

Yabani kuşburnu ağacı talaşının sodyum hidroksit impregnasyonu ile elde edilen aktif karbon kullanılarak kinolin sarısı boyar maddesinin sulu çözeltilerden giderimi

Removal of quinoline yellow dyestuff from aqueous solutions using activated carbon obtained by sodium hydroxide impregnation of wild rosehip wood sawdust

İlyas GENEL^{*1,a}, Yaşar GENEL^{1,b}

¹Van Yüzyüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitimi Bölümü, 65100, Van

• Geliş tarihi / Received: 05.08.2021

• Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 21.10.2021

• Kabul tarihi / Accepted: 27.10.2021

Öz

Bu çalışmada Van ili ve çevrelerinde yetişen yabani kuşburnu ağacından elde edilen talaşlar aktif karbon üretiminde kullanılmıştır. Aktif karbon üretiminde yabani kuşburnu ağaç talaşına (hammadde) NaOH (sodyum hidroksit) ile 1:1 oranında impregnasyon işlemi uygulanmış ve de azot gazı ortamında 800 °C piroliz edilmiştir. Üretilen aktif karbonun Langmuir yüzey alanı 1564.3621 m²/g olarak bulunmuştur. Elde edilen bu aktif karbonun gıda üretiminde de kullanımı olan ve katyonik bir boyarmadde olan kinolin sarısının sıcaklık, konsantrasyon ve doğal pH'sında (pH:6.02) adsorpsiyonu incelenmiştir. Üretilen aktif karbon tarafından maksimum kinolin sarısı adsorpsiyonu belirlenerek, Langmuir, Freundlich, Temkin ve D-R adsorpsiyon izoterm modellerine göre uyumu gözlenmiştir. R²=0.996 değerine sahip Langmuir adsorpsiyon izotermiyle uyumlu olduğu görülmüştür. Kinetik model olarak; yalancı birinci derece kinetik modeli, yalancı ikinci derece kinetik modeli, elovich ve interpartiküler kinetik modellerinin uyumluluğuna bakılmış ve adsorpsiyonun yalancı ikinci dereceden kinetik modeline uyumlu olduğu belirlenmiştir. Çalışmada konsantrasyon ölçümleri UV spektrofotometre ile yapılmıştır. Adsorpsiyon denge verilerinde adsorplanan en yüksek değer 245.6885 mg/g bulunmuştur. Üretilen aktif karbonun sulu çözeltilerden kinolin boyarmaddesinde gideriminde kullanılabilir niteliktedir.

Anahtar kelimeler: Adsorpsiyon, Aktif karbon, İmpregnasyon, Yabani kuşburnu ağacı

Abstract

In this study, wild rosehip tree shavings that can be grown in Van and its region were used in the production of activated carbon. In the production of activated carbon, wild rosehip wood sawdust (raw material) was impregnated with NaOH (sodium hydroxide) at a ratio of 1:1 and pyrolyzed at 800 °C in a nitrogen gas environment. The Langmuir surface area of the produced activated carbon was found to be 1564.3621 m²/g. The adsorption of quinoline yellow, a cationic dyestuff, which is also used in food production as an adsorbed substance, at temperature, concentration and natural pH (pH:6.02) was investigated. Maximum quinoline yellow adsorption was determined by the produced activated carbon and its compatibility was observed according to Langmuir, Freundlich, Temkin and D-R adsorption isotherm models. It was found to be compatible with the Langmuir adsorption isotherm with R²=0.996. As a kinetic model, The compatibility of the pseudo-first-order kinetic model, pseudo-second-order kinetic model, elovich and interparticular kinetic models was examined and it was determined that adsorption was compatible with the pseudo-second-order kinetic model. In the study, concentration measurements were made with UV spectrophotometer. The highest adsorbed value in the adsorption equilibrium data was found to be 245.6885 mg/g. It is thought that the produced activated carbon can be used for dye removal from aqueous solutions.

Keywords: Adsorption, Activated carbon, Impregnation, Wild rosehip tree

^{*a} İlyas GENEL; ilyas_genel@hotmail.com, Tel: (0541) 827 67 45, orcid.org/0000-0001-7937-7086

^b orcid.org/0000-0002-0742-774X

1. Giriş

1. Introduction

Yaşam için vazgeçilmez bir öneme sahip olan suya birçok doğal ve yapay özellikli kimyasal maddeler karışmaktadır. Sularda kirliliğe yol açan kontrollü veya kontrolsüz olarak doğaya bırakılan bu kimyasal maddeler canlılarda birtakım hasarların oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle canlıların DNA ve RNA gibi hücresel yönetim ve bilgi zincirlerinin moleküler yapısına etki ederek mutasyonlar oluşturmakta ve bu mutasyonlar da büyük oranda canlıda kanserleşmeye neden olmaktadır (Baytar vd., 2021). Bu kimyasallar kanserin yanı sıra birçok hastalığın da sebebidir. Bu hastalıklardan bazıları; kalp hastalıkları, erken yaşlanma, katarakt, kalıtsal ve gelişimsel doğum bozuklukları gibi hastalıklardır. Kimyasal maddelerin belirtilen bu hastalıkların ana sebepleri olduklarını destekleyen hipotezler gün geçtikçe artmaktadır (Şenel vd., 2012). Kimyasal maddeler genel olarak suda çözüldükten sonra canlı organizmalar içine alınmaktadır (Güner, 2012). Bu kimyasal maddelerden biri de boyar maddelerdir. Bazı boyar maddeler de kimyasal yapılarından kaynaklı olarak kanserojenik etkiye sahiptirler (Kimura vd., 1979). Bu boyar maddelerden birisi olan kinolin sarısı ruj, saç bakım ürünleri, kolonya üretimlerinde ve eczacılıkta kullanılmakla birlikte, deri yangısına neden olmaktadır. Avustralya, Amerika ve Norveç gibi ülkelerde bu maddenin gıda boyası olarak kullanımı yasaklanmıştır (Eşme, 2013). Bu boyar maddelerin bir bölümü tekstil atık sularıyla doğaya atılmaktadır. Boyar maddeler kimyasal yöntemlerle (oksidasyon, kimyasal floklaştırma ve çöktürme vb.) ve fiziksel yöntemlerle (membran filtrasyonu, iyon değişimi vb.) sulu çözeltilerden giderilmektedir (Kocac & Alkan, 2002). Kimyasal maddenin giderimi için fiziksel yöntemlerden bir tanesi de adsorpsiyondur (Genel vd., 2014). Kimyasal maddelerin adsorpsiyonunda doğal adsorbentler (zeolit, kül, atık çamur vb.) ve yapay adsorbentler (silika jel, aktif alümina vb.) kullanılmaktadır. Yapay adsorbentlerden biri de aktif karbondur (Gürten, 2008). Aktif karbon üretiminde hammadde ve kimyasal aktifleştirici maddeler üretilen aktif karbonun özelliklerine etki etmektedir. Bu nedenle aynı ham maddeden farklı aktifleştirici kimyasallar kullanılarak aktif karbon üretiminin yapılması sonucunda gözenek hacmi, yüzey alanı gibi farklı özellikte aktif karbonlar üretilmektedir (El Nemr vd., 2007). Aktif karbon çeşitli endüstrilerde gazların saflaştırılması ve arıtımında, gıda sanayinde saflaştırma işlemlerinde, su ve atık su arıtımında, sağlık sektöründe ve farklı birçok alanda kullanılmaktadır (Küçükgül, 2004).

Günümüzde covid-19 virüsü yayılma şekli de dikkat çekmektedir. Özellikle hapşırma ve öksürme sebebi ile oluşan damlacıkların içinde bulunan virüs kolay bir şekilde yayılmaktadır (İşsever vd., 2020). Bu nedenle virüsün yayılımının engellenmesinde T.C. Sağlık Bakanlığı maske kullanımını önermiştir. Covid-19 yayılmasının azaltılmasında aktif karbon kullanılarak üretilen maskeler de kullanılmaktadır. Bu açıdan da bakıldığında aktif karbon üretimi ve adsorpsiyonu önem kazanmaktadır.

Yapılan bu çalışmada yabani kuşburnu ağacı talaşına kimyasal madde (NaOH) impregnasyonu, impregnasyon sonrası pirolizi ile yüzey alanı yüksek aktif karbon elde edilmesi ve elde edilen aktif karbonun gıda boyar maddesi olan kinolin sarısının adsorpsiyonu incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve metod

2. Material and method

2.1 Aktif karbon üretimi

2.1. Activated carbon production

2.1.1. Hammadde seçimi, kurutulması ve boyutlandırılması

2.1.1. Raw material selection, drying and sizing

Hammadde olarak Van ili ve çevresinde yetişen yabani kuşburnu ağaçları kullanılmıştır. Daha önce kesilmiş ya da budanmış ağaç gövdeleri alınarak 3 ay boyunca direkt olarak güneş ışığı görmeyen bir ortamda kurutulmuştur. Ağaçlar motorlu testere yardımıyla 0.1 – 0.9 cm boyutlarında ve 1-3 mm kalınlığında talaşlar oluşturacak şekilde parçalanmıştır. Parçalanmış bu talaşlar 200 mesh ölçüsünde eleği olan öğütücüde (Şimşek Laboratör Marka HD-702 Model) öğütülerek kimyasal impregnasyon için hazır hale getirilmiştir.

2.1.2 Kimyasal impregnasyon

2.1.2 Chemical impregnation

200 mesh boyutundaki yabani kuşburnu talaşından 30 g ve katı sodyum hidroksitten 30 g alınarak 100 ml'lik çözeltilerde karıştırılmış ve 48 saat impregnasyon için bekletilmiştir. Daha sonra 50 °C derecedeki etüvde 48 saat süreyle çözelti içindeki çözücü %90-%95 arasındaki oranda buharlaştırılmıştır.

2.1.3 Piroliz süreci

2.1.3 Pyrolysis process

İmpregnasyonu tamamlanan hammadde ve aktive

edici madde N₂ gazının 500cm³/dk hızla geçtiği reaktörün içine bırakılmış ve ardından fırına yerleştirilmiştir. Fırın 1saatte 800 °C ye çıkartılmış ve 1saat boyunca 800 °C 'de bekletilmiştir. Sonrasında azot ortamında soğumaya alınıp 25 °C getirilmiştir. Devamında azot gazının akışı kesilmiş ve oluşan ürün dışarı alınarak piroliz süreci tamamlanmıştır.

2.1.4 Kül giderimi, süzme-kurutma işlemi ve depolama

2.1.4 Ash removal, filtration-drying and storage

Oluşabilecek kül ve diğer bileşiklerin giderimi için aktif karbon 1M HCl çözeltisiyle ile 10 dk karıştırılmıştır. Aktif karbonun su geçirgenliğine göre ayarlanabilen 10 L'lik bir depoya sahip basit bir sistemle HCl varlığı tamamen son buluncaya kadar süzölmüştür. pH metre ile süzöntü pH'sı 7.00 olana kadar süzme işlemine devam edilmiştir. Süzme işlemi biten aktif karbon 50 °C'lik etüvde kurutmaya bırakılmıştır. Kurutma işleminden sonra kapalı kaplarda depolanmıştır.

