üzerinde tutunur, biriktirilir veya hücre içinde akümüle edilir. Özellikle atık su toksik özellik gösteriyorsa canlı ile biyolojik arıtım uygulaması zor veya imkansız oldu unda biyosorpsiyon yöntemi avantajlı olmaktadır. Biyosorpsiyon teknolojisi di er mevcut arıtma teknolojileri ile kar ıla tırıldı nda boya içeren atık sular dan renk gideriminde oldukça dü ük maliyetli ve verimli bir alternatif sunmaktadır. Biyosorpsiyon teknolojisinin di er önemli bir avantajı, biyosorbent in yüksek verimlilikle yeniden kullanılabilmesi, yüksek seçicilik göstermesi, büyük hacimli atık sular da verimli bir ekilde uygulanabilmesi ve maliyetinin dü ük olmasıdır (Bayramoglu ve ark., 2006). Biyosorpsiyonda canlı ve ölü biyokütleler kullanılabilse de, ölü biyokütleler daha çok tercih edilirler (Aksu, 2005). Ölü biyomas ın kullanımına dayalı biyosorpsiyon teknolojisi toksisite sınırlamaların

olmaması, besin kayna ına ihtiyaç göstermemesi ve uygun desorpsiyon metodu ile yeniden kullanılması gibi bazı önemli avantajlar sunmaktadır (Bozanta ve Ökmen, 2011; Hamuto lu ve ark., 2012).

Biyosorpsiyon prosesinde aktif karbon ile etkin renk giderimi sa lanabilmesine ra men oldukça pahalı olu u boya arıtımında dü ük maliyetli alternatif biyosorbent aray ını ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle özellikle do ada ve çevrede bol miktarda bulunan organik, inorganik maddelerin veya insani aktiviteler sonucu ortaya çıkan atıklar ın ya da ürün fazlalıklar ının atık su arıtımında kullanımı ile hem ekonomiye hem de çevreye katkıda bulunulacaktır.

Gymnosperm ler içerisinde en fazla türe sahip olan *Pinus* cinsi kapsamında yakla ık yüz on be tür bulunmakta olup, bunlardan be tanesi ülkemizde do al olarak yayılı göstermektedir. Bu çam türleri arasında, ülkemizde en geni yayılı gösteren kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'dir. Dünyada en fazla yayılı ı Türkiye'de görülmekte olup, ba lıca Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nde do al olarak yayılı göstermektedir (çgen ve ark., 2006). Ülkemizde kereste kayna ı ve ho bir görünüm sa lamak amacıyla kullanılan kızılçam, ekonomik olarak önemli bir orman aacı türüdür. Kolay i lenmesi nedeniyle yapı malzemesi, mobilya ve ambalaj sanayisinde kullanılmaktadır. Reçinesinden yararlanılan tek çam türüdür. Ayrıca geni ölçüde a açlandırma ve yeniden a açlandırma programlarında kullanılmaktadır. Türkiye'de kızılçam ormanlık alanın %27'sini olu turmakta ve yakla ık 6 milyon hektarlık bir alanı i gal etmektedir (Karagöz ve Demirci, 2012). Bu noktadan hareketle bu çalı mada ilk olarak tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan model Basic Red 46 ve Acid Yellow 220 boyalarının kızılçam kozalak ve yaprak biyomasıyla biyosorpsiyonu sa lanmı tir. Kızılçam kozalak ve yaprak biyosorbentleri tarafından biyosorplanan bu boyaların biyosorbent yüzeylerinden desorpsiyonu için seyreltik (0,1 M) HCl ve NaOH çözeltileri kullanılmı tir. Ard ık biyosorpsiyon/desorpsiyon döngüsü aynı biyosorbentle üç kez tekrarlanmı tir. Bu ekilde biyosorbentlerin boya biyosorpsiyonunda yeniden kullanım potansiyelleri ortaya konulmaya çalı ılmı tir.

