

Kabul Edilmiş Araştırma Makalesi (Düzenlenmemiş Sürüm)

Accepted Research Article (Uncorrected Version)

Makale Başlığı / Title

Asit turuncu II boyasının kitosan ve zirkonyum(IV)-kitosan üzerine adsorpsiyonunun karşılaştırılması

Comparison of adsorption of acid orange II dye on chitosan and zirconium(IV)-chitosan

Yazarlar / Authors

Pelin DEMİRÇİVİ

Referans No / Reference No

PAJES-03342

DOI

10.5505/pajes.2018.35492

Bu PDF dosyası yukarıda bilgileri verilen kabul edilmiş araştırma makalesini içermektedir. Sayfa düzeni, dizgileme ve son inceleme işlemleri henüz tamamlanmamış olduğundan, bu düzenlenmemiş sürüm bazı üretim ve dizgi hataları içerebilir.

This PDF file contains the accepted research article whose information given above. Since copyediting, typesetting and final review processes are not completed yet, this uncorrected version may include some production and typesetting errors.



Öz: Bu çalışmada, zirkonyum (IV)-kitosan (Zr(IV)-Cht) kompoziti sentezlenmiş ve asit turuncu II (T-II) sentetik boyası kullanılarak Cht ile adsorpsiyon kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Kesikli sistemde yapılan denemelerde Zr(IV) miktarı, çözelti pH'ı, adsorban miktarı, temas süresi ve sıcaklığın T-II adsorpsiyonuna olan etkileri incelenmiştir. Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modelleri denenerek elde edilen deneysel verilere en uygun cevap veren izoterm modelinin Langmuir izoterm modeli olduğu bulunmuştur. Maksimum adsorpsiyon kapasiteleri sırasıyla Cht için 256.41 mg/g ve Zr(IV)/Cht için 666.67 mg/g olarak bulunmuştur. Kinetik veriler yalancı-birinci dereceden ve yalancı-ikinci dereceden kinetik modellerine uygulandığında yalancı-ikinci dereceden kinetik modelinin en uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Termodinamik veriler ışığında, T-II adsorpsiyonunun hem Cht, hem de Zr(IV)/Cht için endotermik olarak kendiliğinden gerçekleşen bir işlem olduğu belirlenmiştir. Adsorpsiyon/desorpsiyon denemelerinde yedinci döngü sonunda Cht'nin adsorpsiyon kapasitesi %65, Zr(IV)-Cht'nin adsorpsiyon kapasitesinin %95 olduğu bulunmuştur. T-II adsorpsiyonu için sentezlenen Zr(IV)-Cht kompoziti yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip, ucuz ve toksik olmayan bir adsorban olarak boya gideriminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Pelin DEMİRÇİVİ*

* Kimya ve Süreç Mühendisliği Öğretim Üyesi, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, 20110, Denizli, Türkiye
pelindemircivi@gmail.com

