



## Antideprasan İlaçların Etken Maddelerinin Adsorpsiyonu: Kinetik ve İzotermi

### Making Adsorption of Effective Agents of Antidepressant Drugs: Kinetic and Isotherm

Orhan BAYTAR\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Siirt Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 56000 Siirt, TÜRKİYE*

**Başvuru/Received:** 25/08/2017

**Kabul/Accepted:** 12/12/2017

**Son Versiyon/Final Version:** 29/01/2018

#### Öz

Bu çalışmada bir önceki çalışmamızda elde ettiğimiz yüksek yüzey alanına sahip aktif karbon kullanılarak venlafaxine ve doxylamine antideprasan ilaçların etken maddesinin adsorpsiyonu incelenmiştir. Adsorpsiyon çalışmalarında çözelti başlangıç pH, çözelti başlangıç konsantrasyonu ve aktif karbon miktarı parametrelerin etkisi incelenmiştir. Adsorpsiyonun denge verileri Langmuir ve Freundlich izotermine uygulanmış ve en iyi Langmuir izotermine uyduğu belirlenmiştir. Langmuir izotermine göre q<sub>max</sub> venlafaxine ve doxylamine maddeleri için sırasıyla 8.764 ve 10.764 mg/g olduğu tespit edilmiştir. İlaç etken maddelerinin adsorpsiyon kinetiği yalancı birinci derece ve yalancı ikinci derece kinetik modeller için hesaplanmış ve en iyi yalancı ikinci derece kinetik modele uyduğu belirlenmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

“Antideprasan, ilaç etken maddesi, adsorpsiyon, izoterm”

#### Abstract

In this study, the adsorption of the active agent of venlafaxine and doxylamine antidepressant drugs was investigated by using the high surface area active carbon obtained in our previous study. The effects of initial pH of solution, initial concentration of solution and amount of activated carbon were examined in adsorption experiments. The adsorption equilibrium data were applied to the Langmuir and Freundlich isotherms and the best Langmuir isotherm was determined. Langmuir isotherm was found as 8.764 and 10.764 for q<sub>max</sub> venlafaxine and doxylamine substances, respectively. The adsorption kinetics of the drug substance were calculated for pseudo first order and pseudo second order kinetic models and it was determined that pseudo second order kinetic model is the best.

#### Key Words

“Antidepressant, drug substance, adsorption, isotherm”

## 1. GİRİŞ

Doxylamine ve venlafaxine uykusuzluk ve anti depresan tedavilerinde kullanılan ilaçların etken maddeleridir (Somun, 2014; Cerit, 2009). Maddenin kötüye kullanılması, depresif bozukluk, şizofreni ve diğer ruhsal bozukluklar gibi psikiyatrik etkenlerin intiharda çok etkili olmaktadır. İntihar girişiminde bulunan kişilerin %95'nin bir ruhsal bozukluk tanısı konulmuştur (Yalvaç, 2006). İntihar girişimlerinde ve mide yıkanmasında son zamanlarda aktif karbon kullanılmaktadır. Aktif karbon birçok ilaç ve toksik maddeler ile absorbe olmayan kimyasal kompleks oluştururken toksik maddeyi adsorplayarak fiziksel kompleks oluşturur. Aktif karbon emilmeyen bir madde olduğundan dolayı mide de toksik maddeleri bağlar, ayrıca bağırsaklara geçmiş toksik maddeleri de adsorplayarak bu toksik maddeleri emilmeyen bir yapıya dönüştürür (Devecioğlu, 2017).

Aktif karbon çeşitli kirleticilerin uzaklaştırılması için yaygın olarak kullanılan mükemmel bir adsorbenttir. Aktif karbonun geniş yüzey alanı, iyi gelişmiş gözeneklik ve çeşitli yüzey fonksiyonel grupların varlığı bir avantaj sağlamaktadır. Aktif karbon genel olarak kimyasal veya fiziksel aktivasyon yöntemiyle hazırlanmaktadır. Fiziksel aktivasyon, hammadde inert gaz ortamında yüksek sıcaklıkta pirolizi veya yüksek sıcaklıkta CO<sub>2</sub> veya su buharı ile aktivasyonu sonucu aktif karbonun üretilmesidir. Kimyasal aktivasyon ise ilk önce hammaddeye bir kimyasalın (ZnCl<sub>2</sub>, KOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> gibi) emdirilmesi daha sonra ise 400-600 °C sıcaklıklarında aktivasyonu sonucu aktif karbonun üretilmesidir (Saka, 2012). Aktif karbon meşe palamudu kabuğu (Şahin & Saka, 2013), iğde çekirdeği (Şahin vd., 2015), keçi boynuzu çekirdeği (Şahin vd., 2016) gibi birçok hammaddeden farklı yöntem kullanılarak sentezlenebilmektedir.

Bu çalışmada daha önceki çalışmamızda kimyasal aktivasyon yöntemiyle iğde çekirdeğinden ürettiğimiz aktif karbon (Şahin vd., 2015) kullanılarak antidepresan ilaçların etken maddesi olan doxylamine ve venlafaxine ilaçların adsorpsiyonu incelenmiştir. Adsorpsiyon çalışmalarında çözelti başlangıç pH, çözelti başlangıç konsantrasyonu ve adsorbent miktarı parametrelerin etkileri incelenmiş ve doxylamine ve venlafaxine maddelerin adsorpsiyonu için optimum şartlar tespit edilmiştir.

## 2. DENEYSEL KISIM

### 2.1. Kimyasallar

Deneyde kullanılan kimyasallar maddelerin tamamı analitik saflıktadır. Doxylamine IUPAC'a göre (RS)-N-N-dimetil-2(1-fenil-1-piridin-2-yl-etoksi)-etanamin olarak adlandırılmaktadır (Somun, 2014). Venlafaxine ise 1-[2-(dimetilamino)-1-(4-metoksifenil)-etil] siklo heksanol olarak adlandırılmaktadır (Cerit, 2009).

