

Safranin'in Sulu Ortamdan *Platanus orientalis* L. Biyoması Kullanılarak Giderimi

Zeynep İMECİK, Metin DIĞRAK, Hatice Nur HALİPÇİ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kahramanmaraş
mdigrak@ksu.edu.tr

(Geliş/Received:15.11.2013; Kabul/Accepted:02.09.2014)

Özet

Bu çalışmada *Platanus orientalis* L. (Doğu Çınarı), safranin'in sulu çözeltiden adsorpsiyon tekniği ile uzaklaştırılmasında biyosorbent olarak kullanılmıştır. Biyosorpsiyon üzerine temas süresi, çözelti konsantrasyonu, pH ve sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda optimum safranin biyosorpsiyonu için; dengeleme süresi 80. dakika, pH 7.00 (%99,28), 20 °C sıcaklık 49,46 mg/g (%98,93), ve başlangıç konsantrasyonu 100 mg/L (%98,46) olarak belirlenmiştir. İzoterm çalışmalarında, safranin biyosorpsiyonunda, Langmuir izoterm modeline uyum gözlenmiştir. Belirtilen optimum şartlarda maksimum safranin adsorpsiyonunun % 96-98 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Safranin, *Platanus orientalis* L., Biyosorpsiyon

Removal of Saffron from Aqueous solution by using *Platanus orientalis* L. Biomass

Abstract

In this study, *Platanus orientalis* L. has been used as biosorbent for the saffronin from aqueous solution by adsorption technique. Contact time, solution concentration, pH and temperature effect on biosorption has been investigated. As a result of the investigation, the optimum conditions of saffron biosorption, the equilibrium time 80 per minute at pH 7.00 (99,28%), at temperature 20 °C 49,46 mg/g (%98,93), in the concentration of 100 mg/L (98,46%) were determined. The biosorption equilibrium data was fitted for Langmuir isotherms. Max dye biosorption was determined as %96-98 under optimum conditions.

Key words : Saffron, *Platanus orientalis* L., Biosorption

1.Giriş

Dünyadaki nüfus artışına paralel olarak endüstrinin sürekli ve hızlı gelişmesi çevre kirliliği başta olmak üzere birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Çevre kirliliği türlerinden birisi olan su kirliliği, akarsu ve nehirlerin çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerle bozulmasıdır [1]. Sıvı atıklardan ağır metallerin uzaklaştırılmasında farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan biyosorpsiyon tekniği endüstriyel atıkların gideriminde maliyetinin düşük olması ve fazla atık bağlama kapasitesi nedeniyle umut verici bir yöntem olarak görülmektedir. Ölü biyomasın kullanımına dayalı biyosorpsiyon teknolojisi, toksisite sınırlamaların olmaması, besin kaynağına ihtiyaç göstermemesi gibi bazı önemli avantaj sunmaktadır [2].

Günümüzde çevre kirliliğine sebep olan spesifik kirleticilerden biri de sentetik boyar maddelerdir. Boyar maddeler, başta tekstil sektörü olmak üzere çeşitli endüstri kuruluşlarında yaygın olarak kullanılmakta ve düşük miktarlarda kullanımı bile renkli atık su oluşturmaktadır [3]. Bu renkli atıklar, akarsu, göl ve denizlere özellikle de yüzey sularında yer altı su sistemlerine karışarak içme sularını kirletmektedir. Temas edilmesi halinde ise deride tahriş, kanser, mutasyon ve bazı alerjik durumların meydana gelmesine neden olmaktadır [4].

