

Şeker pancarı küspesinden elde edilen aktif karbonun atık sulardaki 2,4-D ve Metribuzin pestisitlerinin adsorpsiyonunda kullanılabilirliğinin araştırılması¹

Kazım SEZER²

Zümriye AKSU³

SUMMARY

Investigation of the usability of activated carbon produced from sugar beet pulp for the adsorption of 2,4-D and Metribuzin pesticides in wastewaters

In this study the adsorption of 2,4-D and Metribuzin herbicides, present in wastewaters and used in Turkey intensively, on activated carbon produced from dried sugar beet pulp by heat activation and on commercial powdered activated carbon was comparatively investigated in a batch system. At studies, effect of initial herbicide concentration, temperature and pH parameters on adsorption rate and yield was investigated and optimum working conditions determined. Defining parameters of the system, adsorption equilibrium, kinetics and thermodynamic parameters was obtained by modelling and results were compared with commercial activated carbon. It was observed that especially at low initial herbicide concentration the adsorption yield of activated carbon that produced from beet pulp approached to the yield of commercial activated carbon.

Key words: Water pollution, pesticide, adsorption, activated carbon, sugar beet pulp

ÖZET

Bu çalışmada atık sularda yer alan ve Türkiye’de yoğun olarak kullanılan herbisitlerden 2,4-D ve Metribuzin’in kurutulmuş şeker pancarı küspesinden ısı aktivasyonu ile elde edilen aktif karbona ve ticari aktif karbona adsorpsiyonu kesikli sistemde karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmada adsorpsiyon hız ve verimliliğine; çözeltideki herbisit derişimi, sıcaklık ve ortam pH’ı gibi parametrelerin etkileri araştırılmış ve optimum çalışma koşulları saptanmıştır. Bu sistemi tanımlayan parametreler, adsorpsiyon dengesi, kinetiği ve termodinamik parametreleri modellenerek bulunmuş ve sonuçlar ticari aktif karbon ile bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Şeker pancarı küspesinden elde edilen aktif karbonun

¹ Bu çalışma 2010 yılında sonuçlanan Yüksek Lisans çalışmasının bir bölümüdür.

² Ulusal Gıda Referans Laboratuvarı, ANKARA

³ Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Beytepe, ANKARA
Sorumlu Yazar (Corresponding author) e-mail: ksezer@ugrl.gov.tr
Yazının Yayın Kuruluna Geliş Tarihi (Received): 20.02.2012

özellikle düşük başlangıç derişimlerinde ticari aktif karbona yakın kapasite ve verimde adsorpsiyon yaptığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Su kirliliği, pestisit, adsorpsiyon, aktif karbon, şeker pancarı küspesi

GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada hızla artan nüfusun yanı sıra gelişen teknoloji ve hızlı sanayileşme çözümü giderek zorlaşan boyutlara ulaşan çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir. Su kirliliği ise çevre kirliliğinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Sularda oluşan kirliliğin giderilmesi için yeni kirlilik üretmeyen, daha verimli ve daha ekonomik sistemlerin oluşturulması ve yeni atık arıtım sistemlerinin kurulması gerekmektedir.

Yoğun ve bilinçsiz bir şekilde kullanılarak çevre kirliliğine neden olan etkenlerden biri de pestisitlerdir. Pestisitler gıda maddelerinin üretimi, tüketimi ve depolanması sırasında besin değerini bozan ve bitkilere zarar veren böcekleri, mikroorganizmaları ve diğer zararlıları yok etmek için kullanılan kimyasal maddelerdir (Turabi 2007). Kullanılması kaçınılmaz bir zorunluluk olan pestisitler toprağa, bitkiye veya tohum uygulama esnasında maddenin kimyasal özelliklerine bağlı olarak çeşitli taşınımlar sonucunda önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır (Göktürk 2007). Toprak ve bitki uygulamalarından sonra toprak yüzeyinde kalan pestisitler, yağmur suları ile yüzey akışı şeklinde veya toprak içerisinde aşığıya doğru yıkanmak suretiyle taban suyu ve diğer su kaynaklarına ulaşabilirler. Eğim, bitki örtüsü, formülasyon, toprak tipi ve yağış miktarına bağlı olarak taşınan pestisitler, bu sularda balık ve diğer omurgasız su organizmalarının ölmesine; bu organizmalardaki pestisit kalıntısının insanların gıda zincirine girmesi ve kontamine olmuş suların kullanılması kronik toksisitenin oluşmasına neden olabilir (Yücel 2009).