Adsorpsiyon çalışmalarında kullanılan aktif karbon bir önceki çalışmamızda elde ettiğimiz aktif karbondur Aktif karbon. ZnCl<sub>2</sub> aktifleştiricisi kullanılarak kimyasal aktivasyon yöntemiyle elde edilmiştir. Elde edilen aktif karbon BET yüzey alanı 1826 m<sup>2</sup>/g olduğu belirlenmiştir (Şahin vd., 2015).

### 2.2. Adsorpsiyon Çalışmaları (Adsorption Studies)

Aktif karbon kullanılarak doxylamine ve venlafaxine adsorpsiyonu çalışmaları kesikli sistemde gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon çalışmalarında; çözelti başlangıç pH'ı, ilaç etken maddelerin başlangıç derişimi ve adsorbent miktarı parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Adsorpsiyon işleminin ardından çözelti içerisindeki ilaç etken maddelerin derişimi, UV spektrofotometresinde (Shimadzu UV-1800) doxylamine ve venlafaxine için sırasıyla 260 ve 226 nm dalga boyunda tespit edilmiştir. Adsorbentin denge durumunda adsorpladığı ilaç etken maddesi adsorpsiyon kapasitesi (q<sub>e</sub>) ve % adsorpsiyon değeri Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{w} V \quad (1)$$

$$R = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} 100 \quad (2)$$

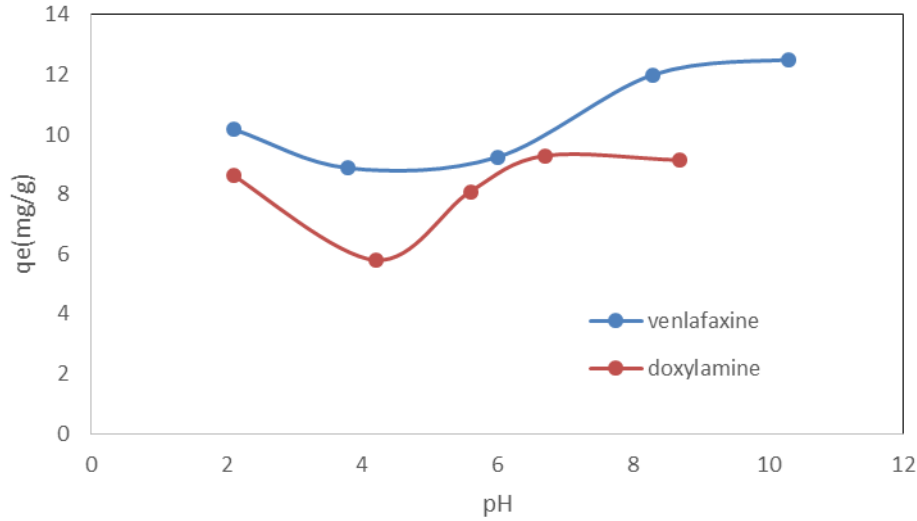
C<sub>0</sub>, çözültideki ilaç etken maddesi başlangıç derişimi (mg/l); C<sub>e</sub>, denge durumunda çözültideki ilaç etken maddesi derişimi (mg/L); V, çözülti hacmi (mL); w, adsorbent miktarı (g); R, adsorplanan ilaç etken maddesi derişim yüzdesidir.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 3.2. Adsorpsiyon çalışmaları

#### 3.2.1 Adsorpsiyona pH etkisi

Çözelti pH'ındaki değişim, ilaç etken maddesi ile adsorbent arasındaki elektrostatik etkileşimler üzerinde etkili olması ve genellikle ilaç etken maddesinin mide de adsorpsiyonu gerçekleştiğinden dolayı ilaç etken maddelerin adsorpsiyonunu etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesidir. Deneysel çalışmalar 30 °C sabit çözelti sıcaklığı, 25 mg/L ilaç etken maddesi başlangıç derişimi, 30 mL çözelti hacmi ve 25 mg adsorbent miktarı dikkate alınarak, 2-10 aralığında değişen çözelti başlangıç pH değerleri için, çalkalamalı su banyosunda yürütülmüştür. Adsorpsiyon kapasitesinin çözelti başlangıç pH'ı ile değişimi Şekil 3.1' de verildiği gibidir.



Şekil 3.1. Adsorpsiyon kapasitesinin çözelti başlangıç pH'ı ile değişimi

Şekil 3.1'den görüldüğü gibi doxylamine ilaç etken maddesi pH'ın 2'den 4 artmasıyla birlikte adsorpsiyon kapasitesinin azaldığı pH'ın 4 büyük olduğunda ise adsorpsiyon kapasitesinin arttığı görülmektedir. Şekil'den görüldüğü gibi venlafaxine ilaç etken maddesi adsorpsiyonunda pH'ın artmasıyla birlikte adsorpsiyon kapasitesinin arttığı görülmektedir. Düşük pH'lerde adsorpsiyon kapasitesinin düşük olmasının muhtemel nedeni ilaç etken maddesinin protonlanması olduğu düşünülmektedir. Diğer bir neden ise aktif karbon yüzeyinin pozitif olması ve protonlanması olduğu düşünülmektedir. Yüksek pH değerlerinde adsorpsiyon kapasitesinin artmasının muhtemel nedeni ise pH'ın artması ile aktif karbon yüzey yükünün negatifliğinin artması ve pH'ın artması ile adsorbent yüzeyindeki aktif bölgelerin bağ yapma eğilimlerinin artması olduğu düşünülmektedir. Doxylamine adsorpsiyonunda pH 2 olduğunda adsorpsiyon kapasitesi 8,63 mg/g iken pH 6,7 olduğunda ise adsorpsiyon kapasitesinin 9,28 mg/g olduğu tespit edilmiştir. Venlafaxine adsorpsiyonunda pH 2 olduğunda adsorpsiyon kapasitesi 10,17 mg/g iken pH 10 olduğunda ise adsorpsiyon kapasitesinin 12,49 mg/g olduğu tespit edilmiştir. Her iki ilaç etken maddesinin adsorpsiyon kapasitesi pH 2'de maksimum olmasa da bundan sonraki adsorpsiyon çalışmaları pH 2 de gerçekleştirilmiştir. Çünkü bu ilaç etken maddelerin adsorpsiyonu daha çok mide de gerçekleşmekte ve mide asitinin pH 2'ye çok yakın olduğundan dolayı geri kalan bütün çalışmalarda pH 2 seçilmiştir.