2.2 Aktif karbonun karakterizasyonu

2.2 Characterization of activated carbon

Aktif karbonun yapısı hakkında bilgi edinmek için Elementel Analiz, BET analizi ve FT-IR analizi yapılmıştır. Elementel Analiz için Thermo Scientific Marka Flash 2000 Model cihazı, FT-IR analizi için Thermo Scientific Marka Nicoletti S10 FT-IR spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. pH ölçümleri ise MeterLab Marka PHM210 Stadart pH Meter model cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon deneyleri Heidolph Marka Mr Hei-End Model ısıtıcı ayarlı tek gözlü manyetik karıştırıcı ile ve konsantrasyon ölçümleri ise Shimadzu Marka UV -1240 Model spektrofotometre ile yapılmıştır.

2.3 Adsorpsiyon deneyleri

2.3 Adsorption experiments

Boyar madde adsorpsiyonu için 1000 ppm'lik kinolin sarısı çözeltileri hazırlanmış, hazırlanan bu stok çözeltilerden 600 ppm, 400 ppm, 200 ppm, 100 ppm ve 50 ppm'lik çözeltiler hazırlanmıştır. Farklı konsantrasyonda hazırlanan çözeltilerin hacmi 250 ml olacak şekilde ayarlandı. Ardından 250ml'lik çözeltilerin her birine 0.1g'lık ağırlıkta aktif karbon (adsorban) eklenmiştir. Adsorpsiyon deneyleri sabit basınçta, 25 °C, 35 °C ve 45 °C sıcaklıklarda ve 200 rpm'lik sabit karıştırma hızında yapılmıştır.

2.3.1. Adsorpsiyon kinetik çalışmaları

2.3.1 Adsorption kinetic studies

Adsorpsiyon işleminin kinetiği çözeltilerden kinolin sarısının adsorpsiyon verileri ile belirlendi. Bu amaçla yalancı birinci dereceden kinetik model, yalancı ikinci dereceden kinetik model, Elovich kinetik model ve interpartiküler kinetik modelleri kullanılmıştır.

Yalancı birinci derece kinetik model

Adsorpsiyon süresini Lagergren (1898), basit bir kinetik model olan pseudo birinci derece kinetik model şeklinde ifade etmiştir. Bu durum denklem 1'de gösterilmiştir.

$$(dq_t/dt)=k_1.(q_e-q_t) \quad (1)$$

Burada k₁ (dak⁻¹) adsorpsiyonun birinci derece hız sabiti; q_e, dengede adsorplanan madde miktarı ve q_t, t süre sonunda adsorplanan madde miktarını ifade etmektedir. Buna göre t'ye karşı log (q_e-q_t) grafiği çizilerek incelemeler yapıldı.

Yalancı ikinci derece kinetik model

Adsorpsiyon prosesi için Ho ve Mckay (1999) tarafından geliştirilen denklem (2) şu şekildedir:

$$(d[S]_t/dt) = k_2.(d[S]_0 - d[S]_t) \quad (2)$$

Burada [S]₀, t = 0 başlangıç ve [S]_t, t zamanlarında adsorbantda bulunan aktif kısım sayısını göstermektedir. Adsorpsiyon kapasitesinin aktif bölge sayısı ile orantılı olduğu düşünüldüğünde eşitlik (3) şu hale gelir:

$$(dq_t/dt) = k_2.(q_e - q_t)^2 \quad (3)$$

Burada k₂ (g mg⁻¹ h⁻¹), pseudo ikinci derece adsorpsiyon hız sabiti; q_e, denge durumunda adsorplanan madde miktarı ve q_t, t süre sonunda adsorplanan madde miktarını ifade etmektedir. Eşitlik 3'ün yeniden düzenlenip, t = 0 anında q₀= 0 ve t = t anında q_t = q_t koşulları için integrali alınır, aşağıdaki eşitlik (4) elde edilir:

$$(t/q_t) = (1/k_2.q_e^2) + (t/q_e) \quad (4)$$

Denklemdaki k₂q_e² ifadesi başlangıç adsorpsiyon hızını göstermektedir (Ho & McKay, 1999).

Elovich Kinetik Model

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha \cdot \beta) + \frac{1}{\beta} \ln t \quad (5)$$

q_t , t süresi sonunda adsorplanan madde miktarını ifade etmektedir. α , ilk adsorpsiyon hızıdır ($gg^{-1} \text{ dak}^{-1}$) ve β , desorpsiyon sabiti (gg^{-1})'dir (Cagnon vd., 2011).

İnterpartiküler Difüzyon Kinetik Model

$$q_t = k_{id} t^{1/2} + C \quad (6)$$

Burada q_t , t süresi sonunda adsorplanan miktar; k_{id} , intrapartiküler difüzyon hız sabiti ($mg/g \text{ dak}^{1/2}$), C ise kayma noktasıdır

Gözenekli bir adsorplayıcı madde için, en hızlı aşama yüzey adsorpsiyonunun gerçekleştiği ilk aşamadır. Sonraki aşama hızını belirleyen partikül içi difüzyonun olduğu basamaktır. En son aşama partikül içi difüzyon hızının azaldığı ve en yüksek adsorpsiyon değerine ulaşıldığı aşamadır (Gümüş & Gümüş, 2018).

2.3.2. Adsorsiyon izoterm çalışmaları

2.3.2 Adsorption isotherm studies

Freundlich izotermi

Bu tip izotermde, belli miktarda adsorban tarafından adsorplanan madde miktarı basınçla, derişimle hızla artmakta ve daha sonra katı yüzeyinin gaz molekülleri ile doymasıyla daha yavaş bir artış göstermektedir. Freundlich izotermi, suda ve atık suyun işlenmesinde kullanılan adsorbanların adsorpsiyon karakteristiklerini tanımlamak için sıkça kullanılmaktadır. Freundlich izotermi aşağıdaki şekilde (8) matematiksel olarak ifade edilebilmektedir:

$$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad (7)$$

Burada, q_e , m kütlesinin adsorpladığı madde miktarı; C_e , adsorplanan maddenin derişimi; K_F , ve n adsorban ve adsorplanan madde ile sıcaklığa bağlı sabitlerdir (El-Khaiary, 2008).

Langmuir izotermi

Birçok hallerde ve özellikle bir kimyasal adsorpsiyonda, bir doymuşluğa varılmaktadır. x/m oranı, bütün katı yüzeyini kaplayan adsorplanmış gazın bir monomoleküler tabaka oluşmasına karşılık gelen bir sınır değeri gösterir. Freundlich izotermi bu durumu açıklayamamaktadır. Yüzeydeki kimyasal adsorplanmanın tek moleküllü tabaka halinde olması ve yüzeydeki dinamik denge hali göz önüne alınarak, Langmuir izotermi türetilmiştir. Gaz molekülleri katıyla elastik olarak çarpışmaz, bu yüzden tekrar gaz faza

dönmeden önce katı yüzeyi ile temas eder ve doğal adsorpsiyon gerçekleşir. Langmuir izotermi aşağıdaki formülde (8) gösterilmiştir.

$$q_e = q_m \cdot b \cdot C_e / (1 + b \cdot C_e) \quad (8)$$

Burada, q_e , m kütlesinin adsorpladığı madde miktarı, q_m , m kütlesinin adsorpladığı maksimum madde miktarı; C_e , adsorplanan maddenin derişimi; b, adsorban ve adsorplanan madde ile sıcaklığa bağlı sabittir (Langmuir, 1916).

Temkin izotermi

Temkin izotermi, adsorpsiyon enerjisindeki düşüşün üstel olmayıp, doğrusal olduğu varsayımı yapılarak türetilmiştir. Temkin izotermi aşağıdaki formüldeki gibi (9) ifade edilmiştir.

$$q_e = [R \cdot T / b_T] \cdot [\ln(A_T \cdot C_e)] \quad (9)$$

Burada, A_T , Temkin izoterm sabiti ($l/mmol$); b_T , Temkin izoterm sabiti; R, gaz sabiti ($J/mol \text{ K}$) ve T, mutlak sıcaklık (K)'dir (Redlich & Peterson, 1959).

Dubinin-Radushkevich (D-R) izotermi

Dubinin-Radushkevich (D-R) izoterm modeli hem homojen hem heterojen yüzeylerdeki adsorpsiyon için kullanılan ve daha çok gözeneklerin adsorpsiyonunu açıklayan bir modeldir (Dubinin, 1947). D-R izoterm modelinin doğrusal olmayan denklemleri (10-12) aşağıdaki gibidir.

$$q_e = X_m \cdot e^{-K \cdot \varepsilon^2} \text{ (Lineer olmayan form)} \quad (10)$$

$$\varepsilon = RT \ln(1 + 1/C_e) \quad (7) \quad \ln q_e = \ln X_m - K \varepsilon^2 \text{ (Lineer)} \quad (11)$$

$$E = (2K)^{-1/2} \quad (12)$$

Burada, X_m , Dubinin-Radushkevich (D-R) sabitini ($mg \text{ g}^{-1}$); K, adsorpsiyonun ortalama serbest enerjisi ile ilgili bir sabiti ($mol^2 \text{ kJ}^{-2}$); ε , Polany potansiyelini, R, evrensel gaz sabitini ($Jmol^{-1} \text{ K}^{-1}$) ve T, mutlak sıcaklığı (K) göstermektedir (Eren vd., 2020). Dubinin Radushkevich (D-R) izotermindeki E ($kJmol^{-1}$), adsorpsiyonun fiziksel veya kimyasal karakteristiği hakkında bilgi veren adsorpsiyon enerjisini göstermektedir (Altun & Parlayıcı, 2018).