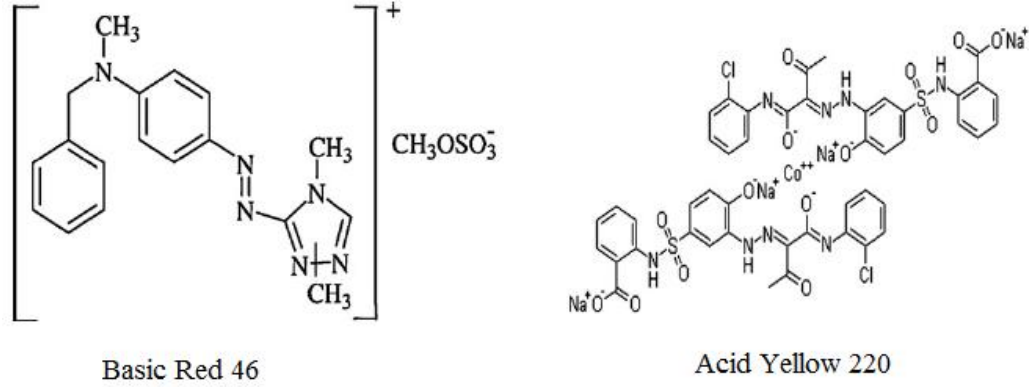
MATERYAL ve METOT

Biyosorbent materyalleri

Bu çalı mada biyosorbent olarak kullanılan kızılçam kozalak ve yaprakları, Burç Ormanı (Gaziantep, Türkiye)'ndan toplanmı tir. Toplanan kozalak ve yapraklar önce musluk suyu ile daha sonra da distile su ile iyice yıkanmı tir. Yıkama i leminden sonra 24 saat 70 °C'de fırında kurutulmu tur. Kuruyan biyosorbentler, bir ö ütücü ile ö ütülenerek partikül büyüklü ü 250-500 arasında olanlar bir elek yardımıyla di erlerinden ayrılmı tir. Bu biyosorbentler, kullanılıncaya kadar desikatörde muhafaza edilmi tir. Deneyler öncesinde bu maddelere ba ka herhangi bir fiziksel ya da kimyasal uygulama yapılmamı tir.

Boya solüsyonları

Bu çalı mada model boya olarak tekstil endüstrisinde yaygın bir ekilde kullanılan Basic Red 46 (BR 46) ve Acid Yellow 220 (AY 220) boya ları kullanılmı tır. Boyalar, lokal bir tekstil fabrikasından temin edilmi ve ticari saflıkta olduklarından dolayı ek bir safla tırma i lemi yapılmadan kullanılmı tır. BR 46 ve AY 220 boya larının kimyasal yapıları, ekil 1'de



ekil 1. BR 46 ve AY 220 boya larının kimyasal yapıları

FTIR ve SEM analizi

Kızılçam kozalak ve yapraklarından hazırlanan biyosorbentlerin, FTIR spektrometresi (PerkinElmer, Spectrum 100) ile analizleri yapılarak hangi fonksiyonel gruplara sahip oldu u belirlenmi tır. Ayrıca, bu biyosorbentlerin yüzey yapısı ve morfolojisi hakkında bilgiler, bir SEM cihazı (Jeol, Jsm 6390) yardımıyla ortaya konmu tır.

Biyosorpsiyon/desorpsiyon çalı maları

Tüm çalı malar, bir su banyosu içerisinde kızılçam kozalak ve yaprak biyosorbentlerini kullanarak 50 mL BR 46 ve 50 mL AY 220 boya larını içeren 100 mL'lik ilifli cam balonlarda gerçekte tirilmi tır. Her deney i lemi sonunda test çözeltileri, sıvı-katı ayırımının sa lanması için 5000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmi ve çözeltili içerisinde arta kalan boya, BR 46 için 530 nm'de ve AY 220 için 420 nm'de, bir UV-vis spektrofotometre yardımıyla analiz edilmi tır. Biyosorbentler üzerine tutunmu boyanın miktarı daha açık bir ifadeyle biyosorpsiyon miktarı, Denklem 1 (Mittal ve ark., 2010)'de gösterilen formül yardımıyla hesaplanmı tır.

$$q = \frac{(C_o - C_e)V}{M} \quad (1)$$

Burada q , birim biyosorbent a ırlı ı ba ina tutulan boya miktarını (mg g^{-1}), C_o , boyanın çözeltilideki ba langıç konsantrasyonunu (mg L^{-1}), C_e , biyosorpsiyon i lemi sonrası çözeltilide kalan boya konsantrasyonu (mg L^{-1}), V , çözeltili hacmini (L) ve M , kullanılan biyosorbent miktarını (g) ifade etmektedir.

Biyosorbentler üzerine tutunan boyanın tekrar biyosorbent yüzeyinden desorpsiyonunu sa lamak

gösterilmi tir. Boyaların her biri için distile suda 500 mg L^{-1} 'lik stok çözeltiler hazırlanmı tır. Test çözeltileri, dilüsyon yöntemi ile stok çözeltilerden istenilen deri imlerde hazırlanmı tır. Her bir deney için yeni dilüsyonlar kullanılmı tır. Çalı ilan çözeltilerinin pH'ları, 0,1 M HCl ya da 0,1 M NaOH çözeltileri yardımıyla istenilen de erlere ayarlanmı tır.

amacıyla BR 46 boyası için 0,1 M HCl ve AY 220 boyası için 0,1 M NaOH kullanılmı tır.