### 3.2.2 İlaç etken maddesi başlangıç derişiminin etkisi

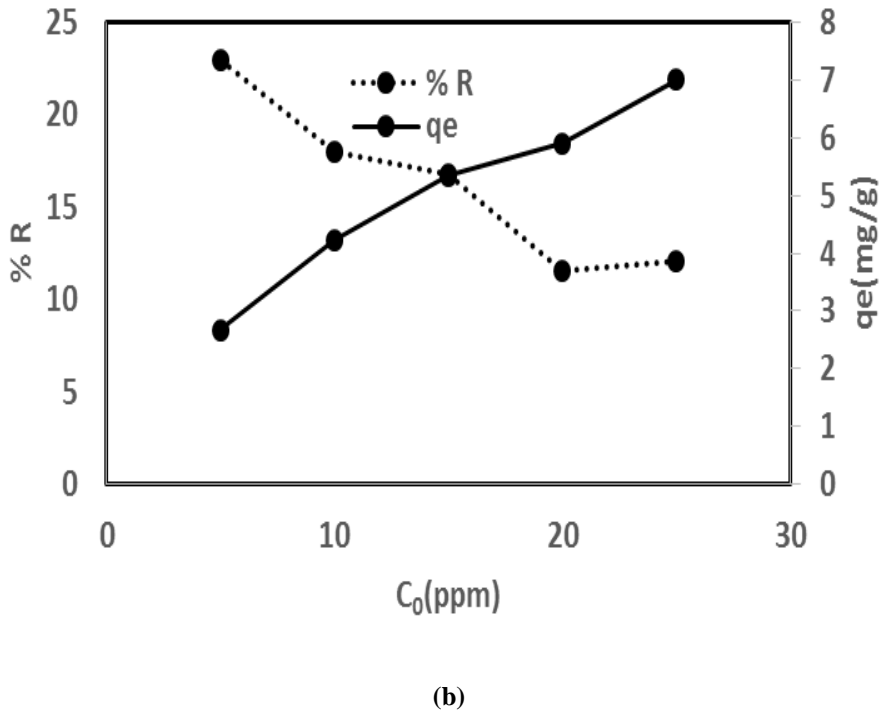
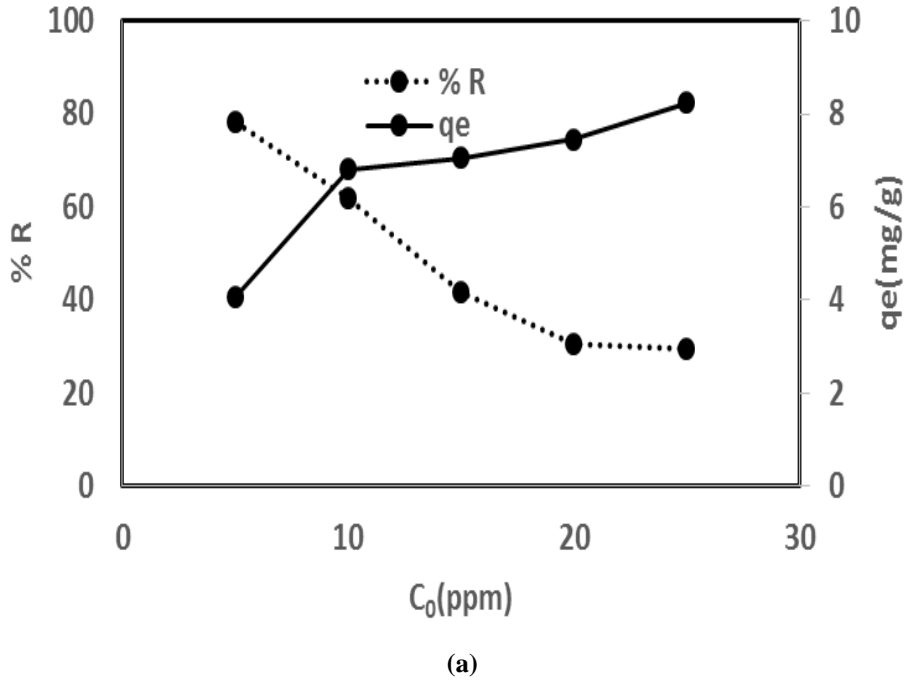
Çalışmanın bu aşamasında; 5, 10, 15, 20 ve 25 mg/L çözelti başlangıç derişimleri dikkate alınarak, 30 °C çözelti ortam sıcaklığı, 30 mL çözelti hacmi, 25 mg aktif karbon miktarı ve her iki ilaç etken maddesi içinde çözelti başlangıç pH değeri 2 olacak şekilde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çözelti başlangıç derişimi-adsorpsiyon kapasitesi-ilaç etken maddesi giderim yüzdesi(%R) değişimi Şekil 3.2'de verildiği gibidir.

Şekil 3.2'den görüldüğü gibi her iki ilaç etken maddesi için artan başlangıç derişimi ile birlikte adsorpsiyon kapasitesi de artmaktadır. Bu durumun muhtemel sebebinin; ilaç etken maddesi ile aktif karbon arasındaki etkileşimlerin artması (Shrestha vd., 2013) ve kütle transferi için yüksek bir itici gücün oluşması (Cherifi vd., 2013) olarak düşünülmektedir. İlaç etken maddesi başlangıç derişiminin artması ile birlikte ilaç etken maddesi giderim yüzdesi %R'nin azaldığı da görülmektedir. Bu durum, sabit miktardaki adsorbent için yüzeydeki boş aktif bölge sayısının, artan derişim ile birlikte ilaç etken maddesi adsorpsiyonunda yetersiz kalmasından kaynaklanmaktadır(Banerjee vd., 2014).

