

CEVİZ KABUĞU VE FINDIK KABUĞU KULLANILARAK SULU ÇÖZELTİLERDEN DİSPERS AZO BOYALARIN GİDERİMİ

Nihan KAYA, A. Tuğçe YÜCEL, Arzu KONKAN, Deniz MOCUR ve Murat GÜLTEKİN

Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe, 06570, Ankara, Türkiye
Tel: +90 312 582 35 52, Fax: +90 312 230 84 34
nkaya@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 22.03.2010; Kabul/Accepted: 26.05.2011)

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, ceviz kabuğu ve fındık kabuğu gibi düşük maliyetli adsorbanları kullanarak, farklı deneysel şartlar altında sulu çözeltilerden bazı tekstil boyalarının (Dispers Mavi 106 ve 124) giderilmesidir. Bu amaç doğrultusunda bir seri kesikli adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneylerin her bir seti için temas süresi ve sıcaklık, 30 dakika ve 20 °C olarak sabitlenmiştir. Adsorban miktarı, partikül boyutu, çözelti pH' ı ve başlangıçtaki boyarmadde konsantrasyonunun adsorpsiyon prosesi üzerine etkileri incelenmiştir. En yüksek adsorpsiyon kapasitelerine ceviz kabuğunun kullanıldığı çalışmalarda ulaşılmıştır. Adsorbanın partikül boyutunun küçültülmesiyle ve çözeltideki boya konsantrasyonunun artmasıyla, her iki boyanın her iki adsorban üzerine adsorpsiyonu artış göstermiştir. Kullanılan adsorbanların miktarı ve çözelti pH'ı arttırıldığında adsorpsiyon kapasitelerinde düşüşler gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su kirliliği, adsorpsiyon, fındık kabuğu, ceviz kabuğu, dispers mavi 106, dispers mavi 124

REMOVAL OF DISPERSE AZO DYES FROM AQUEOUS SOLUTIONS BY USING WALNUT SHELL AND HAZELNUT SHELL

ABSTRACT

The objective of this study is to remove the textile dyes (C.I. Disperse Blue 106 and 124) from aqueous solutions by using low-cost adsorbents such as walnut shell and hazelnut shell under different experimental conditions. For this purpose, a series of batch adsorption experiments was carried out. The contact time and temperature were kept constant as 30 min and 20 °C for all set of experiments. The effects of particle size, amount of adsorbents, solution pH and initial concentration of dyes on the adsorption process were investigated. Highest adsorption capacities were attained by using walnut shell. The removal of dyes improved as the particle size of adsorbent was decreased and the concentration of dye in solution was increased. When pH and quantity of adsorbents used were increased, adsorption capacities decreased.

Keywords: Water pollution, adsorption, hazelnut shell, walnut shell, disperse blue 106, disperse blue 124

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Nüfusun artması ve teknolojinin hızla gelişmesi ile endüstriyel faaliyetlerde hızlı artış gözlenmiştir. Bu faaliyetler neticesinde oluşan atıklar, canlı hayatı ve çevre için büyük bir sorun haline almıştır. Bu durum, çevre kirliliği ile daha etkin biçimde mücadeleyi mecburi hale getirmiştir. Özellikle sanayi tesislerinden alıcı ortamlara dolaylı ve dolaysız olarak bırakılan kirleticiler sebebiyle su kaynakları olumsuz

etkilenmektedir. Bu nedenle son yıllarda yapılan bilimsel çalışma ve araştırmalar su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi ve mevcut su kirliliği yükünün azaltılması konusuna odaklanmaktadır [1].

Sentetik boyalar tekstil sanayiinde oldukça çok kullanılmakta ve tekstil atık suları; renk, yüksek KOİ, pH ve toksik katı madde içeren endüstriyel atık sular olarak önemli bir çevresel problem oluşturmaktadır [2]. Yüksek miktarda organik kirlilik içeren bu tip atık

suların arıtımı, kompleks yapıdaki boyarmaddelerin yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları ve bu organik bileşiklerin karmaşık ve kararlı kimyasal yapılara sahip olmalarından dolayı zor ve problemlidir [3]. Bu nedenle boyarmadde ihtiva eden atık suların arıtımı, ileri arıtma teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler arasında adsorpsiyon, arıtma performansı en yüksek olan ve en çok kullanılan yöntemlerden biridir [4-6].