Atık sulardan renk giderimi için flokulasyon/koagülasyon adsorpsiyon ve kimyasal oksidasyon gibi çeşitli fiziksel /kimyasal metotlarla biyolojik arıtma sistemleri kullanılabilir. Bu yöntemlerle elde edilen renk giderim veriminin atık sudaki boya türüne bağlı olarak değişiklik göstermesi, atık sulardan

renk giderimi için en uygun metodun seçimini daha da zorlaştırmaktadır [5]. Adsorpsiyon boya gidermek için kullanılan en etkili ve yapılabilir işlemlerden biridir [6]. Adsorpsiyonda adsorbent kimyasal yapısı, tanecik boyutu ve gözenek yapısı oldukça önemlidir [7]. Tanecik boyutu küçük olan daha fazla adsorplama özelliği gösterirler. Diğer taraftan adsorplanan maddenin türü, ortamın sıcaklığı, pH, iyonik güç, adsorbat konsantrasyonu, temas süresi gibi parametreler de adsorpsiyonu etkiler. Adsorpsiyon bu tür parametrelerin bir fonksiyonu olarak adsorbent ve adsorbat molekülleri arasındaki etkileşimin tür ve derecesine göre değişir.

Han vd. [8] *Phoenix* sp. ağaçlarından düşen yapraklarla sulu çözeltiden metilen mavisi boyasının uzaklaştırılması araştırılmıştır. Temas süresi, adsorbent dozu, çözelti pH'sı, tuz konsantrasyonu ve başlangıç boya konsantrasyonunu içeren sistem değişkenlerinin, metilen mavisi biyosorpsiyonu üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak yaprak oranını artmasına paralel olarak metilen mavisinin biyosorpsiyon yüzdesinin orantılı olarak arttığını belirtmişlerdir.

Platanus vulgaris (batı çınarı) yapraklarıyla malaşit yeşili boyasının sudan sorpsiyonla uzaklaştırılmasını araştırılmış ve çalışmada malaşit yeşili giderimine temas zamanı, sorbent dozu, başlangıç boya değişimi, çalkalama hızı, iyonik güç ve sıcaklık gibi değişik deneysel kondisyonların etkisi incelenmiştir. Çalışmada Langmuir verilerinin denge modeline daha iyi uyduğu belirtilmiştir [9].

Ahmed [10] *Pinus roxberghii* ağacının kabuğu ile sulu çözeltiden bazik bir boya olan kristal viyolenin uzaklaştırılmasını araştırmıştır. Çalışmada temas zamanı, konsantrasyon, sıcaklık, pH ve dozun etkileri incelenmiş ve adsorbsiyonun başarılı olduğu belirtilmiştir.

Cardosa vd. [11] bir adsorbent olarak, *Araucaria angustifolia* (parana çam) bitkisinin meyve kabuğunu kullanarak sulu çözeltiden remazol black B tekstil boyasının gideriminde adsorbent olarak kullanılabilceğini tespit etmişlerdir.

Doğal ve ucuz bir biyosorbent olarak *Scolymus hispanicus* L. biyomasını kullanarak sulu çözeltiden methylen blue ve riochrome black T boyaalarının giderimini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda biyosorpsiyon yüzdesinin biyosorbent

dozunun artmasıyla ve partikül büyüklüğünün azalmasıyla arttığını gösterilmiştir [12,13].

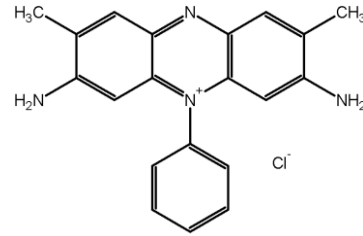
Bu çalışmada adsorbsiyon tekniği kullanılarak safranin boyar maddesinin sulu ortamdan uzaklaştırılmasında adsorbent olarak kurutulmuş *P. orientalis* yaprakları toz haline getirilerek kullanılmıştır. *P. orientalis* yapraklarının fabrika atık sularının arıtımında biyosorbent olarak kullanılabilirliğini belirlemek amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Platanus orientalis

Biyosorpsiyon çalışmalarında biyosorbent olarak *Platanus orientalis* L. yaprakları kullanılmıştır. Kahramanmaraş Türkoğlu ilçesinden toplanan yapraklar laboratuarda kurutulmuş Waring blenderde parçalanmış ve sarsak elekte 63 mikron çapında gözenekli elekten elenerek kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan boyar madde safranin Merck firmasından temin edilmiştir. Safranin (C₂₀H₁₉N₄Cl)'nin kimyasal formülü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Safranin boyar maddesi

Biyosorpsiyon

Safranin boyar maddesinden 75-250 mg/L arasında farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Bu çözeltiden 75 ml alınmış ve ortama 0.15 gr biyosorbent ilave edilmiştir. Biyosorpsiyon işleminin gerçekleşmesi için hazırlanan ortam farklı sürelerde (1-160 dak) çalkalamalı su banyosunda bekletilmiştir.