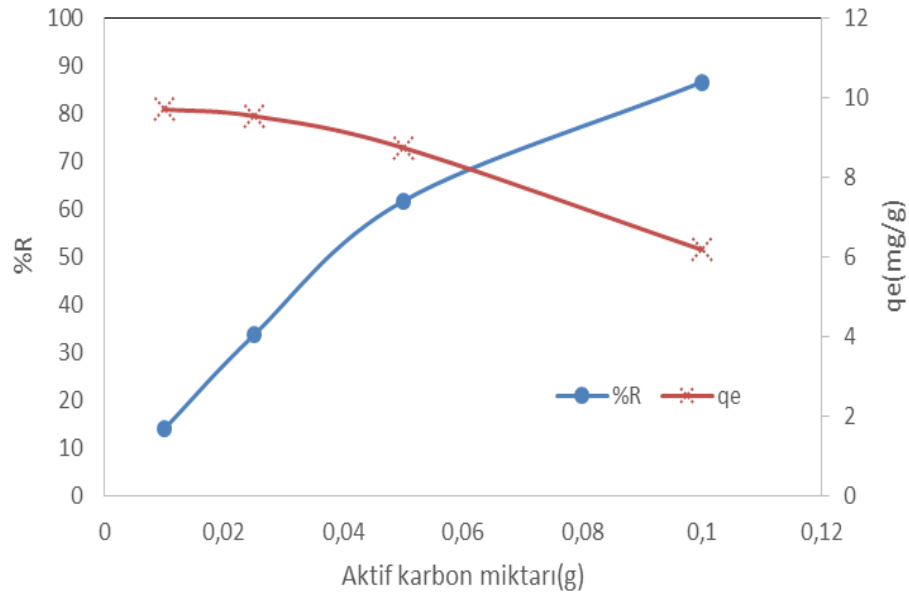
### 3.2.3. Adsorbent miktarının etkisi

Çalışmanın bu basamağında aktif karbon miktarının ilaç etken maddeleri adsorpsiyonu üzerine etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalar çözelti başlangıç pH'ı her iki ilaç etken maddesi için de 2, ilaç etken maddesi başlangıç derişimi 25 mg/L, çözelti hacmi 30 mL ve ortam sıcaklığı 30°C şartları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan aktif karbon miktarları 0,01, 0,025, 0,05, ve 0,1 g olarak seçilmiştir. Her iki ilaç etken maddesinin adsorpsiyon kapasitesi ve giderim yüzdesinin (%R) aktif karbon miktarı ile değişimi Şekil 3.3'da verildiği gibidir.

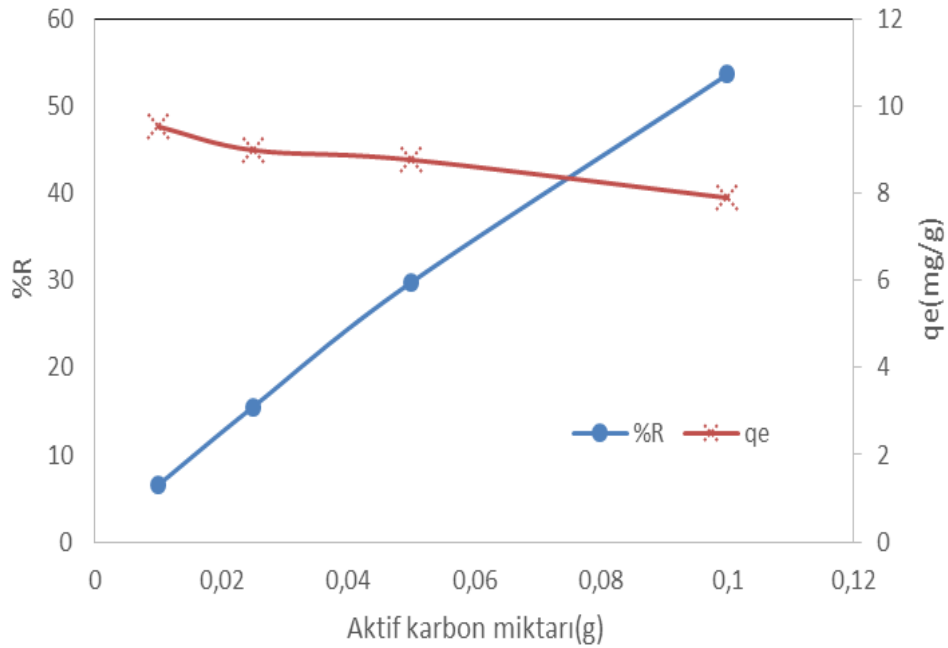
Şekil 3.3'dan görüldüğü gibi her iki ilaç etken maddesi içinde adsorbent miktarının artması ile adsorpsiyon kapasitesi azalmakta ve ilaç etken maddesi giderim yüzdesi ise artmaktadır. Artan adsorbent miktarıyla adsorpsiyon kapasitesinin azalmasının muhtemel nedeni; Artan aktif karbon miktarı ile kullanılabilir aktif bölge sayısının artması ve bu bölgelerin doymadan kalması (Hassan vd., 2014). Artan adsorbent miktarı ile giderim yüzdesinin artmasının muhtemel nedeni ise; Aktif karbon miktarının artması ile yüzey alanı ve boş aktif bölgelerin miktarının artması (Nam vd., 2014).



Şekil 3.2. ilaç etken maddelerin başlangıç derişimi, % giderimi ve adsorpsiyon kapasitesi ile değişimi. a-) Venlafaxine; b-) Doxylamine



(a)



(b)

Şekil 3.3. Adsorbent miktarı ile ilaç etken maddelerin adsorpsiyon kapasitesi ile değişimi. a-) Venlafaxine; b-) Doxylamine