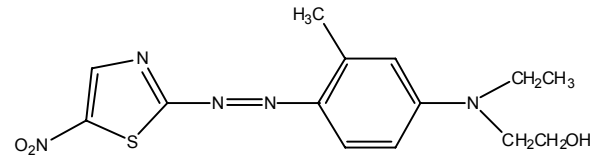
Tekstil boyarmaddelerinden biri olan dispers boyarmaddeler oda sıcaklığında suda çözünmeyen, non-iyonik yapıda ve liflere küçük tanecikli dispersiyonlar halinde uygulanan boyarmaddelerdir. Tamamen çözünmez olmadıklarından, boyama sırasında banyoda eser miktarda çözünmüş halde bulunurlar. Bu boyarmaddelerin sudaki az miktardaki çözünürlükleri; moleküllerindeki iyonik olmayan, fakat su ile hidrojen bağı yapabilen $-OH$ veya $-NH_2$ gibi grupların bulunmasından ileri gelmektedir. Özellikle polyester dokuma için en önemli boyarmadde sınıfını temsil eden dispers boyarmaddeler monoazo, diazo ve antrakınon gibi kimyasal yapılara sahiptir. Bunlardan azo boyarmaddeler endüstriyel olarak en çok kullanılan ve birçok boyarmaddenin temelini teşkil eden yapılardır. Ucuz başlangıç maddelerinden kolay üretilebilir oluşu, yüksek boyama etkinlikleri ile tüm renk aralığını kapsamaları, azo boyarmaddelerin tercih edilme sebepleridir. Özellikle düşük molekül ağırlıklı ve non-iyonik yapıda olan monoazo boyarmaddeler, dispers azo boyarmaddelerin yaklaşık %50' sini oluşturmaktadır [7-9].

Dispers mavi 106 ve dispers mavi 124 boyarmaddeleri monoazo yapıda olup, tekstil sanayiinde kumaşların görsel çekiciliğini arttırmak için tercih edilen ürünlerdendir. Bunun dışında emniyet kemerinden, çocuk bezine kadar pek çok üründe yaygın olarak kullanılmaktadırlar [10, 11]. Bu çalışmada, bu boyarmaddelerin sulardan giderimi için ceviz kabuğu ve fındık kabuğu gibi düşük maliyetli ve doğal bulunabilen adsorbanların kullanımı araştırılmıştır. pH' ın, adsorban türünün, tanecik büyüklüğünün ve miktarının, farklı konsantrasyonlarda boyarmadde ihtiva eden sulardaki adsorpsiyon prosesi üzerine etkileri incelenmiştir.

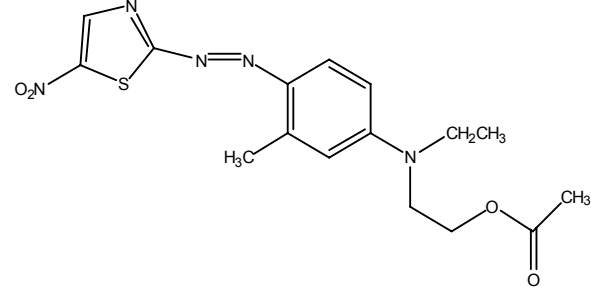
2. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHOD)

Deneysel çalışmalarda kullanılan monoazo yapıdaki dispers mavi 106 ve 124 boyarmaddeleri (Şekil 1) Sigma-Aldrich (Almanya) firmasından temin edilmiştir. Adsorban olarak kullanılan fındık kabuğu ve ceviz kabuğu yurt içinden temin edilmiş olup, deney öncesi boyut küçültme ve elek analizine tabii tutularak, farklı tanecik büyüklüğünde kırılmış malzeme haline getirilmiştir.

