



**2-AMİNO-PİRİDİN-3-OL BİLEŞİĞİNİN SPOROPOLLEN
YÜZEYDE İMMOBİLİZASYONU VE AĞIR METAL
UZAKLAŞTIRMADA KULLANIMI**

Savaş POLAT

Yüksek Lisans Tezi

Kimya Anabilim Dalı

Fizikokimya Programı

Doç. Dr. Aysel ÇİMEN

Aralık-2018

**T.C
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**2-AMİNO-İRİDİN-3-OL BİLEŞİĞİNİN SPOROPOLEN YÜZEYDE
İMMOBİLİZASYONU VE AĞIR METAL UZAKLAŞTIRMADA KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Savaş POLAT

**Anabilim Dalı: Kimya
Programı: Fizikokimya**

Tez DanıŐmanı: Doç. Dr. Aysel ÇİMEN

KARAMAN-2018

TEZ ONAYI

Savaş Polat tarafından hazırlanan“2-amino-piridin-3-ol bileşiğinin Sporopolen yüzeyde immobilizasyonu ve ağır metal uzaklaştırmada kullanımı” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Aysel ÇİMEN

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Aysel ÇİMEN
(Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Kamil Özdağ Fen Fak. Kimya Bölümü)

Doç. Dr. Ahmed Nuri KURŞUNLU
(Selçuk Üniversitesi Fen Fak. Kimya Bölümü)

Dr.Öğrt. Üyesi Hacer AZAK
(Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Sağlık Hizmetleri M.Y.O.)

Tez Savunma Tarihi: 05/12/2018

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Doç. Dr. Kamil ARI
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Savaş POLAT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

2-AMİNO-İRİDİN-3-OL BİLEŞİĞİNİN SPOROPOLEN YÜZEYDE İMMOBİLİZASYONU VE AĞIR METAL UZAKLAŞTIRMADA KULLANIMI

Savaş POLAT

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Aysel ÇİMEN
Aralık, 2018, 49 sayfa

Yapılan bu çalışmada Sporopolen (Sp) yüzeyinin immobilizasyonu gerçekleştirilmiştir. Immobilizasyon işlemi için ilk olarak sporopolen yüzeyine 3-kloropropil-trimetoksisilan (CPTS) bileşiği modifiye edilmiştir. İkinci olarak modifiye sporopolen bileşiği (Sp-CPTS), 2-amino-piridin-3-ol bileşiği ile immobilize edilmiştir. Immobilizasyon işlemi sonucu Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol olarak ifade ettiğimiz yeni bir adsorban sentezlenmiştir. Bu adsorban, Fourier Dönüşümlü İnfrared Spektroskopisi (FTIR) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizleri yöntemiyle karakterize edilmiştir. Ayrıca sulu çözeltideki ($K_2Cr_2O_7$) ve sanayiden alınan atık sudaki Cr(VI) iyonlarına uygulanmıştır. Kromun adsorpsiyon miktarı Atomik Adsorpsiyon Spektroskopisi (AAS) metoduyla tayin edilmiştir. Cr(VI) iyonunun Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol bileşiği üzerindeki adsorpsiyonuna etki eden konsantrasyon, sıcaklık, adsorban miktarı, etkileşme süresi ve pH gibi parametreler araştırılmıştır. Adsorbanın adsorpsiyon özellikleri ve adsorpsiyon kinetiği izoterm ve termodinamik çalışmalarla incelenmiştir. Maksimum adsorpsiyon verimi ve izoterm parametrelerinin değeri Langmuir, Freundlich ve Dubbin-Radushkevich (DR) izterm denklemlerinden hesaplanmıştır. Elde edilen deneysel veriler kullanılarak entalpi (ΔH^0), entropi (ΔS^0) ve serbest enerji (ΔG^0) değerleri bulunmuştur. Sentezlenen adsorbanla bulunan en yüksek adsorpsiyon miktarı, 20 mg/L konsantrasyon, 303,15 K sıcaklık 0,05g adsorban miktarı,120 dakika temas süresi ve pH=2 parametrelerinde elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanı atık sulardan krom giderimi uygulamaları için önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Termodinamik, Adsorpsiyon, İmmobilizasyon, Sporopolen.

ABSTRACT

Ms. Thesis

IMMOBILIZATION OF 2-AMINO-PIRIDIN-3-OL COMPOUND ON SPOROPOLEN AND ITS USE IN HEAVY METAL REMOVAL Savaş POLAT

Karamanoglu MehmetbeyUniversity
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Chemistry

Supervisor: Assoc. Dr. Aysel ÇİMEN

December, 2018, 49 pages

In this study, the immobilization of Sporopolen (Sp) surface was performed. For the immobilization process, 3-chloropropyl-trimethoxysilane (CPTS) compound was first modified on the sporopolenin surface. Secondly, the modified sporopolene compound (Sp-CPTS) was immobilized with the 2-amino-pyridin-3-ol compound. As a result of the immobilization process, a new adsorbent was synthesized expressed by taking Sp-CPTS-2-amino-pyridin-3-ol. This adsorbent is characterized by Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR) and Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis. It was also applied to Cr (VI) ions in aqueous solution ($K_2Cr_2O_7$) and wastewater from industry. The adsorption amount of chromium was determined by Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS) method. Parameters such as concentration, temperature, amount of adsorbent, duration of interaction and pH affecting the adsorption of Cr (VI) ion on Sp-CPTS-2-amino-pyridin-3-ol compound were investigated. Adsorption properties of adsorbent and adsorption kinetics were investigated by isotherm and thermodynamic studies. Maximum adsorption efficiency and isotherm parameters were calculated from Langmuir, Freundlich and Dubbin-Radushkevich (DR) izterm equations. Using the experimental data, enthalpy (ΔH^0), entropy (ΔS^0) and free energy (ΔG^0) values were found. The highest adsorption amount of the synthesized adsorbent was obtained at 20 mg / L concentration, 303,15 K at 0,05g adsorbent, 120 min contact time and pH = 2 parameters. According to the results, SP-CPTS-2-amino-pyridin-3-ol adsorbent may be recommended for chromium removal applications from wastewater.

KeyWords: Thermodynamic, Adsorption, Immobilization, Sporopolen.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak yapmış olduğum bu çalışmada hedefe ulaşmamda bana yardımını esirgemeyen, maddi manevi yanımda olan ve bu tezin başarılı bir şekilde başlangıç, gerçekleşme ve sonuçlandırılması aşamalarında en büyük pay sahibi olan danışman hocam Doç. Dr. Aysel ÇİMEN'e teşekkür ederim. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Kamil Özdağ Fen Fakültesi Kimya Bölümü hocalarıma, zorlu laboratuvar çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen, bu tezin ortaya çıkmasında katkısı bulunan Öğr. Gör. Ali BİLGİÇ'e, çok değerli arkadaşlarım, Mehmet AY ve Yunus DOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimimde tanıştığım ve her zaman gönülleri benimle olan sevgili meslektaşlarım Muhammed KARABULUT, Erdem KARATAŞ, Muhammed Ali KARAMAN e Volkan RİŞVAN'a her daim teşekkür ederim.

Savaş POLAT
Aralık, 2018

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Kendiliğinden Toplanma ve Kendiliğinden Toplanan Tekli Tabakalar	2
2.1.1. Kendiliğinden Toplanma (Self –Assembly)	2
2.1.2. Kendiliğinden Toplanmanın Kullanım Alanları	2
2.1.3. Kendiliğinden Toplanan Tek Tabakalar (Self Assembled Monolayer).....	3
2.2. Sporopolen	4
2.2.1.Sporopolen Yapısının İncelenmesi	4
2.2.2. Sporopolenin Özellikleri	5
2.2.3. Sporopolenin ligand değiştirici özelliği	5
2.2.4. Sporopolenin Modifikasyonu	6
2.3. Schiff Bazları (İminler).....	7
2.4. Adsorpsiyon	7
2.4.1. Kimyasal Adsorpsiyon Ve Özellikleri	9
2.4.2. Fiziksel Adsorpsiyon Ve Özellikleri.....	9
2.4.3. Adsorpsiyonun Özellikleri	10
2.4.4. Adsorpsiyonu Etkileyen Bazı Faktörler	10

2.4.5. Adsorpsiyon İzotermi	12
2.4.6. Adsorpsiyon Termodinamiği	16
2.5. Krom ve Özellikleri	17
2.5.1. Kromun Zararlı Etkileri	18
2.5.2. Kromun Çevrede ve Sularda Bulunan Formları	19
2.6. Kaynak Araştırması	20
3. MATERYAL VE METOD	22
3.1. Materyal	22
3.1.1. Kullanılan Kimyasallar	22
3.2. Metot	23
3.2.1. Adsorbanın Hazırlanması	23
3.2.2. Adsorpsiyon Deneylerinde Kullanılan Krom (VI) Çözeltilerin Hazırlanması	24
3.3. Adsorpsiyon Çalışmaları	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. Sporopolenin Karakterizasyonu	27
4.1.1. Sporopolen Yüzeyinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Karakterizasyonu	27
4.1.2. Sporopolenin Yüzeyinin FT- IR ile Karakterizasyonu	28
4.2. Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol Adsorbanı ile Adsorpsiyon Çalışmalarının Değerlendirilmesi	29
4.2.1. pH'ın Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi	29
4.2.2. Adsorban Miktarının Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi	30
4.2.3. Temas Süresinin Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi	31
4.2.4. Derişimin Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi	32
4.2.5. Sıcaklığın Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi	33
4.3. Adsorpsiyon İzotermi	34
4.3.1. Cr (VI) Metal İyonu için Langmuir , Freundlich ve	

D-R (Dubinin –Radushkevich) Adsorpsiyon İzotermi	34
4.3.2 Adsorpsiyonun Termodinamik Özellikleri	37
5. SONUÇ	39
6. KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	49



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: SAM film oluşumu	3
Şekil 2.2: Sporopolen'in yapısı	5
Şekil 2.3: N-alkil veya N-aril süstitüe imin yapısında bulunan Schiff bazları	7
Şekil 2.4: Adsorplayıcı ve Adsorplanan	8
Şekil 2.5: Freundlich sabitlerinin elde edildiği grafik	13
Şekil 2.6: Langmuir sabitlerinin elde edildiği grafik	15
Şekil 2.7: Kromun Asidik Çözeltilerde Frost Diyagramı	20
Şekil 3.1 : Sporopolen yüzeyine 3-kloropropiltrimetoksisilan molekülünün bağlanma reaksiyonu	23
Şekil 3.2 : Modifiye 3-kloropropil-trimetoksisilan-sporopolen (Sp-CPTS) bileşiğine 2-amino-piridin-3-ol bileşiğinin bağlanma reaksiyonu.	24
Şekil 4.1: a) Ham sporopolenin, b) Sp-CPTS c) Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol SEM fotoğraf görüntüleri	27
Şekil 4.2: Sp, Sp-CPTS ve Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol bileşiklerine ait FT-IR Spektrumları	28
Şekil 4.3: pH'ın, Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi.....	30
Şekil 4.4: Adsorban miktarının Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi	31
Şekil 4.5: Temas süresinin Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi	32
Şekil 4.6: Derişimin Cr(VI) iyonunun adsorpsiyonu üzerine etkisi	33
Şekil 4.7: Sıcaklığın Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi	33
Şekil 4.8: Cr(VI) iyonları için Langmuir İzotermi	34
Şekil 4.9: Cr(VI) iyonları için Freundlich İzotermi	35
Şekil 4.10: Cr(VI) iyonları için D-R İzotermi	35
Şekil 4.11: Cr(VI) ve Cr(atık)'a ait logKD – 1/T grafikleri	37