Biyosorbsiyon, farklı sıcaklık (20, 25, 40, 50, 60 °C), farklı pH (3, 5, 7, 9, 11) ve farklı boya konsantrasyonlarda (75, 100, 150, 200, 250 mg/L), çalkalamalı su banyosunda 150 rpm/dak. sabit çalkalama hızında gerçekleştirilmiştir. Gerçekleşen biyosorpsiyon oranı, örnekler kesikli

sistemden alındıktan sonra 3000 rpm/dk santrifüj edilmiş ve 530 nm'de UV-vis spektrofotometrede (Perkin Elmer, UK) belirlenmiştir. Çalışma 3 paralel olarak

Boyar Madde Miktarı

Sulu ortamdan uzaklaştırılan boyar madde miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik

$$q_e(x/m) = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{W}$$

q_e =Adsorbentin birim ağırlığı başına tuttuğu madde miktarı (mg/g); x =Adsorplanan maddenin kütlesi (mg); m =Adsorbentin kütlesi (g); C_0 =Boyar maddenin başlangıç konsantrasyonu (mg/L), C_e =Adsorpsiyon sonrası çözeltide kalan boyar madde konsantrasyonu (mg/L); V =Kullanılan çözelti hacmi (L); W =Kullanılan adsorbentin miktarı (g).

Langmuir İzotermi

Langmuir izotermi $C_e/Q_e = 1/Q_0B + C_e/Q_0$ şeklinde ifade edilmektedir. Buna göre, $C_e/Q_e - C_e$ grafiği çizilerek Q_0 ve b hesaplanmaktadır. C_e adsorpsiyondan sonra ortamda kalan boyar maddenin konsantrasyonu, $Q_e = x/m$ ve adsorbentin gramı başına adsorplanan boyar maddenin mg/g olarak miktarıdır. Q_0 adsorbentin kapasitesi, b ise prosesin enerjisini belirtmektedir [15].

Freunlich İzotermi

$Q_e = x/m = kC_e^{1/n}$ ifade edilmektedir, bu ifadenin lineer hali, $nQ_e = \ln x/m = \ln k + 1/n \ln C_e$ dir. Buna göre, $\ln k - \ln C_e$ grafiği çizilerek k ve n değerleri hesaplanmaktadır. Burada k adsorpsiyon kapasitesi, n ise adsorpsiyon şiddetini göstermektedir [16].

3. Bulgular

P. orientalis tarafından safraninin sulu ortamdan biyosorpsiyon metodu ile uzaklaştırılması üzerine bazı parametrelerin etkisi belirlenmiştir. Bu amaçla biyosorbente temas süresinin etkisi, boyar madde konsantrasyonu, ortamın sıcaklığı ve pH değişimleri farklı sürelerde test edilmiştir. Safraninin 1. dakikadan itibaren 10 dakika içerisinde çok hızlı bir şekilde

yürütülmüştür. Sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir [14].

biyosorpsiyonu gözlenmiştir. Daha sonra sulu çözeltiden giderilen boyar madde miktarında 80. dakikaya kadar tedrici bir artış görülmüştür. Safraninin sulu çözeltiden biyosorpsiyon tekniği ile uzaklaştırılması için optimum süre 80. dakika olarak belirlenmiştir.

