SETSCI conference proceedings
SETSCI Conference Proceedings
9, 12-15, 2019

4th International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences
November 22-24, 2019, Samsun, Turkey

https://doi.org/10.36287/setsci.4.6.010
2687-5527/ © 2019 The Authors. Published by SETSCI
ISAS WINTER - 2019

Sulu Çözeltilerden Naproksen Gideriminde Aktif Karbon İçeren Aljinat Kompozitleri

Nazlı Özcan[1,2*+], Didem Saloğlu[3]

[1]Kimya Teknolojileri Bölümü/Yeşilyurt Demir Çelik Meslek Yüksek Okulu,On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun,Türkiye
[2] Kimya ve Süreç Mühendisliği EABD/Fen Bilimleri Enstitüsü, Yalova Üniversitesi, Yalova, Türkiye
[3] Kimya ve Süreç Mühendisliği/Mühendislik Fakültesi, Yalova Üniversitesi, Yalova, Türkiye
[*]Sorumlu yazar: nazli.ozcancoken@omu.edu.tr
[+]Sunucu: nazli.ozcancoken@omu.edu.tr
Sunum/Bildiri Türü: Sözlü/ Tam Metin

Özet **–**Bu çalışmada, endokrin bozucu kimyasallar arasında yer alan naproksenin giderilmesi amacıyla adsorban olarak aktif karbon /aljinat boncuklarının (AC/ALG) fizibilitesi incelenmiştir. Bu kompozitler AC içeriği %1,0- 3,0 (a/h) olacak şekilde sentezlenmiştir. AC/ALG kompozitleri FT-IR ve SEM ile karakterize edilmiştir. AC/ALG kompozitlerinin adsorpsiyon performansları adsorban miktarı, pH ve sıcaklık parametrelerine bağlı olarak incelenmiştir. Adsorpsiyon uygulamaları sonucunda naproksenin giderimi % 34-98 arasında değişmektedir. Maksimum adsorpsiyonlarda belirlenen optimum pH değeri 5,03'tür. İncelenen adsorpsiyon izoterm modellerinde, Freundlich ve Temkin izotermleri, Langmuir ve D-R izotermlerine göre adsorpsiyon mekanizmasını daha iyi açıklamaktadır. Termodinamik çalışmalar sonucunda sentezlenen aktif karbon-aljinat boncukları (AC/ALG) ile gerçekleştirilen adsorpsiyonun uygulanabilir, spontan olduğu ve endotermik olduğu teşpit edilmiştir.
Anahtar Kelimeler *– naproksen, aktif karbon, aljinat, izoterm, kinetik*

I. GIRIŞ

Modern yaşamın ayrılmaz bir parçası olan farmasotik ürünler insan ve hayvan hastalıklarının tedavisinde kullanılır. Bununla birlikte, farmasötikler sucul ortamlardaki kalıcı varlığı nedeniyle ortaya çıkan endişenin kirletici maddeleri olarak kabul edilmiştir [1]. İz seviyelerindeki bu ilaç aktif maddeler, insanda için olumsuz etkilere yol açma potansiyeline sahiptir ve bu maddelerin uzaklaştırılması büyük kaygı yaratmaktadır [2].

Naproksen, hastalıkları ve ağrıları tedavi etmek için kullanılan en yaygın nonsteroid antiinflamatuar (NSAID) ilaçlardan biridir ve son zamanlarda mühendislik ve doğal su ortamlarında tespit edilmiştir. Naproksen, atık sularda 0,1 – 2,6 µg/L aralığında ve yüzey suyunda 0,01-0,1 µg/L aralığında bulunmaktadır [3].

Kuagülasyon, biyobozunma, fotobozunma ve klorlama gibi çeşitli geleneksel yöntemler benimsenmiş olmasına rağmen, bu yöntemler farmasötiklerin gideriminde etkili bir yöntem olarak kabul görmemiştir. Bu maddelerin % 98'ini giderebilen adsorpsiyon prosesleri en iyi yöntem olarak belirlenmiştir [4]. Son yıllarda, farmasötiklerin adsorpsiyonu esas olarak aktif operasyonel koşullar altında aktif karbon ve topraklar, killer, nanokompozitler, sulu oksitler, alümina ve silika gibi diğer adsorbanlar kullanılarak çalışılmıştır . Aktif yüzey, yüksek yüzey alanı ve gözenek büyüklüğü dağılımı nedeniyle ilgi çekmektedir. Ayrıca, son on yılda, yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip aktif karbon bazlı polimerik kompozitler yeni adsorbanların aranmasında öncüdür [4].