Pestisit gibi kirlleticilerin atıksulardan gideriminde en çok kullanılan yöntemlerden biri de aktif karbon adsorpsiyonudur. Kısaca adsorpsiyon, akışkan fazda çözünmüş haldeki belirli bileşenlerin bir katı adsorbent yüzeyine tutunmasına dayanır. Aktif karbon arıtım sistemi etkin ve verimli olmasına karşın, yatırım ve işletme maliyeti oldukça yüksek olduğu için daha ucuz, verimli ve etkin adsorbentlerin araştırılması ve kullanılması gerekmektedir (Hameed et al. 2009).

Bu çalışmada tarımsal faaliyetler esnasında oluşan ve Türkiye’de yoğun olarak kullanılan herbisitlerden 2,4-D ve Metribuzin’in sularda meydana getirdiği kirliliğin şeker pancarı küspesinden elde edilen aktif karbon kullanılarak giderimine çalışılmış ve bulunan sonuçlar ticari aktif karbon ile bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın ana materyallerini adsorbent olarak şeker pancarı küspesinden elde edilen aktif karbon ve ticari aktif karbon, kül fırını, santrifüj cihazı, 2,4-D ve Metribuzin çözeltileri oluşturmuştur. Adsorpsiyon işlemleri sıcaklık ayarlı karıştırılmalı kapta yapılmıştır. 2,4-D ve Metribuzin analizleri için HPLC (Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi) kullanılmıştır. Analizi yapılan aktif maddelerin teknik standartları ve çözeltilerini hazırlamak için çeşitli organik çözücüler ve su kullanılmıştır.

Çalışmada öncelikle şeker endüstrisinin yan ürünü olan pancar küspesinin kül fırınında yüksek sıcaklıkta ve inert gaz akımında karbonize edilmesi ile aktif karbon üretimi yapılmış, üretilen aktif karbon ticari aktif karbon ile 2,4-D ve Metribuzin içeren çözeltilerin adsorpsiyonunda kullanılmıştır.

Şeker pancarı küspesinden aktif karbon üretimi

Ankara Şeker Fabrikasından temin edilen yaş küspe etüvde 105°C'da bir gün süreyle kurutulmuştur. Değirmende öğütüldükten sonra 35 mesh'lik (500 µm) elekten geçirilmiştir. Pancar küspesinin karbonizasyonu kül fırının (Lindberg Blue M 1100 Tube Furnace) içindeki, içerisinden sürekli azot gazının geçirildiği 2.54 cm çaplı yatay kuartz tüp içinde gerçekleştirilmiştir. 25-30 g kadar alınan küspe örneği yatay kuartz tüpün içine yerleştirildikten sonra, sıcaklık 5°C aralıkla kademeli olarak 650-750°C'a kadar yükseltip, bu sıcaklıklarda yaklaşık 1.5-3 saat aralığında bekletilerek küspenin ısıl aktivasyonu gerçekleştirilmiştir. Karbonizasyon süresince aynı zamanda azot gazı akış hızı 1 dm³/dak olacak şekilde ayarlanarak sisteme beslenmiştir. Karbonizasyon süresi bittikten sonra kuartz tüp açılarak elde edilen aktif karbon kütlesi öğütülerek 100 mesh'lik (150 µm) elekten elenmiştir. Elek altı adsorpsiyon deneylerinde kullanılmak üzere kapalı plastik kaplarda muhafaza edilmiştir. Farklı sıcaklık ve zaman aralıklarında aktivasyonu yapılmış aktif karbonlardan ön deneme çalışmalarlarıyla en verimli aktif karbon seçilmiş ve tüm çalışmalarda bu aktif karbon kullanılmıştır (Dursun ve ark. 2005).