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Kimyasal sistemlerde kendiliğinden toplanmaya verilebilecek örnekler	2
Çizelge 2.2: Kendiliğinden toplanmanın kullanım alanları	3
Çizelge 2.3: İdeal bir değiştiricinin bazı özellikleri	6
Çizelge 2.4: Adsorbatın özellikleri	11
Çizelge 2.5: Adsorbentin özellikleri	11
Çizelge 2.6: Ortamın özellikleri	11
Çizelge 2.7: Kromun temel özellikleri	18
Çizelge 2.8: Kromun bazı fiziksel özellikleri	18
Çizelge 3.1: Deneysel çalışmada kullanılan kimyasallar ve aletlerin özellikleri	22
Çizelge 3.2: Adsorpsiyon çalışmalarının gerçekleştirildiği beş farklı parametre	26
Çizelge 4.1: Cr(VI) için Langmuir, Freundlich ve D-R (Dubinin –Radushkevich) izoterm sabitleri	35
Çizelge 4.2: Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonuna ait termodinamik parametreler	38

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
Sp	Sporopolen
ACD	2-amino-piridin-3-ol
CPTS	3-kloropropil-metoksisilan
NaOH	Sodyum Hidroksit
HCl	Hidrojen Klorür
KCl	Potasyum Klorür
C	Derişim
q	1 g katının tuttuğu iyon miktarı
k	Freundlich sabiti
n	Freundlich sabiti
b	Langmuir sabiti
Q₀	Doygunluk sabiti
q_m	Maksimum kapasite
g	Gram
M	Molarite
L	Litre
m	Adsorban miktarı
C_e	Metal iyonunun denge konsantrasyonu
C₀	Başlangıç çözelti konsantrasyonu
C_s	Çözeltideki metal iyonu denge konsantrasyonu
R	Evrensel gaz sabiti
k_{D-R}	D-R izotermi sabiti
K_D	Dağılma Sabiti
ε	Polanyi potansiyeli
E	Ortalama adsorpsiyon enerji
ΔH°	Entalpii
ΔS°	Entropi
ΔG°	Serbest enerji
T	Sıcaklık (K)

Kısaltmalar**CPTS****Sp****Sp-CPTS-2-amino-
piridin-3-ol****FT-IR****SEM****AAS****Açıklama**

3-kloropropil-trimetoksisilan

Sporopolen

2-amino-piridin-3-ol-3-kloropropil-metoksisilan-
sporopolen

Fourier Dönüşümlü İnfrared Spektroskopisi

Taramalı Elektron Mikroskobu

Atomik Adsorpsiyon Spektrofotometresi



1. GİRİŞ

Ağır metallerin sebep olduğu çevre kirliliği, gün geçtikçe hızla artmaktadır. Ağır metaller, kirlenmiş topraklarda yapılan bitkisel üretimlerin yanısıra meraların da kirlenmesiyle gıda zincirini olumsuz etkilemektedir. Tüm canlı sistemini etkilemekle birlikte insan sağlığında da olumsuz etki oluşturmaktadır. Kirliliğine neden olan başlıca ağır metaller; kurşun (Pb), civa (Hg), bakır (Cu), krom (Cr), arsenik (As), çinko (Zn) ve kadmiyum (Cd) olarak sayabiliriz (Bascetin ve ark., 2003).

“Ağır metaller”, metal özellikleri göstermekte olup, periyodik tabloda, üçüncü ya da daha yüksek periyotta bulunmaktadır. Metallerin uluslararası standartların altındaki miktarlarda bulunmaları büyüme açısından gereklidir, ancak standartların üstündeki miktarlarda bulunmaları toksik sonuçlar doğurmaktadır. İnsan sağlığına büyük zararı olan ağır metaller, solunum ya da besin yoluyla insan sistemine alınmasıyla büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Vücutta biriken ağır metaller alzheimer, parkinson, yüksek tansiyon, depresyon, konuşma bozuklukları, ruh hali değişiklikleri, hafıza kaybı, alerjik reaksiyon, vasküler oklüzyon gibi çeşitli hastalıklara neden olmaktadır (Serin ve ark., 1988; Yardım ve ark., 2003).

Çevre kirliliğini önlemek için daha kalıcı çözümler üretmeliyiz. Çocuklarımızı ve gençlerimize çevre bilincini aşılamalıyız. Birey olarak onlara örnek olmalıyız.

Yapılan çalışmada sporopolen (Sp), 3-kloropropil-trimetoksisilan kullanarak modifikasyon yapıldı. Daha sonra 3-kloropropil-trimetoksisilan sporopolenin maddesini sentezledik. Modifikasyon sonucu sporopolen'in yapısına, 2-amino-piridin-3-ol bileşiğine fonksiyonel grubuna kovalent olarak bağlanarak immobilize edildi. İmmobilizesporopollenin yüzey yapısı FT-IR (Fourier Transform İnfrared Spektroskopisi) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelendi ve Freundlich, Langmuir ve D-R (Dubinin–Radushkevich) izotermi çizilerek bulunan sonuçlardan Adsorpsiyon işleminin oluşumu ve Entalpi (ΔH^0), Entropi (ΔH^0), ve Serbest Enerji (ΔH^0) gibi termodinamik hesaplamalar yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAKLAR

2.1. Kendiliğinden Toplanma ve Kendiliğinden Toplanan Tekli Tabakalar

2.1.1. Kendiliğinden Toplanma (Self -Assembly)

Kendiliğinden toplanmayı şu şekilde açıklayabiliriz; atomların, moleküllerin ya da molekül topluluklarının herhangi bir müdahale olmaksızın kendiliğinden düzenli bir molekül molekül geometrisine sahip olacak şekilde düzenlenmesi olarak tanımlanmaktadır (Zhang ve ark., 2005). SAM film oluşumu şekil 2.1. de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1'de Kimyasal sistemlerde kendiliğinden toplanmaya verilebilecek örnekler gösterilmiştir (Gübbük, 2006). Bunlar sırasıyla;

Çizelge 2.1. Kendiliğinden toplanmaya verilebilecek örnekler

1-) Kristallerin büyümesi.
2-) Sıvı kristallerin oluşumu.
3-) İki tabakalı sentetik lipitlerin kendiliğinden oluşması.
4-) Metal koordinasyon komplekslerinin sentezlenmesi.
5-) Yüzeylerde moleküllerin düzgün bir şekilde hizalanmaları.

2.1.2. Kendiliğinden Toplanmanın Kullanım Alanları

Çizelge 2.2'de kendiliğinden toplanmanın kullanıldığı alanları gösterilmiştir (Feng ve ark., 1994). Bunlar;

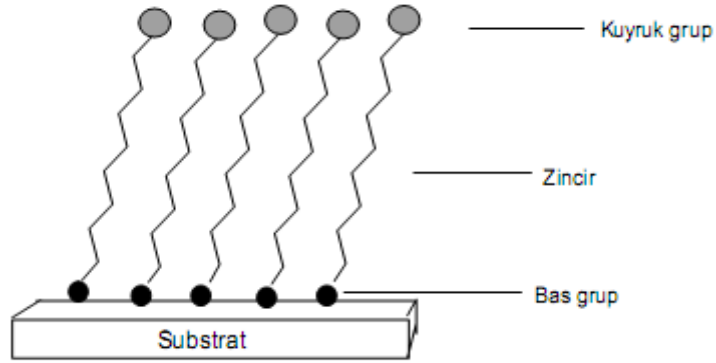
Çizelge 2.2. Kendiliğinden toplanmanın kullanım alanları

1-) Yoğun ve kararlı yapılarından dolayı korozyon ve yıpranmayı önlemede,
2-) Yüksek moleküler düzene sahip oldukları için elektro optik cihazlarda,
3-) Kimyasal, biyokimyasal, inorganik ve pH sensörü olarak,
4-) Mikro elektronik (bilgisayar chip'i),
5-) Kimyasal buhar depozisyonunda,
6-) Yakıt hücrelerinde,
7-) İyon pillerinde,
8-) İlaç sanayisinde kapsül materyali ve tanısal ajan olarak kullanılır.

2.1.3. Kendiliğinden Toplanan Tek Tabakalar (Self Assembled Monolayer)

Kendiliğinden Toplanmış Tek Tabakalar (SAM), bir çökelme işlemi sırasında fiziksel veya kimyasal kuvvetlerin bir sonucu olarak yüzeye düzenli bir şekilde bağlanan bir molekül tabakasıdır (Ghoul ve ark., 2003).

Yapı olarak incelendiğinde, zincir, kuyruk ve baş grup olmak üzere 3 gruptan oluşmaktadır (Şekil 2.1) (Ulman ve ark., 1996).



Şekil 2.1. SAM film oluşumu.

Bu yapıların değişik kullanım alanları mevcuttur. Buna örnek verilecek olursak; moleküler tanıma, μm veya nanometre boyutunda desenli yüzeyler, enzimlerin yüzeylere seçici bağlanması, sıvı kristallerin hizalanması, pH'a duyarlı aygıtlar,

moleküler kristal büyümesi, iletken moleküler teller ve foto dirençler, organik materyallerin metalleşmesi, korozyon önleme verilebilir (Chaki ve ark., 2001).

2.2. Sporopolen

Sporopolen, doğal bir biopolimer olup, sporun ve polen zarlarının iç ve dışı olmak üzere iki tabakadan meydana gelmektedir. İç olan tabaka intine, dış tabaka ise, exine olarak bilinmektedir. Kısaca açıklayacak olursak sporopollen, bitkilerden elde edilebildiğimiz doğal biyomakromoleküldür (Wierman ve ark., 1992; Piffanelli ve ark., 1998; Ahlers ve ark., 2000).