Bu çalışmada, nonsteroid antiinflamatuar (NSAID) ilaçlardan biri olan naproksenin, aktif karbon ile modifiye edilmiş sodyum aljinat boncuklarını (AC/ALG) kullanarak sulu ortamdan adsorpsiyon yöntemiyle giderilmesi, adsorpsiyon mekanizmasının belirlenmesi ve termodinamik özelliklerin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

II. MALZEME VE YÖNTEM

A. *Aljinat (ALG) boncuklarının hazırlanması*

% 2'lik (a / h) sodyum aljinat çözeltisi, 100 mL, 0.1 M NaCl ile tam karışım sağlanacak şekilde hazırlanmıştır. Çözelti hazırlanmasının ardından, 1 ml plastik bir şırınga kullanarak 0,1 M $CaCl_2$ çözeltisine damlalar halinde eklenmiş ve boncukların sertleştirmesi için 25 ° C'de 24 saat boyunca bir manyetik karıştırıcıyla karıştırılarak bekletilmiştir. Oluşan ıslak kalsiyum aljinat boncuklar jelleşme ortamından nazikçe alınmış ve distile su ile yıkanmıştır. Son olarak, bu boncuklar 24 saat boyunca 60 ° C'de bir etüvde kurutulmuştur.

B. *Aktif karbon-aljinat (AC/ALG) boncuklarının hazırlanması*

Sodyum aljinatın % 1'lik (a/h) çözeltisi 100 mL, 0,1 M NaCl çözeltisi ile hazırlanmıştır. Toz halindeki aktif karbon (%1,0-3,0 (a/h) olacak şekilde) çözeltiye eklenmiş ve çözeltinin her yerine eşit dağılana kadar karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 1 ml plastik bir şırınga ile 0,1 M $CaCl_2$ çözeltisine damlatılmıştır. Sertleşmenin gerçekleşmesi için 24 saat boyunca oda koşullarında bir manyetik karıştırıcıyla karıştırılarak bekletilmiş, distile su ile yıkamanmış ve 60 °C'ye ayarlanmış bir etüvde 24 saat boyunca kurutulurmuştur.

C. *Aktif karbon-aljinat (AC/ALG) boncuklarının karakterizasyonu*

AC, ALG ve AC/ALG boncuklarının mevcut fonksiyonel grupların belirlenmesinde Fourier Tranform Infrared spektrofotometresi (FTIR) (Perkin Elmer Spectrum 100 FT-IR Spectrometer) kullanılmıştır.

Numunelerin nötral yük noktasındaki pH'ının (pHpzc) belirlenmesi için 50 cm^3, 0,01 M NaCl çözeltisi, kapalı bir erlenmeyer şişesine konulmuştur. 0,1 M HCI veya 0,1 M

NaOH çözeltileri ilave edilerek pH değeri 2,0-12,0 arasında bir değere ayarlanmıştır. Daha sonra her bir numuneden 0,15 g eklenmiştir ve nihai pH, oda sıcaklığında çalkalama altında 48 saat sonra ölçülmüştür. Başlangıç pH ve denge pH değerlerinin kesiştiği nokta pHpzc olarak belirlenmiştir.

ALG ve AC/ALG boncuklarının yüzey morfolojisi Taramalı Elektron Mikroskobu (Philips XL-30) ile incelenmiştir.

Naproksen konsantrasyonları, 1 cm kuvars küvetler kullanılarak 230 nm dalga boyunda UV-vis spektrofotometre (Shimadzu UV 1800) kullanılarak analiz edilmiştir.

D. Adsorpsiyon Çalışması

Naproksen gideriminde adsorban miktarının optimize edilmesi için AC, ALG ve AC/ALG:(1-3) boncuklarının 100-500 mg miktarı ile doğal pH değerinde (pH 5,03), 50 mg/L naproksen başlangıç konsantrasyonunda, 25°C sıcaklıkta ve 140 rpm çalkalama hızında 24 saat adsorpsiyon deneyleri yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlar Langmuir, Freundlich, Temkin ve Dubinin-Radushkevic izotermlerine uygulanarak model parametreleri hesaplanmış ve adsorpsiyon mekanizması değerlendirilmiştir. Kullanılan izoterm modellerine ait denklemler ve model parametreleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Farklı pH koşullarında adsorpsiyon olayını incelemek amacı ile de 350 mg adsorban miktarı kullanılarak, 50 mg/L naproksen başlangıç konsantrasyonunda, 25°C sıcaklıkta ve 140 rpm çalkalama hızında, 24 saat boyunca deneyler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Adsorpsiyon izoterm modelleri[4].

