

Article Arrival Date

20.04.2023

Article Type

Research Article

Article Published Date

20.06.2023

**ÇÖREK OTU (*Nigella sativa*) KÜSPESİNİN METİLEN MAVİSİ
BİYOSORPSİYONUNDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI
INVESTIGATION OF THE USAGE OF *Nigella sativa* MEAL FOR METHYLENE BLUE
BIOSORPTION**

Sema KAPTANOĞLU

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Van, Türkiye

ORCID: 0000-0002-5614-8026

Ali Rıza KUL

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Van, Türkiye

ORCID: 0000-0001-9331-775X

Şeyda ÜSTEK CENGİZ

Hacı Ali Akın Ortaokulu, Van, Türkiye

ORCID:0009-0007-2186-4800

Sevgi ÖZTAŞ

Hakkâri Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Hakkâri, Türkiye

ORCID: 0000-0002-9342-996X

209

ÖZET

Doğada bulunan ancak hızla artan endüstriyel faaliyetler sonucu su, toprak, hava ortamındaki miktarları her geçen gün artan boyar madde toksik etkileri ve çevreye verdiği zararlar nedeniyle önem arz etmektedir. Doğal sulak alanlarda kontrolsüz endüstriyel atıkların sonucu olarak karşımıza çıkan tekstil boya ları yalnızca su kütlesinde değil, sulak alanların yapısında birikebilir. Buldukları ortamlarda birikebilen tekstil boya ları, canlı yaşamı için toksik etkiler gösterebilmektedir. Metilen mavisi ($C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$) (3,7-bis(dimetilamino)-fenazotiyonyum klorür) tekstil sektöründe boyar madde ve redoks indikatörü olarak yaygın bir şekilde kullanıldığından, atık sularda metilen mavisine rastlanmaktadır.

Adsorpsiyon çalışmaları, çörekotu ile yapılmıştır. Metilen mavisinin fizikokimyasal özelliklerinden biri olan $pH=5.34$ 'deki adsorpsiyon mekanizması üzerinde değişen boyar madde konsantrasyonlarının ve sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Böylelikle $pH 5.34$ 'de metilen mavisi ve çörek otu küspesi arasında farklı adsorpsiyon davranışları olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biosorpsiyon, Çörek Otu (*Nigella Sativa*), Metilen mavisi.

ABSTRACT

The colorant that exist in nature but the amount of which rises in water, soil and air dy by day as a result of the industrial activities has importance both its toxic effects and the harm they give to the nature. The textile colorant which we face in the natural watery areas as a result of uncontrolled agriculture, can pile up not only in the body of water but also in the structure of watery areas. The textile colorants that can pileup where they are, can show toxic effects on living creatures.

As the methylene blue ($C_{16}H_{18}ClN_{35},3H_2O$), (3,7 bis(dimentionin fenazotiyonyum chlorure) is commonly used in the textile area as colorant element and redox indicator it can be seen methylene blue in the waste water.

Adsorption studies were carried out with *Nigella sativa*. The effect of varying dye concentrations and temperature on the adsorption mechanism at pH=5.34, which is one of the physicochemical properties of methylene blue, was investigated. Thus, different adsorption behaviors were observed between methylene blue and black cumin pulp at pH 5.34.

Keywords: Biosorption, Methylene Blue, *Nigella sativa*.

1.GİRİŞ

Çevre kirliliği, ekosistemlerde doğal ve ekolojik dengenin bozulması olarak tanımlanır. Çeşitli kaynaklardan çıkan katı, sıvı ve gaz halindeki kirletici maddelerin hava, su ve toprakta yüksek oranda birikmesi ile çevre kirliliği meydana gelmektedir. İnsan sağlığını etkileyen en önemli problemlerin başında çevre kirliliği yer almaktadır. Endüstriyel atıklar neticesinde oluşan kirleticiler daha karmaşık hale gelmekte ve insan sağlığını tehdit etmektedir. İnsanların, hiç şüphesiz, vazgeçilmez ihtiyacı ve temel yaşam kaynağı sudur. Ancak günümüz fabrikaların üretim sonucu olarak atık sular oluşmaktadır. Günümüzde tekstil endüstrisindeki boyalı atık sular, içerdikleri maddeler nedeniyle canlılara zarar vermekte, renkli oldukları için de çevre estetiği açısından çirkin görüntülere neden olmaktadır. Yerkürenin yüzde yetmişini oluşturan su kütlesi (hidrosfer) göz önüne alındığında ise su kirliliğinin önemi ortaya çıkmaktadır. Su kirliliği, istenmeyen zararlı maddelerin suyun niteliğini ölçülebilecek oranda bozmalarını sağlayacak miktar ve yoğunlukta suya karışma olayıdır.

Boya ve tekstil fabrikalarının pek çoğunda arıtma sistemleri olmadığından atık sular direkt alıcı ortama verilmektedir. Tekstil endüstrisi atık suları, içerdği çeşitli boyar maddeler ve bazı boyar maddelerin yapısal bozunmaya uğramasıyla alıcı ortama yayılan ağır metal iyonlarından dolayı ciddi boyutta kirliliğe neden olmaktadır. Meydana gelen bu kirliliğin alıcı ortamlarda estetik görüntüyü bozduğu, suyun ışık geçirgenliğini ve gazların çözünürlüğünü etkilediği, metal iyonlarının ve klorürlerin suda yaşayan canlılar için toksin etki yaptığı bilinmektedir (Serin, 2010; Yağız, 2016).