3. Bulgular ve tartışma

3. Results and discussion

3.1. Elementel analiz sonuçları

3.1 Elemental analysis results

Tablo 1'e bakıldığında ham madde olarak kullanılan yabancı kuşburnu ağacı talaşında (A1-S) %41.5562 oranında karbon bulunması bu materyalin aktif karbon üretimi için uygun

olduğunun bir göstergesidir. Bu oran impregnasyon işlemi yapılmamış olan karbonda %71.6577, impregnasyon işlemi görmüş karbonda %75.7117 oranlarına ulaşmıştır. A1-S'deki H oranının %5.4066 olduğu karbonizasyondan sonra bu değerlerin, impregnasyon işlemi görmemiş ve görmüş karbonlarda sırasıyla %1.4913 ve %0.5654 olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Yabancı kuşburnu ağacı talaşı(A1-S), yabancı kuşburnu ağacı saf karbonun (A1-K) ve yabancı kuşburnu ağacı sodyum hidroksit ile impregnasyon sonucu oluşan karbonun (A1-2) azot, karbon, hidrojen ve sülfür oranları

Table 1. Nitrogen, carbon, hydrogen and sulfur ratios of wild rosehip sawdust (A1-S), wild rosehip pure carbon (A1-K), and wild rosehip tree carbon (A1-2) resulting from impregnation with sodium hydroxide

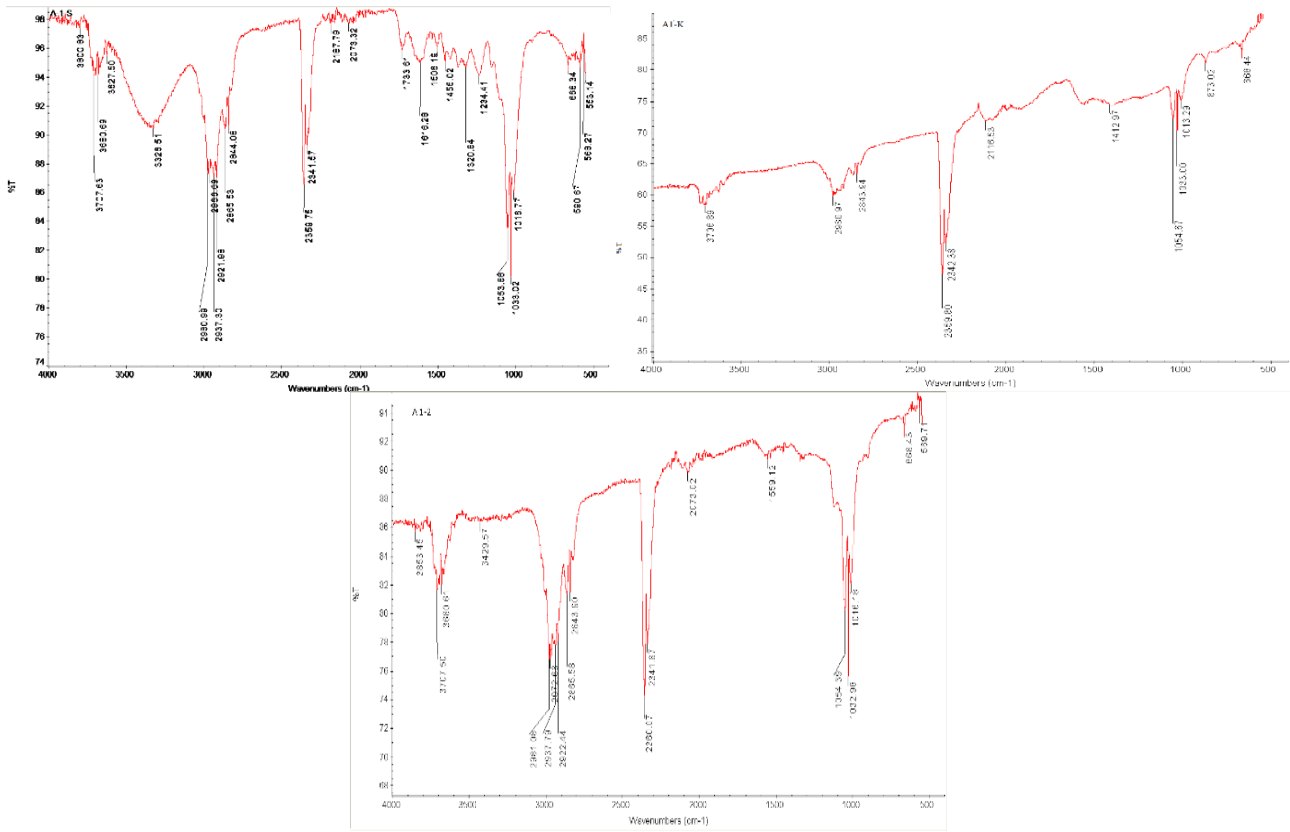
Hammadde/Aktif Karbon	Azot oranı	Karbon oranı	Hidrojen oranı	Sülfür oranı	Toplam
A1-S	0.6001	41.5562	5.4066	0	47.563
A1-K	1.2574	71.6577	1.4913	0	74.4063
A1-2	-	75.7117	0.5654	0	76.2771

3.2 FT-IR analizi

3.2 FT-IR analysis

Şekil ve Tablo 2'ye bakıldığında saf talaştan elde edilen saf karbon (A1-K) saf talaşa göre (A1-S) yüksek dalga boylarındaki bağların kırıldığı görülmektedir. 3707 cm^{-1} suda bulunan hidroksil titreşimleri, yüksek dalga boyunda bulunan C-O titreşimleri, C=C bağ titreşimleri, lignin ve hemiselülozda bulunan C=O ve eter fenol ve alkol gruplarındaki C-H titreşimleri ve C=C titreşimleri her 3 yapıda da bulunmaktadır. Saf talaşta bulunan fazla sayıdaki titreşimlerin saf karbonda daha düşük dalga boylarında titreşimlere dönüştüğü tespit edilmiş. Bununla birlikte A1-2 karbonunda ise bu titreşimlerin daha yüksek dalga boylu titreşimlere dönüştüğü belirlenmiştir. Saf talaşın

BET ve elementel analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, saf talaş çok sayıda bağ içeriyor olmasına rağmen gözenek yapısının ve yüzey alanının az olduğu görülmektedir. Bu durum ağacın yapısında bulunan, nötral çözücülerde ve suda çözünebilir veya su buharıyla uçucu duruma gelebilen ekstraktif maddelerin (tanenler, uçucu yağlar, reçineler v.b.) parçalanması ya da uzaklaşması ile açıklanabilir. İmpregnasyon işlemi görmeyen karbon gözeneklerinin tam oluşmadığı ya da çöktüğü muhtemeldir. İmpregnasyon sonucu oluşan aktif karbondaki ise düşük dalga boylarındaki bağlar kırılarak daha yüksek dalga boylarında bağlar oluşmuş ve gözenekli yapı böylelikle artmış olabilir.



Şekil 1. A1-S, A1-K, A1-2 FT-IR grafikleri
Figure 1. A1-S, A1-K, A1-2 FT-IR graphics

Tablo 2. Yabani kuşburnu ağacı talaşı (A1-S), yabani kuşburnu ağacı saf karbonu (A1-K), yabani kuşburnu ağacı sodyum hidrosit ile impregnasyon sonucu oluşan karbon (A1-2) FT-IR analizlerinin literatür verileri.
Table 2. Wild rosehip wood chips (A1-S), wild rosehip tree pure carbon (A1-K), carbon (A1-2) formed as a result of impregnation with wild rosehip wood sodium hydroxide, literature data of FT-IR analyzes.

A1-S	A1-K	A1-2	Özellik	
3800		3853	OH gerilme (alkoller, asitler, H bağı)	(Beşergil, 2015)
			OH güçlü bağı	(Shen vd.,2010)
3707	3706	3707	OH gerilme (alkoller, asitler, H bağı)	(Beşergil, 2015)
3680		3680	OH gerilme (alkoller, asitler, H bağı)	(Beşergil, 2015)
3627			OH gerilme (alkoller, asitler, H bağı)	(Beşergil, 2015)
3326		3429	C-H gerilme (alkan)	(Shen vd.,2010)
2980		2981	C-H ₂ gerilme (Asimetrik bağlar)	(Kholodkov vd., 2003; Shen vd.,2010)
		2972		
2966		2937	C-H ₂ gerilme (Asimetrik bağlar)	(Kholodkov vd., 2003; Shen vd.,2010)
2865		2865	C-H ₂ gerilme (Asimetrik bağlar)	(Kholodkov vd., 2003; Shen vd.,2010)
2937			C-H ₂ gerilme (Asimetrik bağlar)	(Kholodkov vd., 2003; Shen vd.,2010)
2844	2843	2843	C-H ₂ gerilme (Asimetrik bağlar)	(Kholodkov vd., 2003; Shen vd.,2010)
2359	2359	2360	C-O bağı	(Corazzari vd., 2015)
2341	2342	2341	C-O bağı	(Corazzari vd.,2015)
2187	2116		C≡N bağı	(Petibois vd., 2006)
2073	2073	2073	CO ₂ - CO bandı	(Balakrishnan & Schwank, 1992)
	1412		Simetrik antisimetrik C-H titreşimleri	(Al-Oweini & El-Rassy, 2009)
1616			Lignindeki aromatik halkalardaki C=O COO	(Ahmet & Sivrikaya, 2017)
		1559	(C=C aromatik, COO- içindeki (C=O), veya -C-NO ₂ içindeki (C-N) bağı	(Yuan vd., 2018)

Tablo 2 devamı.
Table 2 continuing.

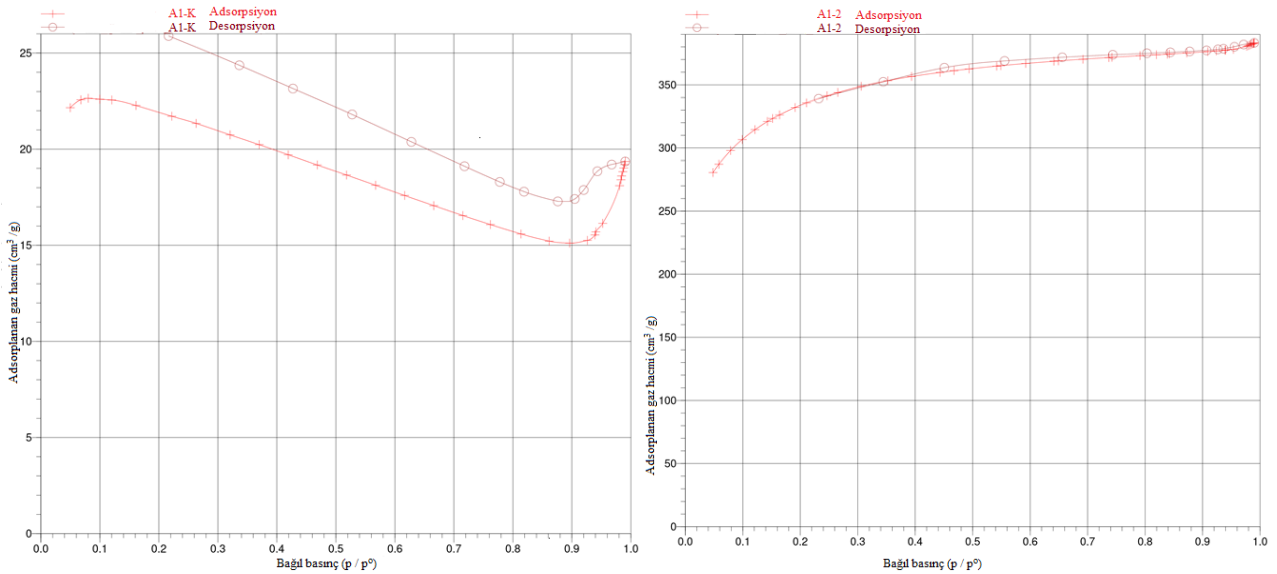
A1-S	A1-K	A1-2	Özellik	
1506			Ligninde aromatik iskelet titreşimi Lignindeki aromatik halkalardaki C=O COO	(Yilgor vd., 2013) (Kobayashi vd., 1984) (Ahmet & Sivrikaya, 2017)
1455			C-H bağı CH ₂ ksilen ve ligninde bozunma titreşimi	(Yilgor vd., 2013)
1320			Selülozda C-H titreşimi syringyl türevlerinin +C-O titreşimleri	(Yilgor vd., 2013)
1234			Selülozdaki CH ₂ Ksilendeki asetil ve karboksil ve lignindeki C=O titreşimleri	(Ahmet & Sivrikaya, 2017) (Yilgor vd., 2013)
1053	1054	1054	C-O primer alkol karboksilik asit –alkol-eter Lignin selüloz ve hemiselülozda C=O gerilmesi	(Peng vd.,2017) (Beşergil, 2015) (Ahmet & Sivrikaya, 2017)
1033	1033	1032	Karboksilik asit –alkol-eter Lignin selüloz ve hemiselülozda C=O gerilmesi	(Beşergil, 2015) (Ahmet & Sivrikaya, 2017)
	1013	1016	Eter, fenol, alkol gruplarında C-O ve HC-OH karşılıklı girişimleri	(Yilgor vd.,2013)
	873		Alken vinyldyne Hemiselüloz ve selülozun glikozidik bağları İzole edilmiş aromatik hidrojen atomuna ait titreşimler	(Yilgor vd., 2013) (Bağ & Tekin, 2019) (Chen vd., 2012)
668	668	668	Güçlü C=C alkan disibstitüe (cis)	(Beşergil, 2015)
590		577	C-C gerilmesi(lignin yanal bağlar C-Cl gerilmesi	(Liu vd., 2008) (Beşergil, 2015)
568				
553		559	C-C gerilmesi(lignin yanal bağlar C-Cl gerilmesi	(Liu vd., 2008) (Beşergil, 2015)

3.3 BET analizleri

3.3 Bet analysis

Şekil 2'ye bakıldığında A1-K karbonun herhangi bir izoterm tipine uymadığı, A1-2 aktif karbonunun ise Tip 1 izoterm tipine uyduğu görülmektedir. Tip

1 izotermine mikro gözenekli adsorbanlarda rastlanmaktadır. A1-K'nın bir izoterm tipine uymamasının nedeni basınç yükseldikçe zayıf gözenek yapısının çökmesidir. Basınçla çökmeyen gözeneklerin ise basınç artkça adsorplamaya devam ettiği düşünülmektedir.