Biyosorbentlerin yeniden biyosorpsiyon olayında kullanım potansiyelini belirlemek için aynı biyosorbent üç ayrı biyosorpsiyon-desorpsiyon döngüsünde kullanılmı tır. Bu amaçla önce biyosorbentlere boya biyosorpsiyonu i lemi yapılmı tır. Üzerine boya tutunan biyosorbentler, filtrasyon yöntemiyle ayrılmı ve üzerlerinden fazla boya moleküllerini uzakla tırmak için yıkama yapılmı tır. Daha sonra bu biyosorbentler, 70 °C'de fırında kurumaya bırakılmı tır. Kuruyan biyosorbentlerin üzerine tutunmu boya ların desorpsiyonu için biyosorbentlere, 50 mL 0,1 M HCl ve 0,1 M NaOH çözeltileri ile muamele edilmi tır. Desorpsiyon i leminden sonra yine biyosorbentler, filtrasyonla ayrılmı ve kurutma i lemi yapılarak tekrar biyosorpsiyon çalı masında kullanılmı tır. Bu süreç üç defa tekrarlanmı tır. BR 46 ve AY 220 boya larının biyosorbent yüzeyinden yüzde olarak desorpsiyon etkinli i, Denklem 2 (Fernandez ve ark., 2010)'de verilen formül aracılı ıyla bulunmu tır.

$$\text{Desorpsiyon (\%)} = \frac{q_{\text{des}}}{q_{\text{ads}}} \times 100 \quad (2)$$

Burada q_{ads} , biyosorbent tarafından biyosorplanan boya miktarını (mg g^{-1}) ve q_{des} , biyosorbentten desorplanan boya miktarını (mg g^{-1}) göstermektedir.

BULGULAR ve TARTI MA

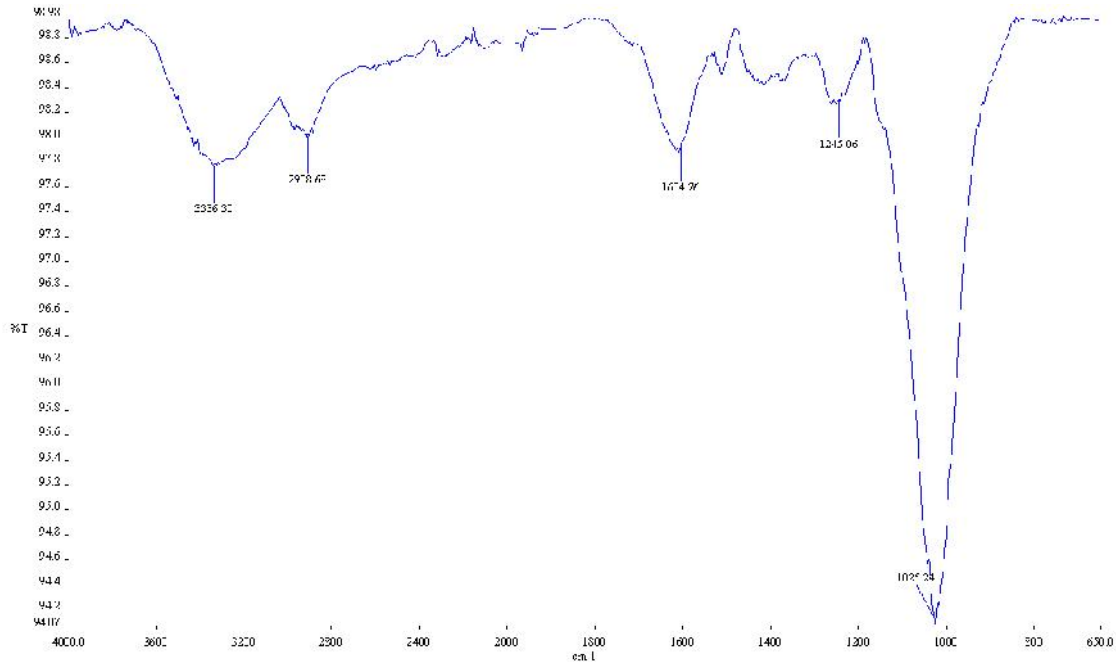
FTIR analizi

Olgun çam kozalak ve yaprakları, hücre duvarlarında selüloz, hemiselüloz, lignin, rosin ve tanen gibi maddeleri içeren epiderm ve sklerankima hücreleri ihtiva ederler. Bu yapılar, alkol, aldehit, keton, karboksil, fenol ve eter gibi de i ik polar fonksiyonel