Boyar maddeler kompleks yapıları düşük biyolojik çökeltme etkisine sahip olan polimerik maddelerdir. Boyanın gücüne ve işleme metoduna bağlı olarak boyama tankındaki konsantrasyonları 10-1000 mg/L arasındadır. Kumaşlar, bir yığının boyanması esnasında hidrolizlenmiş boya moleküllerinin %50-70'ini absorblar ve tanktaki artan boya çözeltisi durulanmayla %20-40'luk miktara seyreltilir. Boya endüstrisinin yarısından çoğunda en az bir azo grubu içeren azo bileşikleriyle bir veya daha fazla alkil sülfonat reaktif grubu içeren yaklaşık 3000 değişik boya kullanıldığı bilinmektedir (İnce ve Tezcanlı, 1999).

Tekstil endüstrisi, üretim prosesinde oldukça çok miktarda su tüketmektedir. Su, özellikle kumaşların boyandığı ve son ürünlerin elde edildiği boyama ve sonlanma işlemlerinde kullanılır. Boyama ve sonlanma işlemlerindeki kullanılmış su, atık su olarak sonlanır ve boşaltılmadan önce mutlaka bir arıtım işlemine tabi tutulması gerekir. Boyama işleminde kullanılmış boyar maddelerin sıkça değiştirilmesi özellikle pH, renk ve atık suyun kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri gibi atık su özelliklerinde oldukça büyük değişimlere neden olur. Ülkemizde tekstil boyama ve sonlanma işlemlerinden kaynaklanan atık suyun toplam hacmi 150 milyon m³ /yıl kadardır (İnce, Tezcanlı, 1999).

Adsorpsiyon; çözültü ortamındaki atom, iyon veya moleküllerin bir adsorbanın yüzeyine aktarımına dayanan ve genellikle faz yüzeylerinde oluşan, bir ayırma işlemidir. Atom, iyon ya da moleküllerin bir katı yüzeyinde tutulmasına adsorpsiyon; tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılmasına desorpsiyon; katıya adsorplayıcı (adsorban); katı yüzeyinde tutunan maddeye ise adsorplanan

(çözünen) denir (Çiçek, 2005; Alacabey, 2014). Adsorpsiyon, atıkların arıtılmasında maliyeti düşük olduğundan genellikle tercih edilen bir arıtım yöntemidir. Ama halen adsorpsiyonun, yeni bilgiler doğrultusunda kullanım alanı ve şekli değişebilmektedir. Konvansiyonel metot için fazla kararlı olan kirleticilerin gideriminde oldukça verimlidir. Ekonomik açıdan makul bir yöntemdir ve yüksek kalitede boya giderimi sağlar. Adsorpsiyonun, atık suda zararlı kalıcı küçük parçacıklar bırakan bazı temizleme yöntemlerine göre en belirgin avantajı boyayı bölmeden, parçalamadan atık sudan tamamen ayırmasıdır. Bu da boyar maddenin giderilme aşamasında kanserojenik madde oluşma riskini ortadan kaldırmaktadır (Kayacan, 2007).

Metilen mavisi katyonik bir boyadır. Koyu yeşil renkli toz kristallerden oluşmuştur ve kokusuzdur. Metilen mavisinin çalışmamız için seçilme sebebi, boyanın adsorpsiyon yeteneğinin yüksek olması ve tekstil endüstrisi başta olmak üzere sanayide en çok kullanılan boyar madde olmasıdır. Kullanım alanları kısaca; kâğıt boyama, saç boyası, yün ve kumaş boyama gibi. Metilen mavisi, molekül ağırlığı 319.86 g/mol olan ve kimyasal formülü ile ifade edilen $C_{16}H_{18}ClN_3S.H_2O$ bir maddedir. Yüksek derecede zehirli olduğu söylenemez fakat çeşitli zararlı etkileri vardır. Solunması durumunda kısa periyotlarda nefes alınmasını artırabilir ve nefes zorluğuna yol açar. Ağızla temasında yanıcı bir his oluşturur ve kalp atışlarında artışa, şok durumuna, mide bulantısı, kusma, ishal, gastrit, siyanoz, sarılık, kuadripleji ve insanda hücre nekrozlarına neden olabilmektedir (Kayacan, 2007). Özellikle tekstil sektöründe ve yukarıda bahsedilen alanlardaki kullanımı nedeniyle atık sularda metilen mavisine rastlanmaktadır. Atık sularda bulunan toksik organik maddelerin tayini ve sudan uzaklaştırılması ile ilgili olarak literatürde çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır

Çörek otu (*Nigella sativa*) halk arasında yaygın olarak kullanılan bir bitki türü olup, yapılan çalışmalarda çörek otu tohumunun bronkodilatör, antibakteriyel, antihipertansif, antidiyabetik, gastroprotektif, antihistaminik, antioksidatif, neuroprotektif ve hepatoprotektif etkilere sahip olduğu gösterilmiştir (Kanter, 2008). Timokinon çörek otunun en önemli aktif bileşiklerindedir. Yapılan birçok deneysel çalışmada timokinon karbontetraklorür, tert-butil hidroperoksit gibi hepatotoksik ajanlarla indüklenen karaciğer hasarına karşı hepatoprotektif ve güçlü bir antioksidan olduğu kanıtlanabilmiştir (Daba, 1998). Yapılan çalışmalarda lipit peroksidasyonun karaciğer hasarının patogenezinde en önemli mekanizma olarak vurgulanmıştır (Demirdağ, 2004). Çörek otu tohumunun, yağının ve timokinonun lipit peroksidasyonunda ve eikozanoid oluşumunu inhibe ettiği de gösterilmektedir (Ali, 2003).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Deneylerde kullanılan Çörek Otu (*Nigella Sativa*) Şanlıurfa ilinde soğuk pres yöntemiyle elde edilmiştir. Elde edilen çörek otu küspesi demir havanla dövüldükten sonra gözenek büyüklüğü 0,355 mm (355 Mesh) olan elekten geçirildi ve 2 saat oda sıcaklığında kese kağıtları üzerinde bekletildikten sonra çözeltilerde kullanıldı. Deneylerde kullanılan sodyum hidroksit (NaOH), hidroklorik asit (HCl), metilen mavisi analitik saflıkta olup Merck firmasından elde edilmiştir. Katyonik boyar madde olan metilen mavisinin (bazik mavi 9) (MM) kimyasal formülü $C_{16}H_{18}ClN_3S.3H_2O$, molekül ağırlığı 373.90 g/mol'dur. Metilen mavisile çalışmamızın nedeni, boyanın adsorpsiyon yeteneğinin fazla olması ve tekstil endüstrisi başta olmak üzere sanayide çok fazla kullanılan boyar madde olmasındandır (Tan ve ark., 2008). Metilen mavisinin genel etkisi gözde yanmalara neden olur, yutulduğunda gastrointestinal sisteme (mide-bağırsak sistemi) ishal, bulantı oluşumuna neden olacak şekilde zarar vermektedir. Ayrıca uzun süre solunduğunda, methemoglobinemi, siyanoz (morarma hastalığı), konvulsiyon (kasılma hastalığı), dispnesi (nefes darlığı) gibi akut hastalıklara sebep olur (Tan ve ark., 2008). Deneylerde kullanılan metilen mavisi stok çözeltileri hazırlanarak gerekli seyreltmeler yapıldı ve 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20mg/L, 25 mg/L olan çözeltiler hazırlandı.

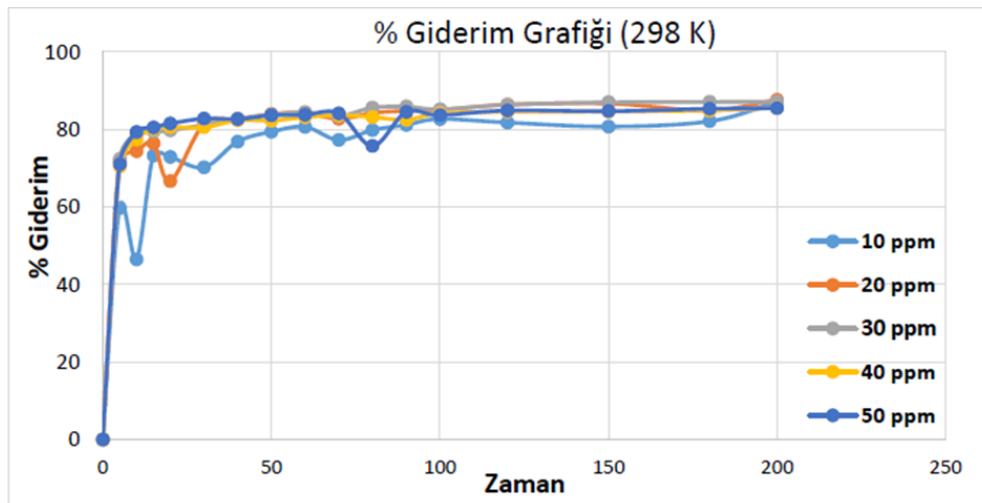
2.2. Yöntem

Sorpsiyon deneyleri 1 g Çörek Otu (*Nigella Sativa*) ile 500 ml boya çözeltilerinin 110 d/d karıştırılma hızında sıcaklık kontrollü karıştırılmalı su banyosunda gerçekleştirilmiştir. Sonra belirlenen süre aralıklarında bu karışımlardan 10'ar cm³'lük numuneler alındı ve bunlar 4100 rpm'de 3dk santrifüjlendi. Bu numunelerin maksimum sorbanları, UV-visible spektrofotometre cihazında maksimum dalga boyunda (X_{max}) Metilen mavisi için 663 nm olarak ölçüldü. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerine sorplanan boyar madde miktarları, boyanın başlangıç konsantrasyonundan son konsantrasyonun çıkarmak suretiyle hesaplanmıştır. Sorpsiyon üzerine konsantrasyonun etkisini incelemek için deneyler, 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20mg/L, 25 mg/L'lik boyar madde çözeltileri kullanılarak ve çörek otu ile sorpsiyonunun her bir derişimi için 25°C, 30°C, 35°C ve 40°C gibi sıcaklıklar ile metilen mavisinin doğal pH'ı 5.34 olacak şekilde gerçekleştirildi

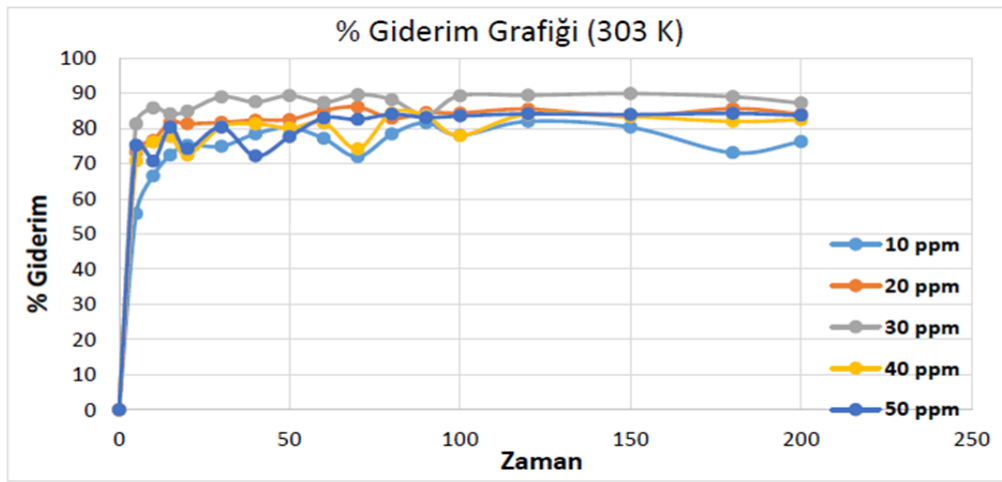
3. BULGULAR

3.1. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerinde metilen mavisi çözeltilerinin sorpsiyonuna derişimin etkisi