Boyar Madde Konsantrasyonunun Etkisi

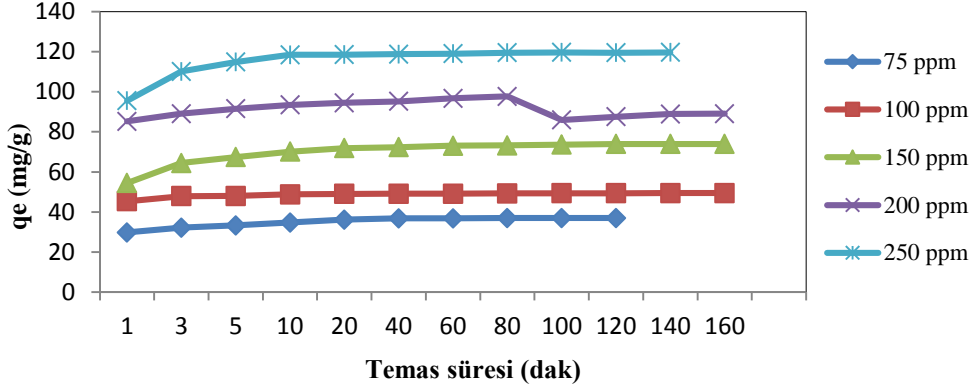
Başlangıç boyar madde konsantrasyonunun biyosorpsiyona etkisini belirlemek için safraninin 75, 100, 150, 200 ve 250 mg/L konsantrasyonları test edilmiştir (Şekil 2). Boyar madde konsantrasyonunun biyosorpsiyon üzerine etkisinin belirlenmesi için hazırlanan safranin çözeltisinin (75 mg/L) temas süresinin ilk dakikasından itibaren yüksek bir biyosorpsiyon gözlenmiştir. İlerleyen zaman içerisinde 80. dakikada biyosorpsiyon miktarının 36,98 mg/g (%98,37) olduğu belirlenmiştir. Boyar madde safranin 100 mg/L olarak hazırlanan çözeltide adsorpsiyon miktarı 80. dakikada 49,23 mg/g (%98,46), 150 mg/L' de 80. dakikada ise 73,25 mg/g (%96,69), 200 mg/L safranin içeren çözeltide 80. dakikada 97,65 mg/g (%97,65), 250 mg/L' de 80. dakikada ise 119,51 mg/g (%95,61) olarak belirlenmiştir. En iyi adsorpsiyon miktarının 80. dakika da %98,46 ile 100 mg/L konsantrasyonda olduğu tespit edilmiştir.

Sıcaklığın Etkisi

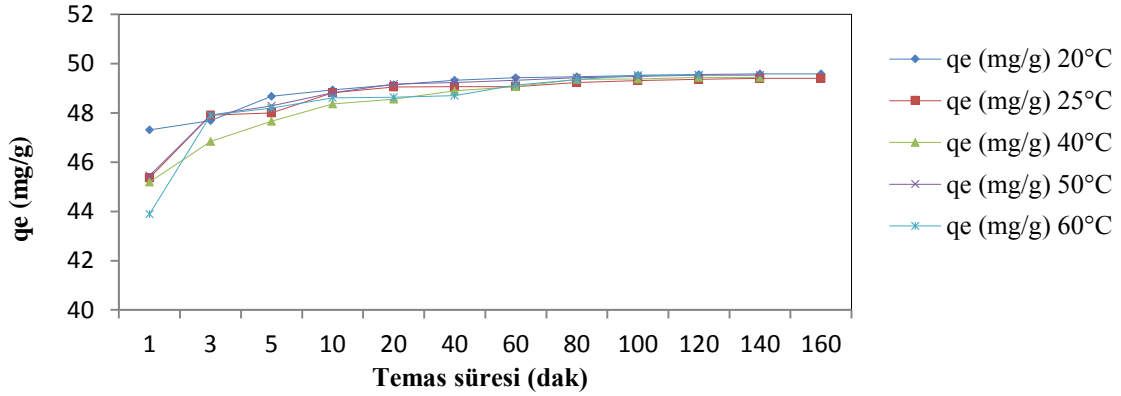
Safranin boyar maddesinin biyosorbent olarak kullanılan *P. orientalis* yaprakları tarafından 20 °C'de biyosorpsiyonu birinci dakikadan itibaren önemli miktarda yükseldiği belirlenmiştir. İlerleyen dakikalarda tedrici bir tutunma gerçekleştiği ve temas süresinin 80. dakikasında 49,46 mg/g (%98,93) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Ortam sıcaklığı 50 °C olduğunda ise temas süresinin 80. dakikasında da adsorplanan boyar miktarının 49,42 mg/g (%98,84) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Adsorplanan değerler dikkate alındığında safranin biyosorpsiyonunda sıcaklık artışı ile önemli bir değişikliğin meydana gelmediği görülmüştür. Sıcaklık uygulamasının 50°C'de