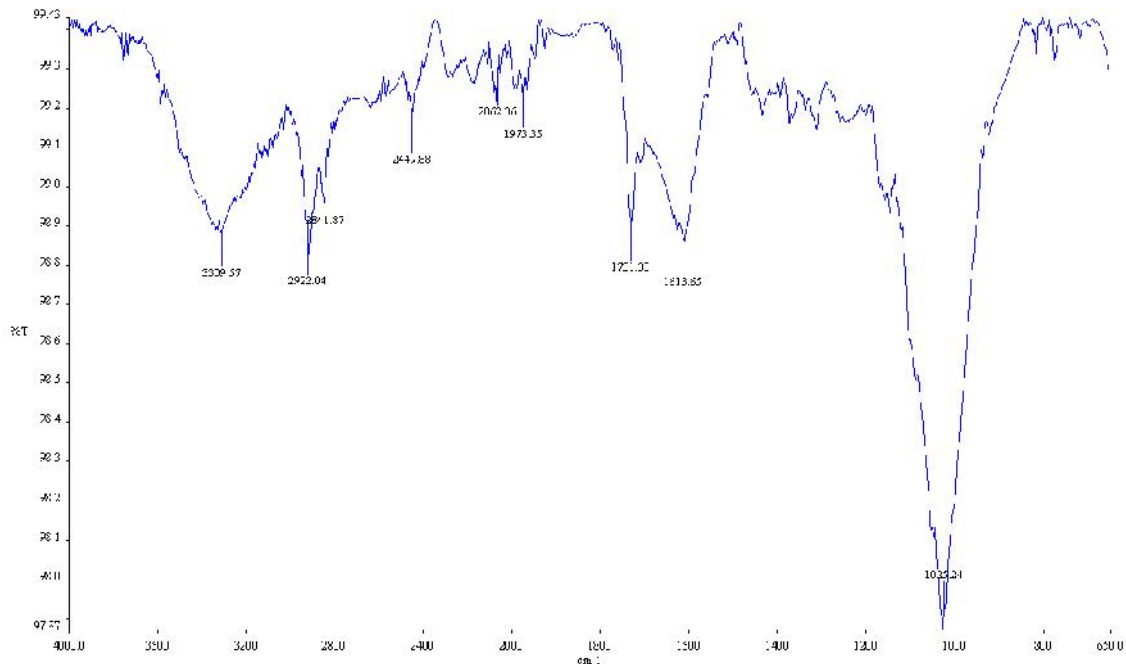
gruplara sahiptirler. Bu gruplar, biyosorbent yüzeyinde boya biyosorpsiyonu için aktif bölgeler oluşturmaktadır (Ofomaja ve ark., 2009).

Kızılcık kozalak ve yaprak biyosorbentlerine ait FTIR spektrumları, sırasıyla ekil 2 ve ekil 3'te verilmiştir. 3200-3600 cm^{-1} bant bölgeleri, O-H gerilmesini ifade etmektedir. 2850-2950 cm^{-1} bant bölgeleri, C-H gerilmesini göstermektedir (Dawood ve Sen, 2012). 1731 cm^{-1} civarında görülen bantlar, C=O gerilmesinin kanıtıdır. 1500-1650 cm^{-1} bant bölgeleri, C=C gerilmesini belirtmektedir (Blázquez ve ark., 2012). 1430 cm^{-1} ve 1245 cm^{-1} civarlarında görülen bantlar, C-O

gerilmesini gösterirken, 1300 cm^{-1} civarında görülen bantlar, C-N gerilmesini ifade etmektedirler. 1150 cm^{-1} civarında belirlenen bantlar, P=O gerilmesini göstermektedir. 1025 cm^{-1} (C-O-C) ve 650 cm^{-1} bölgeleri arasında görülen diğer bantlar, -C-C- ve -CN gerilimine atfedilmektedir (Hameed, 2009; Ofomaja ve Naidoo, 2011). Bu ekilde kozalak ve yaprak biyosorbentlerine ait spektrumlarda birçok bantın görülmesi, bu biyosorbentlerin boya biyosorpsiyonunda rol alabilecek değişik fonksiyonel gruplara sahip olduğunu göstermektedir (Ofomaja ve Naidoo, 2011).