Geli Tarihi/Received 07.05.2017, Kabul Tarihi/Accepted 19.04.2018

doi: 10.5505/pajes.2018.35492

* Yazarı / Corresponding author

Araştırma Makalesi / Research Article

Öz

Yaygın olarak kullanılan bir biyopolimer olan kitosanın (Cht) adsorpsiyon kapasitesini arttırmak amacıyla zirkonyum (IV)-kitosan (Zr(IV)-Cht) kompoziti sentezlenmiş ve asit turuncu II (T-II) sentetik boyası kullanılarak Cht ile adsorpsiyon kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Kesikli sistemde yapılan denemelerde Zr(IV) miktarı, çözelti pH'ı, adsorban miktarı, temas süresi ve sıcaklığın T-II adsorpsiyonuna olan etkileri incelenmiştir. Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modelleri denenerek elde edilen deneysel verilere en uygun cevap veren izoterm modelinin Langmuir izoterm modeli olduğu bulunmuştur. Maksimum adsorpsiyon kapasiteleri sırasıyla Cht için 256.41 mg/g ve Zr(IV)/Cht için 666.67 mg/g olarak bulunmuştur. Kinetik veriler yalancı-birinci dereceden ve yalancı-ikinci dereceden kinetik modellerine uygulandığında yalancı-ikinci dereceden kinetik modelinin en uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Termodinamik veriler ışığında, T-II adsorpsiyonunun hem Cht, hem de Zr(IV)/Cht için endotermik olarak kendiliğinden gerçekleşen bir işlem olduğu belirlenmiştir. Adsorpsiyon/desorpsiyon denemelerinde yedinci döngü sonunda Cht'nin adsorpsiyon kapasitesi %65, Zr(IV)-Cht'nin adsorpsiyon kapasitesinin %95 olduğu bulunmuştur. T-II adsorpsiyonu için sentezlenen Zr(IV)-Cht kompoziti yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip, ucuz ve toksik olmayan bir adsorban olarak boya gideriminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Zirkonyum, Kitosan, Asit turuncu II, Adsorpsiyon

Abstract

To increase the adsorption capacity of chitosan (Cht), which is an abundant biopolymer, zirconium (IV)-chitosan (Zr(IV)-Cht) composite was synthesized and adsorption capacity was compared with Cht using acid orange II (T-II). Batch studies were conducted to analyze the effect of Zr (IV) loading amount, solution pH, adsorbent dosage, contact time and temperature on T-II adsorption. The best responding isotherm model to the experimental data was found Langmuir adsorption isotherm model by analyzing Langmuir, Freundlich and Temkin isotherm models. The maximum adsorption capacities were found as 256.41 mg/g and 666.67 mg/g for Cht and Zr(IV)-Cht, respectively. Application of kinetic data to the pseudo-first order and pseudo-second order kinetic models, pseudo-second order model was the best-fitted model for the kinetic data. The adsorption process was found endothermic and spontaneously occurred for both Cht and Zr(IV)-Cht. According to adsorption/desorption experiments, after seventh cycle adsorption capacities were found 65% for Cht and 95% for Zr(IV)-Cht. The synthesized Zr(IV)-Cht composite was found as the high adsorption capacity, low-cost and non-toxic material for T-II adsorption and can be used for dye adsorption.

Keywords: Zirconium, Chitosan, Acid orange II, Adsorption

1. Giriş

Endüstriyel faaliyetler sonucu çevresel kirlilikler üretildiğinde tekstil, deri, kozmetik, ilaç ve diğer sektörlerde sık kullanılan sentetik boyaların su kaynaklarındaki azo grubu (N=N) içeren sentetik maddelerin %10-15'i atık olarak endüstriyel faaliyetler sonucu herhangibir şekilde arıtılmadan su kaynaklarına atılması ciddi kirliliklere neden olur. Bu nedenle, boyaların su kaynaklarından uzaklaştırılması için etkili ve ucuz yöntemler geliştirilmelidir. Bu yöntemler arasında adsorpsiyon, koagülasyon, flokülasyon, ozonlama, biyoremediasyon, kimyasal degradasyon, fotokataliz, koagülasyon, sorpsiyon ve diğer yöntemler yer almaktadır. Bu yöntemlerin arasında adsorpsiyon yöntemi en etkili ve ucuz yöntemdir. Adsorpsiyon yöntemi, adsorban olarak Cht kullanılarak boyaların su kaynaklarından uzaklaştırılması için etkili ve ucuz bir yöntemdir. Cht, doğal ve biyodegradabil bir polimerdir ve su kaynaklarındaki azo grubu içeren sentetik maddelerin adsorpsiyon kapasitesine sahip, biyobozunabilir ve toksik