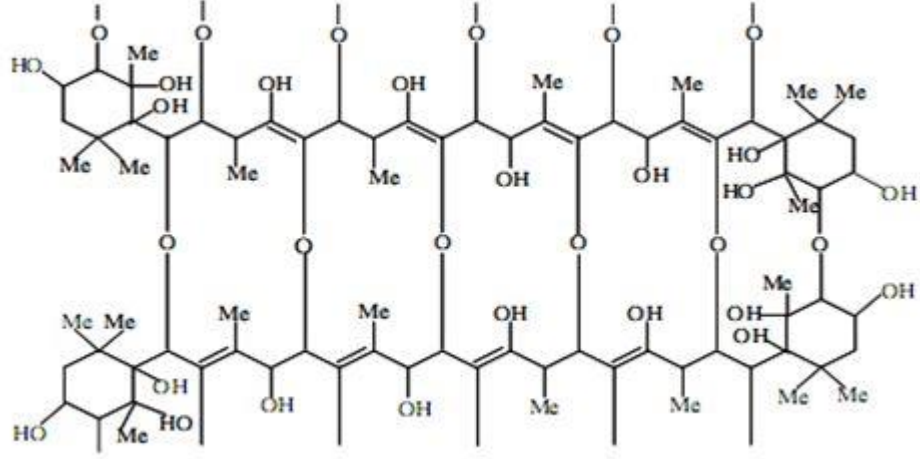
Sporopolen kararlı bir organik bileşik olmakla birlikte oksijen, hidrojen ve karbon atomlarından oluşmaktadır. Sporopolen, kimyasallara karşı dirençlidir. Sporopolen, yüksek tutma kapasiteye sahip, kimyasallara karşı dirençli, kararlı, çevreye zararı olmayan, maliyeti düşük özelliklere sahip bir bileşiktir (Wilmesmeier ve ark., 1993).

2.2.1. Sporopolenin Yapısının İncelenmesi

Sporopolenin çapı 20 mikrondur. Bu sporopolenin önemli olduğunu göstermektedir. Tanecik büyüklüğünün düzgün olması sebebiyle, akış hızının düzgün olması ve net ayırmalar sağlamaktadır (Pehlivan, 1991).

Sporopolen, kuvvetli asidik ya da kuvvetli bazik ortamlarda, hidrolik bozunmalarının yanı sıra enzimatik parçalanmalara rağmen oldukça dayanıklı bir yapıya sahiptir (Martin ve ark., 1970).

Sporopolen hidrofilik ve hidrofobik fonksiyonlar gösterir (Şekil 2.2.). Şişme özelliği az olmakla birlikte suda çok rahat ıslanabilmektedir. Amin ler ile alkol ler gibi amfifilik sıvılar da oldukça rahat şişen bir yapıya sahiptir (Woehlecke ve ark., 2002).



Şekil 2.2. Sporopolen yapısı.

2.2.2. Sporopolenin Özellikleri

Sporopolenin bir çok avantajları olup özellikleri aşağıdaki gibidir (Tutar ve ark., 2009; Yılmaz, 2010).

- Sporopolen, kimyasallara dirençlidir.
- Sporopolen, yüksek tutma kapasitesine sahiptir.
- Sporopolen, kimyasallara karşı dirençli olmakla birlikte kararlıdır.
- Sporopolen, çevreye dost özelliğe sahiptir.
- Sporopolen, uygun maliyet özelliklerine sahiptir.
- Sporopolen bitkilerde mevcut olduğundan dolayı kolayca elde edilebilmektedir.
- Sporopolen, birçok reaksiyona girdiğinde özellikle asitlerle ve çözücülerle reaksiyonu sonucunda yapısında değişme görülmemiştir.
- Sporopolenin tanecik boyutu tek tiptir.

2.2.3. Sporopolenin ligand değiştirici özelliği

Sporopolen ligand değiştirici olarak kullanılmaktadır. Ligand değiştirme kapasitesi çeşitli organik maddeler ilave edilerek artırılabilir. İdeal bir ligand değiştiricinin bazı özellikleri Çizelge 2.3. te gösterilmiştir (Göde ve ark., 2007).

Çizelge 2.3. İdeal bir değiştiricinin bazı özellikleri

1-) Düzenli yapıda olmaları, kontrollü ve etkin ligand değiştirici kapasiteye sahip olmaları,
2-) Hızlı değiştirme,
3-) Kimyasal kararlılık,
4-) Fiziksel kararlılık,
5-) Isısal kararlılık,
6-) Tanecik büyüklüğünün uygun olması.

2.2.4. Sporopolenin Modifikasyonu

Amaca uygun kimyasal reaksiyonlar kullanılarak sporopolenin yüzeyine modifikasyon edilmesiyle istenilen sabit fazlar hazırlanabilir. Sporopoleni fiziksel ya da kimyasal özelliklerinde değişiklik yaparak yüzeyi modifiye edilebilir. Modifikasyon işlemi adsorpsiyonu etkileyen faktörler arasında bulunmaktadır. Örneğin; ligand özelliği taşıyan molekülün sporopolen yüzeyine kimyasal yolla bağlanması sonucunda yapıda hareketsizlik, sudaki çözünmezliği ve mekanik kararlılık sağlar. Bu etkenler analitik uygulamaların seçiciliği arttırmakla beraber duyarlılığında artmasını sağlamaktadır. Adsorplanan maddenin modifiye edilmesiyle kimyasal ve analitik özellikler değişmektedir. Değişen bu özelliklerin sağladığı bir çok yarar mevcuttur. Organik ligandın sporopolen yüzeyine kimyasal modifikasyonu, iyon değiştirici özelliğine neden olmaktadır. Bu özellik seçiciliğinin artmasını sağlamaktadır. Modifiye edilmiş bir yüzeyi geliştirmenin en doğru yolu; hidrojen baği etkileşimi, adsorpsiyon, elektrostatik etkileşimdir.

2.3. Schiff Bazları (İminler)

Schiff bazı, C=N bağına sahip, primer aminlerin keton ve aldehit karbonilleri ile asidik tampon ortamında gerçekleştirilen imin yapılarıdır. 1864 yılında Hugo Schiff tarafından keşfedildiği için ‘Schiff Bazı’ olarak adlandırılır. RCH=NR’ formülüyle gösterilmektedir. Bu formüldeki R ve R’ aril ya da alkil substitüentlerini ifade etmektedir (Selvakumar ve ark., 2007). N aril veya N alkil sübstite imin yapısında bulunan Schiff bazları şekil 2.3. de gösterilmiştir.



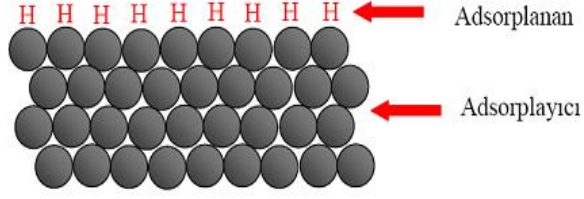
Şekil 2.3. N-aril veya N-alkil sübstitüe imin yapısında bulunan Schiff bazları.

Schiff bazlarının ve metal komplekslerinin kullanım alanları oldukça geniştir. Schiff bazları son zamanlarda yapılan çalışmalarda bazı bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitelerinin olduğu tespit edilmiştir. Mangan ve Rutenyum komplekslerinin özel koşullar altında suyun fotolizini katalizlediği, katalizlenme sonucunda Fe (II) iyonunun Schiff bazı şelatları katalizör olarak katodik oksijen indirgenmesinde kullanılabilmesi mümkün olduğu tespit edilmiştir (Birbiçer, 1998).

Schiff bazları ile çeşitli metal komplekslerinin kalitatif ve kantitatif olarak tayinleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Schiff bazları radyoaktif maddelerin zenginleştirilmesinde, plastik sanayide, boya endüstrisinde, sıvı kristal teknolojisinde kullanılmaktadır (Mark, 1980).

2.4. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon; atom, iyon yada moleküllerin bir katı yüzeyde tutunması olarak tanımlanabilir. Adsorpsiyon olayı ise, maddenin sınır yüzeyindeki moleküller arasındaki kuvvetlerin dengelenmesi ile oluşur. Adsorpsiyon ile ilgili çalışmalar ilk kez 1973’ de Scheele, 1977’ de Fontana tarafından yapılmıştır. İlk sistematik çalışmayı 1814 yılında Sausture yapmış ve 1881 yılında adsorpsiyon terimi Alman fizikçi Heinçich Kayser tarafından ifade edilmiştir (Yörükoğulları, 1997; Weber, 1972).



Şekil 2.4. Adsorplayıcı ve Adsorplanan

Şekil 2.4’de adsorpsiyonun meydana gelmesi ve adsorplayıcı madde ile adsorplanan katı arasındaki ilişki gösterilmektedir.

Adsorpsiyon olayı yüzeyde meydana gelmektedir. Adsorpsiyon, madde molekülleri arasında oluşan çekim kuvvetine bağlı olarak oluşmaktadır. Bu özellik neticesinde adsorpsiyon meydana gelmektedir. Adsorpsiyon olayında katı örgüde mevcut olan atomlar ya da iyonlar sayesinde çekim kuvvetleri dengelenmiştir. Bu dengelenme neticesinde maddelerin katı yüzeyinde bir adsorpsiyon gerçekleşmektedir (Berkem ve ark., 1986).

Adsorpsiyon sadece katı yüzeyinde değil sıvı veya gaz fazında da oluşmaktadır. Katı yüzeyinde gaz adsorplanıyorsa basıncı, sıvı adsorplanıyorsa derişimi değişmektedir (Eren, 2003; Kabaş, 2007).

Adsorpsiyon olayında yüzeyde tutunan maddeye adsorbat, adsorplanan maddelerin tutunduğu yüzeye ise adsorban, adsorblayıcı madde veya adsorbent denir. Adsorpsiyon; kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon olarak iki kısma ayrılmaktadır (Gezici, 2004).

Çoğumuz absorpsiyon ve adsorpsiyonu birbirinden farklı olmayan olaylar olarak düşünürüz. Halbuki bu iki olay birbirinden farklıdır. Absorpsiyon; bir maddenin başka bir maddeye topluca dönüşmesine denir ve bu olay genel olarak difüzyon ile meydana gelir (Akkuş, 2007; Çiçek, 2012).

2.4.1. Kimyasal Adsorpsiyon Ve Özellikleri

Adsorban ve adsorbent molekülleri arasında karşılıklı elektron alış verişi veya paylaşımının olduğu, daha kuvvetli kimyasal bağların olduğu adsorpsiyon çeşididir. Yüzey moleküllerinin değerlik kuvvetleri nedeniyle yüzey üzerinde adsorplanan maddenin monomoleküler tabakası ile bir kimyasal bağın oluşmasından kaynaklanır. Adsorpsiyon yüksek sıcaklık gerektirir ve termodinamik anlamda tersinir değildir. Sıcaklık çok yükselirse fiziksel adsorpsiyon olayı kimyasal adsorpsiyona dönüşebilir. Kimyasal adsorpsiyonun özellikleri;

1. Kimyasal bağ kuvvetleri etkilidir.
2. Yüksek sıcaklıklarda meydana gelir.
3. En çok tek tabaka adsorpsiyon olabilir.
4. Kemisorpsiyon hızını, aktifleşme enerjisinin büyüklüğü belirler.
5. Çoğu kez tersinmezdir.