ekil 2. Kızılcık kozalak biyosorbentine ait FTIR spektrumu

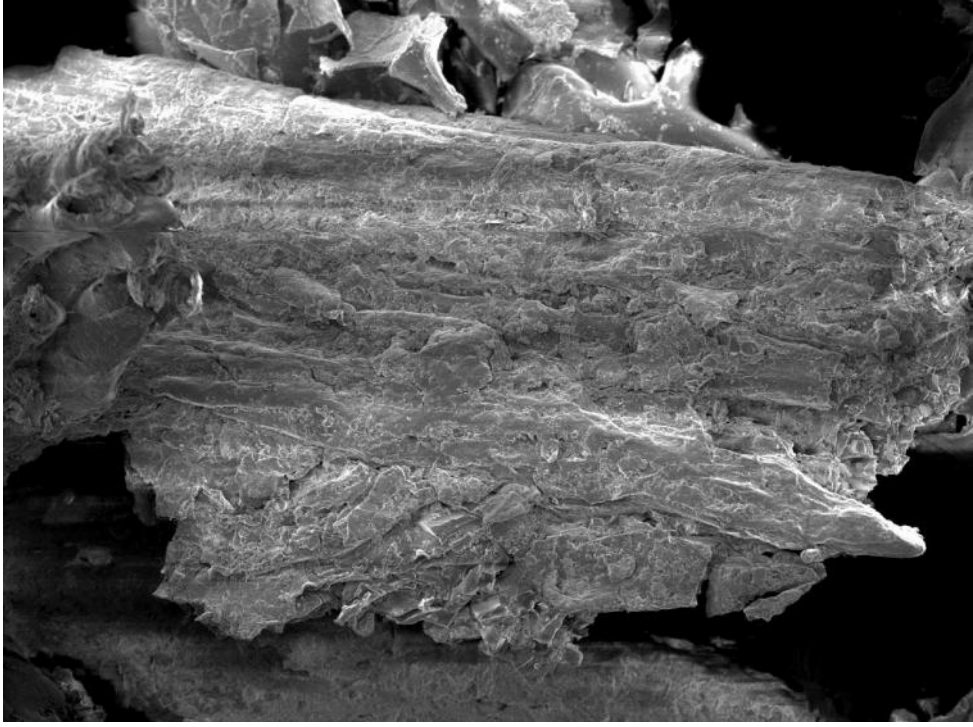


ekil 3. Kızılcık yaprak biyosorbentine ait FTIR spektrumu

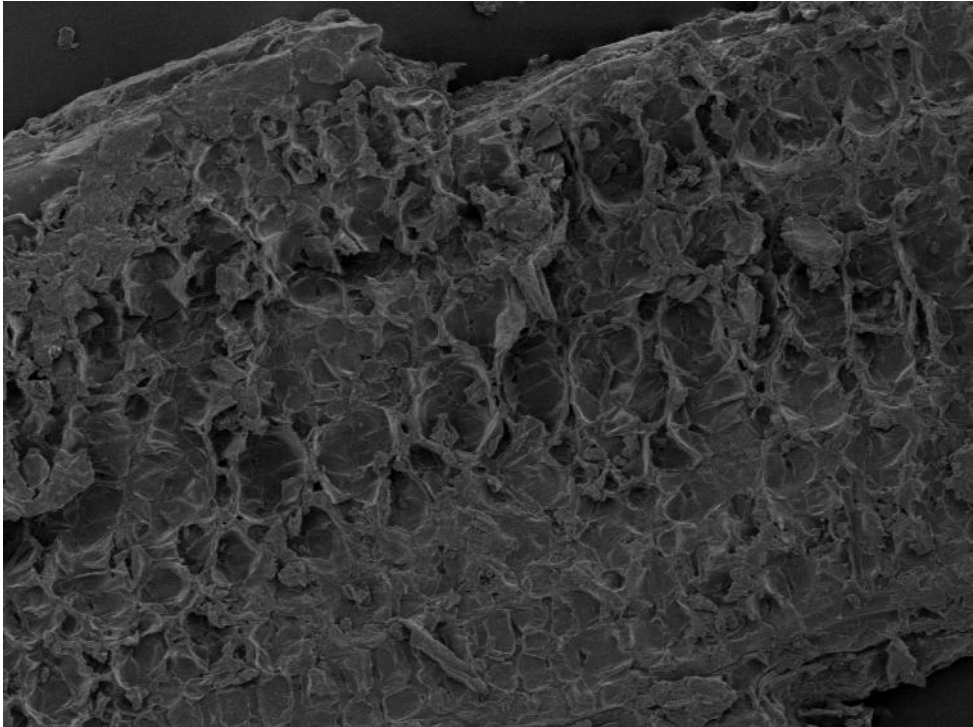
SEM analizi

Kızılçam kozalak ve yaprak biyosorbentlerinin SEM görüntüleri, sırasıyla ekil 4 ve ekil 5'de gösterilmiştir. SEM analizleri, bu biyosorbentlerin pürüzlü ve çok sayıda de i ik büyüklükte gözenekli bir

yüzey yapısına sahip olduğunu göstermektedir (Ofomaja ve ark., 2013). Bu durum kozalak ve yaprakların boya biyosorpsiyonu için uygun bir biyosorbent olabileceğini ortaya koymuştur (Sen ve ark., 2011).