olmayan bir biyopolimerdir. Kitosan, chitin kaynaklı bir polimerdir ve su kaynaklarındaki azo grubu içeren sentetik maddelerin adsorpsiyon kapasitesine sahip, biyobozunabilir ve toksik olmayan bir adsorban olarak boya gideriminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada, zirkonyum (IV)-kitosan (Zr(IV)-Cht) kompoziti sentezlenmiş ve asit turuncu II (T-II) sentetik boyası kullanılarak Cht ile adsorpsiyon kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Kesikli sistemde yapılan denemelerde Zr(IV) miktarı, çözelti pH'ı, adsorban miktarı, temas süresi ve sıcaklığın T-II adsorpsiyonuna olan etkileri incelenmiştir. Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modelleri denenerek elde edilen deneysel verilere en uygun cevap veren izoterm modelinin Langmuir izoterm modeli olduğu bulunmuştur. Maksimum adsorpsiyon kapasiteleri sırasıyla Cht için 256.41 mg/g ve Zr(IV)/Cht için 666.67 mg/g olarak bulunmuştur. Kinetik veriler yalancı-birinci dereceden ve yalancı-ikinci dereceden kinetik modellerine uygulandığında yalancı-ikinci dereceden kinetik modelinin en uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Termodinamik veriler ışığında, T-II adsorpsiyonunun hem Cht, hem de Zr(IV)/Cht için endotermik olarak kendiliğinden gerçekleşen bir işlem olduğu belirlenmiştir. Adsorpsiyon/desorpsiyon denemelerinde yedinci döngü sonunda Cht'nin adsorpsiyon kapasitesi %65, Zr(IV)-Cht'nin adsorpsiyon kapasitesinin %95 olduğu bulunmuştur. T-II adsorpsiyonu için sentezlenen Zr(IV)-Cht kompoziti yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip, ucuz ve toksik olmayan bir adsorban olarak boya gideriminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

protonlanması ile florür adsorpsiyonunu artırır. Maksimum adsorpsiyon kapasitesi 48.26 mg/g olarak bulunmuştur. Viswanathan ve arkadaşları'nın zirkonyum zümrütlü olarak karboksillenmiş kitosana florüre karşı etkisiyi tanımladıkları çalışmada Florür adsorpsiyonuna etkisiyle ilgili olarak elde ettikleri sonuçlar bizim çalışmamızla benzerdir. Florür giderimi adsorpsiyonundan önce kütlenin bir kısmı kütleye kaybedilmiştir. Zirkonyum zümrüt kullanılarak yapılan çalışmada adsorpsiyon kapasitesi, kitosana kıyasla %100'den fazla daha yüksektir. Zhang ve arkadaşları Zr çaprazbağlı dimetilamonyum bromür kitosan kompoziti sentezleyerek Cr(VI) adsorpsiyonunu amonyum klorür gibi farklı surfaktantlarla yapılan kompozit zirkonyum klorür ile modifiye edilmiş deiyon suyu kullanılarak yapılan çalışmada elde edilen sonuçları değerlendirilmiştir. Maksimum adsorpsiyon pH 5'de Langmuir izothermi modeli ile hesaplanmıştır. 175 mg/g adsorpsiyon kapasitesine sahip Zr(IV) yüklü çaprazbağlı kitosan fosfat adsorpsiyonunu gerçekleştiren kompozitler ile yapılan çalışmada adsorpsiyon asidik ortamda (pH 3) gerçekleşmiştir. Yanmaz ve arkadaşları Zhang ve arkadaşları'nın çalışmalarıyla benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Zhang ve arkadaşları [12] benzeri bir şekilde ZrO₂ ile modifiye edilmiş kitosan/bentonit kompoziti sentezleyerek Amido Black 10B boyar maddesinin adsorpsiyonunu değerlendirmişlerdir. Kitosan/bentonit kompozitinin adsorpsiyon kapasitesini arttırmak amacıyla Zr(IV) ile modifiye edilmiştir. Ortam pH deiyon suyu kullanılarak yapılan çalışmada, yüzey pozitif olmakta, boyar negatif yüklü olmaktadır. Elektrostatik etkiler nedeniyle adsorpsiyonun pH 7-10 arasında maksimum olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada adsorbe edilen boyar, anyonik bir boyadır. Yapısında aromatik halka içeren ve hidrofil özellikler taşıyan ve itli asit/boyar karışımını oluşturur. Sabun, ahap koruyucu, tekstil, saç boyaları, ayakkabı boyası ve kozmetik kullanılmaktadır. Yaygın olarak kirliliği gidermek amacıyla atık sulara yüksek miktarlarda atılmakta olan bu tür boyalar, su kirliliği gidermek amacıyla atık sulara yüksek miktarlarda atılmaktadır. Bu nedenle, ilgililerimiz tarafından yapılan çalışmalar yapılmıştır. Jin ve arkadaşları [13] Orange II boyar maddesinin doğal adsorpsiyonunu değerlendirilmiştir. Zeolit negatif yüklü olduğu için adsorbe edebilmesi için katyonsal metal iyonlarının adsorpsiyonunu arttırması gerekmektedir. Orange II boyar maddesinin adsorpsiyon kapasitesi 8.13 mg/g bulunurken, adsorpsiyon kapasitesi 38.13 mg/g'ye kadar arttırılmıştır ve ark.[14] Orange II degradasyonu için kullanılmaktadır. Jin ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada elde edilen Fe/Pd nanopartikülleri, kimyasal olarak sentezlenen Fe/Pd nanopartikülleriyle karşılaştırılmıştır. Pd reaksiyonunda katalizör görevi görmekte ve aktivasyon enerjisi düşürülmesiyle reaksiyona girmesini sağlamak ve redoks reaksiyonunun