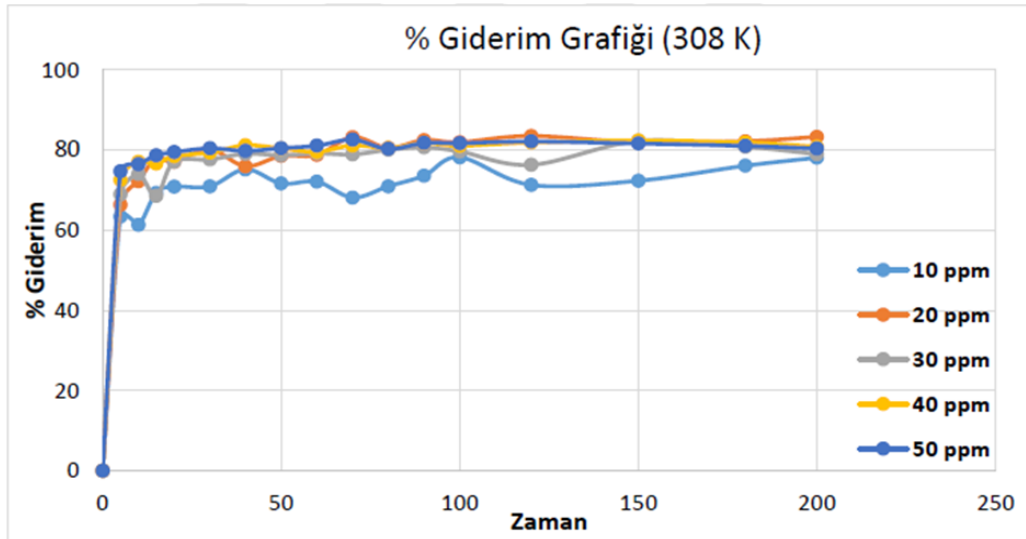
Çörek Otu (*Nigella Sativa*) sorpsiyon kapasitesine derişimin etkisini belirlemek için çözelti 10-50ppm aralıklarında çeşitli çözeltiler kullanılıp değiştirilebilmiştir. Çörek Otu (*Nigella Sativa*)nın metilen mavisi sorpsiyonunun % sorplanan boya derişiminin zamanla derişimi aşağıdaki grafiklerle verilmektedir.



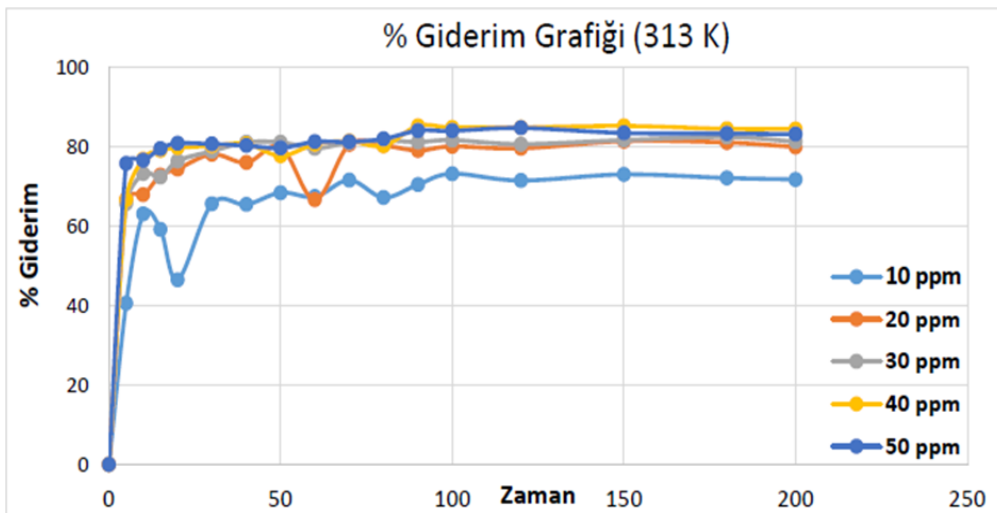
Şekil 1. Metilen mavisinin Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerindeki % sorpsiyonuna temas zamanının etkisi [C0:10-50 ppm, T:298K].



Şekil 2. Metilren mavisinin Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerindeki % sorpsiyonuna temas zamanının etkisi [Co:10-50ppm, T:303K].



Şekil 3. Metilren mavisinin Çörek otu (*Nigella Sativa*) üzerindeki % sorpsiyonuna temas zamanının etkisi [Co: 10-50ppm, T:308K].



Şekil 4. Metilren mavisinin Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerindeki % sorpsiyonuna temas zamanının etkisi [Co:10-50ppm, T: 313K].

3.2. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerinde metilen mavisi adsorpsiyon izotermi

Yaptığımız deneysel çalışmada Çörek Otu (*Nigella Sativa*) kullanılmıştır. Daha fazla çeşitteki konsantrasyonlar da Metilen mavisinin T₁:298 K, T₂:303 K, T₃:308K, T₄:313 K'deki sıcaklıklarda farklı çözeltilerden sorpsiyonu ayrıca incelendi. 1 g Çörek Otu (*Nigella Sativa*) örnekleri ve 500 ml çözelti her deney için kullanıldı. Denge çalışmalarının yapılması, sorbent kapasitesini belirlemede ve özellikle sorbent yüzey özelliklerinin açıklanmada önemlidir. Bu da sorpsiyon izotermelerinin sabit değerlerinin belirlenmesi açısından önemlidir.