olması endüstriyel açıdan ekonomik olmadığından dolayı, absorpsiyonun 49,46 mg/g (%98,93) olduğu 20°C'e, safranin boyar maddesinin sulu ortamdan uzaklaştırılması için en uygun sıcaklık olarak tespit edilmiştir.

Şakalar [17] farklı sıcaklıklarda safranin'in yer fıstığı kabuğu üzerine etkisini incelemiş ve en iyi adsorpsiyonu % 95,00 ile 40 °C'de ve modifiye kömür üzerine etkisinde ise % 99,46 ile 60 °C'de olduğunu belirtmiştir.



Şekil 2. Farklı konsantrasyonlarda safraninin *P. orientalis* üzerine biyosorpsiyonu



Şekil 3. *P. orientalis* biyosorbentinin safraninin biyosorpsiyonu üzerine farklı sıcaklıkların etkisi

Güngörmedi ve diğ. [18], reaktif red 198 boyar maddesinin *Trametes versicolor* ATCC200801'in kuru biyokütlesi ile biyosorpsiyonu araştırılmıştır. Başlangıç boyar madde konsantrasyonunun biyosorpsiyon üzerine etkisini belirlemek amacıyla 10-300 mg/l boyar madde konsantrasyonları çalışılmış, en uygun başlangıç boyarmadde konsantrasyonunu 75 mg/l (%91,37) olarak belirlemiştir.

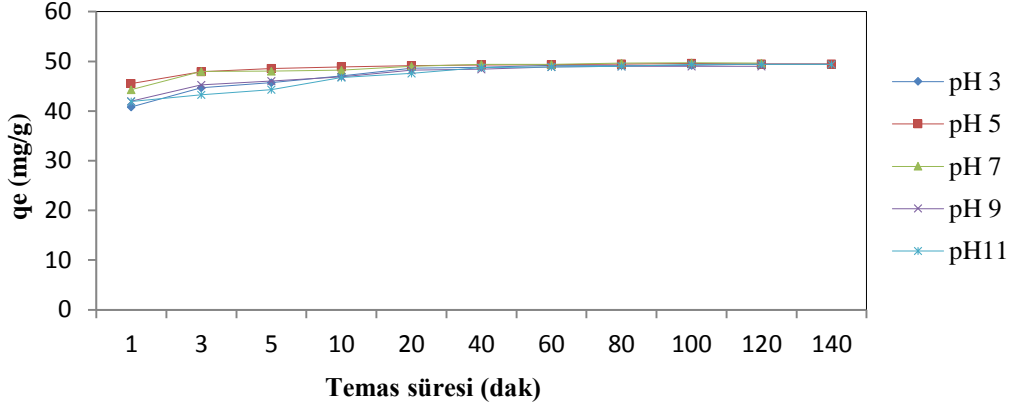
pH'nın Etkisi

Boyar madde çözeltilerinin pH'ları hem biyosorbent hem de boyar maddenin kimyasal özelliklerini etkiler, bu da biyosorpsiyon miktarında değişmelere neden olur. Safranin boyar maddesinin biyosorpsiyonu üzerine optimum pH değerini belirlemek için 3, 5, 7, 9 ve

11 olmak üzere 5 farklı pH değeri test edilmiştir (Şekil 4).