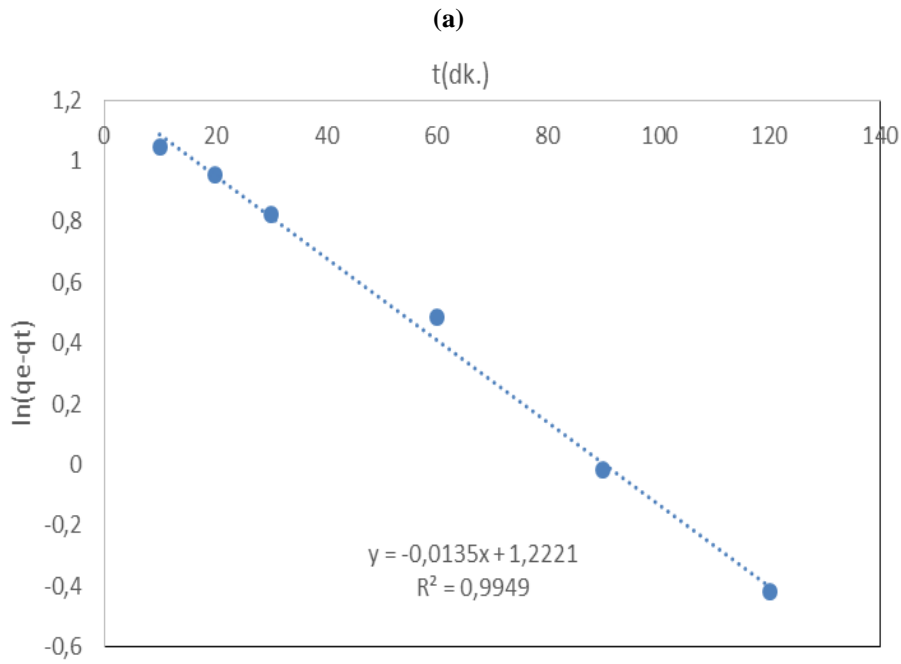
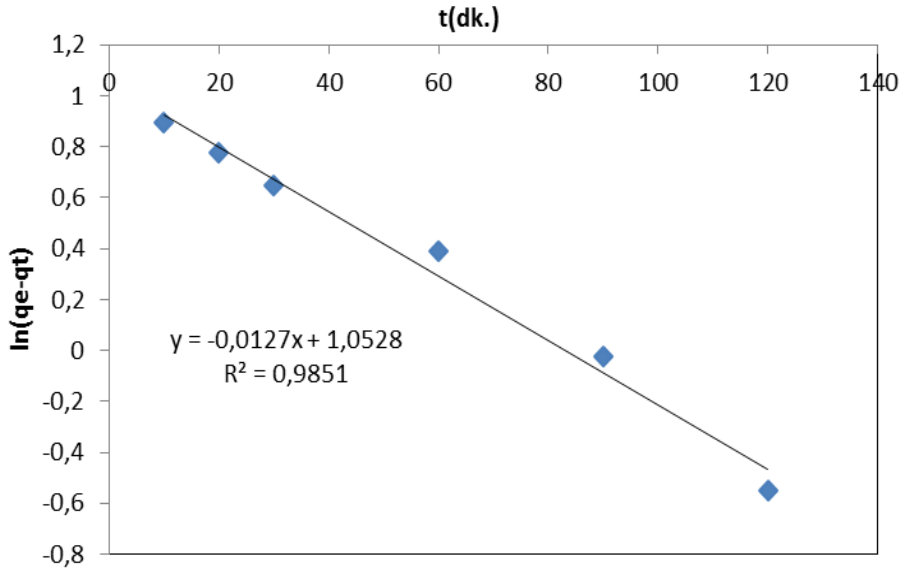
### 3.2.5. Adsorpsiyon kinetiği

Her bir ilaç etken maddesinin adsorpsiyonuna ait veriler kullanılarak, adsorpsiyon prosesinin kinetik davranışı aydınlatılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla yalancı birinci ve ikinci dereceden kinetik modeller kullanılmıştır. Lagergren tarafından geliştirilen yalancı birinci dereceden kinetik model(Lagergren vd., 1996) ve Ho ve Mckay tarafından geliştirilen yalancı ikinci dereceden kinetik model(Ho & Mckay, 2000) eşitlikleri aşağıda verildiği gibidir.

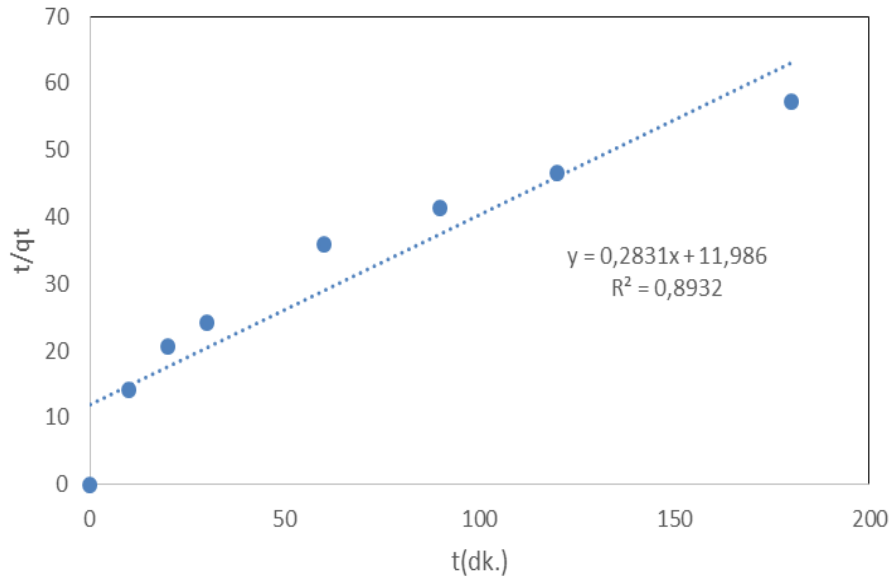
$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 \cdot t \quad (4)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_m^2} + \frac{1}{q_m} t \quad (5)$$