ekil 4. Kızılçam kozalak biyosorbentine ait SEM görüntüsü (x430)



ekil 5. Kızılçam yaprak biyosorbentine ait SEM görüntüsü (x400)

Biyosorpsiyon/desorpsiyon çalı maları

Biyosorbent rejenerasyonu ve tekrar kullanımı, biyosorpsiyon prosesini daha ekonomik hale getirmek için oldukça önemlidir (Cheng ve ark., 2008). Desorpsiyon alı maları, biyosorpsiyon olayının mekanizmasının ortaya konulması, biyosorbentın geri kazanımı ve tekrar biyosorpsiyon prosesinde kullanımı için yapılmaktadır (Fernandez ve ark., 2010; Mahmoodi ve ark., 2011). Ba arılı bir desorpsiyon i lemi, biyosorbentın e idine ve biyosorpsiyon mekanizmasına göre de i en uygun bir desorbent seçimini gerektirmektedir. Seçilen desorbentler etkili, ucuz ve zararsız olmalıdır (Vijayaraghavan ve Yun, 2008). Bu alı mada, kızılcam kozalak ve yaprak biyosorbentleri tarafından biyosorplanan BR 46 ve AY 220 boya larının biyosorbent yüzeylerinden desorpsiyonu için seyreltik (0,1 M) HCl ve NaOH zelteleri kullanılmı tır. Biyosorbentlerin boya biyosorpsiyonunda yeniden kullanım potansiyelini de erlendirmek için ardı ık biyosorpsiyon/desorpsiyon döngüsü aynı biyosorbentle üç kez tekrarlanmı tır.

Kozalak biyosorbentinin BR 46 ve AY 220 boya ları için yüzde olarak desorpsiyon etkinli i, izelge 1’de gösterilmektedir. BR 46 boyası için birinci döngüde %97,71 oranında boya biyosorbent yüzeyinden uzakla tırılırken üçüncü döngüde bu oran %90,88’e d m tr. AY 220 boyası için ise birinci döngüde %94,74 oranında boya temas yüzeyinden uzakla tırılırken son döngüde bu oran %88,37’ye gerilemi tır. Bu durum muhtemelen ardı ık biyosorpsiyon/desorpsiyon i lemi boyunca d k miktarda biyosorbent kaybından dolayı meydana gelmektedir (Cheng ve ark., 2008; Gndo du ve ark., 2009). Bir di er sebep ise bir önceki döngüde biyosorbent yüzeyine tutunan bir kısım boyanın geri dn msz bir ekilde biyosorbent yüzeyindeki aktif tutunma bölgelerini ya da fonksiyonel grupları bloke etmesi olabilir (Bello ve ark., 2010).

Çizelge 1. Kozalak biyosorbentinin BR 46 ve AY 220 boya ları için yüzde olarak desorpsiyon etkinli i

Desorbent	Döngü	Etkinlik (%)
BR 46 için		
	1	97,71
0,1 M HCl	2	95,61
	3	90,88
AY 220 için		
	1	94,74
0,1 M NaOH	2	90,91
	3	88,37

Kızılcam yaprak biyosorbentinin BR 46 ve AY 220 boya ları için yüzde olarak desorpsiyon etkinli i, izelge 2’de verilmektedir. BR 46 boyası için birinci a amada %99,49 oranında boya biyosorbent yüzeyinden giderilirken üçüncü a amada bu oran %95,99’a d m tr. AY 220 boyası için ise durum birinci a amada %93,55 oranında boya biyosorbent yüzeyinden uzakla tırılırken son döngüde bu oran %86,79’a

gerileme eklinde gerçekle mi tır. Bu büyük olasılıkla yukarda açıklandı ı gibi ardı ık biyosorpsiyon-desorpsiyon i lemi nedeniyle d k miktarda biyosorbent kaybı ya da bir önceki döngüde biyosorbent yüzeyine tutunan bir kısım boyanın geri dn msz bir ekilde biyosorbent yüzeyindeki aktif tutunma bölgelerini ya da fonksiyonel grupları bloke etmesi sebebiyledir (Cheng ve ark., 2008; Liu ve ark., 2011; Sen, ve ark., 2011). Çizelgelerden de görüldü  gibi bu biyosorbentler için en d k boya desorpsiyonu etkinli i %86,79 olarak belirlenmi tır. Böylece deney sonuçları, bu biyosorbentlerin d k kapasite kayıplarıyla birlikte ekonomik bir ekilde boya biyosorpsiyon çalı malarında tekrar tekrar kullanılabilene i aret etmektedir (Aksu, 2005).