2.1.2 T-II adsorpsiyon denemeleri

Adsorpsiyon denemeleri kesikli kullanan 250 mL sıvıca akriliktaal çalkalayıcı çalkalayıcı çekirçtirilmiş -Cht kompoziti için termodinamik denemeler yapılmıştır. ±34 | g n v k p k p " f q c n " TrKJK " f c g f u g q t k r " u n k w (n o r z w p " A n k o g t k v p g t I P a d s o r p s i y o n u n a e t k i s i r J " g v m k u k p k " k p e g n g o g m " c o c e , { n c . " ± 3 4 | g n v k " J E n " x g " P c O J " m w n n c p , n c t h c t m n , " r J " 3 2 + g d h e t t k o p p o * 4 v , t 0 " Adsorbantın yüzey özellikleri ve de i i m göstermesinden dolayı a d e t a t i y e n d e (p H) e n ö n e m l i ç a e t m e d a l e r d e i i m l e r e r e k i d e 2 b e l i r t i l d i . İ l g i a d i s o r p s i y o n g ö s t e r m e a n c a k b u p H d e e r i n d e r z r (I V) c h t k o m p o z i t i n i n a d s o r p s i y o n k a p a s i t e s i n k u l a s o n k b a m a k i n i s i f i r (p H z p c) b e l i r l e n m i v e - C h t i i ç i i m 6 b u l u n m u t u r . d e o z e r k i d e p H e n k ü o l d u n d a n e t y ü z e y y ü k ü l p o z i t i f i i l e e l e k t r o s t a t i k e t k i l e i m l e i g e i r ç e k l e ö z e k t e d h a c m i ç ö z e l t i n d e p m a d s o r b a n m i k t a r (m g / L) (i g 5 e C a l y u n g s e k a b l i d e u n d a i s e n e t y i l e y ü z e y d e n g e d e k i T I ç ö z e l t i k o n s a n t r a s y o n u n u a m e y l o i n u t m e k a t s e d i d r a . i t m e k u v v e t i o l a k a n T I k a d s o r p s i y a n k u n d a d ü ü g ö

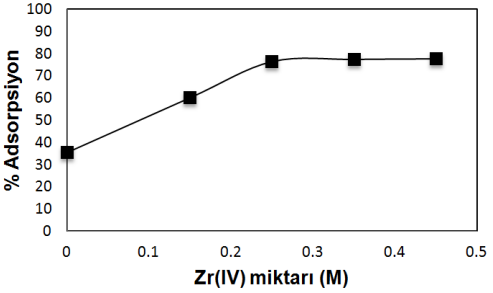
$$q_e = \frac{(C_i - C_e) \cdot V}{m} \quad (1)$$