Langmuir	$q_e = \frac{Q \cdot b}{1 + b \cdot C_e}$ $R_L = \frac{1}{1 + b \cdot C_0}$	Q (mg/g);maksimum adsorplama kapasitesi
		b (L/mg); Lagmuir sabiti
		R_L;adsorpsiyon verimliliğinin bulunmasında kullanılan bir sabit
Freundlich	$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n}$	K_F (L/g) ;adsorpsiyon kapasite sabiti
		n; adsorpsiyon şiddetini gösteren sabit
Temkin	$q_e = \frac{RT \ln(A_t \cdot C_e)}{B}$	A_t;Temkin sabiti
		B; ısı adsorplama kapasitesi
Dubinin Radushkevic	$q_e = Q \exp(-\beta \cdot \varepsilon^2)$ $\varepsilon = R \cdot T \ln(1 + \frac{1}{C_e})$ $E = \frac{1}{\sqrt{2\beta}}$	$\mathcal{E}$; Adsorpsiyon enerjisi
		Q (mg/g);maksimum adsorplama kapasitesi

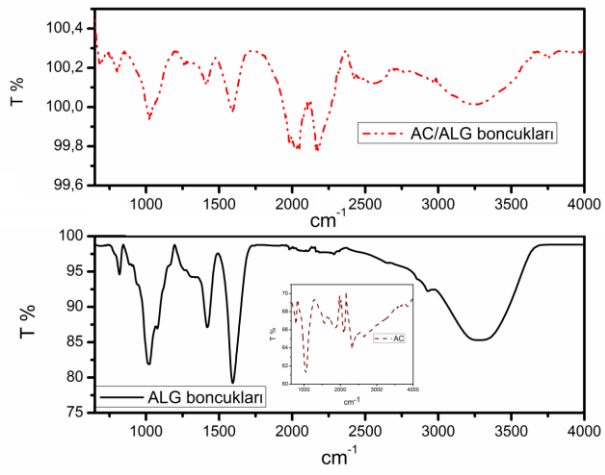
III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Aktif karbon-aljinat (AC/ALG) boncuklarının karakterizasyonunun değerlendirilmesi

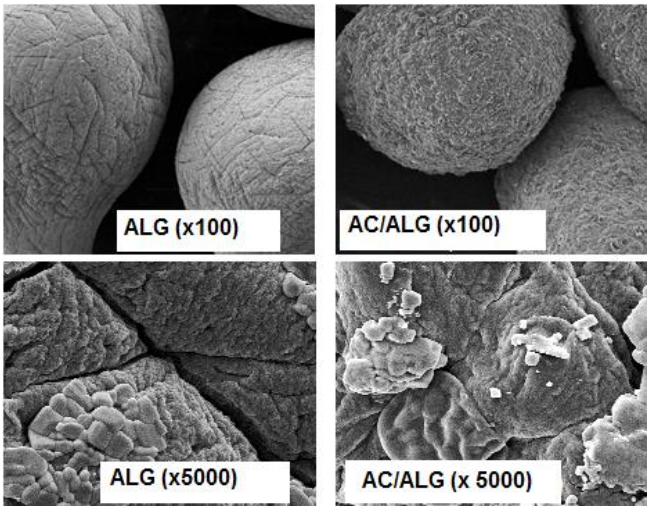
AC, ALG ve ALG/AC numunelerinin FT-IR analizi 650 ve 3650 cm^{-1} aralığında gerçekleştirilmiş ve spektrumları Şekil 1'de gösterilmiştir. ALG boncuklarına ait spektumda, yaklaşık olarak 3300 cm^{-1}'de hidroksil gruplarının –OH gerilme titreşimlerine ait bir absorpsiyon piki ve 2950 cm^{-1}'de alifatik C–H gerilmesi piki görülmüştür. 1610 ve 1450 cm^{-1}'deki karakteristik pikler, sırasıyla asimetrik ve simetrik C = O bağlarına (COO-'dan) aittir. 1095, 1075 ve 1035 cm^{-1} civarındaki ana bantlar aljinat tanelerinin C-O bandının titreşimini, C-C germe titreşimini ve C-C bükülmesini göstermektedir. AC-ALG boncukların FTIR spektrumları incelendiğinde ise (Şekil 1), AC ve ALG boncuklarına kıyasla anlamlı farklar belirlenmiştir. AC/ALG taneciklerinde O-H bağlarının (3300 cm^{-1}) ve asimetrik ve simetrik C = O bağlarının (1610 ve 1450 cm^{-1}'de) gerilme titreşiminin adsorpsiyon bölgesi, ALG boncuklarınınkine kıyasla önemli ölçüde daha düşük yoğunlukta görülmüştür. Bu farklılıklar AC'nin –OH ve COO- alginat gruplarına katılımından kaynaklanmaktadır. Bantlardaki değişim, AC ve ALG arasındaki etkileşimin bir kanıtıdır ve AC-ALG boncuklarının başarılı bir şekilde sentezlendiği güvenle belirtilebilir.