Şekil 2. A1-K ve A1-2'nin azot adsorpsiyon-desorpsiyon izoterm grafikleri
Figure 2. Nitrogen adsorption-desorption isotherm graphs of A1-K and A1-2

Tablo 3'deki BET analizleri incelendiğinde impregnasyon işlemi gören A1-2 aktif karbonunda A1-K karbonuna göre BET yüzey alanının 14 kat, Langmuir yüzey alanının 15 kat, t-plot mikropor alanının 5 kat, mikropor hacminin 6 kat arttığı

görülmektedir (Tablo 2). A1-K karbonunda ortalama gözenek genişliği 517 Å boyutunda ve makro gözenekli bir yapıdayken, A1-2 aktif karbonunun 20 Å ortalama gözenek boyutunda ve mikro gözenekli bir yapıda olduğu görülmüştür.

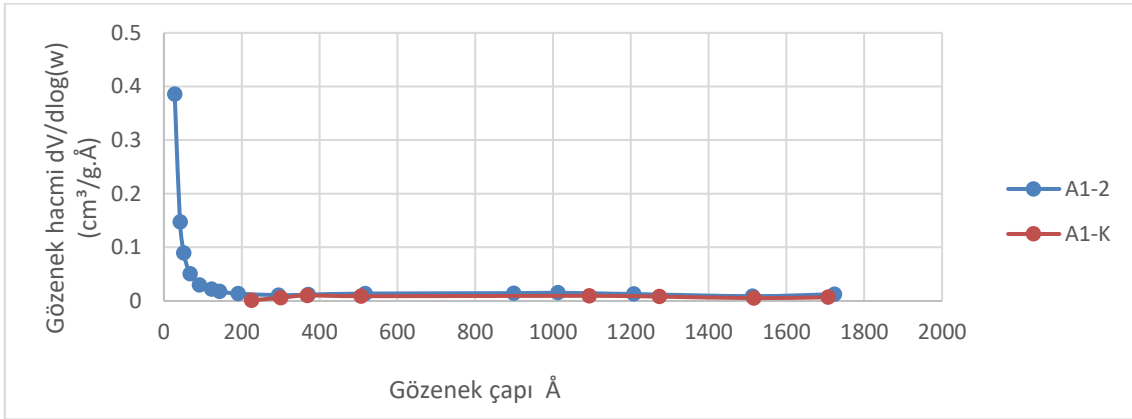
Tablo 3. Yabani kuşburnu ağacı saf karbonun (A1-K) ve sodyum hidroksit (NaOH) ile impregnasyonlu aktif karbonun (A1-2) BET analizleri

Table 3. BET analyzes of wild rosehip pure carbon (A1-K) and activated carbon impregnated with sodium hydroxide (NaOH) (A1-2)

	A1-K	A1-2
BET Yüzey alanı m ² /g	80.8185	1152.3049
Langmuir Yüzey Alanı m ² /g	97.9661	1564.3621
t-Plot Mikrogözenek Alanı m ² /g	90.5580	525.3522
t-Plot Mikrogözenek hacmi cm ³ /g	0.03845	0.24278
BJH Adsorpsiyon ortalama gözenek genişliği (4V/A) Å	517.937	20.5063

Şekil 3'de de görüldüğü üzere A1-K'da gözenek çapı 20 Å (2nm)'dan küçük olan mikro gözenekler bulunmamaktadır. A1-2'de ise mikro gözenek yapısının bulunduğu ve gözenek hacminin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra A1-2'nin

mezo gözenek (20 Å ve 500 Å arası) ve makro gözenek (500 Å dan büyük) yapılarını da içerdiği ve gözenek hacimlerinin daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 3. A1-K ve A1-2 gözenek dağılım grafiği

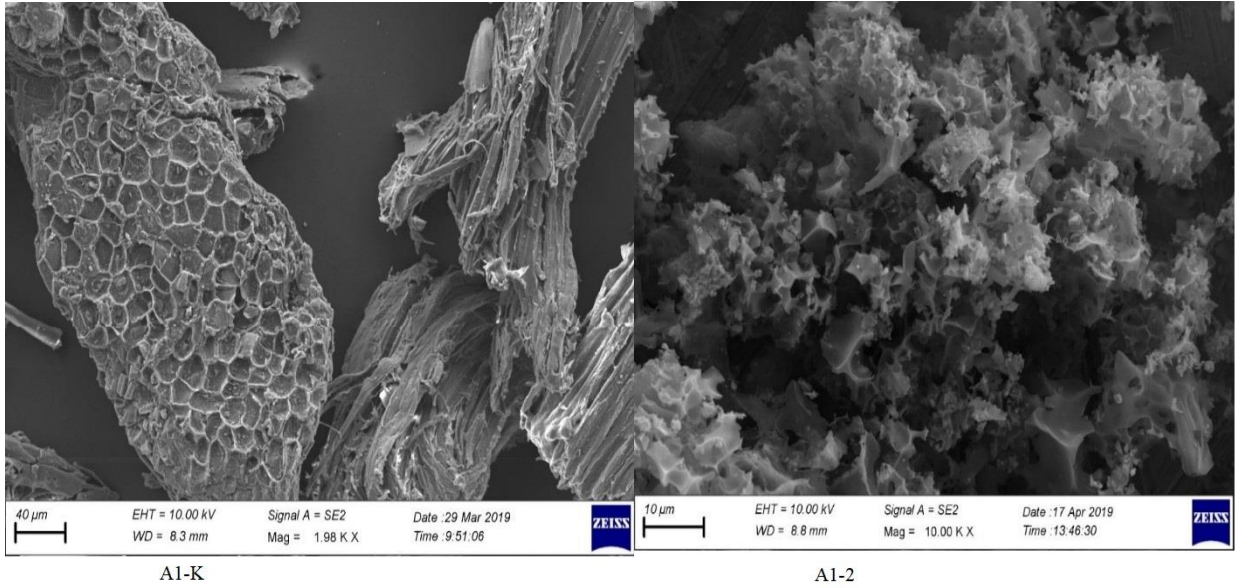
Figure 3. A1-K and A1-2 pore distribution graph

3.4.SEM Görüntüleri

3.4.SEM Images

Şekil 4'de A1-K ve A1-2 aktif karbonlarının SEM görüntülerine bakıldığında A1-K karbonunun

yüzey ve gözenek yapısının makro gözenek yapısında, A1-2 aktif karbon yapısında ise yüzeyde çok gözenekli bir yapının olduğu görülmektedir. Bu görüntüler BET analizindeki değerleri de destekler niteliktedir.



Şekil 4. Saf yabani kuşburnu ağacından elde edilen karbon (A1-K), yabani kuşburnu ağacı talaşının sodyum hidroksit ile impregnasyonundan elde edilen aktif karbonunun (A1-2) SEM görüntüleri.

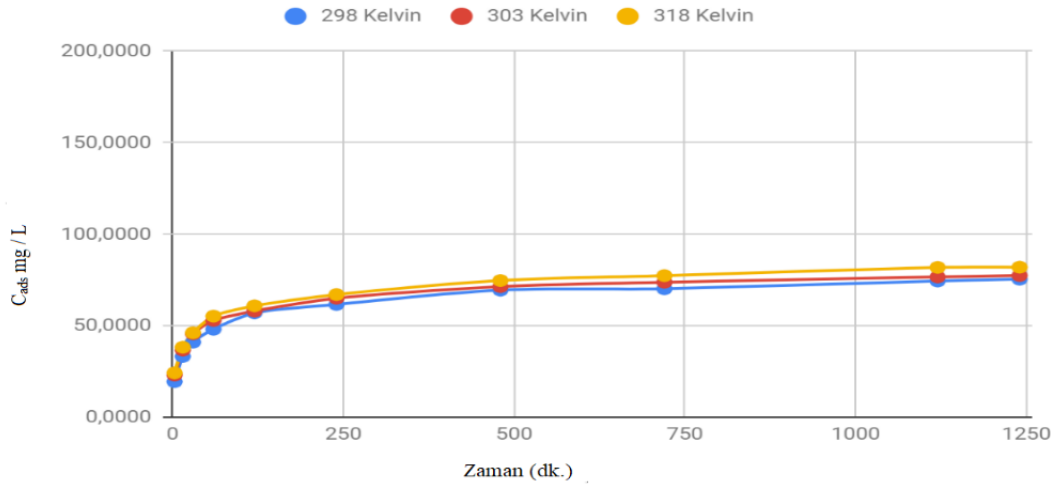
Figure 4. Carbon obtained from pure wild rosehip tree (A1-K), activated carbon image obtained from impregnation of wild rosehip tree sawdust with sodium hydroxide (A1-2).

3.5. Adsorpsiyon deneyleri

3.5. Adsorption experiments

Şekil 5’de A1-2 aktif karbonunda kinolin sarısı adsorpsiyonunda geçen süre içerisinde sıcaklık artışıyla adsorbe edilen madde miktarının arttığı görülmektedir. Adsorbent kütlesi başına adsorplanan madde miktarının sıcaklıkla artması, adsorpsiyonun endotermik olduğunu

göstermektedir. Sıcaklığa bağlı olarak adsorpsiyon veriminin artışının birçok nedeni bulunmaktadır. Bu nedenler arasında en önemlisi sıcaklık artışı ile beraber adsorbent partiküllerinin kinetik enerjilerinin de artmış olmasıdır. Adsorbent ve adsorplanan madde molekülleri aralarındaki çarpışmanın artması adsorbent yüzeyindeki adsorpsiyonu arttırmaktadır.