Çizelge 2. Yaprak biyosorbentinin BR 46 ve AY 220 boya ları için yüzde olarak desorpsiyon etkinli i

Desorbent	Döngü	Etkinlik (%)
BR 46 için		
	1	99,49
0,1 M HCl	2	96,73
	3	95,99
AY 220 için		
	1	93,55
0,1 M NaOH	2	87,72
	3	86,79

SONUÇ ve NER LER

Bu alı mada, kızılcam kozalak ve yaprak biyosorbentleri kullanılarak BR 46 ve AY 220 boya larının biyosorbent yüzeylerinden hızlı ve etkin bir biçimde desorpsiyon potansiyelleri ortaya konmu tur. Bu biyosorbentlerin, ba ka boya ların da biyosorpsiyon/desorpsiyon i lemlerinde kullanılarak su arıtımında yaygın olarak kullanılabilirli i ara tırılmalıdır. Ayrıca, sürekli sistemlerde de biyosorpsiyon/desorpsiyon yetenekleri ara tırılarak endüstriyel lekte ekonomik bir biyosorbent olarak kullanılabilirli i ortaya konulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aksu, Z., 2005. Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review. *Process Biochem.* 40:997-1026.
- Aravindhan, R., Rao, J.R., Nair, B.U., 2007. Removal of basic yellow dye from aqueous solution by sorption on green alga *Caulerpa scalpelliformis*. *J. Hazard. Mater.* 142:68-76.
- Barka, N., Abdennouri, M., El Makhfouk, M., 2011. Removal of Methylene Blue and Eriochrome Black T from aqueous solutions by biosorption on *Scolymus hispanicus* L.: Kinetics, equilibrium and thermodynamics. *J. Taiwan Inst. Chem. E.* 42:320-326.
- Bayramo lu, G., elik, G., Arıca, M.Y., 2006. Studies on accumulation of uranium by fungus *Lentinus sajorajju*. *J. Hazard. Mater.* 136:343-351.