ALG ve AC/ALG boncukları için SEM görüntüleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'ye göre, ALG boncuklarının yüzeyi uzun mikro çatlaklarla doludur. Açıkça görüldüğü gibi, tek biçimli bir alan sağlayan ve tamamen polimerin yüzeyini kaplayacak şekilde yüzey üzerinde sayısız mikro çatlak (yaklaşık 500 µm) tespit edilmiştir. Bu morfoloji ALG boncuklarının mikro yapısına AC'nu yerleştirmek için yapının çok uygun olduğunu göstermektedir. AC-ALG taneciklerinin yüzeyine odaklanıldığında ise, AC yapısının ALG boncuklarının yüzeyinde toplandığı ve uniform bir alan sağladığı görülmektedir. Bu yapı AC ve ALG moleküler yapısı arasındaki etkileşimin bir kanıtıdır. Ayrıca, AC-ALG boncukları üzerindeki AC'nun varlığı, çok sayıda potansiyel aktif bölge ve alıcı bölgeler oluşmasına neden olmuş ve bu nedenle naproksen adsorpsiyonunu arttırmıştır. ALG ve AC/ALG boncuklarının SEM görüntüleri arasındaki karşılaştırmaya dayanarak, AC/ALG üzerine yerleştirilen AC tarafından oluşturulan yeni yüzey morfolojisinin kompozit yüzeyini naproksen adsorpsiyonu için çekici hale getirdiği güvenle ifade edilebilir.

Bir adsorbanın izoelektrik noktadaki pH değeri pH'ı (pH_{pzc}) adsorbanın net yüzey yükünün sıfır olduğu noktada ölçülen değerdir. pH'nın pH_{pzc}'den büyük olduğu şartlarda, adsorban neğatif yükleneceğinden dolayı katyonik adsorbatın adsorban üzerine tutunması kolaylaşmaktadır. Anyonik türlerin adsorban üzerine tutunması ise benzer şekilde pH'nin pH_{pzc}'den küçük olduğu şartlarda daha kolay olmaktadır. Başlangıç pH ve denge pH değerlerinin kesiştiği nokta olan pH_{pzc}'ye ait grafik Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 1. ALG ve AC/ALG boncuklarının FT-IR spektrumları.



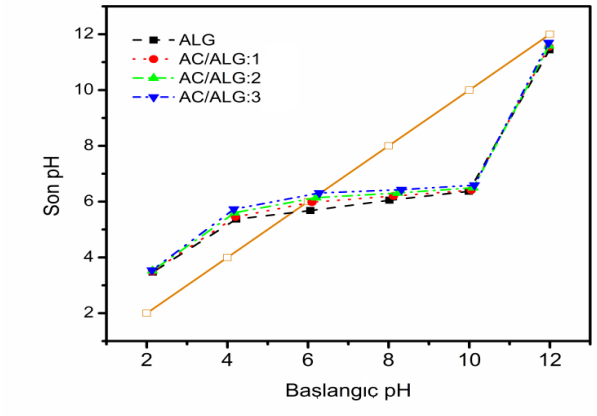
Şekil 2. ALG ve AC/ALG boncuklarının 100 µm ve 50000 µm'deki SEM görüntüleri.