Şekil 5. A1-2 aktif karbonunun farklı sıcaklıklardaki (25 °C (298 K), 30 °C (303 K), 45 °C (318 K) kinolin sarısı adsorpsiyonun zamana göre değişimi.

Figure 5. Adsorption of A1-2 activated carbon with quinoline yellow at 25°C (298 K), 30°C (303 K), and 45°C (318 K) time temperature concentration.

Farklı sıcaklıklardaki aynı konsantrasyon değerlerine karşılık gelen yüzde adsorpsiyon değerleri sıcaklığın yükselmesi ile artış göstermişken, aynı sıcaklıktaki farklı

konsantrasyon değerlerinde ise konsantrasyon değeri arttıkça % adsorpsiyon değerlerinin azalma gösterdiği Tablo 4’te görülmektedir.

Tablo 4. A1-2 aktif karbonunun kinolin sarısı ile adsorpsiyonu izoterm değerleri
Table 4. Isotherm values of A1-2 activated carbon adsorption with quinoline yellow

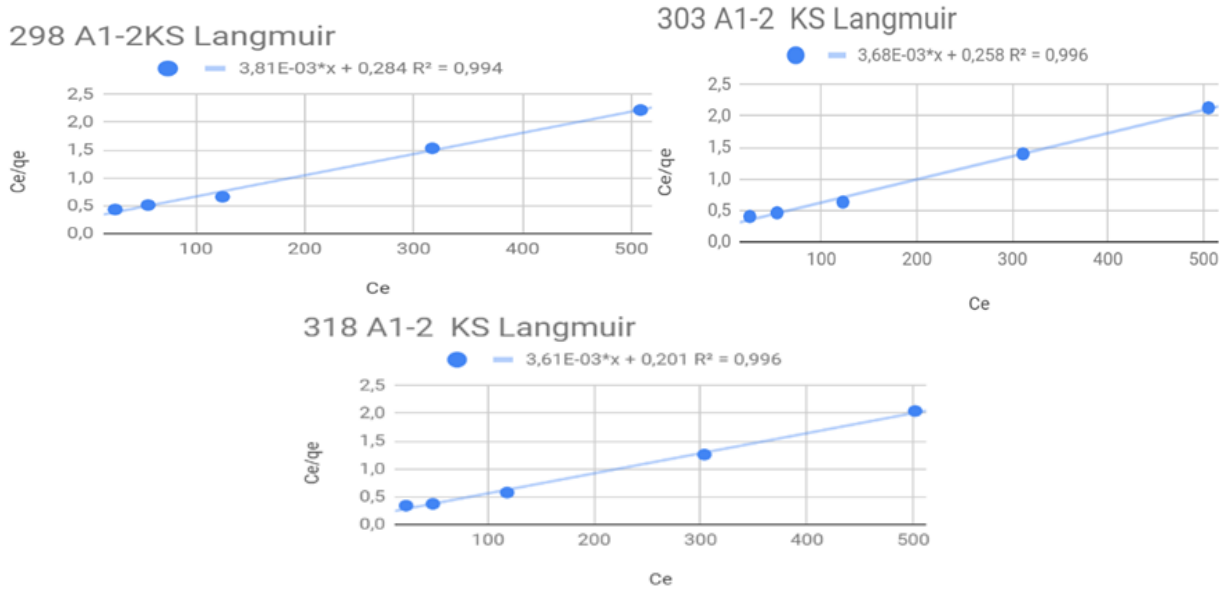
Sıcaklık Kelvin(K)	A1-2 KS Co (ppm)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	% Ads.	qe (mg/g)
298	50	26.0034	23.9966	47.99	59.9915
	100	56.1986	43.8014	43.80	109.5035
	200	124.5548	75.4452	37.72	188.6130
	400	317.1846	82.8154	20.70	207.0385
	600	508.3634	91.6366	15.27	229.0915
303	50	25.1243	24.8757	49.75	62.1893
	100	53.6284	46.3716	46.37	115.9290
	200	122.5644	77.4356	38.72	193.5890
	400	311.0698	88.9302	22.23	222.3255
	600	505.1744	94.8256	15.80	237.0640
318	50	23.0346	26.9654	53.3	67.4135
	100	48.2436	51.7564	51.76	129.3910
	200	118.0344	81.9656	40.98	204.9140
	400	303.5428	96.4572	24.11	241.1430
	600	501.7246	98.2754	16.38	245.6885

Tablo 5'te görüldüğü gibi üç sıcaklıkta da regresyon katsayıları 0.87'in üzerindedir. En yüksek regresyon katsayısına sahip Langmuir İzoterminden elde edilen maksimum adsorpsiyon kapasiteleri, 25°C'de 262.2552mg/g ve 30°C'de 272.0450 mg/g, 45 °C'de 277.2757mg/ g olarak belirlenmiştir. Sıcaklık artıkça adsorbent kütlesi başına adsorplanmış madde miktarının artması endotermik bir adsorpsiyon olduğunu göstermektedir. Regresyon sayısının 1'e çok yakın olmasının adsorpsiyonun tek tabakalı olarak meydana geldiğini, b değerine bakılarak bağlanma

enerjisinin sıcaklıkla arttığını, Freundlich izoterm sabitlerine göre 1/n değerlerinin 0.4347-0.4323-0.4046 olmasının adsorpsiyon izoterm eğrisinin hafifçe yükselen ve elverişli olduğunu, n değerine bakılarak iyi bir adsorpsiyon gerçekleştiğini, Temkin izotermi B verisine göre 56.9060-59.1743-59.1584 jmol⁻¹ olduğunu ve sıcaklık artıkça adsorpsiyon enerjisinin arttığını, 45°C de ise çok az düşüş olduğunu göstermektedir. D-R izoterminde E değerine bakılarak adsorpsiyonun fiziksel bir adsorpsiyon olduğu söylenebilir. Adsorpsiyonlar ile ilgili izoterm grafikleri Şekil 5-8'de verilmiştir.

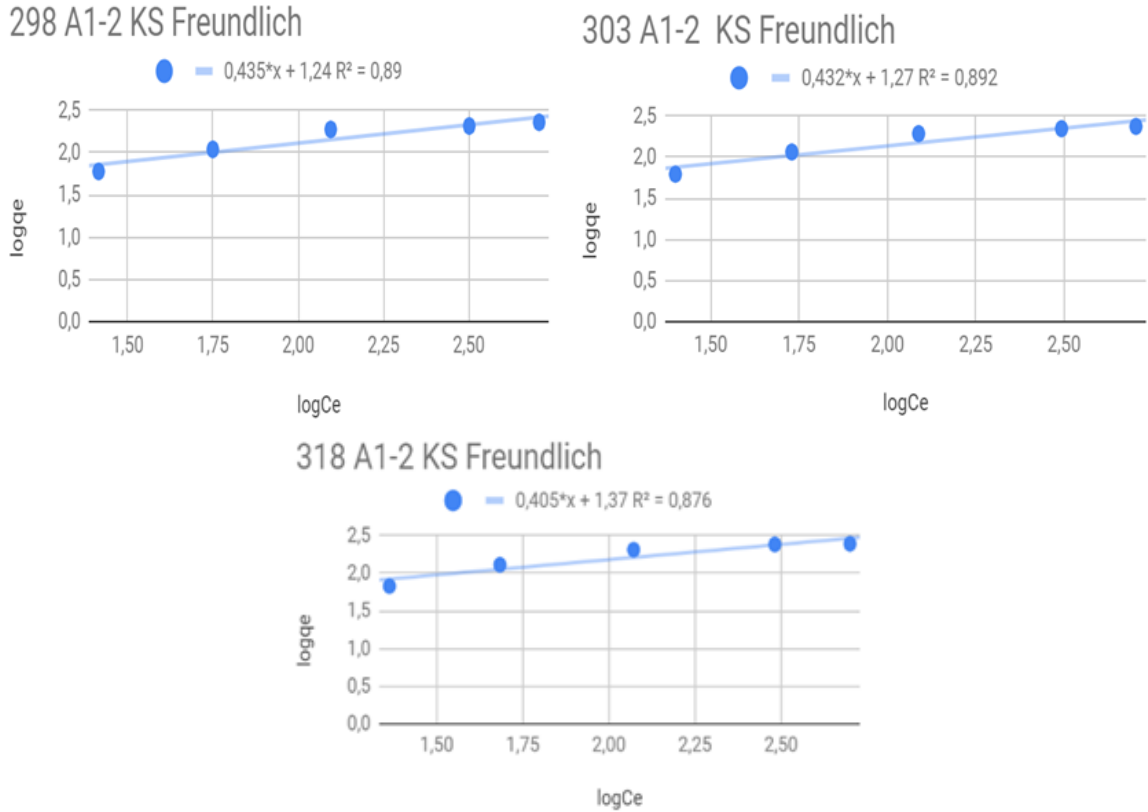
Tablo 5. A1-2 aktif karbonunun kinolin sarısı giderimi adsorpsiyon sabitleri
Table 5. Adsorption constants of quinoline yellow removal of A1-2 activated carbon

A1-2 kinolin sarısı				
T(K)	İzoterm sabitleri	298K	303K	318K
Langmuir	b	0.0134	0.0143	0.0180
	Q _m	262.2552	272.0450	277.2757
	R ²	0.9942	0.9960	0.9961
Freundlich	n	2.3004	2.3134	2.4717
	1/n	0.4347	0.4323	0.4046
	K _f	17.5287	18.7502	23.5241
	R ²	0.8898	0.8921	0.8761
Temkin	B(Jmol ⁻¹)	56.9060	59.1743	59.1584
	A _T (L g ⁻¹)	0.1315	0.1371	0.1756
	b _r	43.5398	41.8708	41.8821
	R ²	0.9451	0.9541	0.9455
D-R	X ¹ m(mgg ⁻¹)	16733813287.2776	10123663602.73	1488432736.7642
	K ¹ (mol ² J ²)	0.000002944	0.000002855	0.000002533
	R ²	0.9819	0.9891	0.9965
	E(Jmol ⁻¹ K ⁻¹)	0.002426	0.002389	0.002250