Dispers mavi 106



Dispers mavi 124



Şekil 1. Boyarmaddelerin moleküler yapısı
(Molecular structure of dyestuffs)

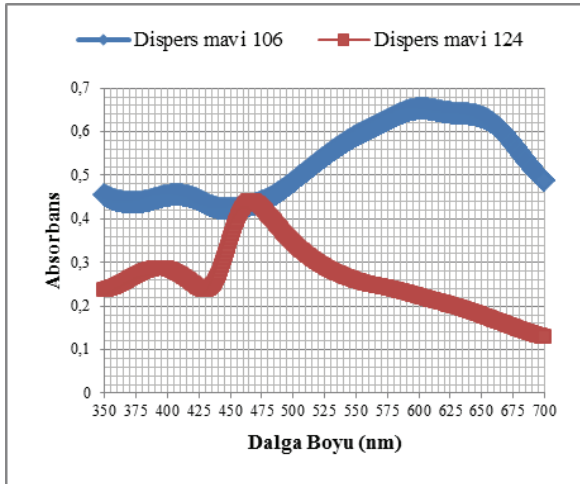
Her iki boyarmadde için hazırlanan $2,5 \times 10^{-4}$ M' lık çözeltiler kullanılarak, Perkin Elmer Lambda 900 UV-Visible-NIR spektrofotometre cihazı ile 300-700 nm arasında, 1 nm' lik dalga boyu aralıklarıyla tarama yapılarak absorpsiyonlar ölçülmüş ve her bir boyarmadde için maksimum absorpsiyonun gerçekleştiği dalga boyu belirlenmiştir. Ardından uygun seyreltmeler yapılarak standart çözeltiler hazırlanmış; her bir boyarmadde için belirlenen dalga boyunda çalışılarak, absorpsiyon karşı konsantrasyon şeklinde kalibrasyon grafikleri hazırlanmıştır.

Kalibrasyon grafikleri oluşturulduktan sonra adsorpsiyon işlemine geçilmiştir. Her iki boyarmadde için hazırlanan konsantrasyonları belli çözeltilerden 50' şer ml' lik örnekler alınıp, içerisine 855 ve 1500 μ m ortalama tane boyutuna sahip fındık kabuğu ile 358 ve 855 μ m ortalama tane boyutuna sahip ceviz kabuğu 0,25 ve 0,5 g olmak üzere iki farklı miktarda eklenmiş; 0,1 M NaOH çözeltisi kullanılarak pH 9 ve 11 olacak şekilde ayrı ayrı ayarlama yapılmıştır. Hazırlanan numuneler Selecta marka çalkalamalı su banyosunda 20 °C' de 30 dakika süre ile çalkalama işlemine tabii tutulmuş ve adsorpsiyon işleminin gerçekleşmesi sağlanmıştır. 30 dakika sonunda numunelerdeki adsorbanlar süzülerek ayrılmış ve adsorpsiyon işlemi sonunda çözeltilerde kalan boyarmadde miktarı spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar yardımıyla birim kütledeki adsorban başına adsorplanan boyarmadde kütlesi hesaplanarak, % adsorpsiyon verimlerine geçilmiştir.

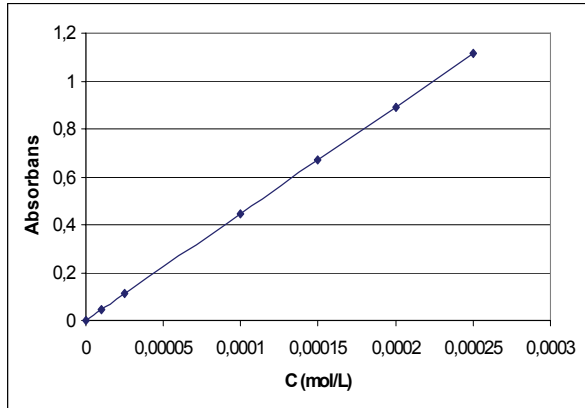
3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Deneysel çalışmaların ilk aşamasında dispers mavi 106 ve 124' ün maksimum absorpsiyon yaptığı dalga