şeklinde özetlenebilir.

2.4.2. Fiziksel Adsorpsiyon Ve Özellikleri

Adsorban ve adsorbent molekülleri arasında zayıf van der Waals kuvvetleri etkili olup, bu iki molekül arasında herhangi bir elektron alış verişi veya elektron paylaşımının söz konusu olmadığı adsorpsiyon çeşididir. Bu tip adsorpsiyon termodinamik anlamda tersinirdir. Fiziksel adsorpsiyonun özellikleri;

1. Van der Waals kuvvetleri etkilidir.
2. Düşük sıcaklıklarda meydana gelir.
3. Tek tabakalı veya çok tabakalı adsorpsiyon olabilir.
4. Çok hızlıdır, sıfıra yakın bir aktifleşme enerjisi ile yürür.
5. Adsorpsiyon dengesi tersinirdir olarak ifade edilebilir.

2.4.3. Adsorpsiyonun Özellikleri

Adsorpsiyon, adsorbana, adsorplanan maddeye ve ortamın kimyasal ve fiziksel şartlarına bağlı bir olaydır (Gündüz, 1999). Şartların benzer olmasıyla beraber, adsorpsiyon olayında yükü büyük iyonu, yükü küçük olan iyon daha kolay adsorbe etmektedir. İyonun adsorplanması için karışıdaki konsantrasyonun belli orana kadar artması gerekmektedir. Bu artıştan sonra çözelti doymuşluğa ulaşmış olur (Erkut ve ark., 1984).

Büyük yüklü olan iyon, yükü küçük olan iyona göre kolay adsorplanır. Bir iyonun çözeltilde adsorplanması, çözeltildeki konsantrasyonuna göre belli bir miktara kadar yükeldir. Belirli bir süre sonra dengeye varır. Adsorbanın bağıl yüzeyinin artması ile adsorpsiyonu arttırır. Özel şartlarda moleküller de adsorbe olur.

Adsorbe edilen yüzey genişliğinin artması sonucu adsorpsiyon artmaktadır. Aynı grup içerisinde bulunan iyonlardan, yarıçapı küçük olan, daha hızlı adsorbe edilir. Buna örnek verilecek olursa; alkaliler kıyaslamasında Cs^+ ise en zor, Li^+ en kolay adsorbe edilir (Erdik ve ark.,1984).

2.4.4. Adsorpsiyonu Etkileyen Bazı Faktörler

Adsorpsiyonu etkileyen faktörleri; Adsorbanın özellikleri, adsorbentin özellikleri ve ortamın özellikleri olmak üzere üç bölümde inceleyebiliriz (Tomlinson ve ark., 2000). Bu özellikler sırasıyla çizelge 2.4., 2.5. ve 2.6. da gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Adsorbanın özellikleri

1-) Adsorbanın yüzey alanı
2-) Adsorbanın tane boyutu
3-) Adsorbanın gözenek yapısı ve boyutu
4-) Adsorbanın miktarı
5-) Adsorbanın yüzey özellikleri

Çizelge 2.5. Adsorbentin özellikleri

1-) Sıvı içindeki çözünürlüğü
2-) Moleküler büyüklüğü
3-) Moleküler yapısı
4-) Sıvı içindeki derişimi

Çizelge 2.6. Ortamın özellikleri

1-) Sıcaklık
2-) pH
3-) Zaman
4-) Ortamdaki diğer çözünmüş maddeler

pH değeri: Adsorpsiyon işlemini etkileyen parametrelerden biridir. Bunun nedeni hidronyum ile hidroksil iyonlarının kuvvetli adsorbe olmasından dolayı diğer iyonların adsorpsiyonu, çözeltinin pH değerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bunun dışında, asidik ya da bazik bileşiklerin iyonlaşma derecesi, adsorpsiyonu etkileyen diğer önemli unsurdur. pH, iyonlaşma derecesini etkilediği için adsorpsiyonu da önemli ölçüde etkilenmektedir (Humphrey ve ark., 1973; Aksu ve ark., 2007).

Sıcaklık: Adsorpsiyon işleminde sıcaklık önemli bir kriterdir. Sıcaklık adsorpsiyonun tipini de karakterize etmektedir. Sıcaklığın artması veya azalması, adsorpsiyonun ekzotermik ya da endotermik olmasına neden olmaktadır. Adsorpsiyonun ekzotermik olduğu durumlarda sıcaklığın artması adsorplanan madde miktarını azaltır. Fakat adsorpsiyonun endotermik olması durumunda ise durum tam tersine dönüşmektedir.

Temas Süresi: Adsorpsiyon koşullarının dengeye ulaşması için, adsorbanla çözültide bulunan adsorbat iyonlarının temas halinde olduğu zaman dilimidir. Temas süresinin artmasıyla adsorplanan madde miktarı da hızla artar, belli bir süre sonra adsorban yüzeyinin adsorbe edilen maddelerle doymasından sonra adsorpsiyon kapasitesindeki artış yavaşlar ve fazla değişme olmaz.

Çözücü Türü: Çözelti çözünürlüğünün artması çözücü ile çözünen arasında bulunan bağı kuvvetlendirmektedir. İnorganik bileşikler hidrofilik özelliklerinden dolayı az çözünmektedir. Bu nedenle hidrofob maddeler tercih edilmektedir.

Yüzey Alanı: Adsorpsiyon işlemini etkileyen en önemli parametrelerden biri yüzey alanıdır. Artan yüzey alan değeri ile adsorpsiyon miktarı artış gösterir. Dolayısıyla gözenekli malzemeler veya çok ufak parçalara bölünmüş katılar yüksek adsorpsiyon kapasitesi sağlamaktadır.

2.4.5. Adsorpsiyon İzotermi

Adsorpsiyon izotermi: sabit sıcaklıkta denge halinde çözültide kalan çözünen derişimine karşı, birim adsorplayıcı ağırlığında, adsorplanan çözünen miktarının grafiğe geçilmesi ile elde edilen izotermidir. Adsorpsiyon bir denge reaksiyonuna benzer. Adsorplama sırasında çözelti konsantrasyonu azalır. Adsorpsiyon dengesi kurulduktan sonra adsorplanan maddenin miktarı çözelti fazında sabit kalır. Adsorpsiyon izotermi Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich (D-R) ve BET (Bruner, Emmett ve Teller) izotermi olarak incelenmektedir (Ünlü, 2004).

Freundlich İzotermi

Freundlich izotermi: Bu izoterm Freundlich tarafından bulunmuştur. Heterojen yüzeyler için uygulanmıştır (Sharma, 2001).

Freundlich eşitliği; Eşitlik 2.1. de gösterilmiştir.

$$q_e = K C^{1/n} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte;

q_e = birim adsorban üzerinde adsorplanan madde miktarı (mg/g)

C = adsorpsiyon sonrası çözeltide kalan madde derisimi (mg/L)

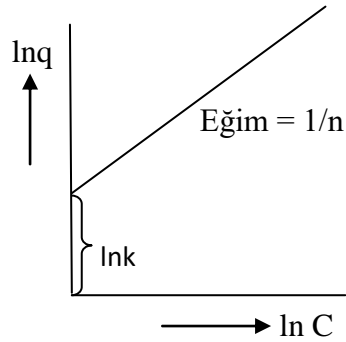
K = adsorpsiyon kapasitesinin büyüklüğünü gösteren adsorpsiyon sabiti

$1/n$ = adsorpsiyon şiddetini ifade eden Freundlich sabiti.

Yukarıdaki eşitlikte;

$$\ln q = \ln k + 1/n \ln C \quad (2.2)$$

şeklinde ifade edilebilir. $\ln C$ ile $\ln q$ arasında çizilen grafik, Şekilde 2.5. de gösterilmiştir. Elde edilen grafikte, $\ln k$ y eksenini kestiği noktadan, n sabiti ise doğrunun eğiminden hesaplanabilir (Pekin, 1996).



Şekil 2.5. Freundlich izotermi.

Langmuir İzotermi

Langmuir izotermi, tek tabakalı homojen adsorpsiyonu açıklamak için uygulanır. Langmuir izotermi en basit yöntemlerden biri olup fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon için verilen kuramların ilkidir (Berkem ve ark.,1986; Reed ve ark., 1993).

Bu izoterm; Eşitlik 2.3. de gösterilmektedir.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L Q_{max}} + \frac{C_e}{Q_{max}} \quad (2.3.)$$

Burada,

q_e : adsorbent birim kütlesi başına adsorplanan madde miktarı (m/g)

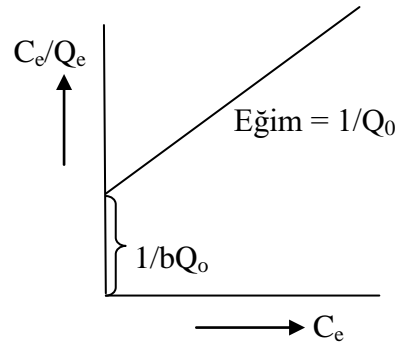
C_e : adsorpsiyon sonrası çözültide kalan maddenin derişimi (mg/L)

K_L : adsorbatın adsorptivitesine bağı olan sabit (mL/mg)

Q_{max} : adsorbanın maksimum adsorpsiyon kapasitesi (mg/g) ni ifade eder.

Şekil 2.6. da görüldüğü gibi $1/q_e$ değerinin, $1/C_e$ değerine göre değişiminin grafiğe geçirilmesiyle elde edilen doğrunun eğimi ve kesim noktası sırasıyla $1/K_L Q_{max}$ ve $1/Q_{max}$ değerlerini verecektir (Özacar ve ark., 2003).

Çoğunlukla adsorban yüzeyinin homojen olmaması ve bunun yanı sıra adsorplanacak maddeler arasındaki etkileşim sonucu Langmuir izoterm grafiğinden sapmalar gözlenebilmektedir. Bu gibi durumlarda heterojen yüzeyler için kullanılan Freundlich izoterm eşitliğine bakılıp incelemeler yapılır (Atkins, 2001; Göde, 2002).



Şekil 2.6. Langmuir izotermi.

Dubin-Radushkevich (D-R) İzotermi

Dubin-Radushkevich izotermi, tek tip gözenekli yapı ile meydana gelen adsorpsiyonu tanımlar (Ho ve ark., 2002). D-R izotermi, homojen veya sabit adsorpsiyon potansiyeline sahip adsorplayıcı yüzeyi oluşunu kabul etmediğinden, D-R izoterm modeli, Langmuir izoterm modelinden daha geneldir. D-R izotermi, Langmuir ve Freundlich izotermine göre daha geniş bilgi verir (Ceyhan, 2001).