Burada, qT-II adsorpsiyon kapasitesi m adsorbant miktarı (mg/L) (ig 5 e C a l y u n g s e k a b l i d e u n d a i s e n e t y i l e y ü z e y d e n g e d e k i T I ç ö z e l t i k o n s a n t r a s y o n u n u a m e y l o i n u t m e k a t s e d i d r a . i t m e k u v v e t i o l a k a n T I k a d s o r p s i y a n k u n d a d ü ü g ö Kinetik denemeleri, 25°C de 1 g/L katı/sıvı çözeltilerinde gerçekleştirildi. Zaman aralıklarında örnekler alınarak T-II de k k o n s a n t r a s y o n u k a i m a e t i i z k e b e l i r t i m i e r t i y e r d e r e c e d e n k i n e t i k m o d e l i v e a l a k i n c i d e r e c e d e n k i n e t i k m o d e l i k u l l a n m a m i a r t a k i n c e

Adsorbantların desorpsiyon özellikleri kullanılarak adsorpsiyon/desorpsiyon mekanizması yapılmıştır. T-II ti r ç ö z e l t i s i 5 0 C 2 s a a t ç a l k a l a n m ı t ı r . Ç a l k a l a m a s ı n d a 0 . 0 2 5 M N a O H ç ö z e l t i s i k l a n t ı s ı z ü l d ü n e n s o n r a d i s t i l e s u i l e y ı k a n m ı e k i t i l e a d s o r p s i y o n u n a p H e t k i s i a d s o r p s i y o n / d e s o r p s i y o n d e n e m e l e r i n d e k u l l a n ı l m ı t ı r .

3.1. « a ± Ç . Ş ®

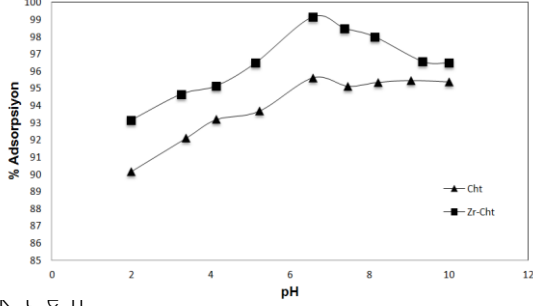
3.1. « a ± Ç . Ş ® adsorpsiyonuna etkisi Zr(IV)-Cht kompozitindeki TII adsorpsiyon miktarı üzerindeki etkisi 150 ml 500 mg/L Hek çözeltilerinde 24 saat çalkalanmış miktarla 0.145 ml (10/L) denemelerdeki 1 görüldü (ü V) gi miktarlarının adsorpsiyonunun %35' den (0.025 mol/L) artmasını bu inaktant itibaren Zr(IV) miktarındaki adsorpsiyonunda yaratmamıştır.



eki III adsorpsiyonuna Zr (I V)

Bu nedenle, denemelerde 0.25 kullanılmıdır. Zr(IV) miktarı arttıkça adsorpsiyon miktarı da artmaktadır. Bu nedenle, denemelerde 0.25 kullanılmıdır. Zr(IV) miktarı arttıkça adsorpsiyon miktarı da artmaktadır.

Adsorpsiyonuna etkisi de i i m göstermesinden dolayı a d e t a t i y e n d e (p H) e n ö n e m l i ç a e t m e d a l e r d e i i m l e r e r e k i d e 2 b e l i r t i l d i . İ l g i a d i s o r p s i y o n g ö s t e r m e a n c a k b u p H d e e r i n d e r z r (I V) c h t k o m p o z i t i n i n a d s o r p s i y o n k a p a s i t e s i n k u l a s o n k b a m a k i n i s i f i r (p H z p c) b e l i r l e n m i v e - C h t i i ç i i m 6 b u l u n m u t u r . d e o z e r k i d e p H e n k ü o l d u n d a n e t y ü z e y y ü k ü l p o z i t i f i i l e e l e k t r o s t a t i k e t k i l e i m l e i g e i r ç e k l e ö z e k t e d h a c m i ç ö z e l t i n d e p m a d s o r b a n m i k t a r (m g / L) (i g 5 e C a l y u n g s e k a b l i d e u n d a i s e n e t y i l e y ü z e y d e n g e d e k i T I ç ö z e l t i k o n s a n t r a s y o n u n u a m e y l o i n u t m e k a t s e d i d r a . i t m e k u v v e t i o l a k a n T I k a d s o r p s i y a n k u n d a d ü ü g ö