2,4-D ve Metribuzin çözeltilerinin hazırlanması

Deneysel çalışmalarda kullanılacak stok 2,4-D ve Metribuzin çözeltileri 1 g/L olarak %98 ve %95 analitik saflıktaki teknik maddelerden hazırlanmıştır. Bunun için 1 g 2,4-D veya Metribuzin 10 ml ACN içinde çözülmüş ve hacim saf su ile 1 L'ye seyreltilmiştir. Deneylerde kullanılacak çözeltiler istenilen derişimlere uygun şekilde stok çözeltilerden seyreltme yapılarak elde edilmiştir. Çözeltilerin pH'nı ayarlamak için 0.1 N HCl ve 0.1 N NaOH kullanılmıştır (Aksu and Kabasakal 2004).

Adsorpsiyon çalışmalarında kullanılan deney düzeneği

Adsorpsiyon çalışmaları kesikli sistemde 100 mL çalışma hacmine sahip, 250 mL'lik erlenlerle gerçekleştirilmiştir. Kullanılan erlenlerin ağızları adsorpsiyon

çözeltilerinin buharlaşmasını önlemek amacıyla sıkı bir şekilde kapatılmış ve sabit karıştırma hızı ve sıcaklığın sağlandığı çalkalamalı su banyosuna yerleştirilmiştir.

Adsorpsiyon deneylerinin yapılışı

Deneylerde, belli derişimlerde 2,4-D veya Metribuzin içeren pH'ı ayarlanmış 100 mL'lik çözeltilere ticari aktif karbon veya küspe aktif karbonu derişim 1.0 g/L olacak şekilde eklenmiştir. 2,4-D ve Metribuzin derişimleri adsorpsiyon deneylerine başlamadan önce ayarlanmıştır. Adsorbentin çözeltiliye eklendiği an t=0 anı olarak alınmıştır. Karıştırma anından itibaren belirli zaman aralıklarında örnekler alınarak çözeltide adsorplanmadan kalan 2,4-D ve Metribuzin derişimleri tayin edilmiştir (Aksu ve Kabasakal 2004).

2,4-D ve Metribuzin analizleri

Adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi için, adsorpsiyon işleminin başlangıcında ve belirli zaman aralıklarında çözeltide adsorplanmadan kalan 2,4-D ve Metribuzin derişimleri Agilent 1100 marka HPLC cihazı ile ölçülmüştür. Deney ortamından alınan örnek 6000 (d/dak)'da santrifüjlendikten sonra santrifüj tüpünün üst kısmındaki faz ayrılmış ve bu kısım HPLC'de analiz edilmiştir. Rutin analizlere geçmeden Dr. Ehrenstorfer GmbH marka analitik standartlar kullanılarak 100-300 mg/L aralığında değişen derişimlerde pestisitlere ait standartlar hazırlanmış bu standartlar HPLC cihazına okutulmuş, cihazda bulunan Chem Station programı yardımıyla da derişim-alan arasındaki kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler yardımıyla deney ortamından alınan pestisit örneklerinin HPLC'de okumaları yapıldıktan sonra derişimleri tayin edilmiştir. Çalışılan pestisitlerin derişimlerinde meydana gelen azalmalar hesaplanarak, adsorpsiyon kapasite değerleri bulunmuştur. HPLC çalışma şartları Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Agilent 1100 HPLC çalışma koşulları

| Hareketli Faz (Metribuzin) | Asetonitril:Su |
|----------------------------|---------------------------------|
| Hareketli Faz (2,4-D) | Asetonitril: %0.5 Fosforik Asit |
| Akış Hızı | 1mL/dak |
| Enjeksiyon miktarı | 5µL |
| Pompa | Dereceli elüsyon pompası |
| Kolon | Eclipse XDB 5C 18 |
| Kolon sıcaklığı | 25°C |
| Dedektör | DAD (254 nm) |