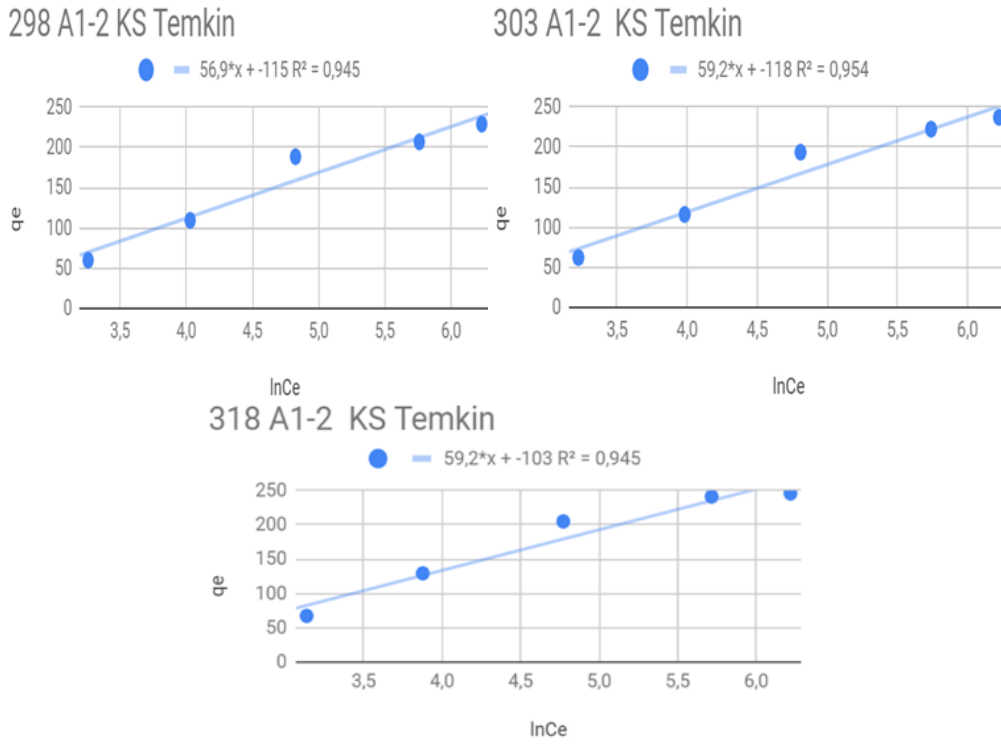
Şekil 6. A1-2 Aktif karbonunun kinolin sarısı giderimi adsorpsiyonu 25°C (298 K), 30°C (303 K) ve 45°C (318 K)'deki Langmuir izotermi (C_o= 50, 100, 200, 400, 600 ppm, V=0.25L adsorban miktarı= 1 g pH=6.02, karıştırma hızı=200 rpm)

Figure 6. The quinoline yellow removal adsorption of A1-2 Activated carbon Langmuir isotherms) at 25°C (298 K), 30°C (303 K), and 45°C (318 K) (C_o= 50, 100, 200, 400, 600 ppm, 600 ppm, V=0.25L amount of adsorbent=1g pH=6.02, mixing speed=200 rpm)



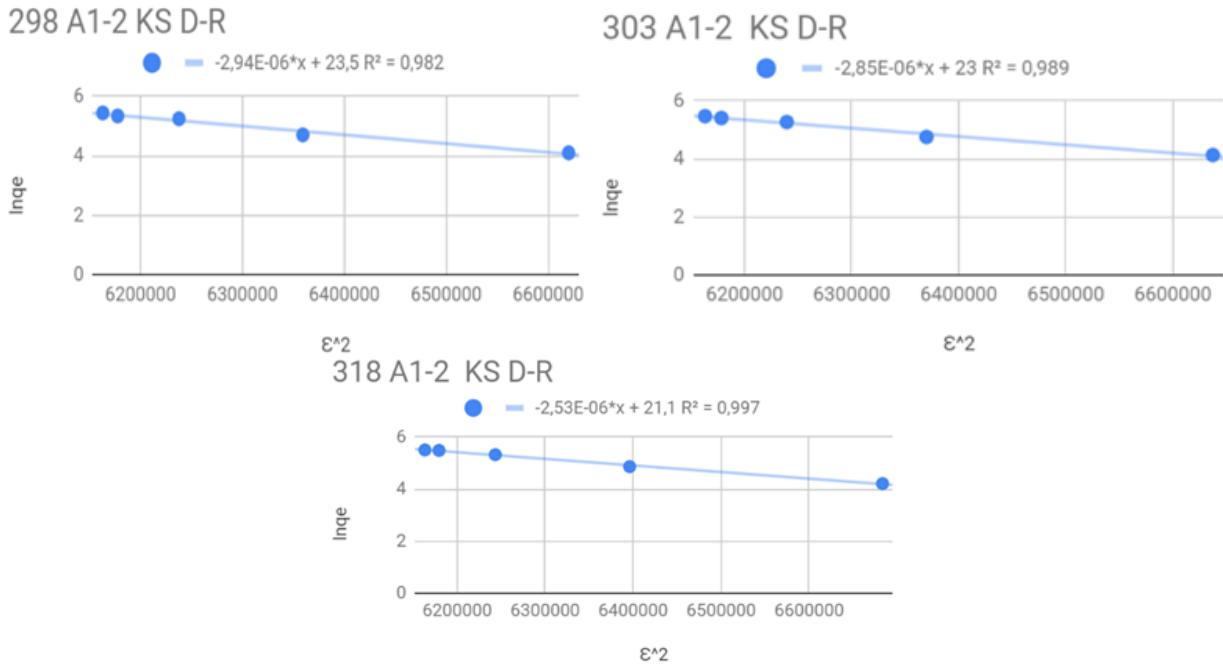
Şekil 7. A1-2 Aktif karbonunun kinolin sarısı giderimi adsorpsiyonu 25°C (298 K), 30°C (303 K) ve 45°C (318 K)'deki frendluich izotermi (C_o=50, 100, 200, 400, 600 ppm, V=0.25L adsorban miktarı= 1 g, pH=6.02, karıştırma hızı=200 rpm)

Figure 7. Quinoline yellow removal adsorption of A1-2 Activated carbon Frenlduich isotherms at 25°C (298 K), 30°C (303 K), and 45°C (318 K) (C_o=50, 100, 200, 400, 600 ppm, V=0.25L adsorbent amount= 1 g, pH=6.02, mixing speed=200 rpm)



Şekil 8. A1-2 Aktif karbonunun kinolin sarısı giderimi adsorpsiyonu 25°C (298 K), 30°C (303 K) ve 45°C (318 K)'deki temkin izotermi ($C_0= 50, 100, 200, 400, 600$ ppm, $V=0.25L$ adsorban miktarı= 1 g, $pH=6.02$ karıştırma hızı=200 rpm)

Figure 8. Quinoline yellow removal adsorption of A1-2 activated carbon Caution isotherms at 25°C (298 K), 30°C (303 K), and 45°C (318 K) ($C_0= 50, 100, 200, 400, 600$ ppm, $V=0.25L$ amount of adsorbent= 1 g, $pH=6.02$ mixing speed=200 rpm)



Şekil 9. A1-2 Aktif karbonunun kinolin sarısı giderimi adsorpsiyonu 25°C (298 K), 30°C (303 K) ve 45 °C (315 K)'deki D-R izotermi ($C_0= 50, 100, 200, 400, 600$ ppm, $V=0.25L$ adsorban miktarı= 1 g, $pH=6.02$, karıştırma hızı=200 rpm)

Figure 9. Quinoline yellow removal adsorption of A1-2 Activated carbon DR isotherms at 25°C (298 K), 30°C (303 K), and 45°C (315 K) ($C_0= 50, 100, 200, 400, 600$ ppm, $V=0.25L$ adsorbent amount= 1 g, $pH=6.02$, mixing speed=200 rpm)

Ayrıca A1-2 aktif karbonu ile kinolin sarısı adsorpsiyonunda izotermelere bakıldığı zaman üç sıcaklıkta da en uygun izotermin Langmuir izotermi olduğu görülmekle birlikte diğer izotermelerin de R^2 değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum adsorpsiyona başka faktörlerinde etki ettiğini göstermektedir.

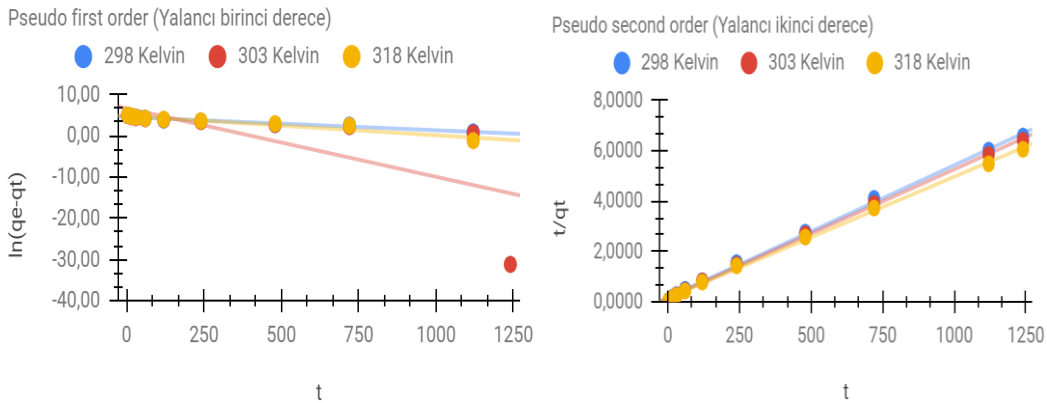
Çözeltide adsorpsiyon sırasında etkin olan mekanizma ve temas süresi ile bağlantılı olarak adsorplanan maddenin adsorbe olma hızını tanımlamak için adsorpsiyon kinetiği

belirlenmelidir (Amarasinghe ve Williams 2007). Tablo 6, Şekil 10 ve 11’de elde edilen verilere göre hesaplanan yalancı birinci derece, yalancı ikinci derece kinetik, elovich, intrapartiküler difüzyon modellerinde elde edilen korelasyon katsayıları (R^2) değerleri interpartiküler difüzyon modeli hariç %95’ten yüksektir. Bu kinetik modellerden yalancı ikinci derece kinetik model regresyon (kolarelasyon) sayısı en yüksek ve hesaplanan q_e (calc) değerleri ile deneysel olarak bulunan q_e (exp) değerleri en iyi uyumlu olan modeldir. Bu nedenle adsorpsiyon sistemi yalancı ikinci derece kinetik modele daha uyumludur.

Tablo 6. A1-2 Aktif karbonunun kinolin sarısı adsorpsiyonunda 25 °C, 30°C ve 45 °C’deki yalancı birinci derece (pseudo-first order), yalancı İkinci derece (pseudo-second order), elovich, intrapartiküler difüzyon (Intraparticle diffusion) kinetik model sabitleri ($C_0= 200\text{mg/L}$, $V=0.25\text{L}$, adsorban miktarı= 1 g, $\text{pH}=6,02$ karıştırma hızı=200 rpm).

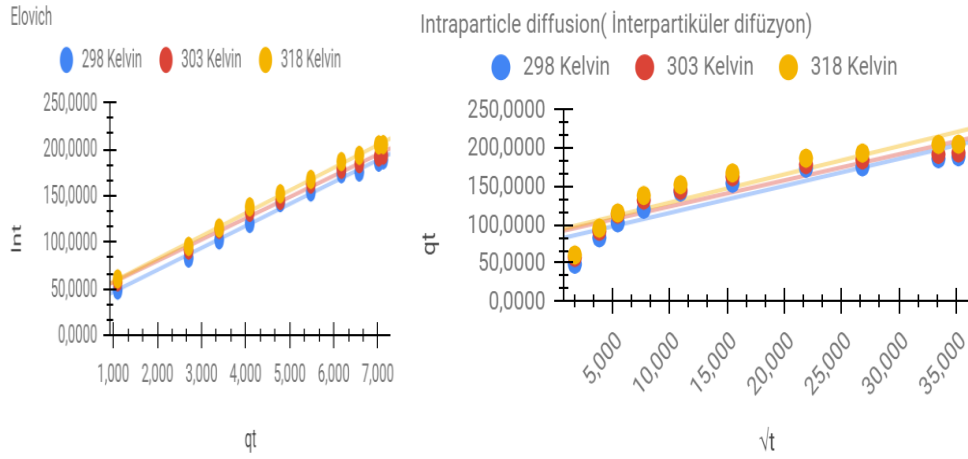
Table 6. Pseudo-first order, pseudo-second order, elovich, intraparticle diffusion kinetic model 25°C (298 K), 30°C (303 K), and 45°C (318 K) in quinoline yellow adsorption of A1-2 activated carbon constants ($C_0= 200\text{mg/L}$, $V=0.25\text{L}$, amount of adsorbent= 1 g, $\text{pH}=6.02$ stirring speed=200 rpm).