boyunun belirlenebilmesi amacıyla bu boyarmaddelerin konsantrasyonu bilinen standart çözeltileri kullanılarak, UV spektrofotometre cihazı ile dalga boyu taraması yapılmıştır (Şekil 2). Hem çizilen Absorbans-Dalga boyu grafiğinden hem de spektrofotometre cihazının verdiği pik değerlerinden yararlanarak, Dispers mavi 106' nın 602 nm' de, dispers mavi 124' ün ise 467 nm' de maksimum absorpsiyon gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Belirlenen bu dalga boyunda çalışılarak, her bir boyarmaddenin hazırlanan standart çözeltilerinin absorbans değerleri ölçülmüş ve bu değerler yardımıyla kalibrasyon grafikleri hazırlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 2. Dispers mavi 106 ve 124 boyarmaddelerine ait A-λ grafiği (The A-λ graph for disperse blue 106 and 124 dyestuffs)



Şekil 3. Dispers mavi 124 boyarmaddesine ait kalibrasyon grafiği (The calibration graph for disperse blue 124 dyestuff)

Adsorpsiyon işlemi sonucu adsorplanmadan çözeltide kalan boyarmadde miktarı bu kalibrasyon grafikleri yardımıyla belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda boyarmadde ihtiva eden su örneklerinde fındık kabuğu ve ceviz kabuğu kullanılarak, farklı çalışma şartlarında gerçekleştirilen adsorpsiyon işlemi sonucu gram adsorban başına adsorplanan miligram boyarmadde miktarı (q_0) ve kütlece % adsorpsiyon

verimi Eşitlik 1 ve 2 yardımıyla hesaplanmıştır [12-15].

$$q_0 = (C_0 - C) \times \frac{V}{m} \times M \quad (1)$$

$$\% \text{ Adsorpsiyon Verimi} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

Deneyel çalışmalarda boyarmadde ihtiva eden su numunelerinden dispers mavi 106' nın giderimi için 358 ve 855 µm ortalama tane boyutuna sahip ceviz kabuğu kullanılırken, dispers mavi 124 için 855 ve 1500 µm ortalama tane boyutuna sahip fındık kabuğu kullanılmıştır. Kullanılan her bir adsorban için farklı konsantrasyonlarda ve iki farklı pH' da beşer set deney yapılmıştır. 1 ve 2 nolu deney setlerinde küçük tane boyutuna sahip adsorbanlarla çalışılırken, 3 ve 4 nolu deney setlerinde büyük tane boyutuna sahip adsorbanlar kullanılmış ve pH 9 olacak şekilde ayarlama yapılmıştır. Bu deney setlerinden 1 ve 3 nolu çalışmalarda 0,25 g adsorban kullanılırken, 2 ve 4 nolu deney setlerinde 0,5 g adsorban kullanılmıştır. Set 5' de ise küçük tane boyutuna sahip adsorbanlardan 0,5 g kullanılarak, pH 11 olacak şekilde ayarlama yapılmıştır.

Belirtilen çalışma şartlarında, ceviz kabuğu kullanılarak gerçekleştirilen adsorpsiyon işlemine ait deneysel sonuçlar Tablo 1' de, fındık kabuğu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalara ait deneysel sonuçlar ise Tablo 2' de verilmiştir. Deneyel sonuçlardan görüldüğü gibi, sulu çözeltilerde başlangıçtaki boyarmadde konsantrasyonu, kullanılan adsorbanların türü, miktarı ve partikül boyutu ile çözeltilerin pH' ı değiştikçe, adsorpsiyon kapasitesi ve adsorpsiyon verimi de önemli oranda değişmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar da adsorpsiyon proseslerinde bu parametrelerin önemli olduğunu, adsorpsiyon verimini ve kapasitesini etkilediğini göstermektedir [16].