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada, herbisitlerden 2,4-D ve Metribuzin'in şekerpancari küspesinden elde edilen toz aktif karbona ve ticari toz aktif karbona adsorpsiyonu kesikli sistemde başlangıç pH'ının, başlangıç herbisit derişiminin ve sıcaklığın fonksiyonu olarak incelenmiş sonuçlar kapasite ve verimlilik açısından karşılaştırılmış ve her

bir sistemin matematiksel tanımlaması yapılarak sistemlere ait denge, kinetik ve termodinamik parametreler saptanmıştır.

Deneysel çalışmalarda ilk olarak başlangıç pH'nın denge adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisi araştırılmış ve her iki adsorbent için de 2,4-D adsorpsiyonunun pH 2,0'de, Metribuzin için ise pH 4,0'de en yüksek kapasite değerlerine ulaşıldığı gözlenmiştir. Çizelge 2'de sonuçlar görülebilir.

Çizelge 2. 25°C'de ve 100 mg/L başlangıç derişimlerinde 2,4-D ve Metribuzin'in ticari aktif karbona ve şeker pancarı küspesi aktif karbonuna adsorpsiyonunda başlangıç pH'nın değiştirilmesiyle elde edilen dengede birim adsorbent kütlesi başına adsorplanan 2,4-D ve Metribuzin miktarları

| Ticari aktif karbon | | | Şeker pancarı küspesi karbonu | | |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 2,4-D | | Metribuzin | 2,4-D | | Metribuzin |
| pH | q _{den} (mg/g) | q _{den} (mg/g) | pH | q _{den} (mg/g) | q _{den} (mg/g) |
| 2 | 90.9 | 79.5 | 2 | 75.6 | 49.3 |
| 3 | 85.3 | 81.5 | 3 | 71.9 | 53.4 |
| 4 | 77.2 | 86.9 | 4 | 60.2 | 61.9 |
| 5 | 76.9 | 83.2 | 5 | 51.9 | 56.2 |
| 6 | 75.6 | 81.9 | 6 | 47.6 | 52.5 |
| 7 | 75.1 | 81.4 | 7 | 44.3 | 50.8 |
| 8 | 74.7 | 81.0 | 8 | 40.8 | 50.0 |
| 9 | 73.2 | 80.5 | 9 | 37.4 | 49.3 |
| 10 | 70.8 | 79.9 | 10 | 33.0 | 47.6 |

Sıcaklığın adsorpsiyon kapasitesine etkisi, her bir herbisit için bulunan optimum pH değerinde sıcaklık 25-45°C arasında değiştirilerek farklı başlangıç herbisit derişimlerinde incelendiğinde, her iki adsorbentte de 2,4-D için maksimum adsorpsiyon kapasitesine 25°C'da, Metribuzin için ise 45°C'da ulaşıldığı gözlenmiştir. Çizelge 4'de sıcaklığın değiştirilmesiyle elde edilen adsorpsiyon değerleri görülebilir. Elde edilen değerlerden 2,4-D adsorpsiyonunun ekzotermik, Metribuzin adsorpsiyonunun ise endotermik karakterli olduğuna karar verilmiştir.

25-45°C arasında her bir herbisit için her bir adsorbentte adsorpsiyonunda, başlangıç herbisit derişiminin adsorpsiyon kapasitesi ve verimliliğine etkisi incelendiğinde ise, herbisit derişimindeki artışın, sürücü güç ΔC 'yi artırdığından, dengede adsorplanan 2,4-D ve Metribuzin miktarlarını artırdığı, adsorpsiyon verimini ise azalttığı saptanmıştır. Başlangıç derişiminin değiştirilmesiyle elde edilen adsorpsiyon değerleri Çizelge 3'de görülebilir.