ekrar için

3.3 Adsorpsiyon izotermi

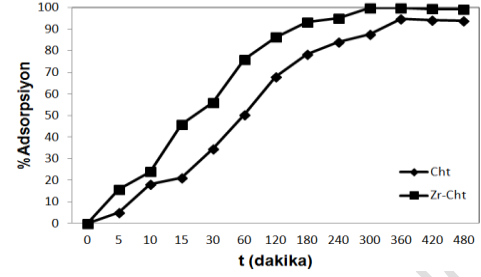
Adsorpsiyon izotermelerini belirlemek için 25°C de 140 rpm de çalkalanmıştır. Deneysel izoterm modeli Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modeli olarak değerlendirildi. Langmuir izoterm modeli en uygun olarak değerlendirildi. Zr(IV)-Cht için Langmuir izoterm modeli en uygun olarak değerlendirildi. Zr(IV)-Cht için Langmuir izoterm modeli en uygun olarak değerlendirildi.

Cht ve Zr(IV) için uygulanmış olan korelasyon katsayıları (R²)'nde için de Langmuir izoterm modeli görülmektedir. Cht için R² 0.99, Zr(IV) için R² 0.99 olarak bulunmuştur. 0.01 g adsorbant kullanıldığında Zr(IV) için 0.01 g adsorbant kullanıldığında %70'e eşit miktarda adsorpsiyon yüzdesi 0.03 g adsorbant kullanıldığında %80'e eşit miktarda adsorpsiyon yüzdesi olarak elde edilmiştir.

Tablo 1: Cht ve Zr(IV)-Cht ü z H adsorpsiyonunun izoterm parametreleri

z o t e r modelleri	Parametreler	Cht	Zr(IV)-Cht
Langmuir	b	1.500	0.384
	Q	256.410	666.667
	R ²	0.998	0.998
Freundlich	K _f	126.269	246.32C
	1/n	0.136	0.189
	R ²	0.781	0.688
Temkin	K _t	46.343	250.956
	b	0.104	0.034
	R ²	0.791	0.870

360 dakikada (%94.87), Zr(IV)-Cht ise 300 dakikada (%99.16) ula mı tır .



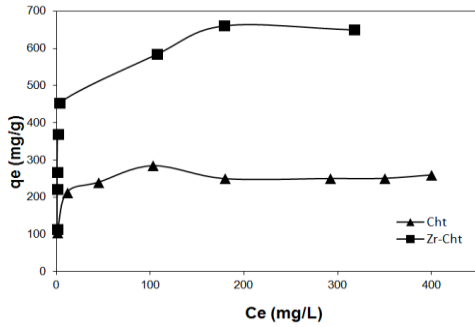
e k i Cht ve Zr(IV)-Cht ü z H adsorpsiyonu temas süresi etkisi grafi i

Yal abnicri nci dereced e Denklemi (2) d e k belirlendi i gibidir .

Adsorban miktarını and s a r p s a y o n u için uygun adsorpsiyon sitelerinin artmasının adsorban miktarı 0.103 g'dan daha fazla kullanıldığında ve t zamanında adsorpsiyonunda etkili bir de m i k t a (mg/g) en me m i c i d e r e c e d e n h i z k a t ı ve sıvı faz arasında de m i k t a (mg/g) e r t z a m a n ı (dakika) y e t z a m a n ı (dakika) g ö s t e r e n o l a r a k k u l l a n ı l m ı t ı r . C h t a d s o r p s i y o n u (I V) g r a f i d e s i z i l e r e k t a r ı ve i q m ve kapasiteleri karşılaştırıldı ında hesaplanmaktadır. ve 666.67 mg/g) Zr(IV) yüklü adsorbanı m a z l y ü z l e y a l a b n i c i d e r e c e d e n y ü k i n e t i k e ' d e l i k o l u t u r m a t ı l ı n d a a d s o r p s i y o n u n d a b e d ü k t ü k i d e d e r .