D-R izotermi;

$$\ln q = \ln q_m - k\varepsilon^2 \quad (2.4)$$

denklemleri ile tanımlanmaktadır. Bu denklemlere göre;

ε : polanyi potansiyeli: $RT \ln(1+1/C)$

q : adsorbanın birim ağırlığına tutulan metal iyonu miktarı (milimol iyon/g adsorban)

q_m : adsorbanın maksimum kapasitesi (mol iyon/g adsorban)

C : metal iyonunun denge derişimi (mol/L)

k : D-R izotermi sabiti

R : Evrensel gaz sabiti ($8,314 \cdot 10^{-3}$ kJ/(mol. K))

T : sıcaklık (K)

k ve qm değerleri, $\ln q - \epsilon^2$ grafiğinin eğiminden hesaplanabilir. “k” değerleri D-R izoterminden elde edilerek adsorpsiyon enerjisi (E),

$$E = (2k)^{-1/2} \quad (2.5)$$

Eşitlik 2.5'ten hesaplanmaktadır. Adsorpsiyon enerji değerinin 8–16 kJmol⁻¹ değerleri arasında olması, adsorpsiyonun daha çok iyon değişimi mekanizması üzerinden olduğu anlamına gelmektedir. Adsorpsiyon enerji değerinin 8 kJmol⁻¹'den düşük olması durumunda ise, tutulmanın mekanizması fiziksel etkileşmeler ile açıklanmaktadır. Adsorpsiyon enerji değerinin 16 kJmol⁻¹'den büyük olması ise, tutulma mekanizmasının kimyasal etkileşmeler ile açıklanabileceğini göstermektedir (Ünlü, 2004).

2.4.6. Adsorpsiyon Termodinamiği

Adsorpsiyon işlemlerin de elde edilen enerjinin istikrarını termodinamik parametreler ifade etmektedir. Entalpi değişimi (ΔH), sabit basınç altında meydana gelen bir sistemin adsorpladığı ısı ile açıklanır. Adsorpsiyon prosesinde girenler ile ürünlerin belli koşullardaki varyasyonları entalpiye tesir etmektedir. Entalpi varyasyonunun pozitif olması, adsorpsiyon sürecinin ısı alan (endotermik), negatif olması ise adsorpsiyon sürecinin ısı veren (ekzotermik) bir süreç olduğunu gösterir (Hamed ve ark., 2007).

Gibbs serbest enerjisi (ΔG°) adsorpsiyon süreci sırasında meydana gelmektedir. Bu oluşum, entalpi (ΔH°) ve entropi (ΔS°) gibi termodinamik değişkenlerin sıcaklıkla değişen denge sabitleri Eşitlik 2.6. kullanarak hesaplanmıştır;

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \quad (2.6)$$

ΔG° : Serbest enerji varyasyonu(değişimi), Gibbs serbest enerjisi (kJ/mol)

ΔS° : Adsorpsiyon entropisi (kJ/mol K)

ΔH° : Adsorpsiyon entalpisi (kJ/mol)

T : Mutlak sıcaklık (Kelvin)

Yapılan adsorpsiyon işleminde Gibbs serbest enerjisini hesaplamak için denge sabiti olan K_D , denklem (2.7) kullanılarak bulunur;

$$K_D = C_a / C_e \quad (2.7)$$

C_a : Adsorban tarafından tutulan madde konsantrasyonu (mg/L)

K_D : Denge sabiti

C_e : Çözeltide kalan madde konsantrasyonu (mg/L)

K_D 'nin başlangıç derişimine (C_0) karşı çizilen grafikten bulunan (doğrunun kesim noktası) (K_D), Denklem 2.6'da yerine koyulursa adsorpsiyonun Gibbs serbest enerjisi hesaplanır. Denklem (2.8) yardımıyla ΔH^0 ve ΔS^0 değerleri hesaplanır;

$$\ln K_D = \frac{\Delta S^0}{R} - \left(\frac{\Delta H^0}{R} \right) \frac{1}{T} \quad (2.8)$$

$\ln K_D$ değerinin $1/T$ değerine karşı grafiğe geçirilir. Grafikte oluşan doğrunun kesim noktası ve eğimi etkisiyle ΔS^0 ve ΔH^0 değerleri bulunur (Bıyıkoglu, 2011).

Hesaplamalar sonucu; ΔH^0 'ın negatif çıkması adsorpsiyonun ekzotermik, pozitif çıkması ise adsorpsiyonun endotermik olduğunu göstermektedir. ΔS^0 'nin pozitif olması adsorbat ile adsorban ara yüzeyinin sistemli (kararlı) yapıya eriştiğini göstermektedir. ΔG^0 'nin ise pozitif olması adsorpsiyonun kendiliğinden meydana gelmediği, negatif olması ise adsorpsiyonun kendiliğinden meydana geldiğini bize ifade eder. Adsorpsiyonun kendiliğinden meydana gelmesi daha az enerji kaybından ötürü maliyeti düşüreğinin belirtisidir.

2.5. Krom ve Özellikleri

Fransız kimyacı Louis-Nicolas Vauquelin tarafından 1797 de bulunan krom periyodik cetvelin VI B grubunda yer almaktadır. Gümüş beyazı renkte olup sert fakat kolay kırılan bir metaldir (Kıdımın, 2009; Mohan ve ark., 2006).

Kromun temel özelliklerinden ve fiziksel özelliklerinden bazıları Çizelge 2.7. ve 2.8."de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. Kromun temel özellikleri

İsim, Sembol ve Atom numarası	Krom, Cr, 24
Kimyasal Grup	Geçiş Metalleri
Grup, Periyot, Blok	6, 4, d
Atom ağırlığı	51,9961 g/mol
Elektron Konfigürasyonu	[Ar] 4s1 3d5

Çizelge 2.8. Kromun bazı fiziksel özellikleri

Faz	Katı
Yoğunluk (25°C)	7,19 g/cm ³
Sıvının Yoğunluğu	6,3 g/cm ³
Erime Noktası	1907°C (2180 K)
Kaynama Noktası	2671°C (2944 K)
Ergime Isısı	21,0 kJ/mol
Buharlaştırma Isısı	339,5 kJ/mol
Molar Isı Kapasitesi (25 °C)	23.35 J.mol ⁻¹ .K ⁻¹

2.5.1. Kromun Zararlı Etkileri

Kromun doğada en çok bulunabilen Cr(III) ve Cr(VI) formu birbirlerinden çok farklı etki gösterirler. Cr(III) canlı organizmalar için temel bir elementtir. Çalışmalarda, Cr(III) memeli canlıların normal glikoz, kolesterol ve doymuş yağ asidi metabolizmalarını devam ettirmeleri için eser miktarda da olsa gerekli olduğunu gösterilmiştir. Ancak eşik sınırı aşıldığında insan ve hayvan bedeninde negatif etkiye sebep olabilmektedir (Spiro ve ark., 1996).

Cr(VI) ise yüksek oksidasyon potansiyelinden ve biyolojik membranların içerisine girme kabiliyetine sahip olmasından dolayı oldukça zehirli ve kanserojenik bir krom türüdür. Cr(VI) ya aşırı maruz kalma ve soluma gibi durumlar; kroma bağlı ülser, deride deformasyon, akciğer kanseri gibi solunum yolları kanserlerine sebep olabilir. Cr(VI)'nin yutulması ise karaciğer, böbrek, dolaşım ve sinir sistemi dokularında ve kan

organellerinde zararlı etkiler oluşturduğu ve mide kanserine sebep olduğu gözlenmiştir. Ayrıca Cr(VI)'nın DNA üzerinde mutajenik etkilerinin olduğu ve askorbik asit (C vitamini) metabolizmasında askorbat-Cr(III)-DNA çapraz bağlarına ve Cr(III)-DNA ikili bağlarına zarar verdiği gözlenmiştir (Eyüpoğlu, 2007).

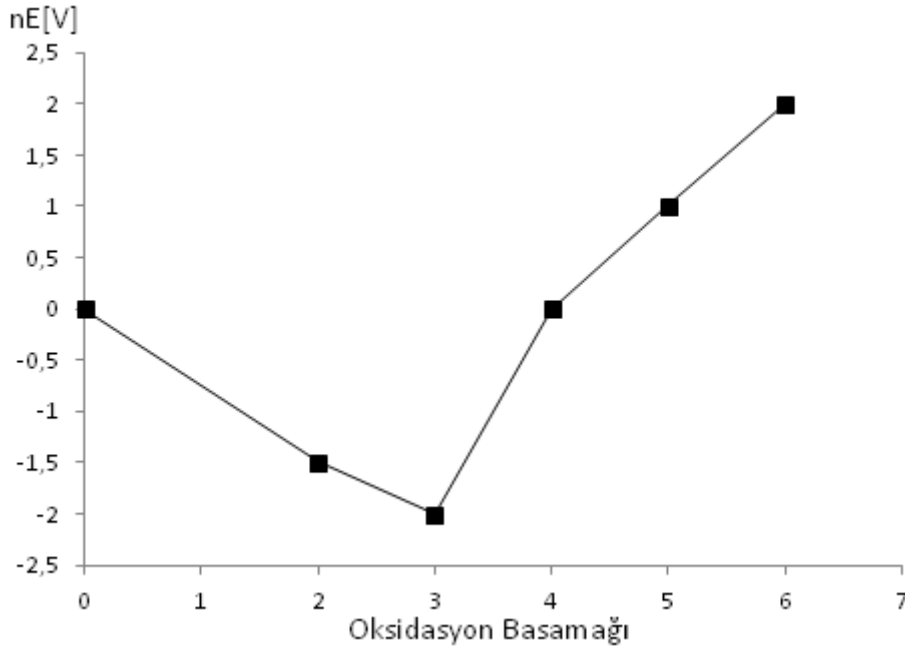
2.5.2. Kromun Çevrede ve Sularda Bulunan Formları

Krom 0 ile 6 arasında oksidasyon basamaklarına sahip birçok kimyasal formda bulunabilmektedir. Ancak doğada en kararlı olanı ve en çok bilineni 3+ ve 6+ değerlikli kromdur (Baykut ve ark., 1987; Henden, 1998; Yetiş ve ark., 1998).

Şekil 2.7'de gösterildiği gibi kromun en kararlı oksidasyon basamağı Cr(3+) dır. Cr(III) ün daha düşük veya daha yüksek basamaklara dönüşmesi için oldukça büyük enerji gerekmektedir. Cr(III)/Cr(II) metal iyonu çiftinin standart potansiyelinin (E_0) negatif olması Cr(II)'nin Cr(III)'e kolayca yükseltgendiğini gösterir. Cr(II) türleri sadece ortamda yükseltgeyici bulunmadığı durumlarda kararlı olabilmektedir (Kotas ve ark., 2000).

Yine Şekil 2.7'de gösterildiği gibi Cr(VI), asidik çözeltilerde oldukça yüksek indirgenme yükseltgenme potansiyeline sahiptir. Bu da Cr(VI)'nın elektron verici maddelerin varlığında çok güçlü yükseltgen ve kararsız olduğunu gösterir.