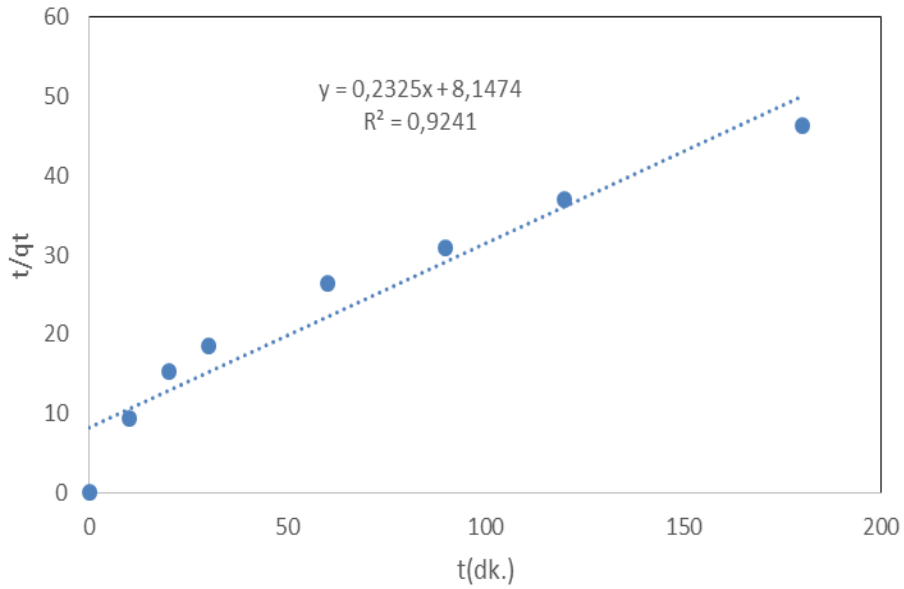
$q_e$  ve  $q_t$ (mg/g) sırasıyla denge durumunda ve  $t$  anında adsorpsiyon kapasitesi,  $k_1$ (dk.<sup>-1</sup>) ve  $k_2$ (g/(mg dk.)) sırasıyla yalancı birinci dereceden ve ikinci dereceden kinetik modellere ait sabitlerdir. Yalancı birinci dereceden kinetik model için  $\ln(q_e - q_t)$ 'nin  $t$ 'ye karşı grafiği(Şekil 3.4.) çizilerek kayım değerinden  $q_e$  ve eğim değerinden ise  $k_1$  sabiti bulunmaktadır. Yalancı ikinci dereceden kinetik modelde ise  $t/q_t$ 'nin  $t$ 'ye karşı grafiği çizilerek eğimden  $q_m$  kayımdan ise  $k_2$  sabiti hesaplanmaktadır (Şekil 3.5). Şekil 3.4 ve şekil 3.5'deki veriler yardımıyla hesaplanan kinetik sabitler Çizelge 3.1'de verildiği gibidir.



Şekil 3.4. Yalancı birinci derece kinetik model grafikleri A-) Venlafaxine; B-) Doxylamine



(a)



(b)

Şekil 3.5. Yalancı ikinci derece kinetik model grafikleri A-) Venlafaxine; B-) Doxylamine

Çizelge 3.1. Adsorpsiyon kinetik sabitleri

Yalancı birinci dereceden kinetik modeli			
İlaç etken maddesi	$k_1 (\text{dk}^{-1})$	$R^2$	
venlafaxine	0.0127	0.9851	
doxylamine	0.0135	0.9949	
Yalancı ikinci dereceden kinetik modeli			
İlaç etken maddesi	$k_2 (\text{L} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{dk}^{-1})$	$q_m (\text{mg/g})$	$R^2$
venlafaxine	0,00697	3.346	0.8932
doxylamine	0,00663	4.3	0.9241

Çizelge 3.1'den görüldüğü gibi, her iki ilaç etken maddesi için yalancı birinci dereceden kinetik modele ait regresyon katsayısı yüksek olduğundan dolayı adsorpsiyon kinetiği yalancı birinci dereceden olduğunu söyleyebiliriz.

### 3.2.6. Adsorpsiyon izotermi

Çalışmanın bu basamağında 5, 10, 15, 20 ve 25 mg/l olmak üzere farklı başlangıç derişimlerine sahip ilaç etken maddesi çözeltilerinin adsorpsiyonu incelenmiştir. Adsorpsiyon denge çalışmaları; çözeltili başlangıç pH'ı 2, 0,025 g adsorbent miktarı, 30 mL çözeltili hacmi ve 30°C ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Her iki ilaç etken maddesi adsorpsiyonu için elde edilen denge değerleri Langmuir ve Freundlich izotermi kullanılarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.6 ve şekil 3.7). Langmuir izoterm modeli, tek tabaka adsorpsiyonu için bilenen en iyi izoterm modelidir. Langmuir izoterm modeli eşitliği aşağıda verildiği gibidir (Langmuir, 1918).

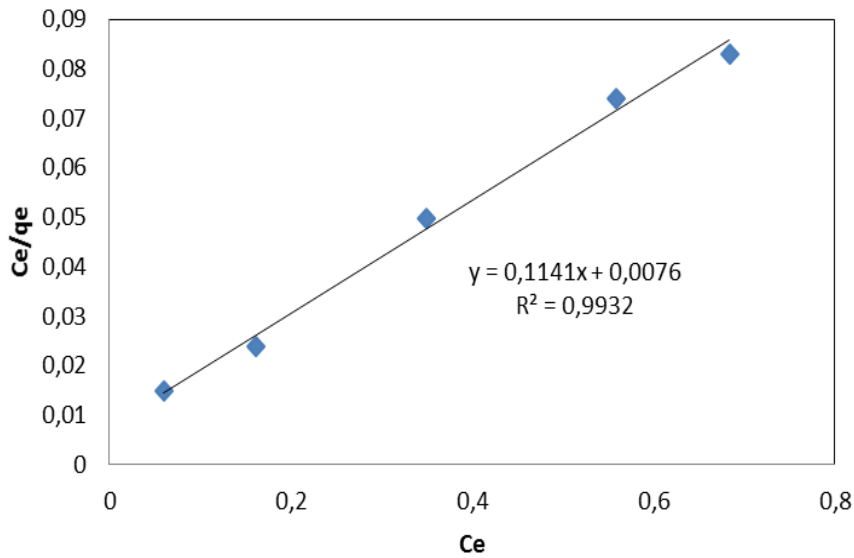
$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_{max}} + \frac{C_e}{q_{max}} \quad (6)$$

$q_e$  (mg/g) denge durumunda adsorpsiyon kapasitesi;  $C_e$  (mg/l) denge durumunda çözeltili derişimi;  $q_{max}$  (mg/g), birim adsorbent başına tek tabakada adsorplanan madde miktarı ve  $K_L$  (l.mg<sup>-1</sup>), Langmuir sabitidir. Adsorpsiyon denge verilerinden  $C_e/q_e$ 'nin  $C_e$ 'ye karşı grafiği çizilerek eğimden  $q_{max}$  kayımdan ise  $K_L$  hesaplanmaktadır (Şekil 3.6).