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k}{2.303} t \quad (2)$$

miktarda artı a s e b e p ö r ü l l e n t ü r o l a r a k , Zr(IV)-Cht kompoziti anyonik boya gideriminde etkin bir adsorban olarak kullanılabilir m e k t e d i r .

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e} + \frac{1}{q_e} t \quad (3)$$


e k i Cht ve Zr(IV)-Cht ü z H adsorpsiyonu izoterm grafi i

3.4 . Y - « ® - - ¥ µ « a . Ş ¥ a j . ° ¥ Ö ¥

Adsorpsiyon prosesi e l e m e k a m a z m a z i n t a l p i d e e i e m i o (°) H d e yal abricri nci dereced e nci dereced e n k i n e t i k a n b e s a p l a n m ı ve sonuçlar Tablo 3' modeler k u l l a n ı l m ı t ı r . C h t t a d s o r p s i y o n d e n g e s i n e

Tablo 2: Cht ve Zr(IV)-Cht ü z H adsorpsiyonu kinetik parametreleri

Adsorban	Yal abricri nci dereced e			Yal a n k i n c i d e r e c e d e n k i		
	k ₁	q _e	R ²	k ₂	q _e	R ²
Cht	0.0213	34.42	0.92	0.0845	35.64	0.98
Zr(IV)-Cht	0.0067	48.56	0.94	0.0102	51.23	0.99

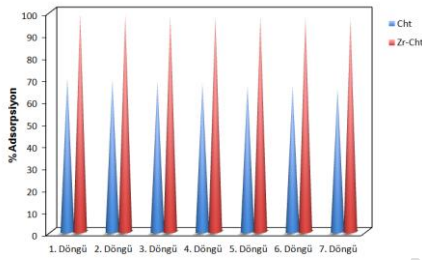
Tablo 3: Cht ve Zr(IV)-Cht ü z H adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri

	H° (k J /	S° (k J / m o l)	G° (k J / m o l)
		298 K	308 K
Cht	128.235	0.428	-1.479
Zr(IV)-Cht	98.520	0.342	-2.915
			318 K
			-5.557
			-6.964
			-8.286
			-9.678

Pozitif entalpi de i imi adsorpsiyonu gerçektir. Negatif Gibbs serbest enerji i imi adsorpsiyonun kendili inden gerçektir de i imi ise katı/sıvı ara yüzey serbestlik derecesindeki artı belirtil di i üzere, sıcaklı nın artı a neden olmu tur.

3.6 Adsorpsiyon/desorpsiyon denemeleri

Adsorpsiyon/desorpsiyon denemeleri Cht ve Zr(IV) kompozitinin tekrar kullanılabı yarımları gerçektir. M NaOH kullanılarak yapılmı tır. kurutulduktan sonra tekrar -TI kullanı Blumid öngü. ye d i t i k e r e k 5 belirlenmi tir. İlk döngü yüzdesi %70 olara k 97 el de e d i t i k e r e k %65, Zr(IV)-Cht için %97 olara k Zr(IV)-Cht kompozitinin -TI kullanılabılırli inin yüksek



ek i T 15: adsorpsiyon/desorpsiyon denemeleri

$$4' \ll a \pm \zeta \text{ " } \textcircled{R}$$

Bu çalı ma T adsorpsiyon kapasitelerinin karıla tırıl zoterm denemeleri sonu (666,67 mg/g) saf Cht'e (256,41 mg/g) ol dukça yüksek bi Deneysel olarak ed izilen izoterm verileri izoterm modelerine uygun izoterm modeli oldu u sonu adsorpsiyonun tek katmanlı gerçektir i Termodinamik verilerden, -TI adsorpsiyonun sıcaklık arttı kça kendili inden gerçektir en varlı Kinetik modelleri ncelendi inde dene yen uygun model yal akıncı derceden kinetik modelidir. Sonuç olarak, Zr(IV)-Cht kompoziti il adsorpsiyonunda Cht'e göre çö R