Cr(VI), hem ortamın pH sına hem de ortamdaki krom konsantrasyonuna bağlı olarak CrO_4^{2-} , $HCrO_4^-$ veya $Cr_2O_7^{2-}$ formlarında bulunabilir (Roundhill, 2001).



Şekil 2.7. Kromun Asidik Çözeltilerde Frost Diyagramı (Kumral, 2007)

2.6. Kaynak Araştırması

Gürten ve ark. (2005), çalışmalarında, sıvı kromatoğrafisinde ligant bileşiklerini kullanarak, nitroanilin izomerlerinin ayrılmasını incelemişlerdir. Sporopolen karboksidi aminoetili kobalt(II) reçinesi dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. 0,05 M, NH_4OH çözeltisi hareketli faz olarak alınmıştır. Nitroanilin ayrılmasında ligand değişim kromatoğrafisinin kullanabileceğini önermişlerdir..

Ünlü ve ark. (2006), çalışmalarında, sporopolen yüzeyinde Cu(II) , Pb(II) ve Cd(II) metal iyonlarının adsorpsiyon olayını araştırmışlardır. Adsorpsiyon yüzdesi, konsantrasyon, sıcaklık, etkileşme süresi, pH gibi özelliklerin adsorpsiyon olayını nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Adsorpsiyonun kinetik özelliklerini ve termodinamik parametreleri hesaplamışlardır. Oluşan reaksiyonun kendiliğinden gerçekleştiğini ifade etmişlerdir.

Thom ve ark. (1999), deneysel araştırmalarında, sporopoleni *Angustifolia*'dan ekstrakte izole edip saflaştırmışlardır. Elde edilen Sporopoleni NMR ile analiz ederek ilk analizinden dört fenolik bileşişin varlığını bulmuşlardır.

Sporopolen sporlarının olgunlaşma örneklerini incelemişlerdir. Bulunan sonuçlar, fosille karşılaştırıldığında, $>C=O$, $C=C$, aromatik iskelet yapısında kimyasal farklılıkların varlığını, fakat renk serilerinin benzer olduğunu ifade etmişlerdir.

Gürten ve ark. (2005), araştırmalarında, kobalt kompleksini sıvı kromotoğrafide dolgu maddesi olarak kullanarak, sporopolene bağlı karbosidiamino etil reçinesi ile nitroanilin izomerlerinin ayrılmasını incelemişlerdir. Etanol-su NH_4OH hareketli faz olarak kullanılarak, $35^{\circ}C$ kolon sıcaklığıda en iyi sonuçlar bulunmuştur..

Yule ve ark. (2000), çalışmalarında, termal matrasyonla sporopolenin evrimini incelemişler ve FT-IR spektroskopisi, renk değişimi gibi metodlarla sporopolenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirtmişlerdir. Matürasyon boyunca sporopolen geniş renk aralığı sergilediği görülmüştür.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan Kimyasallar

Bu çalışmada kullanılan kimyasallar ve aletler çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneysel çalışmada kullanılan kimyasallar ve aletlerin özellikleri

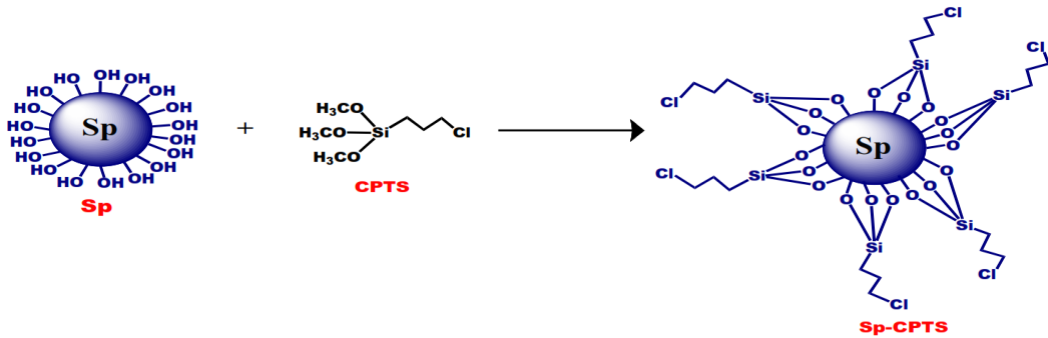
Kullanılan Kimyasallar ve Özellikleri	
Sporopolen (Lycopodium Clavatum)	Fluka
Kuru Toluen	Merck
3-kloropropil-trimetoksisilan (CPTS)	% 98, Merck
Trietilamin	Fluka
Etanol	% 99, Merck
Metanol	Merck
2-amino-piridin-3-ol	% 98, Aldrich
Dietileter	% 99, Merck
K ₂ Cr ₂ O ₇ Potasyum dikromat	ACS reagent, ≥ 99.0%, Sigma-Aldrich
KCI	Sigma
NaOH	Merck
HCl	% 37, Merck
Krom atık çözeltii	Cr(Atık) Konya Organize Sanayisinde oto parçası imalat fabrikasından alınmıştır
Kullanılan Aletler ve Özellikleri	
İnfrared Dönüşüm (FT-IR) Spektrofotometresi	Perkin Elmer FT-IR Spektrofotometre- spektrum 100
Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	Taramalı Elektron Mikroskobu (JSM-5600)
Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometresi (AAS)	Perkin Elmer 929 AA spektrofotometresi
pH metre	Metler Toledo Ion S220 marka pH metre cihazı

Analitik Terazı	Metler Toledo ME 203 marka hassas terazı
Manyetik Karıştırıcı	Blue Fascination marka cihaz
Vakumlu Etüv	Vakumlu Etüv (Nüve)
Saf Su Cihazı	Ultra Saf Su Cihazı (Millipore)
Karıştırıcı	Shaker (Karıştırıcı) (Heidolph Unimax 2010)
Su Banyosu	Polyscience marka su banyosu

3.2. Metot

3.2.1. Adsorbanın Hazırlanması

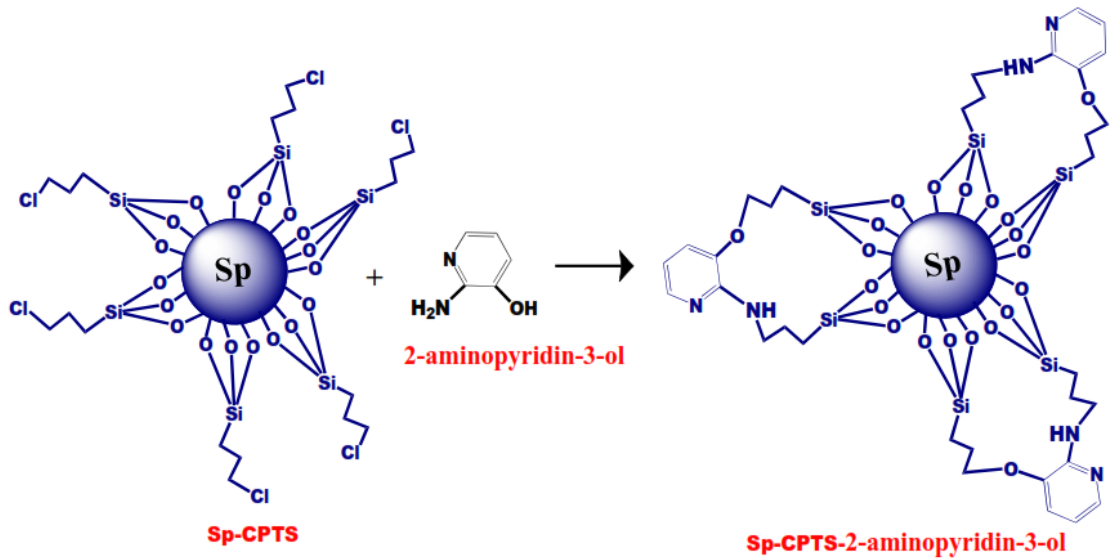
Adsorban maddesinin hazırlama işlemleri 2 basamakta gerçekleştirilmiştir. Birinci basamakta sporopolen yüzeyine 3-kloropropil-trimetoksisilan modifiye edilmiştir. Bu modifikasyon işlemi için ilk olarak Lycopodium Clavatum sporopolen den 20.0 g alınarak, içerisinde 100 mL susuz toluen bulunan 250 mL'lik dibi düz balona ilave edilerek bir süspansiyon elde edildi. Daha sonra bu süspansiyon içerisine 12 ml 3-kloropropil-trietoksisilan ekleyerek süspansiyon geri soğutucu ile 72 saat karıştırma işlemi gerçekleştirildi ve elde edilen karışım süzme işleminden sonra sırasıyla metil alkol, etil alkol ile yıkama işlemi yapıldı. Son olarak elde edilen 3-kloropropil-trimetoksisilan-sporopolen (Sp-CPTS) bileşiği 24 saat 60°C'de vakumlu etüvde kurutuldu. Şekil 3.1'de sporopolen yüzeyine 3-kloropropiltrimetoksisilan molekülünün olası bağlanma reaksiyonu gösterilmiştir (Bilgiç, 2013; Garg ve ark., 1999).



Şekil 3.1. Sporopolen yüzeyine 3-kloropropil-trimetoksisilan molekülünün bağlanma reaksiyonu.

İkinci basamakta modifiye olmuş 3-kloropropil-trimetoksisilan-sporopolen (Sp-CPTS) bileşiğine 2-amino-piridin-3-ol bileşiğinin immobilizasyonu gerçekleştirilerek adsorban

maddesi elde edilmiştir. Bu immobilizasyon işlemi için 15.0 g 3-kloropropil-trietoksisilan-sporopolen (Sp-CPTS) bileşiği ve 1.0 g 2-amino-piridin-3-ol alınarak, içerisinde 100 mL susuz toluen bulunan 250 mL'lik dibi düz balona ilave edildi ve oluşan karışım 65°C'de geri soğutucu altında 12 saat karıştırıldı (Bilgiç, 2013). Oda sıcaklığına gelen karışıma daha sonra ise süzme işlemi yapıldı ve elde edilen katı adsorban (Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol) sırasıyla metanol, etanol ve dietileter ile yıkama işlemi gerçekleştirildi. Daha sonra adsorban (Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol) 60 °C'de vakumlu etüvde 24 saat kurutulmaya bırakıldı (Goswami ve ark., 2002). Modifiye 3-kloropropil-trimetoksisilan-sporopolen (Sp-CPTS) bileşiğinin yüzeyine 2-amino-piridin-3-ol bileşiğinin olası bağlanma reaksiyonu Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Modifiye 3-kloropropil-trimetoksisilan-sporopolen (Sp-CPTS) bileşiğine 2-amino-piridin-3-ol bileşiğinin bağlanma reaksiyonu.