Şekil 3 incelendiğinde ALG, ALG/AC:1, ALG/AC:2 ve ALG/AC:3 numunelerinin izoelektirik noktadaki pH değeri sırasıyla, 5,66, 5,98, 6,14 ve 6,27 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan, adsorbanın pH_{pzc} değerlerinin hafif asidik bölgede olduğu görülmektedir. Bu durum ALG ve ALG/AC taneciklerinin yüzeyinde asidik grupların bazik gruplara göre daha baskın olduğuna işaret eder. Dolayısıyla bu değerin bilinmesi, adsorpsiyon çalışmalarında hangi pH'da çalışılacağına karar vermede yardımcı olur.

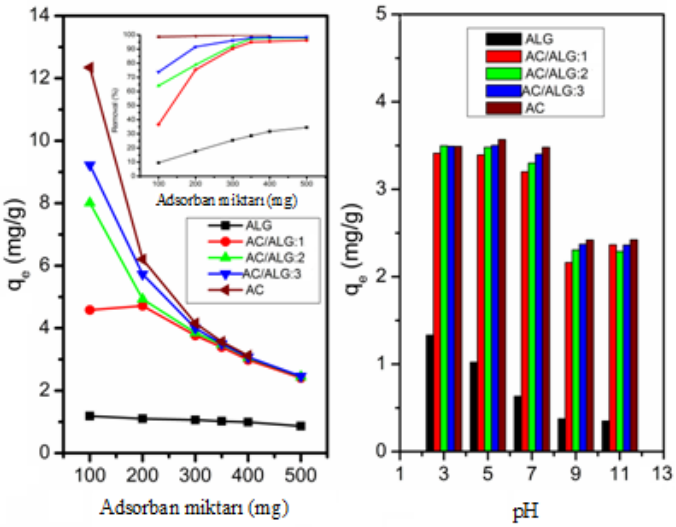
B. Aktif karbon-aljinat (AC/ALG) boncuklarının adsorpsiyonu etkileyen parametrelerin optimizasyonu

Adsorpsiyonu etkileyen parametrelerin başında adsorpsiyon miktarının ve pH gelmektedir. Bu parametrelerin optimizasyon sonuçları Şekil 4'te gösterilmektedir.

Şekil 4 incelendiğinde her bir numune için adsorban miktarının 350 mg'a kadar artırılmasıyla denge durumunda birim adsorban üzerine adsorplanan miktarın azaldığı, 350 mg'dan sonraki adsorban değerleri için ise yaklaşık sabit kaldığı görülmektedir. Bununla beraber her bir numune için 350 mg'a kadar attırılan adsorban miktarı ile yüzde giderim maksimum düzeye ulaşmış, sonraki değerlerde ise sabit kalmıştır. Bu sonuçlardan dolayı her bir numune için optimum adsorban miktarı 350 mg olarak belirlenmiştir.



Şekil 3: ALG ve AC/ALG boncuklarının izolektrik nokta analizi.

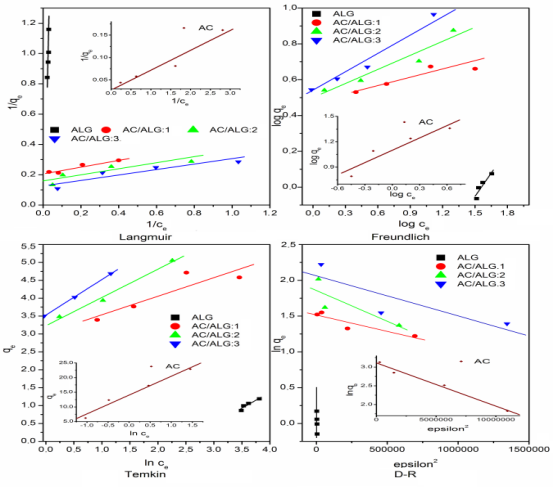


Şekil 4: ALG ve AC/ALG boncuklarının adsorban miktarı ve pH analizi.

Şekil 4 incelendiğinde genel olarak, naprokseni uzaklaştırma performansı asidik pH'larda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. ALG, ALG/AC:1, ALG/AC:2 ve ALG/AC:3 numunelerinin izoelektirik noktadaki pH değerinin altında adsorpsiyon kapasiteleri en yüksek iken, daha bazik koşullarda ise giderek azalan bir grafik görülmektedir. ALG/AC:3 boncuklarının pH 3,0, pH 5,0, pH 7,0, pH 9,0 ve pH 11,0 da adsorpsiyon kapasiteleri sırasıyla 3,49 mg/g, 3,50 mg/g, 3,40 mg/g, 2,37 mg/g ve 2,36 mg/g'dır. Bu sonuçlardan dolayı optimum pH değeri 50 mg/L naproksen çözeltisinin doğal pH'ı 5,03 olarak belirlenmiştir.