Kinetik model/sıcaklık		298 °K	303 °K	318 °K
Yalancı birinci derece	k_{1p}	0.003	0.017	0.005
	q_e, calc	93.008	793.425	121.017
	q_e, exp	188.613	193.589	204.914
	R^2	0.956	0.504	0.931
Yalancı ikinci derece	k_{2p}	0.00016	0.00017	0.00015
	q_e, calc	190.566	195.835	208.065
	q_e, exp	188.613	193.589	204.914
	R^2	0.999	0.999	0.998
Elovich	β	23.634	22.900	24.463
	α	0.112	0.193	0.159
	q_e, exp	188.613	193.589	204.914
	R^2	0.995	0.995	0.997
İnterpartiküler difüzyon	k_p	3.520	3.398	3.672
	R^2	0.838	0.833	0.854



Şekil 10. A1-2 Aktif karbonunun kinolin sarısı adsorpsiyonunda 25°C (298 K), 30°C (303 K) ve 45 °C (318 °K)’deki pseudo first order (yalancı birinci derece) kinetik, pseudo second order (yalancı ikinci derece) kinetik model grafikleri ($C_0= 200\text{mg/L}$, $V=0.25\text{L}$, adsorban miktarı= 1 g, $\text{pH}=6.02$, karıştırma hızı=200 rpm).

Figure 10. Pseudo first order kinetic, pseudo second order kinetic model in quinoline yellow adsorption of A1-2 activated carbon at 25°C (298 K), 30°C (303 K), and 45°C (318 K) graphics ($C_0= 200\text{mg/L}$, $V=0.25\text{L}$, amount of adsorbent= 1 g, $\text{pH}=6.02$, mixing speed=200 rpm)



Şekil 11. A1-2 Aktif karbonunun kinolin sarısı adsorpsiyonunda 25°C (298 K), 30°C (303 K) ve 45 °C (318 K)'deki elovich, intrepartiküler difüzyon kinetik model grafikleri ($C_0=200\text{mg/L}$, $V=0.25\text{L}$, adsorban miktarı= 1 g, $\text{pH}=6.02$, karıştırma hızı=200 rpm).

Figure 11. Elovich, intraparticle diffusion kinetic model graphs at 25°C (298 K), 30°C (303 K), and 45°C (318 K) ($C_0= 200\text{mg/L}$, $V=0.25\text{L}$, adsorbent amount= 1 g, $\text{pH}=6.02$, mixing speed=200 rpm).

Tablo 7 ve Şekil 12'ye bakıldığında adsorpsiyonların hesaplanan entalpi (ΔH°) değişimleri pozitif işaretlidir. Bu adsorpsiyonların endotermik olduğunu ve sıcaklık arttıkça adsorpsiyon artacağını göstermektedir. Gibbs serbest enerji değişimi 50 ppm ve 100 ppm deki sıcaklıklarda (ΔG°)'ın negatif işaretli olması prosesin söz konusu sıcaklıklarda kendiliğinden olabileceğini ifade etmektedir. Fakat daha yüksek konsantrasyonlarda Gibbs serbest enerji değişimlerinin pozitif olması adsorpsiyonun kendiliğinden gerçekleşmeyeceğini adsorpsiyonun

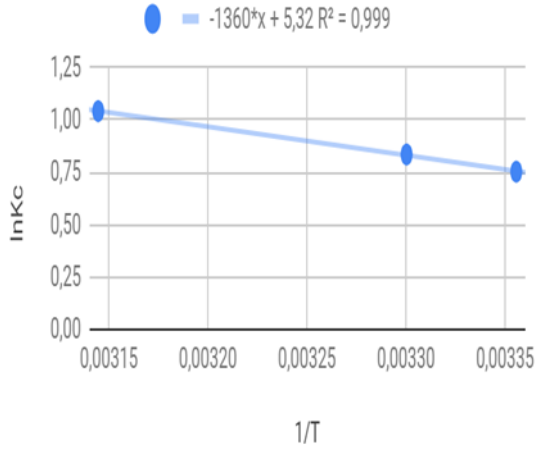
devam edebilmesi için dışardan enerjiye ihtiyaç olduğu göstermektedir. Entropi (ΔS°) değerlerinin negatif olması, adsorbentte bazı yapısal değişiklikler sonucunda adsorbent-çözelti ara yüzündeki düzensizliğin, düşük konsantrasyonlarda yüksek olması adsorbent adsorbana olan ilgisinin yüksek olduğunu, konsantrasyon yükselmesi sonucu (ΔS°) değerlerinin düşmesi ise adsorbent adsorbana olan ilgisinin azaldığını göstermektedir. Aktif karbonun yüzey doygunluğuna ulaştığı söylenebilir.

Tablo 7. A1-2 Aktif karbonunun kinolin sarısı adsorpsiyonunda farklı konsantrasyon ve sıcaklıklarda termodinamik parametreler

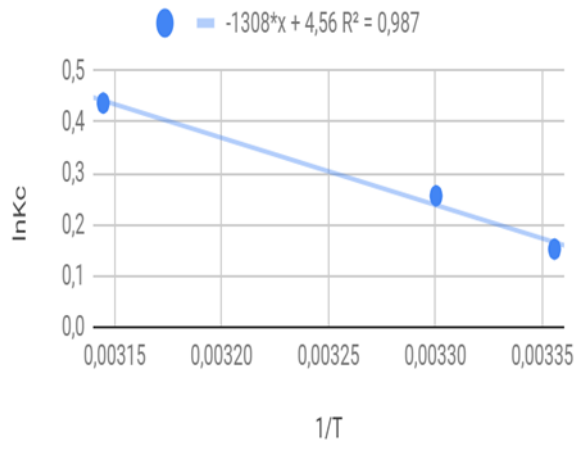
Table 7. Thermodynamic parameters of A1-2 activated carbon in quinoline yellow adsorption at different concentrations and temperatures

A1-2 KS / C_0	T(K)	Kc	lnKc	ΔG° , J/mol	ΔH° , J/mol	ΔS° , J/mol.K
50 ppm	298	2.1243	0.7535	-1866.8283	11309.6054	44.2399
	303	2.3059	0.8355	-2070.0678		
	318	2.8359	1.0424	-2582.6678		
100 ppm	298	1.1646	0.1523	-377.4740	10878.1718	37.8816
	303	1.2921	0.2563	-634.9223		
	318	1.5482	0.4371	-1082.9528		
200 ppm	298	0.6057	-0.5013	1242.1563	5310.7989	13.6771
	303	0.6318	-0.4592	1137.7241		
	318	0.6944	-0.3647	903.5502		
400 ppm	298	0.2611	-1.3429	3327.1969	7284.4530	13.4243
	303	0.2859	-1.2522	3102.4609		
	318	0.3178	-1.1464	2840.4657		
600 ppm	298	0.1803	-1.7134	4245.1658	3056.1858	3.9188
	303	0.1877	-1.6729	4144.8162		
	318	0.1959	-1.6303	4039.3002		

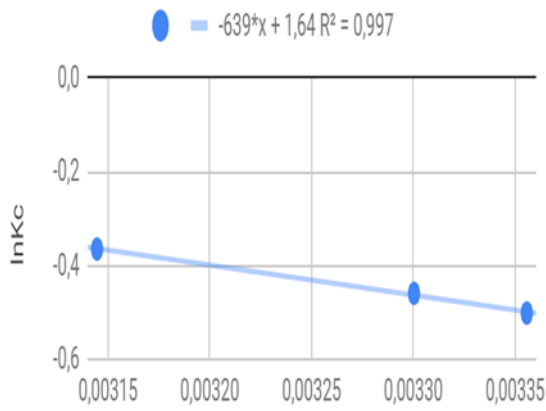
50 ppm A1-2 KS Termodinamik



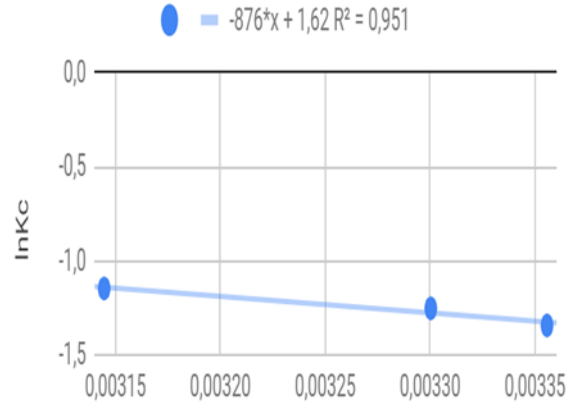
100 ppm A1-2 KS Termodinamik



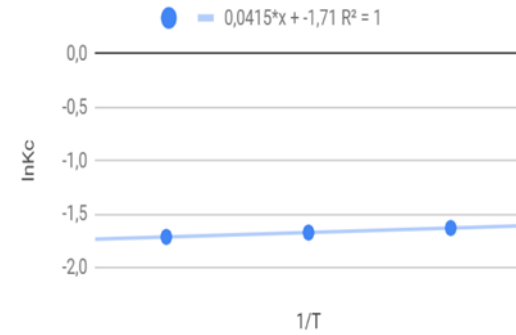
200 ppm A1-2 KS Termodinamik



400 ppm A1-2 KS Termodinamik



600 ppm A1-2 KS Termodinamik



Şekil 11. A1-2 Aktif karbonunun kinolin sarısı adsorpsiyonunda farklı konsantrasyon ve sıcaklıklarda termodinamik grafikleri

Figure 11. Thermodynamic graphs of A1-2 activated carbon in quinoline yellow adsorption at different concentrations and temperatures

Yapılan çalışmada pH denemeleri sırasında kinolin sarısı adsorpsiyonunda asidik ortamda gıda boyar maddesi olması, adsorbe olmadan asidik ortamda parçalanması ve bazik ortamda hidroksil iyonları ile etkileşimi sonucu spektrofotometre ölçümlerinde farklı sonuçlar vermektedir. Bu durum renk oluşumunda moleküldeki -COOH, -SO₃H, -OH, -NH₂, gibi gruplar, π- elektronlarının

delokalizasyonunu güçlendirmesi sonucu absorpsiyon bandları daha büyük dalga boyu olan bölgeye kayar ve renklilik kazanır. Örneğin: nitrobenzen-açık sarı, nitrofenol-sarı (Başer ve İnanıcı, 1990). Bu nedenle asidik ve bazik ortamdaki deneme sonuçlarında bulunan değerlerin doğruyu yansıtmadığı düşünülerek pH denemeleri yapılmamıştır. Bu çalışmada kimyasal

imregnasyon maddesi olarak sodyum hidroksit kullanılmıştır. Bunun yanı [Genel ve Genel \(2021\)](#) tarafından yapılan bir çalışmada yabancı kuşburnu talaşının aynı yöntem kullanılarak çinko klorür ile imregnasyonu ile aktif karbon elde edilmiş ve kinolin sarısı adsorpsiyonu incelenmiştir. Çinko klorürü imregnasyonu ile yapılan aktif karbonun bet yüzey alanı sodyum hidroksitle yapılan aktif karbon yüzey alanıyla yaklaşık olarak aynı, mikro gözenek yüzey alanı ise düşüktür. Ortalama gözenek çapı ise yüksektir. Bu farklılıklar molekül boyutları farklı adsorbe edilecek maddelerin sulu çözeltilerden gideriminde önem taşımaktadır.