3.2.2. Adsorpsiyon Deneylerinde Kullanılan (KromVI) Çözeltilerinin Hazırlanması

Çözeltilerin pH ayarlamak için 0.1 M'lık sodyum hidroksit (NaOH) ve hidroklorik asit (HCl) çözeltileri kullanılmıştır. Krom(VI) metal stok çözeltileri hazırlamak için 0.1 M derişiminde potasyum klorür (KCl) çözeltisi içerisinde, 1.0×10^{-3} M'lık Potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ilave edilmesiyle hazırlanmıştır. 8.0, 12.0, 20.0, 40.0 mg/L Cr(VI) ve Cr(atık) kompleksleri seyreltme işlemi sonucu elde edilen metal çözeltileri 200 mg/L'dir.

3.3. Adsorpsiyon alışmaları

Adsorpsiyon alışmaları beş farklı parametre üzerinde gerçekleştirilmiştir (Hatay, 2006; Karakuş, 2014; Kaymaz, 2014; Torun, 2013). Bu farklı beş parametre izelge 3.2 de gösterilmiştir.



Çizelge 3.2. Adsorpsiyon çalışmalarının gerçekleştirildiği beş farklı parametre.

Birinci Parametre: pH'ın Adsorpsiyon Üzerine Etkisi				
Metal İyonu	Ana çöz. Kon.(M)	Ana Çözelti pH sı	Adsorban Miktarı (g)	Etkileşme Süresi (Saat)
Cr(VI)	1.10 ⁻⁴	2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 6.0; 7.0	0.01	120
Cr(Atık)	Krom atık	2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 6.0; 7.0	0.01	120
İkinci Parametre: Adsorban Miktarının Adsorpsiyon Üzerine Etkisi				
Metal İyonu	Ana çöz. Kon.(M)	Ana Çözelti pH sı	Adsorban Miktarı (g)	Etkileşme Süresi (Dakika)
Cr(VI)	1.10 ⁻⁴	2.0	0.01; 0.05; 0.015; 0.075; 0.025	24 Saat
Cr(Atık)	Krom atık	2.0	0.01; 0.05; 0.015; 0.075; 0.025	24 Saat
Üçüncü Parametre: Temas Süresinin Adsorpsiyon Üzerine Etkisi				
Metal İyonu	Ana çöz. Kon.(M)	Ana Çözelti pH sı	Adsorban Miktarı (g)	Etkileşme Süresi (Dakika)
Cr(VI)	1.10 ⁻⁴	2.0	0.01	30; 60; 90; 120; 150; 180
Cr(Atık)	Krom atık	2.0	0.01	30; 60; 90; 120; 150; 180
Dördüncü Parametre: Konsantrasyonun Adsorpsiyon Üzerine Etkisi				
Metal İyonu	Ana çöz. Kon.(M)	Ana Çözelti pH sı	Adsorban Miktarı (g)	Etkileşme Süresi (Dakika)
Cr(VI)	8; 12; 20; 40	2.0	0.01	120
Beşinci Parametre: Sıcaklığın Adsorpsiyon Üzerine Etkisi				
Metal İyonu	Ana çöz. Kon.(M)	Ana Çözelti pH sı	Adsorban Miktarı (g)	Etkileşme Süresi (Dakika)
Cr(VI)	1.10 ⁻⁴	2.0	0.01	20; 30; 40; 50
Cr(Atık)	Krom atık	2.0	0.01	20; 30; 40; 50

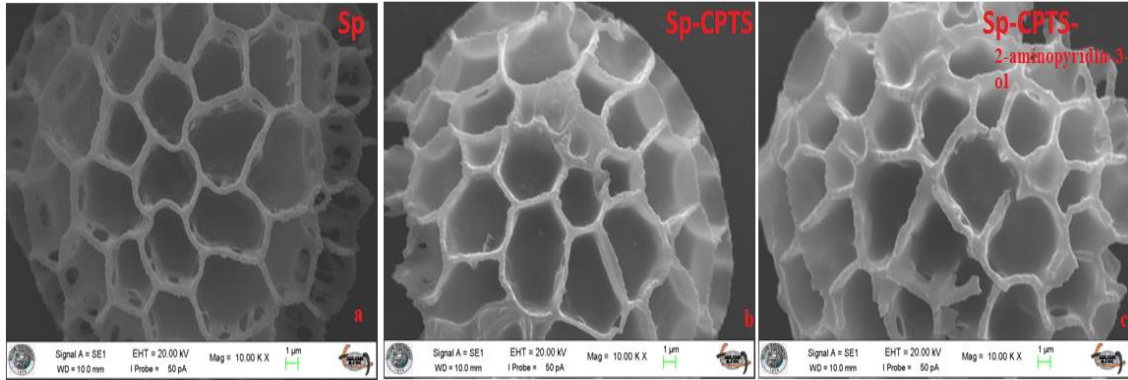
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sporopolenin Karakterizasyonu

4.1.1. Sporopolen Yüzeyinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Karakterizasyonu

Taramalı Elektron Mikroskobu; Bir elektron kaynağından salınan elektronların numune ile etkileşimleri sonucunda elde edilen verilerin algılayıcılar tarafından işlenerek görüntü oluşumunu sağlar (Pehlivan, 1994; Andersen ve ark., 1972; Köhler ve ark., 1979).

Çalışmada modifiye olmuş sporopolen yüzeylerinin Taramalı Elektron Mikroskobu'na (SEM) ait fotoğraf görüntüleri alınmıştır. Bu SEM görüntüleri sonucunda elde edilen görüntüler literatürler ile karşılaştırılmış ve sporopolen yüzeyindeki değişimler açıklanmıştır. Şekil 4.1 de ham sporopolen, Sp-CPTS ve Sp-CPTS-2-aminopiridin-3-ol SEM fotoğraf görüntüleri verilmiştir.



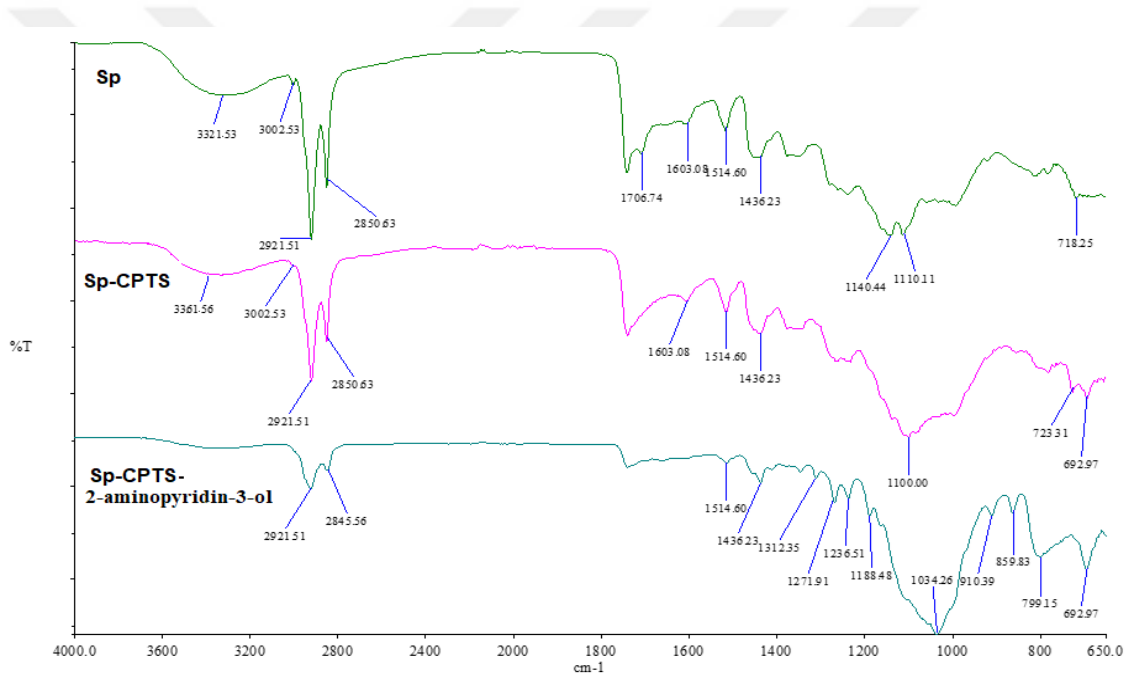
Şekil 4.1. a) Ham sporopolen, b) Sp-CPTS c) Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol SEM fotoğraf görüntüleri.

Sporopolen yüzey morfolojisini incelemek için yapılan SEM görüntüleri sonucunda Sporopolen (Sp) yapısı CPTS ve 2-amino-piridin-3-ol bileşikleriyle fonksiyonlandırıldıktan sonra sporopolleninin yüzey görüntülerinde belirli değişikliklerin olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.1'de gösterildiği gibi CPTS ağna sokulmadan önce, sporopolen tanecikleri yüksek tekil dağılımlı (monodispersite) ve boyut tutarlılığına sahiptir. Pıhtılaşma ve çapraz bağlama muamelelerinden sonra,

taneler yapısal bütünlüğünü bir dereceye kadar koruyabilirler; fakat yüzey özellikleri kısmen bozuldu; ve sonuç olarak, boşluklar sıkıştırıldı veya kayboldu. Sonuç olarak sporopollenin yüzeydeki bu görünüm değişimi bize yüzey üzerinde farklı bileşiklerin yerleştiğini yani yüzeyin fonksiyonlandırıldığını göstermektedir.

4.1.2. Sporopolenin Yüzeyinin FT- IR ile Karakterizasyonu

Sporopolen (Sp), 3-kloropropil-trimetoksisilan-sporopolen (Sp-CPTS) ve 3-kloropropil-trimetoksisilan-sporopolen-2-amino-piridin-3-ol (Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol) ait FT-IR spektrumu Şekil 4.2’ de verilmiştir (Puviarasan ve ark., 2002; Nakamota, 1997; Gremlich ve ark., 2001; Rockley ve ark., 1980).



Şekil 4.2. Sp, Sp-CPTS ve Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol bileşiklerine ait FT-IR Spektrumları.