Çizelge 3. 25,°C’de 2,4-D ve Metribuzin’in ticari aktif karbona ve şeker pancarı küspesi aktif karbonuna adsorpsiyonunda başlangıç 2,4-D ve Metribuzin derişimlerinin değıştirilmesiyle elde edilen dengede birim adsorbent kütlesi başına adsorplanan 2,4-D ve Metribuzin miktarları ve % giderim değeri

| Ticari aktif karbon | | | | | |
|--|-------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|
| 2,4-D | | | Metribuzin | | |
| Co (mg/L) | q_{den} (mg/g) | % Giderim | Co (mg/L) | q_{den} (mg/g) | % Giderim |
| 101.1 | 92.09 | 91.1 | 102.7 | 88.60 | 86.2 |
| 152.8 | 134.11 | 87.7 | 154.6 | 114.17 | 73.8 |
| 202.2 | 168.19 | 83.1 | 203.1 | 134.86 | 66.4 |
| 252.8 | 192.67 | 76.2 | 254.2 | 143.84 | 56.5 |
| 304.1 | 209.89 | 69.0 | 303.4 | 146.66 | 43.8 |
| Şeker pancarı küspesi aktif karbonu | | | | | |
| 2,4-D | | | Metribuzin | | |
| Co (mg/L) | q_{den} (mg/g) | % Giderim | Co (mg/L) | q_{den} (mg/g) | % Giderim |
| 100.9 | 76.43 | 75.7 | 102.7 | 65.55 | 63.8 |
| 151.5 | 78.51 | 51.8 | 149.1 | 68.40 | 45.8 |
| 201.7 | 82.85 | 41.0 | 201.9 | 70.53 | 34.9 |
| 249.4 | 86.58 | 34.7 | 253.4 | 73.21 | 28.8 |
| 302.8 | 88.64 | 29.2 | 302.8 | 74.92 | 24.7 |

Her bir adsorbent için çalışılan tüm sıcaklıklarda 100 mg/L başlangıç 2,4-D ve Metribuzin derişimlerinde elde edilen dengede birim adsorbent kütlesi başına adsorplanan herbisit miktarları ve % giderim değeri Çizelge 4.’de toplu olarak sunulmuştur. Çizelgeden dengede birim adsorbent ağırlığı başına adsorplanan 2,4-D ve Metribuzin miktarlarının ve % giderim değeri ticari aktif karbon adsorpsiyonunda en yüksek olduğu görülmektedir. Ancak şeker pancarı küspesi aktif karbonunun da bu derişimdeki her iki herbisit için de oldukça yüksek adsorplama kapasitesine sahip olduğu da gözden kaçırılmamalıdır.

Çizelge 4. 25, 35 ve 45°C’da 2,4-D ve Metribuzin’in ticari aktif karbona ve şeker pancarı küspesi aktif karbonuna adsorpsiyonunda 100 mg/L başlangıç 2,4-D ve Metribuzin derişimlerinde elde edilen dengede birim adsorbent kütlesi başına adsorplanan 2,4-D ve Metribuzin miktarları ve % giderim değeri.

| T(°C) | Ticari aktif karbon | | | | Şeker pancarı küspesi aktif karbonu | | | |
|--------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|--|------------------|-------------------------------|------------------|
| | 2,4-D | | Metribuzin | | 2,4-D | | Metribuzin | |
| | q_{den} (mg/g) | % Giderim | q_{den} (mg/g) | % Giderim | q_{den} (mg/g) | % Giderim | q_{den} (mg/g) | % Giderim |
| 25 | 92.09 | 91.09 | 88.60 | 86.27 | 76.43 | 75.75 | 65.55 | 63.82 |
| 35 | 91.05 | 90.60 | 89.46 | 88.75 | 71.17 | 70.75 | 67.12 | 66.85 |
| 45 | 91.41 | 90.15 | 93.33 | 90.96 | 71.37 | 69.70 | 68.48 | 68.75 |