Deneyin verileri Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izoterm modelleriyle değerlendirilerek eşitlik den yararlanılarak Langmuir ve Freundlich sabitleri hesaplanmıştır. Ayrıca sorpsiyon modelinin deney verilerine uygunluğu araştırılabilmektedir.

Langmuir bağıntısının lineer formülü;

$$C_e/q_e = 1/(q_m \cdot b) + C_e/q_m$$

Freundlich adsorpsiyon izotermine doğrusal denklemi;

$$\log q_e = \log K_F + n \log C_e$$

C_e : Çözelti deki denge derişimi (mgr/L)

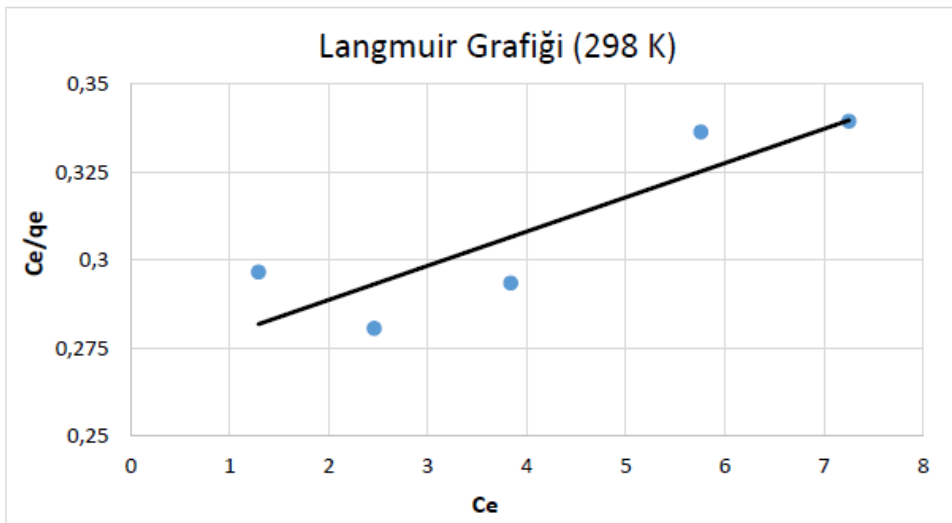
q_e : Denge de adsorbent ara yüzeyinde tutunacak madde miktarı (mgr/gr)

q_m : Langmuir adsorpsiyon izoterm sabiti; dengede adsorbent yüzeyinde tutunacak max madde miktarı (mgr/gr)

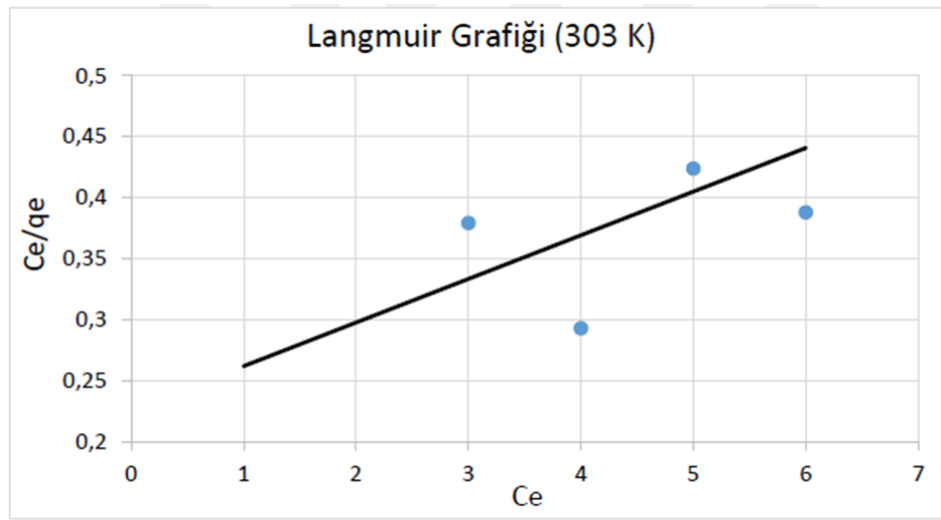
b : Langmuir sabiti; sorpsiyon denge sabiti (L/mgr)

n : Freundlich sabiti

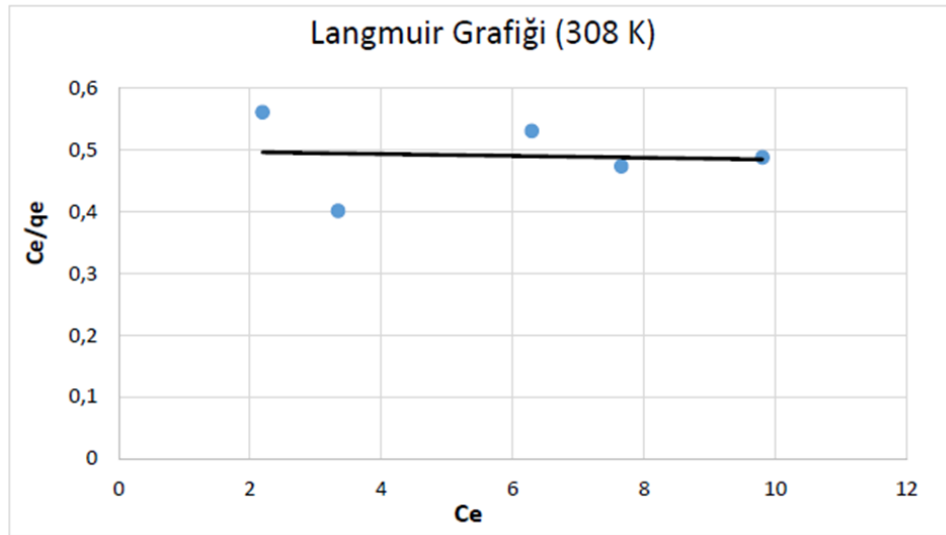
K_F : Freundlich sabiti (mgr/gr)