Sonuçlar incelendiğinde safraninin *P. orientalis* üzerine pH'sı 3 olan çözeltide 80. dakikada adsorpsiyon miktarının 49,20 mg/g (%98,40) olduğu belirlenmiştir. pH 5' de ise 80. dakikada 49,46 mg/g (%98,93), pH'sı 7 olan boyar madde çözeltilerinde ilk andan itibaren yüksek bir biyosorpsiyon gözlenmiş ve 80. dakikada ulaştığı adsorpsiyon oranının 49,64 mg/g (%99,28) olduğu tespit edilmiştir. pH 9'da 49,03 mg/g (%98,06) ve pH 11'de adsorpsiyon miktarı 48,98 mg/g (%97,96) olarak belirlenmiştir. Optimum adsorpsiyonun ise pH 7'de, %99,28 oranında olduğu belirlenmiştir. Şakalar [17], yer fıstığı kabuğundan üretilen kömür üzerine safranin ve remazol brillant blue R boyalarının sulu çözeltiden adsorpsiyonunu

araştırmıştır. Farklı pH'larda safranin'in yerfıstığı kömür üzerine etkisini ise 99,59 ile pH 7 de elde kabuğu üzerine adsorpsiyonunda en iyi etmiştir. adsorpsiyonunu % 98,97 ile pH 5 ve modifiye

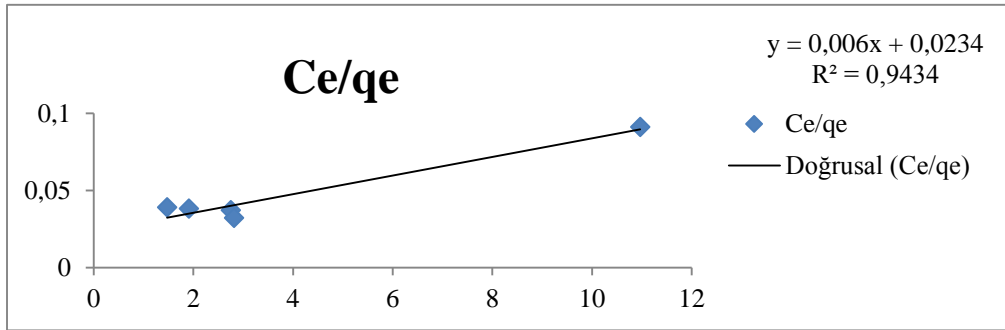


Şekil 4. Farklı pH değerlerinin safranin boyar maddesinin *P. orientalis* üzerine biyosorpsiyonu

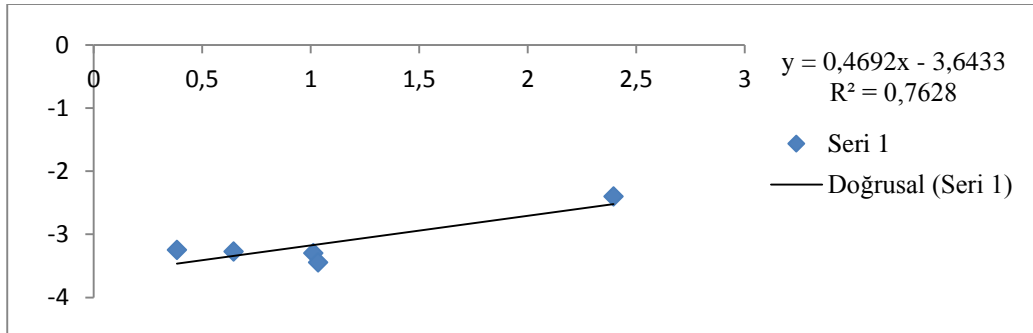
Biyosorpsiyon İzotermeleri

Adsorpsiyon prosesinin izoterm analizi, en çok kullanılan izoterm modellerinden olan Langmuir ve Freundlich izoterm modellerine göre 25 °C ve normal pH şartlarında

incelenmiştir. Normal pH şartlarında (pH= 5.00-6.86) ve 25 °C'de Langmuir ve Freundlich izoterm grafikleri Şekil 5 ve Şekil 6 da gösterilmiştir.