Ceviz kabuğu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda 7, fındık kabuğu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda ise 5 farklı konsantrasyonda boyarmadde ihtiva eden sulu çözeltiler kullanılmış ve konsantrasyon arttıkça adsorpsiyon kapasitesinin de önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Sıvı fazdaki başlangıç konsantrasyonunun artması, katı ve sıvı faz arası konsantrasyon farkının ve dolayısıyla sıvı fazdan katı faza kütle transferinin artmasına neden olur. Kütle transferindeki bu artış, gram adsorban başına tutulan mg boyarmadde miktarında da artışa yol açar [17, 18]. En yüksek adsorpsiyon kapasitesi değerlerine çalışılan numuneler içinde en yüksek konsantrasyona sahip $2,5 \times 10^{-3} M$ lık çözeltilerde ulaşılması beklenen bir sonuçtur. Aksi durum doygunluk anında gözlenebilir. Konsantrasyonun artmasıyla adsorpsiyon kapasitesindeki artışın devam etmesi, kullanılan

adsorbanların çalışılan koşullarda doygunluğa ulaşmadığının bir göstergesidir.

Kullanılan adsorbanların miktarı ve partikül boyutu ise bir diğer önemli parametredir. Deneylerde farklı tane boyutuna sahip fındık kabuğu ile ceviz kabuğu kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar incelendiğinde aynı miktarda adsorban kullanılan numunelerde partikül büyüklüğü değişikçe (Set 1 ve 3, Set 2 ve 4), daha küçük boyutta olan adsorbanların (Set 1 ve 2) adsorplama kapasitelerinin daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sonuç tanecik boyutu azaldıkça, temas yüzeyinin artması ve artan temas etkinliğine paralel olarak daha fazla boyarmaddenin

adsorplanması ile açıklanabilir [13]. Literatürdeki bazı çalışmalar, adsorban miktarı arttıkça adsorplama kapasitesi değerlerinin daha düşük olacağı beklentisini getirmektedir [19]. Tablo 1’deki sonuçlar incelendiğinde, ceviz kabuğu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda adsorban miktarı ile % adsorpsiyon veriminin arttığı (Set 1 ve 2, Set 3 ve 4), ancak daha küçük adsorpsiyon kapasitesi (q_0) değerleri elde edildiği görülür. Fındık kabuğu kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde kısmen literatüre uyum gözlenmiştir. Tablo 2’deki sonuçlar, artan adsorban miktarı ile sadece q_0 değerlerinin değil; % adsorpsiyon verimlerinin de azaldığını göstermektedir.

Tablo 1. Dispers mavi 106’ nın farklı çalışma şartlarında ceviz kabuğu ile adsorpsiyonuna ait deneysel sonuçlar (The experimental results for adsorption of disperse blue 106 by using walnut shell at different operating conditions)

C (mol/L)	q_0 (mg boyarmadde / g adsorban)				
	Set 1 (pH=9; 358 μm^2 lik 0,25 g adsorban)	Set 2 (pH=9; 358 μm^2 lik 0,5 g adsorban)	Set 3 (pH=9; 855 μm^2 lik 0,25 g adsorban)	Set 4 (pH=9; 855 μm^2 lik 0,5 g adsorban)	Set 5 (pH=11; 358 μm^2 lik 0,5 g adsorban)
10^{-6}	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
10^{-5}	0,18	0,19	0,14	0,10	0,08
$2,5 \times 10^{-5}$	0,75	0,49	0,72	0,47	0,33
10^{-4}	3,80	2,10	3,22	1,95	1,68
$2,5 \times 10^{-4}$	9,55	3,10	10,26	5,10	6,36
10^{-3}	59,03	27,50	33,87	28,44	31,50
$2,5 \times 10^{-3}$	140,85	74,60	137,50	75,06	90,60
	% Adsorpsiyon				
10^{-6}	17,00	59,50	14,90	29,76	7,44
10^{-5}	27,00	56,60	20,87	29,82	12,00
$2,5 \times 10^{-5}$	44,73	58,00	42,94	56,06	19,68
10^{-4}	56,70	62,60	48,00	58,14	25,05
$2,5 \times 10^{-4}$	57,00	37,00	61,20	60,83	38,00
10^{-3}	88,00	82,00	50,50	84,80	47,00
$2,5 \times 10^{-3}$	84,00	89,00	82,00	89,52	54,00

Tablo 2. Dispers mavi 124’ ün farklı çalışma şartlarında fındık kabuğu ile adsorpsiyonuna ait deneysel sonuçlar (The experimental results for adsorption of disperse blue 124 by using hazelnut shell at different operating conditions)