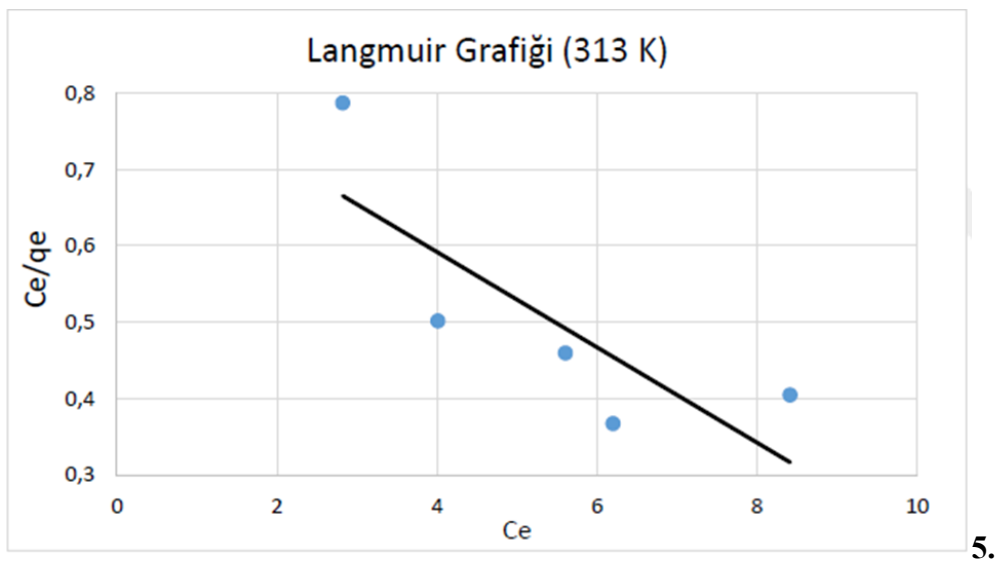
Şekil 5. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerine metilen mavisinin Langmuir sorpsiyon izotermi (298K).



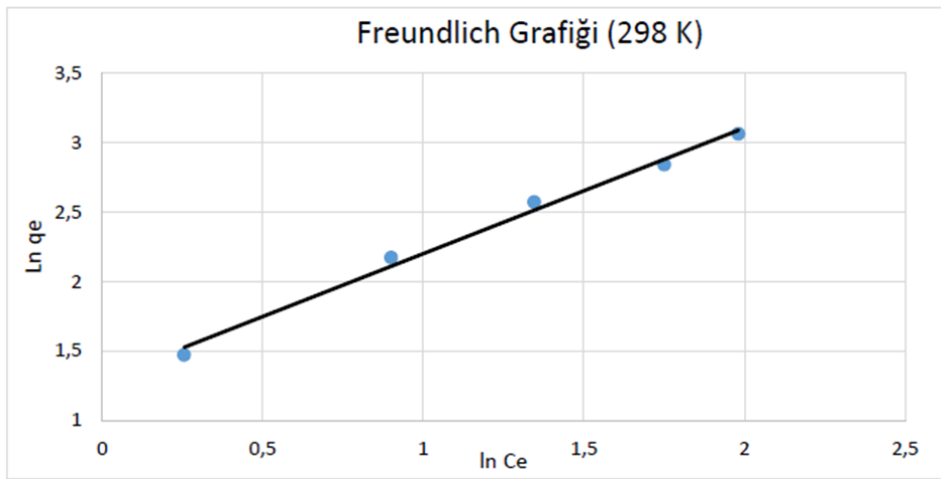
Şekil 6. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerine metilen mavisinin Langmuir sorpsiyon izotermi (303 K).



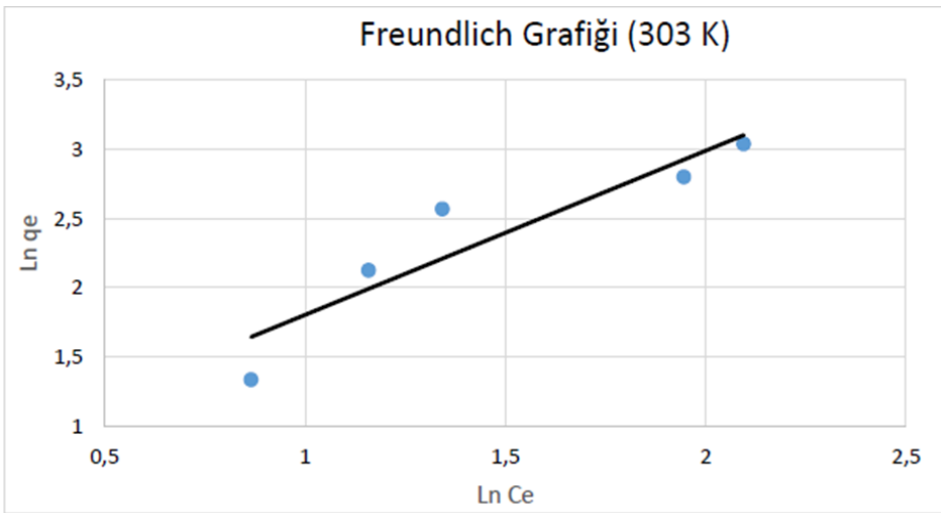
Şekil 7. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerine metilen mavisinin Langmuir sorpsiyon izotermi (308 K).