Şekil 5. Safranin'in *P.orientalis* üzerine biyosorpsiyonunun Langmuir izotermi (pH= 5.00-6.86, T= 25 °C, R²=0,943)



Şekil 6. Safranin'in *P.orientalis* üzerine biyosorpsiyonunun Freundlich izotermi (pH= 5.00-6.86, T= 25 °C, R²=0,762)

Çizelge 5 ve 6 da görüldüğü gibi safraninin $R^2=0,762$ değeri ile Freundlich izoterm modeline uymadığı, çalışma eğrisinin korelasyon değeri $R^2=0,943$ olarak bulunan safranin boyar maddesinin Langmuir izoterm modeline uyduğu görülmektedir. Biyosorpsiyon Freundlich'e uyum sağlamaması, *P. orientalis* yüzeyinde boyar maddenin lokal olarak adsorplanmadığını, Langmuir izotermine uyması ise yüzeyin tam olarak homojen bir şekilde kaplandığını göstermektedir.

4. Sonuç

P. orientalis kurutulmuş yaprakları tarafından safranin boyar maddesinin sulu ortamdan uzaklaştırılması için adsorbsiyon tekniği üzerine yapılan bu çalışmada, biyosorpsiyona temas süresi, başlangıç boyar madde konsantrasyonu, başlangıç çözelti pH'sı ve sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Safranin içeren tüm çözeltilerde *P. orientalis* biyosorbentine ilk dakikalardan itibaren fazla miktarda boyar madde adsorplandığı ve çalışmanın 80. dakikasına kadar bu adsorplanan boyar madde miktarında artışın olduğu belirlenmiştir. Biyosorbente adsorbe olan boyar madde miktarının maksimum değere ulaşması nedeniyle 80. dakika dengelenme süresi olarak tespit edilmiştir.

Başlangıç konsantrasyonunun biyosorpsiyona etkisi üzerine yapılan çalışmada, konsantrasyonun artmasıyla *P.orientalis* biyosorbentine adsorplanan boya miktarında da artış olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak biyosorbente en fazla adsorbe olan boyar madde miktarı 100 mg/L'de 49,23 mg/g olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar aynı zamanda *P. orientalis*'in biyosorpsiyon kapasitesini de göstermektedir.

pH'nın biyosorpsiyona etkisi üzerine yapılan çalışmalar çözelti pH'sının etkili bir parametre olduğu ifade etmektedirler. Yapılan bu çalışmada, *P. orientalis*'e adsorplanan boya miktarında pH'nın artmasına paralel olarak adsorplanan boya miktarında önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Optimum pH belirleme çalışmalarının sonucunda elde edilen değerin pH 7'de 49,64 mg/g (%99,28) olduğu görülmüştür.

Biyosorpsiyona sıcaklığın etkisinin araştırıldığı çalışmada, artan çözelti sıcaklığıyla safranin biyosorbsiyonunda önemli bir farklılık görülmemiştir. Çalışma pH (6.86-7.01), 20°C'de

ve 100 mg/L'lik başlangıç boyar madde konsantrasyonu içeren ortamda biyosorbsiyonun maksimum değere ulaştığı (49,46 mg/g, %98, 93) belirlenmiştir.

Hamdaoui ve diğ. [13] model bir sistem olarak *P. vulgaris* yapraklarıyla malaşit yeşili boyasının sudan sorpsiyonla uzaklaştırılmasını araştırmışlardır. Bu çalışmada malaşit yeşili giderimine temas zamanı, sorbent dozu, başlangıç boya değişimi, çalkalama hızı, iyonik güç ve sıcaklık gibi değişik deneysel kondisyonların etkisine bakılmıştır ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Denge izoterm verileri, hem Langmuir hem de Freundlich modelleriyle iyi bir biçimde tanımlanmasına rağmen Langmuir verileri denge modeline daha iyi uymuştur.

Sonuç olarak, Ülkemizde oldukça fazla sayıda bulunan endüstriyel kuruluşlardan özellikle tekstil fabrikalardan atılan safranin boyar madde içeren atık suların, *P. orientalis* ölü çınar biyoması kullanılarak önemli ölçüde giderilebileceği bu çalışma ile belirlenmiştir. Atık su arıtılmasında farklı yöntemler uygulanabilmesi nedeniyle, özellikle ölü biyolojik materyallerin biyosorbent olarak kullanılmasının hem ekonomik hem de çevre kirliliğinin giderilmesine katkısı sebebiyle kullanılmasının yararlı olacağı, yapılan bu çalışma ile gösterilmiştir. Bununla birlikte gelecekte yapılacak çalışmalarla *P. orientalis*'in, çeşitli sanayi atıklarında bulunan diğer kirliliklerin (ağır metal vb.) de biyoadsorpsiyon tekniği ile uzaklaştırılmasında kullanılabilirliğinin araştırılması yararlı olacaktır.