2,4-D ve Metribuzin'in ticari aktif karbona ve şeker pancarı küspesi aktif karbonuna adsorpsiyonunda adsorpsiyon dengesinin matematiksel tanımlanmasında Langmuir (Langmuir 1918) ve Freundlich (Freundlich 1906) modelleri kullanılmıştır. Deneysel q_{den} değerlerinin Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon modellerinden bulunan q_{den} değerleri ile karşılaştırılmaları Çizelge 5'de verilmiştir. Her bir herbisit-adsorbent sistemi için çalışılan tüm sıcaklıklarda ve derişim aralığında Langmuir modelinin adsorpsiyon dengesini çok iyi tanımladığı gözlenmiştir.

Çizelge 5. 25°C'de 2,4-D ve Metribuzin'in ticari aktif karbona ve şeker pancarı küspesi aktif karbonuna adsorpsiyonunda deneysel q_{den} değerlerinin Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon modellerinden bulunan q_{den} değerleri ile karşılaştırılması.

| Ticari aktif karbon | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| 2,4-D | | | | | Metribuzin | | | | |
| $q_{den,den}$ (mg/g) | $q_{den, teo, L}$ (mg/g) | % Hata | $q_{den, teo, F}$ (mg/g) | % Hata | $q_{den,den}$ (mg/g) | $q_{den, teo, L}$ (mg/g) | % Hata | $q_{den, teo, F}$ (mg/g) | % Hata |
| 92.09 | 91.08 | 1.10 | 98.64 | 7.12 | 88.60 | 84.93 | 4.14 | 81.68 | 7.80 |
| 134.11 | 134.82 | 0.53 | 127.20 | 5.15 | 114.17 | 121.81 | 6.70 | 103.09 | 9.70 |
| 168.19 | 168.84 | 0.39 | 156.73 | 6.81 | 134.86 | 134.57 | 0.22 | 115.73 | 14.18 |
| 192.67 | 194.89 | 1.15 | 191.16 | 0.78 | 143.84 | 142.87 | 0.67 | 128.71 | 10.52 |
| 209.89 | 210.17 | 0.13 | 223.56 | 6.51 | 146.66 | 147.22 | 0.38 | 139.08 | 5.17 |
| Ort.Hata | | 0.66 | | 5.28 | | | 2.42 | | 9.48 |
| Şeker Pancarı küspesi aktif karbonu | | | | | | | | | |
| 2,4-D | | | | | Metribuzin | | | | |
| $q_{den,den}$ (mg/g) | $q_{den, teo, L}$ (mg/g) | % Hata | $q_{den, teo, F}$ (mg/g) | % Hata | $q_{den,den}$ (mg/g) | $q_{den, teo, L}$ (mg/g) | % Hata | $q_{den, teo, F}$ (mg/g) | % Hata |
| 76.43 | 67.08 | 12.22 | 83.01 | 8.61 | 65.55 | 61.92 | 5.98 | 58.89 | 10.16 |
| 78.51 | 81.24 | 3.47 | 89.55 | 14.05 | 68.40 | 69.03 | 0.93 | 62.31 | 0.09 |
| 82.85 | 84.71 | 2.25 | 92.63 | 11.81 | 70.53 | 71.88 | 1.91 | 64.56 | 0.08 |
| 86.58 | 86.30 | 0.32 | 94.67 | 9.34 | 73.21 | 73.18 | 0.04 | 66.06 | 9.75 |
| 88.64 | 87.36 | 1.44 | 96.49 | 8.85 | 74.92 | 73.93 | 1.32 | 67.2 | 10.30 |
| Ort.Hata | | 3.94 | | 10.5 | | | 2.04 | | 6.08 |

2,4-D ve Metribuzin'in her bir adsorbente adsorpsiyonunda adsorpsiyon kinetiğinin hangi kinetik modele daha iyi uyduğunu saptamak için, deneysel verilere birinci ve ikinci derece pseudo (görünür) kinetik modeller uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlardan; ikinci derece kinetik modelin birinci derece kinetik modele göre tüm herbisit-adsorbent sistemleri için deneysel verilere daha iyi uyum sağladığı gözlenmiştir.