Şekil 8. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerine metilen mavisinin Langmuir sorpsiyon izotermi (313 K).

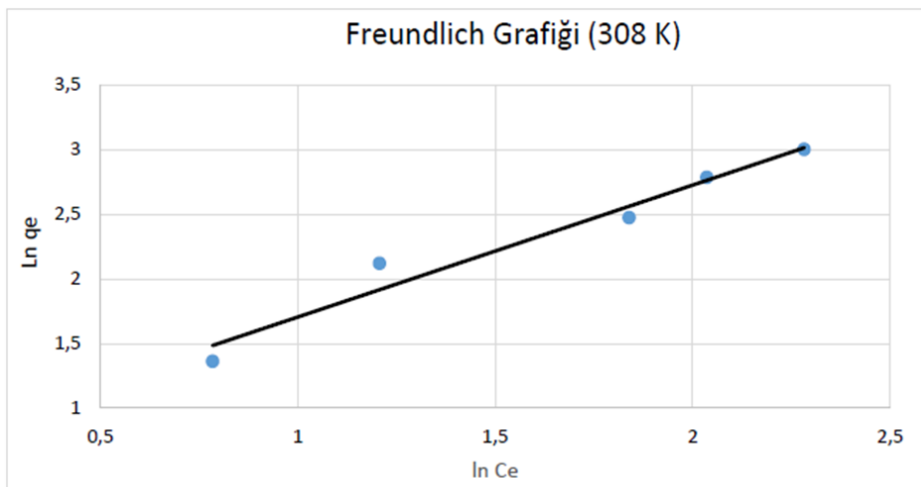


Şekil 9. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerine metilen mavisinin Freundlich sorpsiyon izotermi (298 K).

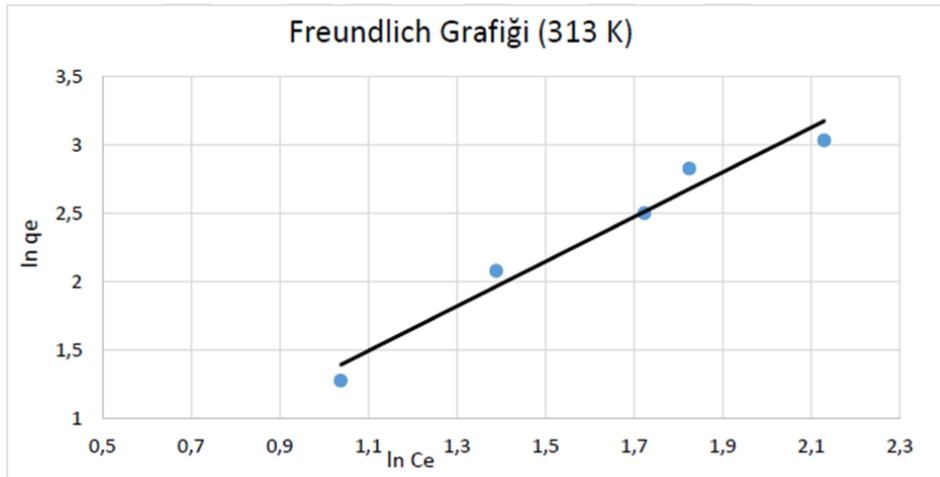


216

Şekil 10. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerine metilen mavisinin Freundlich sorpsiyon izotermi (303 K).



Şekil 11. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerine metilen mavisinin Freundlich sorpsiyon izotermi (308 K).



Şekil.12. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerine metilen mavisinin Freundlich sorpsiyon izotermi (313 K).

Sıcaklık	Langmuir			Freundlich			
	K	KL(L/gr)	qm (mgr/gr)	R ²	n	Kf (L/gr)	R ²
298		0.03603	103.0927	0.7663	1.10485	3.6499	0.9921
303		0.15847	27.9329	0.6076	0.84196	1.8539	0.9551
308		0.00300	66.6666	0.5863	0.98078	1.9852	0.9606
313		0.07414	16.0256	0.6449	0.61319	0.7413	0.9648

Tablo 1. Metilen mavisinin Çörek Otu (*Nigella Sativa*) sorpsiyonun hesaplanması için gerekli Langmuir ve Freundlich parametreleri

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Metilen mavisinin Çörek Otu (*Nigella sativa*) üzerindeki sorpsiyonu 25°C, 30°C, 35°C, 40°C sıcaklık ve derişimler (10ppm, 20ppm, 30ppm, 40ppm, 50ppm) değerinde araştırılmıştır. Metilen mavisinin Çörek Otu (*Nigella sativa*) üzerindeki sorpsiyonu zamanın fonksiyonu olarak değerlendirilirse sorplanan bazı boyar maddelerin miktarının sabit değere ulaşabilmesi için gerekli zamana denge süresi denir. Yapılmış deneylerinde sorpsiyonun yaklaşık 100 dk da dengeye geldiği tespit edilebilmiştir. Çözelti ortamında ki metilen mavisinin Çörek Otu (*Nigella sativa*) üzerindeki sorpsiyonunu etkileyen değişkenler incelenip ve optimum şartlar belirlenmiştir. Sorpsiyon veriminin, methylene blue'nun ve malahit yeşilinin derişiminin karıştırma zamanı, sıcaklıkla değiştiğini gözleyebildik.

Freundlich adsorpsiyon izoterm sabitlerinin hesaplanması için çizilen grafiklerde doğal pH=5.34'de çalışıldı. Metilen mavisinin Çörek Otu (*Nigella sativa*) üzerindeki sorpsiyonunun korelasyon faktörü sırasıyla T₁ =298 K'de R₂>0.992; T₂ =303 K'de R₂>0.9551; T₃ =308 K'de R₂>0.9606; T₄ =313 K ' de R₂>0.9648 değerleri bulunmuştur.