5. Kaynaklar

1. Özbay, N., Gözükızıl, F., Eren, E. (2012). Sulu Çözeltilerden Remazol Red Boyarmaddesinin Biyosorpsiyon Yöntemi ile Giderimi. Ulusal Kimya Kongresi, 2012.
2. Bozanta, E., Ökmen, G. (2011). Biyosorpsiyon ve Mikroorganizmalar. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 4 (2):69-77.
3. Ertaş, M., Acemioğlu, 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.
4. Acemioğlu, B. (2004). Adsorption of congo red from aqueous solution onto calcium-rich fly ash. Journal of Colloid and Interface Science, 274: 371-379.
5. Kapdan Karapınar, İ., Kargı, F. (2000). Atıksulardan Tekstil Boyar Maddelerinin

- Adsorpsiyonlu Biyolojik Arıtım ile Giderimi, Turk J. Engin. Environ. Sci., **24**,161- 169.
6. Yeh, R.Y.L., Thomas, A. (1995). Color difference measurement and color removal from dye wastewaters using different adsorbents, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, **63**: 55-59.
 7. Erdem, E., Çölgeçen, G., Donat, R. (2005). The removal of textile dyes by diatomite earth. Journal of Colloid and Interface Science, **282**:314-319.
 8. Han, R., Zou, W., Yu, W., Cheng, S., Wang, Y., Shi, J. (2007). Biosorption of methylene blue from aqueous solution by fallen phoenix tree's laves. J. Hazard mater. **141**:156-162.
 9. Hamdaoui, O., Saoudi, F., China, M., Naffrechoux, E. (2008). Sorption of malachite green by a novel sorbent, dead leaves of plane tree: Equilibrium and kinetic modeling. Chem. Eng. J. **143**:73-84.
 10. Ahmad, R. (2009). Studies on adsorption of crystal violet dye from aqueous solution onto coniferous pinus bark powder (CPBP). J.Hazard.Mater. **171**:767-773.
 11. Cardoso, N.F., Pinto, R.B., Lima, E.C., Calvete, T., Amavisca, C.V., Royer, B., Cunha, M.L., Fernandes, T.H.M., Pinto, I.S. (2011). Removal of remozal black B textile dye from aqueous solution by adsorption. Desalination, **269**:92-103.
 12. Barka, N., Abdennour, 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.
 13. Çokkeser, F., Akgül, G., Tokay, T. (2006). *Saccharomyces cerevisiae* Biyoserbenti Kullanılarak Safranin Boyar Maddesinin Sulu Ortamdan Uzaklaştırılması. Bitirme Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
 14. Acemioglu, B., Kertmen, M., Dıgrak, M., Alma, M.H. Temiz, F. (2010). Biosorption of crystal violet onto *Aspergillus wentii* from aqueous solution Asian Journal of Chemistry, **22**(2):1394-1402
 15. Langmuir, I. (1918). The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. Journal of the American Chemical Society, **24**:161-169.
 16. Freundlich, H. (1907). Ueber die adsorption in loesungen. Zeitschrift für Physikalische Chemie. **57**:385-470.
 17. Şakalar, N. (2009). Yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğundan üretilen kömür üzerine safranin ve remazol brillant blue R boyalarının sulu çözeltiden adsorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
 18. Güngörmedi, G., Şaşmaz, S., Aytar, P., Gedikli, S., Ünal, A., Çabuk, A., Kolankaya, N. (2009). Reaktif red 198 boyar maddesinin *Trametes versicolor* ATCC 200801'in kuru biyokütlesi ile biyosorpsiyonu. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, **22**(2): 247-264.