- Bello, O.S., Adelaide, O.M., Hamed, M.A., Popoola, O.A.M., 2010. Kinetic and equilibrium studies of methylene blue removal from aqueous solution by adsorption on treated sawdust. *Macedonian J. Chem. Eng.* 29:77-85.
- Blázquez, G., Martín-Lara, M.A., Dionisio-Ruiz, E., Tenorio, G., Calero, M., 2012. Copper biosorption by pine cone shell and thermal decomposition study of the exhausted biosorbent. *J. Ind. Eng. Chem.* 18:1741-1750.
- Bozanta, E., Ökmen G., 2011. Biyosorpsiyon ve mikroorganizmalar. *Türk Bil. Der. Derg.* 4:69-77.
- Cheng, W., Wang, S.G., Lu, L., Gong, W.X., Liu, X.W., Gao, B.Y., Zhang, H.Y., 2008. Removal of malachite green (MG) from aqueous solutions by native and heat-treated anaerobic granular sludge. *Biochem. Eng. J.* 39:538-546.
- Couto, S.R., 2009. Dye removal by immobilised fungi. *Biotechnol. Adv.* 27:227-235.
- Dawood, S., Sen, T.K., 2012. Removal of anionic dye Congo red from aqueous solution by raw pine and acid-treated pine cone powder as adsorbent: Equilibrium, thermodynamic, kinetics, mechanism and process design. *Water Res.* 46:1933-1946.
- Erta, M., Acemio lu, B., Alma, M.H., Usta, M., 2010. Removal of methylene blue from aqueous solution using cotton stalk, cotton waste and cotton dust. *J. Hazard. Mater.* 183:421-427.
- Fernandez, M.E., Nunell, G.V., Bonelli, P.R., Cukierman, A.L., 2010. Effectiveness of *Cupressus sempervirens* cones as biosorbent for the removal of basic dyes from aqueous solutions in batch and dynamic modes. *Bioresour. Technol.* 101:9500-9507.
- Ferrero, F., 2007. Dye removal by low cost adsorbents: hazelnut shells in comparison with wood sawdust. *J. Hazard. Mater.* 142:144-152.
- Gündo du, A., Özde, D., Duran, C., Bulut, V.N., Soy lak, M., entürk, H.B., 2009. Biosorption of Pb(II) ions from aqueous solution by pine bark (*Pinus brutia* Ten.). *Chem. Eng. J.* 153:62-69.
- Gupta, V.K., Suhas, 2009. Application of low-cost adsorbents for dye removal - A review. *J. Environ. Manage.* 90:2313-2342.
- Hai, F.I., Yamamoto, K., Fukushi, K., 2007. Hybrid treatment systems for dye wastewater. *Crit. Rev. Env. Sci. Technol.* 37:315-377.
- Hameed, B.H., 2009. Grass waste: A novel sorbent for the removal of basic dye from aqueous solution. *J. Hazard. Mater.* 166:233-238.
- Hamuto lu, R., Dinçsoy, A.B., Cansaran-Duman, D., Aras, S., 2012. Biyosorpsiyon, adsorpsiyon ve fitoremediasyon yöntemleri ve uygulamaları. *Türk Hij. Den. Biyol. Derg.* 69:235-53.
- Han, R., Ding, D., Xu, Y., Zou, W., Wang, Y., Li, Y., Zou, L., 2008. Use of rice husk for the adsorption of congo red from aqueous solution in column mode. *Bioresour. Technol.* 99:2938-2946.
- Husain, Q., 2006. Potential applications of the oxidoreductive enzymes in the decolorization and detoxification of textile and other synthetic dyes from polluted water: a review. *Crit. Rev. Biotechnol.* 26:201-221.
- çgen, Y., Kaya, Z., Çengel, B., Velio lu, E., Öztürk, H., Önde, S., 2006. Potential impact of forest management and tree improvement on genetic diversity of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations in Turkey. *Forest Ecol. Manage.* 225:328-336.
- Karagöz, G., Demirci, M., 2012. Forestry property of Turkey, General Directorate of Forestry, No: 85, Ankara.
- Lima, E.C., Royer, B., Vagheti, J.C.P., Simon, N.M., DA Cunha, B.M., Pavan, F.A., Benvenuti, E.V., Veses, R.C., Airoldi, C., 2008. Application of Brazilian-pine fruit coat as a biosorbent to removal of reactive red 194 textile dye from aqueous solution, Kinetics and equilibrium study. *J. Hazard. Mater.* 155:536-550.
- Liu, R., Zhang, B., Mei, D., Zhang, H., Liu, J., 2011. Adsorption of methyl violet from aqueous solution by halloysite nanotubes. *Desalination* 268:111-116.
- Mahmoodi, N.M., Hayati, B., Arami, M., Lan, C., 2011. Adsorption of textile dyes on pine cone from colored wastewater: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Desalination* 268:117-125.
- Mittal, A., Mittal, J., Malviya, A., Gupta, V.K., 2010. Removal and recovery of Chrysoidine Y from aqueous solutions by waste materials. *J. Colloid Interface Sci.* 344:497-507.
- Ofomaja, A.E., Naidoo, E.B., 2011. Biosorption of copper from aqueous solution by chemically activated pine cone: A kinetic study. *Chem. Eng. J.* 175:260-270.
- Ofomaja, A.E., Naidoo, E.B., Modise, S.J., 2009. Removal of copper (II) from aqueous solution by pine and base modified pine cone powder as biosorbent. *J. Hazard. Mater.* 168:909-917.
- Ofomaja, A.E., Pholosi, A., Naidoo, E.B., 2013. Kinetics and competitive modeling of cesium biosorption onto chemically modified pine cone powder. *J. Taiwan Ins. Chem. Eng.* 44:943-951.
- Rauf, M.A., Qadri, S.M., Ashraf, S., Al-Mansoori, K.M., 2009. Adsorption studies of Toluidine Blue from aqueous solutions onto gypsum. *Chem. Eng. J.* 150:90-95.
- Sen, T.K., Afroze, S., Ang, H.M., 2011. Equilibrium, kinetics and mechanism of removal of methylene blue from aqueous solution by adsorption onto pine cone biomass of *Pinus radiata*. *Water Air Soil Pollut.* 218:499-515.
- Vijayaraghavan, K., Yun, Y.S., 2008b. Biosorption of C.I. Reactive Black 5 from aqueous solution using acid-treated biomass of brown seaweed *Laminaria* sp.. *Dyes Pigments* 76:726-732.