C. Aktif karbon-aljinat (AC/ALG) boncuklarının adsorpsiyon izotermleri

ALG, AC/ALG:1, AC/ALG:2, AC/ALG:3 ve AC numunelerinin naproksen iyonlarını içeren pH 5,03'te yürütülen adsorpsiyon deneylerine ait adsorpsiyon izotermleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Numunelerin Freundlich, Langmuir, Temkin ve Dubinin-Radushkevich izotermleri ile uyumluluğu incelenmiştir.



Şekil 6: Naproksen gideriminde adsorpsiyon analizleri.

Tablo 2: Adsorpsiyon izoterm model parametreleri.

	AC	ALG	AC/ALG:1	AC/ALG:2	AC/ALG:3
Langmuir					
Q (mg/g)	36,76	2,706	4,822	6,277	7,813
b	0,613	0,017	0,966	0,880	0,753
R_L	0,032	0,541	0,020	0,022	0,026
R^2	0,945	0,935	0,908	0,804	0,841
Freundlich					
K_F (mg/g)	12,57	8,247	3,102	3,097	3,341
$1/n$	0,485	0,597	0,524	0,491	0,129
R^2	0,886	0,906	0,826	0,930	0,972
Temkin					
A_t (L/mg)	8,889	0,132	5,803	4,076	3,545
B	6,423	0,659	0,520	0,792	0,995
R^2	0,976	0,973	0,817	0,988	0,999
Dubinin Radushkevich					
Q (mol/g)	22,41	1,488	4,548	6,412	7,870
β	E-07	8E-05	5E-07	9E-07	6E-07
E(kJ/mol)	3,313	0,069	0,833	1,435	1,758
R^2	0,985	0,964	0,849	0,700	0,725

Deneysel verilerin adsorpsiyon izoterm modellerine uygulanması sonucunda her bir numune için elde edilen izoterm model parametreleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde tüm izoterm modeller arasında en yüksek regresyon katsayısına Temkin izoterm modeli sahiptir. ALG, AC/ALG:1, AC/ALG:2, AC/ALG:3 ve AC numunelerinin A_t değerleri sırasıyla; 0,132 L/mg, 5,803 L/mg, 4,076 L/mg, 3,545 L/mg, 8,889 L/mg olarak bulunmuştur. Ayrıca B yüzey bağlanma enerjisi değerleri sırasıyla; 0,659, 0,520, 0,792, 0,995, 6,423 olarak bulunmuştur. İzotermin R^2 değerlerine bakıldığında da 0,82-0,99 arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlerin 1,0'e yakın olması naproksen gideriminde Temkin adsorpsiyon modelini elverişli yapmaktadır. Bu izoterm maddeler arasındaki etkileşimleri değerlendiren bir izotermdir. Etkileşimlerden dolayı adsorpsiyon ısısının yüzeyin kaplanmasıyla lineer olarak azalacağını varsayar.

Temkin modelinden sonra da 0,82-0,97 arasında değişen R^2 değerleri ile Freundlich izoterm modeli adsorpsiyon mekanizmasını açıklamak için uygun olduğu belirlenmiştir. Freundlich modeline göre adsorbentin yüzey üzerinde bulunan adsorpsiyon alanları heterojendir yani farklı türdeki adsorpsiyon alanlarından teşkil edilmiştir. Aktif karbon yüzeyinin heterojen bir yüzey olması bu durumu açıklamaktadır. AC/ALG:1, AC/ALG:2 ve AC/ALG:3 boncuklarının 1/n değerleri sırasıyla; 0,524, 0,491, 0,129'dur. Artan karbon oranı ile 1/n değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Freundlich izoterminde hesaplanan 1/ndeğerinin sıfıra yaklaşması yüzey heterojenitesinin artığını göstermektedir. Bu bilgilerden yola çıkarak modifikasyon oranının artması ile yüzeyin heterojen özelliğinin de arttığı söylenebilir.