Her iki herbisitinin her iki adsorbente adsorpsiyonunda bulunan negatif standart Gibbs serbest enerji değişimleri, adsorpsiyonun kendiliğinden ve istemli olduğunu göstermektedir. 2,4-D'nin her iki adsorbente adsorpsiyonunda ΔH° değerlerinin negatif çıkması adsorpsiyonun ekzotermik karakterini, Metribuzin'in her iki

adsorbente adsorpsiyonunda ΔH° değerlerinin pozitif çıkması adsorpsiyonun endotermik karakterli olduğunu gösterirken; bütün adsorpsiyon sistemlerinde ΔS° değerlerinin pozitif çıkması ise adsorpsiyon esnasında artan düzensizliği ifade etmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında, Aksu ve Kabasakal, (2004)'ın 2,4-D'nin kesikli sistemde ticari toz aktif karbona, granüler aktif karbona adsorpsiyonunda 25°C'da maksimum adsorpsiyon kapasitelerini sırasıyla 263.2, ve 555.6 mg/g olarak bulduğu gözlenmiştir. Hameed ve arkadaşları (2009) ise 2,4-D'nin hurma çekirdeğinden elde edilen aktif karbona adsorpsiyonunda maksimum adsorpsiyon kapasitesini 238.10 mg/g olarak bulmuşlardır. Bu yapılan çalışmada 25°C'da 2,4-D'nin ve Metribuzin'in şeker pancarı küspesinden elde edilen aktif karbona adsorpsiyon kapasitelerinin sırasıyla 90,90 ve 76,92 mg/g olarak bulunması literatürle karşılaştırılabilir olduğunu göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma konusunun belirlenmesinde, tezin yürütülmesinde ve tüm çalışmalarında önder olan sayın hocam Prof. Dr. Zümriye AKSU'ya, Laboratuvar çalışmalarında gerekli malzeme, cihaz ve sarf malzemelerinin teminini sağlayan Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürü Sayın Dr. Ali TAMER ve Müdür Yardımcılarım Dr. M. Selçuk BAŞARAN ve Dr. Ayşe ÖZDEM ve Bölüm Başkanım Uzm. Ergün CÖNGER'e içtenlikle teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Aksu Z. and Kabasakal E. 2004. Batch adsorption of 2,4-dichlorophenoxy-acetic acid (2,4-D) from aqueous solution by granular activated carbon. Separation and Purification Technology, 35, 223-240.
- Dursun G., Çiçek, H., Dursun, A.Y. 2005. Adsorption of phenol from aqueous solution by using carbonised beet pulp Journal of Hazardous Materials, B125, 175-182.
- Freundlich H. 1906. Über die adsorption in lösungen (Adsorption in solution). Z. Phys. Chem, 57, 384-470.
- Göktürk F.A. 2007. Pestisit endüstrisi atıksularının fenton prosesi ile arıtımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Hameed B.H., Salman J.M., Ahmad A.L. 2009. Adsorption isotherm and kinetic modeling of 2,4-D pesticide on activated carbon derived from date stones. Journal of Hazardous Materials, 163, 121-126.
- Langmuir I. 1918. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. J.Am.Chem.Soc, 40, 1361-1403.
- Turabi M.S. 2007. Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı 25-26 Ekim 2007, s. 51-61, Ankara.
- Yücel Ü. 2009. Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri, Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Kimya Bölümü.