Freundlich izoterm modeli; heterojen, geri dönüşümlü ve çok tabakalı adsorpsiyonu tanımlanmaktadır. Freundlich adsorpsiyon izoterm modeli için adsorpsiyon eşitliği aşağıda verildiği gibidir (Freundlich, 1906).

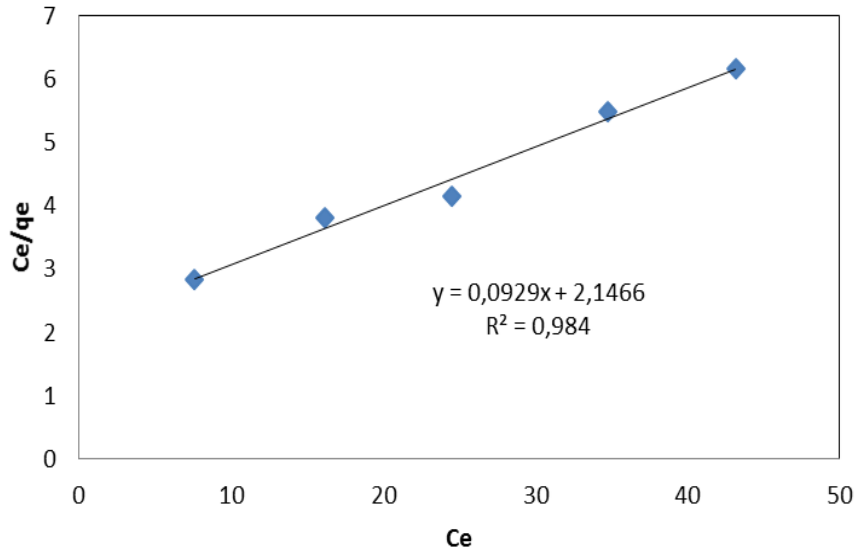
$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (7)$$

$K_F$  (mg<sup>1-(1/n)</sup> l<sup>1/n</sup> g<sup>-1</sup>) ve  $n$  Freundlich sabitleridir.  $\log q_e$ 'nin  $\log C_e$ 'ye karşı grafiği çizilerek eğimden  $n$ , kayımdan ise  $K_F$  değeri hesaplanmaktadır (Şekil 3.7).

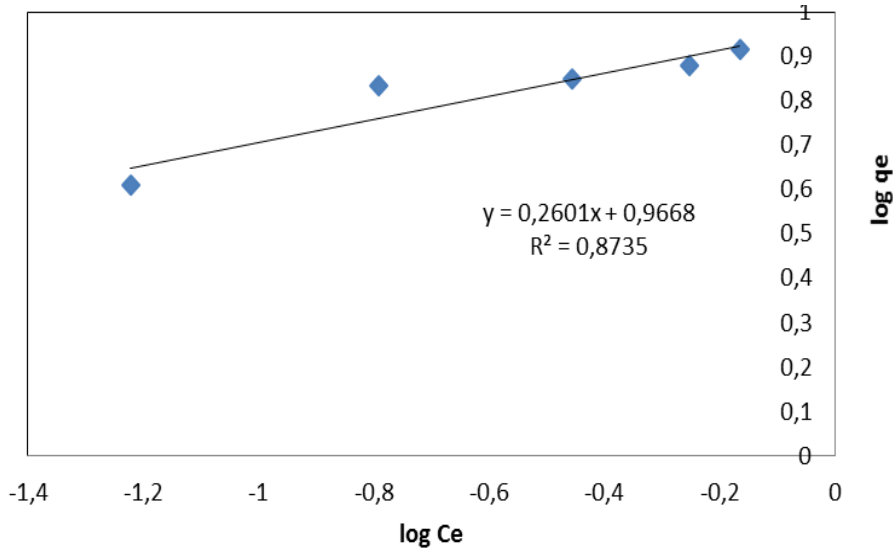


Şekil 3.6.a. Venlafaxine Langmuir izotermi grafikleri.

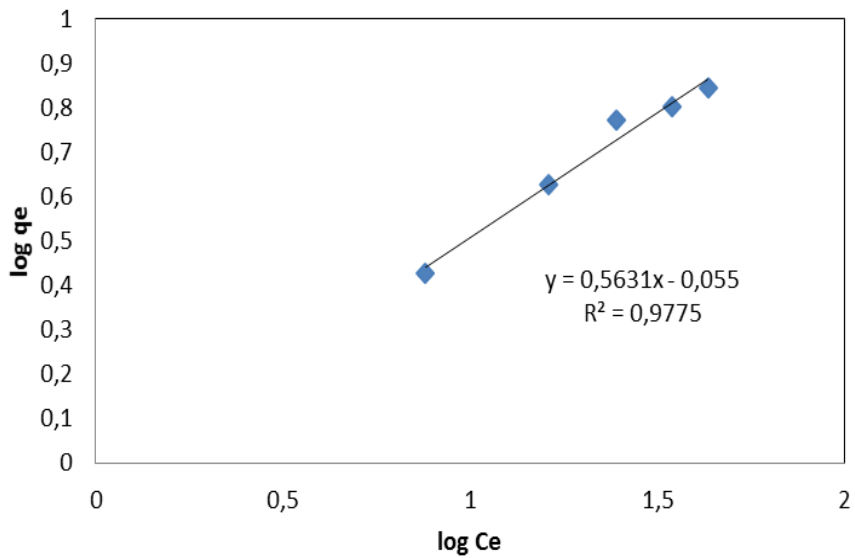




Şekil 3.6.b. Doxylamine Langmuir izotermi grafikleri.



(a)



(b)

Şekil 3.7. Freundlich izotermi grafikleri. a-) Venlafaxine; b-) Doxylamine

Her bir izoterm modeline ait eşitlikler yardımıyla, her iki ilaç etken maddesi adsorpsiyon izoterm sabitleri ve izotermelere ait regresyon katsayıları belirlenmiş olup Çizelge 3.2’de verildiği gibidir.