C (mol/L)	q_0 (mg boyarmadde / g adsorban)				
	Set 1 (pH=9; 855 μm^2 lik 0,25 g adsorban)	Set 2 (pH=9; 855 μm^2 lik 0,5 g adsorban)	Set 3 (pH=9; 1500 μm^2 lik 0,25 g adsorban)	Set 4 (pH=9; 1500 μm^2 lik 0,5 g adsorban)	Set 5 (pH=11; 855 μm^2 lik 0,5 g adsorban)
1×10^{-5}	0,15	0,015	0,25	0,16	0,04
$2,5 \times 10^{-5}$	0,49	0,15	0,45	0,26	0,11
1×10^{-4}	4,33	1,24	2,79	1,02	0,60
2×10^{-4}	7,31	3,32	6,79	1,51	2,26
$2,5 \times 10^{-4}$	7,77	4,22	8,52	1,13	2,64
	% Adsorpsiyon				
1×10^{-5}	19,9	3,98	33,2	42,4	10,61
$2,5 \times 10^{-5}$	26,0	15,9	23,9	27,6	11,7
1×10^{-4}	57,4	32,9	37,0	27,0	15,9
2×10^{-4}	48,5	44,0	45,03	20,0	30,0
$2,5 \times 10^{-4}$	41,2	44,8	45,2	12,0	28,0

Boyarmadde ihtiva eden sulu çözeltilerin pH değerlerindeki değişimin adsorpsiyon prosesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla iki farklı pH' da (9 ve 11) gerçekleştirilen çalışmalarda, ortamdaki OH⁻ iyonlarının artması ile fındık kabuğu ve ceviz kabuğunun adsorpsiyon kapasitelerinde ve adsorpsiyon verimlerinde büyük düşüşler gözlenmiştir (Set 5). Literatürde bu konu üzerinde pek çok çalışma yapılmış olup, uzaklaştırılmak istenen boyarmaddelerin yapısal özelliklerine, asidik ya da bazik olmalarına ve kullanılan adsorbanların türüne göre pH etkisinin değişim gösterdiği görülmüştür [13, 15, 18]. Bu nedenle çalışılan dispers mavi 106 ve 124 boyalarının gideriminde pH'ın önemli bir parametre olduğu ve düşük pH' lar da çalışılması durumunda adsorpsiyon kapasitesinin ve veriminin daha yüksek olabileceği düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Farklı çalışma şartlarında gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlar ışığında, sulu çözeltilerden dispers mavi 106 ve 124 boyarmaddelerinin giderilebilmesi için düşük maliyetli ve kolay temin edilebilen ceviz kabuğu ve fındık kabuğunun adsorban olarak kullanılabilmesi söylenebilir. Adsorplama kapasitesi ve adsorpsiyon verimi üzerine pH, adsorban miktarı ve boyutu ile başlangıçtaki boyarmadde konsantrasyonunun önemli etkilerinin olduğu elde edilen deneysel sonuçlardan görülmektedir. Her ne kadar adsorpsiyon verimi ve kapasitesi bakımından değerlendirildiğinde ceviz kabuğunun kullanıldığı şartlarda daha iyi sonuçlar elde edilse de; her iki adsorbanın kolay ve ucuz temin edilebilir olması, doyumluğa ulaştıklarında rejenerasyon işlemine gerek duyulmadan yenilenebilmesi ve yakılarak bertaraf edilebilir olmaları bu adsorbanların her ikisini de kullanışlı kılmaktadır.

5. SEMBOLLER (NOMENCLATURE)

- A Adsorbans
 C₀ Adsorpsiyon öncesi boyarmadde konsantrasyonu, M (mol/L)
 C Adsorpsiyon sonrası boyarmadde konsantrasyonu, M (mol/L)
 M Boyarmaddenin molar kütlesi, g/g-mol
 q₀ Adsorpsiyon kapasitesi (mg boyarmadde / g adsorban)
 V Çözelti hacmi, ml
 m Adsorban kütlesi, g
 λ Dalga boyu, nm

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Köseoğlu, C., **Atık Çamurun İyileştirilebilmesi İçin Bitkisel Arıtımın Kullanım Olanaklarının Araştırılması**, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