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada; hammaddeye yapılan imregnasyon işlemiyle gözenek sayısı ve yüzey alanı yüksek aktif karbon üretilebileceği söylenebilir. Nitekim bu çalışmada, gözenek sayısı ve mikropor sayısı yükselmiş, BET yüzey alanı 1152,3049 m²/g, Langmuir yüzey alanı 1564.3621 m²/g ve gözenek genişliği 20,5 Å olan mezopor gözenekli bir aktif karbon elde edilmiştir. Adsorpsiyon deneylerinde kinolin sarısı adsorpsiyonunun Langmuir izotermine uyumlu olduğu görülmüştür. Termodinamik değerlere bakıldığında tek tabakalı ve fiziksel bir adsorpsiyonun gerçekleştiği söylenebilir. Kinetik model olarak R² değeri 0,99 olan yalancı ikinci dereceden kinetik modele uyumlu olduğu görülmüştür. Üretilen aktif karbonun kinolin sarısı adsorpsiyonunda 245.6885 mg/g adsorpsiyon kapasitesinin olduğu belirlenmiştir. Söz konusu aktif karbon sulu çözeltilerden boyarmadde uzaklaştırılmasında kullanılabilir. Ayrıca aynı hammadde ile farklı kimyasal imregnasyonu benzer ya da daha yüksek gözenekli yapıda aktif karbonlar üretilebilir. Bu aktif karbonların mikro gözenek sayısının fazla olması cerrahi maske yapımında ve adsorpsiyon işlemlerinde ve mikro ve mezo gözenek yapısı gerektiren birçok alanda kullanılabilir nitelik taşıdığını göstermektedir.

Yazar katkısı

Author contribution

Yazarlar bu çalışmaya eşit olarak katkı sağlamıştır.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

References

- Ahmet, C. & Sivrikaya, H. (2017). Mantar tahribatına uğramış titrek kavak odununun FT-IR yöntemiyle kimyasal analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 139-147. <https://doi.org/10.24011/barofd.299364>
- Al-Oweini, R. & El-Rassy, H. (2009). Synthesis and characterization by FTIR spectroscopy of silica aerogels prepared using several Si (OR) 4 and R'' Si (OR') 3 precursors, *Journal of Molecular Structure*, 919 (1-3), 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2008.08.025>
- Altun, T. & Parlayıcı, Ş. (2018). Sepiolit-kitosan kompozitlerinin sentezi ve bu kompozit ile sulu çözeltilerden Cr (VI) adsorpsiyonunun incelenmesi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 242-254. DOI: 10.15317/Scitech.2018.130
- Amarasinghe, B.M.W.P.K. & Williams, R.A. (2007). Tea waste as a low cost adsorbent for the removal of Cu and Pb from wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 132(1-3), 299-309. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.01.016>
- Balakrishnan, K. & Schwank, J. (1992). FTIR study of bimetallic Pt-Sn/Al₂O₃ Catalysts, *Journal of Catalysis*, 138 (2), 491-499. [https://doi.org/10.1016/0021-9517\(92\)90301-W](https://doi.org/10.1016/0021-9517(92)90301-W)
- Bağ, Ö. & Tekin, K. (2019). Production and characterization of hydrothermal carbon from waste lignocellulosic Biomass, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (2), 1063-1076. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.427448>
- Başer, İ. & İnanıcı, M. (1990). *Boyarmadde Kimyası*. (1. Baskı), İstanbul: Marmara Üniversitesi Yayınları
- Baytar, O., Ceyhan, A. A. & Şahin, Ö. (2021). Production of activated carbon from elaeagnus angustifolia seeds using H₃PO₄ activator and methylene blue and malachite green adsorption, *International Journal of Phytoremediation*, 23(7), 693-703. <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1849015>
- Beşergil, B. (2015). *Enstrümantal Analiz Temel İlkeler*. (1. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.

- Cagnon, B., Chedeville, O., Cherrier, J. F., Caqueret, V. & Porte, C. (2011). Evolution of adsorption kinetics and isotherms of gallic acid on an activated carbon oxidized by ozone: comparison to the raw material. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42(6), 996-1003. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2011.05.004>
- Chen, Y., Mastalerz, M. & Schimmelmann, A. (2012). Characterization of chemical functional groups in macerals across different coal ranks via micro-FTIR spectroscopy. *International Journal of Coal Geology*, 104, 22-33. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2012.09.001>
- Corazzari, I., Nisticò, R., Turci, F., Faga, M. G., Franzoso, F., Tabasso, S. & Magnacca, G. (2015). Advanced physico-chemical characterization of chitosan by means of TGA coupled on-line with FTIR and GCMS: Thermal degradation and water adsorption capacity. *Polymer Degradation And Stability*, 112, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2014.12.006>
- Dubin, M. M. (1947). The equation of the characteristic curve of activated charcoal. *Doklady Akademii Nauk.*, 55, 327-329.
- El-Khaiary, M. I. (2008). Least-squares regression of adsorption equilibrium data: comparing the options. *Journal of Hazardous Materials*, 158(1), 73-87. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.01.052>
- El Nemr, A., El Sikaily, A., Khaled, A. & Abdelwahab, O. (2007). Removal of toxic chromium (VI) from aqueous solution by activated carbon using casuarina equisetifolia. *Chemistry and Ecology*, 23(2), 119-129. <https://doi.org/10.1080/02757540701197754>
- Eşme, A. (2013). *Sudan moleküllerinin ve metal komplekslerinin deneysel ve teorik olarak yapılarının incelenmesi*. Doktora tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Eren, Z., Bozkurt, A.E. & Dönmez, Z. (2020). Investigation of the adsorption capacity of hopy thermal power plant fly ash, a fuel-oil sourced fly ash. *Journal of Environmental and Natural Studies*, 2, Issue 2, Pages, 69-87.
- Genel, Y., Ceylan, H. & Saltabaş, Ö. (2013). Heavy metal removal from aqueous solution by activated kaolin. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(10), 2888-2895.
- Genel, İ., & Genel, Y. (2021). Yabani kuşburnu ağacı talaşının çinko klorür ile impregnasyonu sonucu aktif karbon üretimi ve kinolin sarısı adsorpsiyonu. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, 43. Ankara.
- Güner, U. (2014). *Toksikoloji*, Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi, 2, 186-189.
- Gümüş, D., & Gümüş, F. (2018). Potasyum permanganat kaplı zeolit ve demir oksit kaplı zeolitle metil oranjin adsorpsiyon çalışmaları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(1), 43-54.
- Gürten, İ. I. 2008. *Çay atığından adsorbent üretimi ve üretilen adsorbentin adsorpsiyon özelliklerinin incelenmesi*, Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ho, Y. S. & McKay, G. (1999). Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochemistry*, 34 (5), 451-465. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(98\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(98)00112-5)
- İşsever, H., İşsever, T. & Öztan, G. (2020). COVID-19 epidemiyolojisi. *Sağlık Bilimlerinde İleri Araştırmalar Dergisi*, 3(S1), 1-13. <https://doi.org/10.26650/JARHS2020-S1-0001>
- Kholodkov, I., Biederman, H., Slavinská, D., Choukourov, A. & Trchova, M. (2003). Plasma polymers prepared by RF sputtering of polyethylene. *Vacuum*, 70 (4), 505-509. [https://doi.org/10.1016/S0042-207X\(02\)00702-9](https://doi.org/10.1016/S0042-207X(02)00702-9)
- Kimura, T., Kodama, M. & Nagata, C. (1979). Nitroxide radicals generated from carcinogenic aminoazo dyes during their metabolism in vivo and in enzymatic system in vitro. *Biochemical Pharmacology*, 28(4), 557-560. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(79\)90254-5](https://doi.org/10.1016/0006-2952(79)90254-5)
- Kobayashi, H., Karasawa, H., Miyase, T. & Fukushima, S. (1984). Studies on the constituents of cistanche herba. III. isolation and structures of new phenylpropanoid glycosides. *Cistanosides a and b. Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 32 (8): 3009-3014. <https://doi.org/10.1248/cpb.32.3009>
- Kocaer, F. O. & Alkan, U. (2002). Boyarmadde içeren tekstil atıklarının arıtım alternatifleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7, 47-55.
- Küçükgül, E. Y. (2004). Ticari aktif karbon üretimi ve özelliklerinin belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6 (3), 41-56.
- Langmuir, I. (1916). The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids. *Journal of The American Chemical Society*, 38(11), 2221-2295.

- Lagergren, S. (1898). Zur theorie der sogenannten adsorption gelöster stoffe. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* 24(4),1-9
- Liu, Q., Wang, S., Zheng, Y., Luo, Z. & Cen, K. (2008). Mechanism study of wood lignin pyrolysis by using TG–FTIR analysis. *Journal of Analytical And Applied Pyrolysis*, 82 (1), 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2008.03.007>
- Peng, W., Li, H., Liu, Y. & Song, S. (2017). A review on heavy metal ions adsorption from water by graphene oxide and its composites. *Journal of Molecular Liquids*, 230, 496-504. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.01.064>
- Petibois, C., Gionnet, K., Gonçalves, M., Perromat, A., Moenner, M. & Déléris, G. (2006). Analytical performances of FT-IR spectrometry and imaging for concentration measurements within biological fluids, cells, and tissues, *Analyst*, 131(5), 640-647. <https://doi.org/10.1039/b518076g>
- Redlich, O. J. D. L. & Peterson, D. L. (1959). A useful adsorption isotherm. *Journal of Physical Chemistry*, 63(6), 1024-1024.
- Shen, D. K., Gu, S., Luo, K. H., Wang, S. R. & Fang, M. X. (2010). The pyrolytic degradation of wood-derived lignin from pulping process. *Bioresource technology*, 101(15), 6136-6146. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.078>
- Şenel, Ü., Sur, H.İ. & Demirtaş, M. (2012). Tekstil endüstrisinde kullanılan bazı sentetik direkt boyarmaddelerin mutajenik etkisinin umu-testi ile araştırılması. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(1),13-19.
- Yilgor, N., Dogu, D., Moore, R., Terzi, E. & Kartal, S. N. (2013). Evaluation of fungal deterioration in liquidambar orientalis mill heartwood by FT-IR and light microscopy, *Bio Resources*, 8(2), 2805-2826.
- Yuan, Y., Cai, X., Tan, B., Zhou, S. & Xing, B. (2018). Molecular Insights into reversible redox sites in solid-phase humic substances as examined by electrochemical in situ FTIR and two-dimensional correlation spectroscopy, *Chemical Geology*, 494, 136-143. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.07.029>