Çizelge 3.2. Adsorpsiyon izoterm sabitleri

Langmuir	venlafaxine	doxylamine
$q_{max}$ (mg/g)	8,764	10.764
$K_L$	15.01	0.043
$R^2$	0.9932	0.984
Freundlich	venlafaxine	doxylamine
$K_f$ (mg/g)(mg/L) <sup>1/n</sup>	9.26	1.135
$n$	3.844	1.177
$R^2$	0.8735	0.9775

Çizelge 3.2’de verilen regresyon katsayıları dikkate alındığında, her iki ilaç etken maddesi içinde adsorpsiyonu denge verilerinin Langmuir izoterm modeli ile daha uyumlu olduğu görülmektedir. Langmuir izoterm modeli için tek tabakada adsorpsiyon kapasitesi ( $q_{max}$ ), venlafaxine ve doxylamine ilaç etken maddeleri için sırasıyla 8.764 ve 10.756 mg/g olarak hesaplanmıştır. Adsorpsiyon denge verilerinin Langmuir izotermi ile uyumlu olması; aktif karbon yüzeyinin homojen yapıda ve birbirine özdeş aktif bölgelere sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, yüzey enerjisinin homojen şekilde dağıldığına ve tek tabakalı adsorpsiyonun gerçekleştiğine de işaret etmektedir (Hameed & El-Khaiary, 2008).

#### 4. SONUÇLAR

Her iki ilaç etken maddelerin adsorpsiyonu çözelti başlangıç pH değeri 2 de çalışmıştır. Her iki ilaç etken maddesinin artan konsantrasyonu ile birlikte adsorpsiyon kapasitesinin arttığı ve artan adsorbent miktarın ile adsorpsiyon kapasitesinin azaldığı belirlenmiştir. Adsorpsiyon denge verileri her iki ilaç etken maddesi için en iyi Langmuir izotermine uyduğu ve  $q_{max}$  değeri venlafaxine ve doxylamine sırasıyla 8.764 ve 10.764 mg/g olduğu belirlenmiştir. Her iki ilaç etken maddesinin adsorpsiyon kinetiğinin yalancı birinci derece kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak antidepresan ilaçları ile intihar olaylarında midenin ilaçlardan temizlenmesinde aktif karbonun çok etkili olduğu tespit edilmiştir.

#### REFERANSLAR

- Banerjee, S., Sharma, G.C., Chattopadhyaya, M.C., & Sharma, Y.C., (2014). Kinetic and equilibrium modeling for the adsorptive removal of methylene blue from aqueous solutions on of activated fly ash (AFSH). *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(3), 1870–1880.
- Cerit, N. A. (2009) Venlafaksin Kullanan Depresyon Hastalarında Farmakokinetik, Klinik Etki Ve Advers Etkilerde Zaman Bağımlı Değişikliklerin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi. Ankara.
- Cherifi, H., Fatiha, B., & Salah, H. (2013). Kinetic studies on the adsorption of methylene blue onto vegetal fiber activated carbons. *Applied Surface Science*, 282, 52–59.
- Devecioğlu, M. C. (2017). Çocuklarda Zehirlenmelere Yaklaşım <http://www.dicle.edu.tr/Contents/30aa8456-3440-4519-bdf7-a7c229370856.pdf>
- Hameed, B.H., & El-Khaiary, M.I., (2008). Equilibrium, kinetics and mechanism of malachite green adsorption on activated carbon prepared from bamboo by  $K_2CO_3$  activation and subsequent gasification with  $CO_2$ . *Journal of Hazardous Materials*, 157(2-3), 344–351.
- Hassan, F., Abdel-Mohsen, M., & Fouda, M.M.G., (2014). Comparative study of calcium alginate, activated carbon, and their composite beads on methylene blue adsorption. *Carbohydrate Polymers*, 102(1), 192–198.
- Ho, Y.S., & McKay, G. (2000). The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss peat. *Water Research*, 34(3), 735–742.
- Lagergren, S., & Svenska, B. K., (1996). *Ventenskapskad Handl.* 24 as cited by Wasey et al., *Water Res.* 30 1143–1148.
- Langmuir, I., (1918). The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. *J. Am. Chem. Soc.*, 40, 1361–1368.

- Nam, S.-W., Choi, D.-J., Kim, S.-K., Her, N., & Zoh, K.-D., (2014). Adsorption characteristics of selected hydrophilic and hydrophobic micropollutants in water using activated carbon. *Journal of hazardous materials* , 270, 144–152.
- Saka, C. (2012). BET, TG–DTG, FT-IR, SEM, iodine number analysis and preparation of activated carbon from acorn shell by chemical activation with ZnCl<sub>2</sub>. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 95, 21–24.
- Şahin, Ö., & Saka, C. (2013). Preparation and characterization of activated carbon from acorn shell by physical activation with H<sub>2</sub>O–CO<sub>2</sub> in two-step pretreatment. *Bioresource Technology*, 136, 163–168
- Şahin, Ö., Saka, C., Ceyhan, A. A., & Baytar O. (2015) Preparation of High Surface Area Activated Carbon from *Elaeagnus angustifolia* Seeds by Chemical Activation with ZnCl<sub>2</sub> in One-Step Treatment and its Iodine Adsorption. *Separation Science and Technology*, 50, 886–891,
- Şahin, Ö., Saka, C., Ceyhan, A. A., & Baytar O. (2016). The pyrolysis process of biomass by two-stage chemical activation with different methodology and iodine adsorption. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, And Environmental Effects*, 38(12), 1756–1762.
- Shrestha, S., Son, G., Lee, S.H., & Lee, T.G. (2013). Isotherm and thermodynamic studies of Zn (II) adsorption on lignite and coconut shell-based activated carbon fiber. *Chemosphere*, 92(8), 1053–1061.
- Somun, G. (2014). Formation Of N-Nitrosodimethylamine (NDMA) During Monochloramine Disinfection Of 8 Selected Pharmaceuticals. The Degree Of Master. Middle East Technical University. Ankara
- Yalvaç, D. (2006). İntihar Girişiminde Bulunan Bireylerde Psikiyatrik Morbidite, Kişilik Bozukluğu Ve Bazı Sosyodemografik Ve Klinik Etkenlerle İlişkisi. İnönü Üniversitesi. Malatya.