Dubinin Radushkevich izoterm modelini inceleyecek olursak AC, ALG, AC/ALG:1, AC/ALG:2 ve AC/ALG:3 numuneleri için ortalama serbest enerji E değerleri sırasıyla 3,313 kJ/mol, 0,069 kJ/mol, 0,833 kJ/mol, 1,435 kJ/mol, 1,758 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Ortalama serbest enerji değerleri 8 kJ/mol'ün altında olduğunda fiziksel adsorpsiyon olarak kabul edilmektedir. Tüm numuneler için modelden hesaplanan ortalama serbest enerji E değerleri 8 kJ/mol'ün altında olduğundan adsorpsiyon çeşidi fiziksel olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3: Adsorpsiyon termodinamiği.

Adsorbent	ΔH^0 (kJ/mol)	ΔS^0(J/mol K)	ΔG^0(kJ/mol)		
			298 K	313K	328K
AC	2,770	70,73	-17,828	-19,368	-20,429
ALG	5,768	13,95	1,6125	1,4034	1,1942
ALG/AC:1	1,087	28,14	-7,2952	-7,7289	-8,1385
ALG/AC:2	1,692	35,99	-9,0264	-9,5910	-10,104
ALG/AC:3	3,257	43,54	-9,7245	-10,358	-20,417

D. Aktif karbon-aljinat (AC/ALG) boncuklarının adsorpsiyon termodinamiği

Adsorpsiyon termodinamiği, adsorpsiyonla ilişkili enerji değişiklikleri hakkında derinlemesine bilgi sağlar. AC, ALG ve ALG/AC numunelerinin naproksen iyonlarını içeren pH 5.03'te yürütülen adsorpsiyon deneylerine ait adsorpsiyon termodinamik Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3 incelendiğinde AC/ALG:1, AC/ALG:2, AC/ALG:3 ve AC numunelerinin ΔG^0 değerlerinin negatif olması naproksen adsorpsiyonunun uygulanabilir, spontan olduğunu ve prosesin kendiliğinden gerçekleşebileceğini göstermektedir. Yükselen sıcaklıkla birlikte, ΔG ° değerleri daha büyük bir itici gücü yansıtarak daha negatif olarak hesaplanmıştır. Aksine ALG numunesi için ΔG^0 değerlerinin pozitif olması adsorpsiyonun uygulanabilirliğinin elverişsiz olduğunu göstermektedir. Adsorpsiyon entalpisi ΔH^0 pozitif olması adsorpsiyonun endotermik olduğunu göstermektedir. Serbest entropi ΔS^0 değişiminin ise pozitif işaretli olması, naproksen adsorpsiyonu esnasında katı ile çözelti ara yüzeyi arasındaki düzensizliğin arttığı anlamına gelmektedir.

IV. SONUÇ

Bu çalışmada, endokrin bozucu kimyasallar arasında yer alan ve doğal yaşamı tehtit eden farmasötik ilaçlardan biri olan naproksenin aktif karbon-aljinat boncukları ile giderim etkinliği incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda adsorpsiyon izotermleri oluşturularak, sistemin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile adsorpsiyon mekanizmasının karakteristiği belirlenmiştir. Naproksenin AC/ALG boncukları üzerine çok tabakalı heterojen yüzeyde fiziksel bağlanma ile adsorplandığı belirlenmiştir. Boncukların yapısındaki AC oranı arttıkça naproksenin bağlanma enerjisinin arttığı ve adsorpsiyon kapasitesinin de buna paralel olarak yükseldiği izlenmiştir. Bu sonuçlara göre sentezlenen AC/ALG boncukları yenilikçi bir yaklaşımla adsorpsiyon uygulamalarında kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Sunulan bu çalışma Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 2017/DR/0002 no'lu projeden alınan destekle gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] T.A. Ternes, "Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers, " Water Res. 3245–3260, 1998.

[2] B. Subedi, B. Du, C.K. Chambliss, J. Koschorreck, H. Rudel, M. Quack, B.W. Brooks, S. Usenko, "Occurrence of pharmaceuticals and personal care products in German fish tissue: A national study, " Environ. Sci. Technol., 9047–9054, 2012

[3] G.R. Boyd, S. Zhang, D.A. Grimm, "Naproxen removal from water by chlorination and biofilm processes, " Water Res., 668–676, 2005.

[4] D Saloglu, N Ozcan, "Activated carbon embedded chitosan/polyvinyl alcohol biocomposites for adsorption of nonsteroidal anti-inflammatory drug-naproxen from wastewater, " Desal. and Water Treatm., 1–13, 2018.