5 Kaynaklar

[1] Luo F, Chen Z, Megharaj M, Naidu R. " One step green synthesis of bimetallic Fe/Pd nanoparticles used to degrade Orange II dye in aqueous solution", *Journal of Hazardous Materials*, 303, 145-153, 2016.

[2] Kousha M, Daneshvar E, Sohrabi MS, Jokar M, Bhatnagar A. " Adsorption of acid orange II dye by raw and chemically modified brown macroalgae *Stoechospermum marginatum*", *Chemical Engineering Journal*, 192, 676, 2012.

[3] Neakmes, T. Triantafyllou, P. Gi. " Removal of lead from water resources", *Water Resources*, 138, 56-57, 1999.

[4] Mondal S, K. Meetho, S. Balfo, D. S. Reddy. " Adsorption of lead on Zr(IV)-Cht composite", *Environmental Engineering Science*, 25, 383-396, 2008.

[5] Gupta VK. " Application of low cost adsorbent for lead removal: A review", *Environmental Management*, 90, 231-2342, 2009.

[6] Verma AK, K. B. D. S. R. B. H. P. Y. L. " Removal of lead from aqueous solution using Zr(IV)-Cht composite", *Journal of Environmental Management*, 98, 154-168, 2012.

[7] S. W. Y. A. U. I. M. E. I. K. B. C. S. K. " Zr(IV)-Cht composite for lead adsorption from aqueous solution using Zr(IV) immobilized chitosan", *International Journal of Biological Macromolecules*, 69, 338-343, 2014.

[8] Z. L. A. Q. Zhang L, Yang B, Huang R. " Adsorption of lead from aqueous solution using Zr(IV) immobilized chitosan", *International Journal of Biological Macromolecules*, 77, 1523, 2015.

[9] Viswanatha Rao, M. K. S. S. " Synthesis of chitosan biopolymeric matrix for selective fluoride adsorption", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 72, 89-93, 2009.

[10] Zhang L, Xia W, Teng B, X. X. " Separation, characterization and application in adsorption of lead from aqueous solution using Zr(IV) loaded crosslinked chitosan particles", *Journal of Chemical Engineering*, 59, 33-39, 2016.

[11] Liu Q, Hu P, Wang J, Zhang J. " Adsorption of Amido Black 10B from aqueous solutions onto Zr(IV) surface immobilized crosslinked chitosan/bentonite composite", *Journal of Chemical Engineering*, 101, 217, 2016.

[12] Jin X, Yu B, Chen Z, Arcena J. M., and Thring, R. W., 2014. " Adsorption of Orange II dye in aqueous solution onto surfactant-modified zeolite: Characterization, kinetic and thermodynamic studies", *Journal of Colloid and Interface Science*, 435, 205-215.

[13] Luo, F., Yang, D., Chen, Z., Megharaj, M. and Naidu, R., 2016. " One-step green synthesis of bimetallic Fe/Pd nanoparticles used to degrade Orange II", *Journal of Hazardous Materials*, 303, 145-153.

[14] Inchaurreto, N., Font, J., Ramo, P. and Haure, P., 2016. " Natural diatomites: Efficient green catalyst for the oxidation of Orange II", *Applied Catalysis B: Environmental*, 181, 484-494.

[15] Zhang, L., Cheng, Z., Guo, X., Jiang, X., and Liu, R., 2014. " Process optimization, kinetics and equilibrium of Orange II adsorption onto Zr(IV)-Cht composite", *Journal of Molecular Liquids*, 197, 353-367.