Benzer koşullarda Langmuir adsorpsiyon izoterm sabitleri de hesaplanmıştır. T₁=298 K ' de R₂>0.7663; T₂=303 K'de R₂>0.6076; T₃=308 K'de R₂>0.5863; T₄=313 K ' de R₂>0.6449 Kolerasyon faktörleri incelendiğinde metilen mavisinin, Çörek Otu (*Nigella Sativa*) üzerindeki adsorpsiyonunun lineer olmaması sebebiyle Freundlich sorpsiyon izotermine iyi uyum sağladığı görülmüştür.

Çözültideki metilen mavisi çözültisinin Çörek Otu (*Nigella sativa*) ile etkileşme zamanının artmasıyla sorpsiyon olayının genellikle arttığı görülmüştür. Sorpsiyonun karışma süresiyle doğru orantı olacak şekilde arttığını ve bu artışta ilk zamanlarda hızlı daha sonra ki zamanlarda sabitlendiği gözlemlendi. Bu sorpsiyon olayı için beklenen bir durumdu. Literatür bilgileri de bu olayı desteklemiştir (Kul, 1999; Akyüz ve ark., 2001; Abollino ve ark., 2003; Çokadar ve ark., 2003; Çalışkan ve ark., 2005; Koyuncu ve ark., 2005).

Yaptığımız deneysel çalışmalarda sıcaklık arttıkça adsorpsiyonun arttığı görülmektedir. 50 ppm 298 K'de %81, 308 K' de %83 bir giderim sağlanmıştır. Bu durum sıcaklık arttıkça adsorpsiyon oranının arttığını göstermiştir.

Bilineceği üzere sorpsiyon sürecinde ortamda ki pH değeri önemli bir belirteçtir. Nedeni ise pH, sorbentin yüzeyindeki yükünü ve sorbantın iyonlaşabilme derecesini etkilediği bilinmektedir. Bu çalışma için metilen mavisinin çörek otu üzerindeki sorpsiyonuna etkisi araştırılmıştır. Daha başka pH değerlerinde tekrarlanan çalışmaların adsorpsiyon proseslerine çok fazla açıklayıcı olabileceği öngörülmektedir

5. KAYNAKLAR

Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Sarzanini, C., Mentasti, E., 2003. Adsorption of heavy metals on Na-montmorillonite. Effect of pH and organic substances. *Water Research*,37(7): 1619 - 1627.

Akyüz, S., Akyüz, T., Ozer N.M., 2001. FT-IR spectroscopic investigations of benzidine and bipyridyls adsorbed on diatomite form Anatolia. *Journal of Molecular Structure*, 565-566: 493-496.

Alacabey, İ., 2014. Doğal ve Aktive Edilmiş Van Gölü Sediment (Dip Çamuru) Örneklerinin Bazı Ağır Metallerle Adsorpsiyonunun İzoterm ve Termodinamik Analizi, Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Ali BH, Blunden G.,2003. Pharmacological and toxicological properties of *Nigella sativa*. *Phytother Res*.17:299–305.Enstitüsü, Ankara.

Çalışkan, E., 2005. Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık (*Clarias Gariepinus* Burchell, 1822) 'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması (yüksek lisans tezi). Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

Çiçek, H., 2005. Atık Sulardan Fenolün Giderilmesinde Şeker Pancarı Küspesinden Elde Edilen Aktif Karbonun Kullanılması (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 114 s.

Çokadar, H., İleri R., Ateş, A., İzgi B., 2003. Nikel (II) iyonunun sulu ortamdaki granül aktif karbon (GAK) ile giderilmesi. *Çevre Koruma Dergisi*,12 (46): 38-42.

Daba MH, Abdel-Rahman MS.,1998. Hepatoprotective activity of thymoquinone in isolated rat hepatocytes. *Toxicol Lett*. 95:23–29.

Demirdag K, Bakcecioglu IH, Ozercan IH, Ozden M, Yilmaz S, Kalkan A.,2004. Role of L-carnitine in the prevention of acute liver damage induced by carbon tetrachloride in rats. *J Gastroenterol Hepatol*. 19:333–338.

İnce, N.H., Tezcanlı, G.,1999. Treatability of textile dye-bath effluents by advanced oxidation: preparation for reuse. *Water. Sci. Tech*. 40 (1), 183.

Kanter M.,2008. Effects of *Nigella sativa* and its major constituent, Thymoquinone on sciatic nerves in experimental Diabetic Neuropaty. Neurochen Res. 33:87– 98.

Kayacan, S., 2007. Kömür ve Koklarla Sulu Çözeltilerden Boyar Maddelerin Uzaklaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri

Koyuncu, H., Kul, A., Ceylan, H., Yıldız, N., Çalıklı, A., 2005. 3-Hidroksibenzaldehitin Doğal ve Aktive Edilmiş Bentonit Üzerindeki Adsorpsiyon Denge Çalışmaları. 12.Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri. 05-09 Eylül 2005, Van. 243-244.

Kul, A.R., 1999. Çözelti Ortamında Bulunan Bazı Organik Maddelerin Ticari Aktif Karbonlar Üzerindeki Adsorpsiyonlarının İncelenmesi, (doktora tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Van.

Serin, D., S., 2010. Supranol Yellow 4 GL Boyar Maddesi ve Nikel (II) İyonlarının Portakal Kabuğuna Adsorpsiyonunun Kesikli ve Sürekli Sistemlerde İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Yağız, A.,2016. Çörek Otu (*Nigella Sativa*) Kullanarak Sulu Çözeltilerden Tekstil Boyar Maddelerin Adsorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.