2. Al-Kdasi, A., Idris, A., Saed, K. ve Guan, C.T., "Treatment of Textile Wastewater by Advanced Oxidation Processes - A review", **Global Nest: The Int. J.**, Cilt 6, No 3, 222-230, 2004.
3. Perkowski, J. ve Kos, L., "Decolouration of Model Dyehouse Wastewater with Advanced Oxidation Processes", **Fibres and Textiles in Eastern Europe**, Cilt 11, No 3, 67-71, 2003.
4. Mohan, S.V. ve Karthikeyan, J., "Removal of Lignin and Tannin Colour From Aqueous Solution by Adsorption Onto Activated Charcoal", **Environmental Pollution**, Cilt 97, No 1, 183-187, 1997.
5. Namasivayam, C. ve Sumithra, S., "Removal of Direct Red 12B and Methylene Blue From Water by Adsorption Onto Fe(III)/Cr(III) Hydroxide, an Industrial Solid Waste", **Journal of Environmental Management**, Cilt 74, No 3, 207-215, 2005.
6. Otero, M., Rozada, F., Calvo, L.F., Garca, A.I. ve Moran, A., "Elimination of Organic Water Pollutants Using Adsorbents Obtained From Sewage Sludge", **Dyes and Pigments**, Cilt 57, No 1, 55-65, 2003.
7. Kaya, N., **Mavi-Kırmızı Boya ve Karbon Nanotüp Katkılı Nematik Sıvı Kristallerin Karakterizasyonu ve Uygulanabilirliğinin Araştırılması**, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
8. Neamtu, M., Yediler, A., Siminiceanu, I., Macoveanu, M. ve Kettrup, A., "Decolorization of Disperse Red 354 Azo Dye in Water by Several Oxidation Processes – A Comparative Study", **Dyes and Pigments**, Cilt 60, 61-68, 2004.
9. Akbari, A., Remigy, J.C. ve Aptel, P., "Treatment of Textile Dye Effluent Using a Polyamide-Based Nanofiltration Membrane", **Chemical Engineering and Processing**, Cilt 41, 601-609, 2002.
10. <http://www.bcds.org.uk>, 2010.
11. <http://www.dormer.com>, 2010.
12. Ozdemir, O., Armagan, B., Turan, M ve Çelik, M.S., "Comparison of the Adsorption Characteristics of Azo-Reactive Dyes on Mesoporous Minerals", **Dyes and Pigments**, Cilt 62, 49-60, 2004.
13. Gupta, V.K., Ali, I., Saini, V.K., Gerven, T.V., Bruggen, B.V. ve Vandecasteele, C., "Removal of Dyes from Wastewater Using Bottom Ash", **Ind. Eng. Chem. Res.**, Cilt 44, 3655-3664, 2005.
14. Altun, T. ve Pehlivan, E., "Removal of Copper(II) Ions from Aqueous Solutions by Walnut-, Hazelnut- and Almond-Shells", **Clean**, Cilt 35, No 6, 601-606, 2007.
15. Ferrero, F., "Dye Removal by Low Cost Adsorbents: Hazelnut Shells in Comparison with Wood Sawdust", **Journal of Hazardous Materials**, Cilt 142, 144-152, 2007.

16. Ozturk, N. ve Bektaş, T.E., “Nitrate Removal from Aqueous Solution by Adsorption onto Various Materials”, **Journal of Hazardous Materials B**, Cilt 112, 155-162, 2004.
17. Akkurt, F., Alıcılar, A. ve Şendil, O., Removal of Nitrate in Water by Means of Adsorption, **J. of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 17 (4), 83-91, 2002.
18. Karadag, D., Akgul, E., Tok, S., Erturk, F., Kaya, M.A. ve Turan, M., “Basic and Reactive Dye Removal Using Natural and Modified Zeolites”, **J. Chem. Eng. Data**, Cilt 52, 2436-2441, 2007.
19. Cengeloglu, Y., Tor, A., Ersoz, M. ve Arslan, G., “Removal of Nitrate from Aqueous Solution by Using Red Mud”, **Separation and Purification Technology**, Cilt 51, 374-378, 2006.