Sporopolen (Sp)’nin FT-IR incelemesinde hidroksi (-OH) gruplarına ait titreşim gerilme frekansları 3321 cm^{-1} ’de gerilme gözlenmektedir, alifatik grublara ait gerilme titreşimleri ise (-CH, -CH₂, -CH₃) $2850\text{--}2921\text{ cm}^{-1}$ arasında çift bant şeklinde, 1706 cm^{-1} de ise karbonların konjuge olmayan -C=C- çift bağının gerilme titreşimleri keskin bir pik şeklinde olduğu görülmektedir (Stuart, 2004; Balabin, 2008; Palmer, 2008). Sporopolen’in (Sp)’deki hidroksi (-OH) grubuna ait gerilmeler 3321 cm^{-1} de görülmektedir. Sp-CPTS’de ise gerilmeler 3361 cm^{-1} frekansına kayma gösterdiği ve

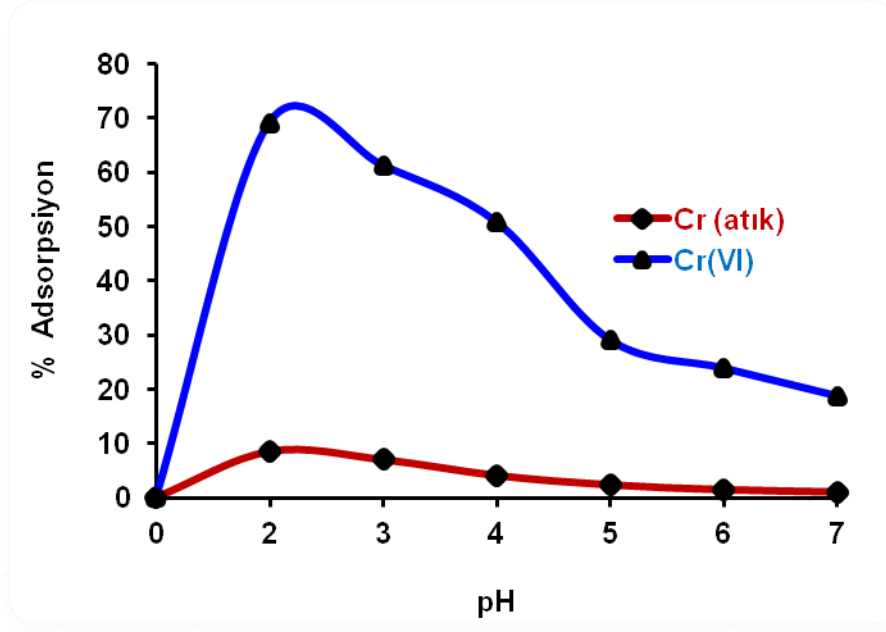
ayrıca Sp-CPTS'nin yapısında bulunan alifatik grublara ait titreşim gerilmeleri (-CH, -CH₂, -CH₃) 2850–2921 cm⁻¹ arasında olduğu gözlemlenmiştir. 1100 cm⁻¹'de gözlenen derin ve büyük pikler C-O-C (benzer şekilde Si-O-C) veya C-O (benzer şekilde Si-O) asimetrik veya simetrik gerilmesini göstermektedir (Maklakov, 2008; McKellar, 2008; Gallignani, 2004; Solomons, 2000).

Sp-CPTS'de -OH gruplarına ait titreşim gerilme frekansı 3361 cm⁻¹'den Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol'de 3354 cm⁻¹ kaydığı gözlemlenmiştir ve 2-amino-piridin-3-ol yapısında 1312 cm⁻¹ civarında C-O bağının gerilme titreşimi ile birlikte C-N gerilme titreşim bandı 1188 cm⁻¹'de gözlemlenmiştir (Erdik, 1998; Bunaciu, 2005; Coblenz, 1908). Ayrıca Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol'nin yapısındaki alifatik grublara ait (-CH, -CH₂, -CH₃) gerilme titreşimleri 2845–2921 cm⁻¹ arasında olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlardanda görüldüğü gibi 2-amino-piridin-3-ol yapısının modifiye sporopolen yüzeyine immobilize olduğunu gösterir (Barker, 1964; Pimentel, 1960; Pavia ve ark., 2001; Yıldız ve ark., 1993; Erdik, 1998).

4.2. Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol Adsorbantı ile Adsorpsiyon Çalışmalarının Değerlendirilmesi

4.2.1. pH'ın Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Bu çalışmada farklı pH'larda (pH 2-7 arasında) 2-amino-piridin-3-ol bileşiği ile immobilize edilmiş modifiye sporopolenin stok Cr(VI) çözeltisi ve atık çözeltilerdeki Cr(VI) metal iyonlarının adsorpsiyonu amaçlanmıştır. Bu amaçla Çizelge 3.2'deki birinci parametrede verilen bilgiler doğrultusunda Cr(VI) ve Cr(atık) metal iyon çözeltilerinden pH çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerden pH'ın, Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisine ait grafik Şekil 4.3'de verilmiştir.



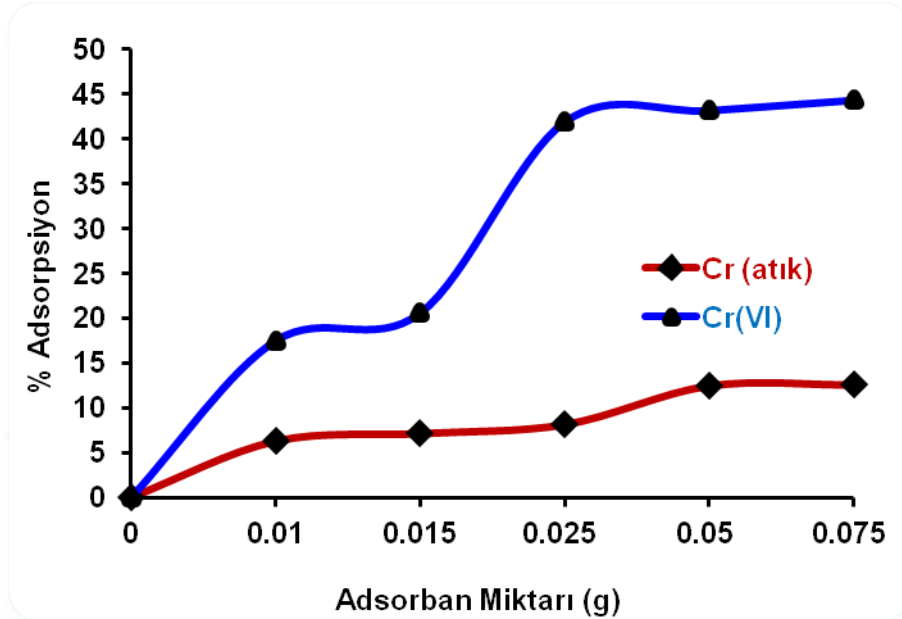
Şekil 4.3. pH'nin, Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi.

Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanın krom ağır metal tutma miktarı, bulunduğu ortamın pH varyasyonundan etkilendiği Şekil 4.3'de görülmektedir. Cr(VI) ve Cr(atık) iyonları yüksek pH'larda Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanın krom iyonlarının adsorpsiyonu oldukça düşüktür. Cr(VI) ve Cr(atık) iyonları için pH arttıkça adsorpsiyonun azaldığı görülmektedir. Cr(VI) iyonu için pH 2'de, sorpsiyon maksimumuna ulaşmıştır.

4.2.2. Adsorban Miktarının Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Bu parametrede yapılan çalışmada, Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorban miktarındaki artışın tutulan standart çözeltideki ve atık su çözeltisindeki krom(VI) iyonları miktarı üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla Çizelge 3.2'deki ikinci parametredeki veriler doğrultusunda Cr(VI) ve Cr(atık) iyon çözeltilerinin herbirinden 10 ar mL alınarak farklı miktarlardaki Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanı ile ayrı ayrı muamele edilmiştir. Daha sonra süzme işlemi gerçekleştirilmiştir ve süzme işleminden sonra elde edilen çözeltideki krom miktarı AAS cihazında ölçülmüştür. Stok çözeltisi ve atık çözeltinin başlangıçtaki krom miktarları da ASS cihazında ölçülmüştür ve stok çözeltisi ve atık çözeltinin başlangıçtaki krom miktarından adsorbanla muamele edilip

geri kalan krom çözeltisi miktarı arasındaki fark bize adsorbanla tutulan krom miktarını vermiştir. Adsorbanla tutulan kromun adsorpsiyon yüzdesi Şekil 4.4’de verilmiştir.

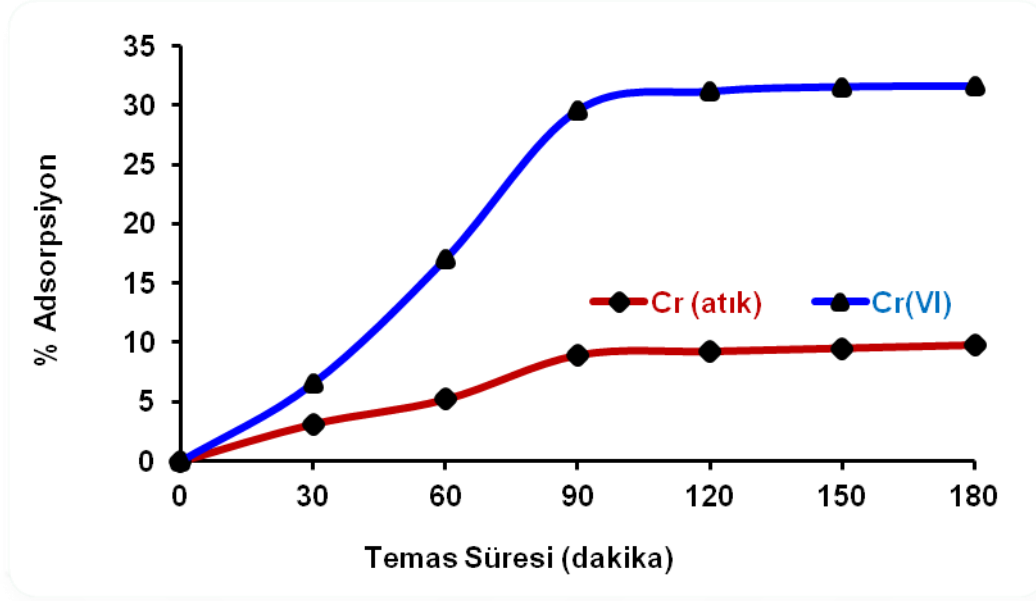


Şekil 4.4. Adsorban miktarının Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi.

Şekil 4.4’de bulunduğu gibi Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorban miktarı artarken adsorpsiyon artmakta ve belli bir süre sonra sabit bir değere ulaşmaktadır. Bu sabit değerden sonra Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorban miktarının ne kadar arttırılsa bile krom iyon sorpsiyonu etkilememektedir. 0,05 gram adsorban miktarı stok krom metal çözeltisi (1.10^{-4} M Cr(VI)) ve krom atık metal çözeltileri (Cr(atık)) için maksimum sorpsiyonu sağlanmıştır. Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorban miktarı arttıkça tutulan toplam krom metal iyonlarının miktarının artmasını, krom iyonların birim zamanda etkileşebileceği en aktif bölge sayısının fazla olmasıyla açıklanabilir.

4.2.3. Temas Süresinin Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Bu çalışma, stok krom metal çözeltisi ve krom atık çözeltilerinden optimum Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanı yüzeyine tutulma süreslerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Çizelge 3.2’deki üçüncü parametrede verilen bilgiler doğrultusunda Cr(VI) ve Cr(atık) metal iyon çözeltilerinden farklı temas sürelerinde 10mL alınarak ayrı ayrı incelenmiştir. Temas süresinin Cr(VI) ve Cr(atık) metallerinin adsorpsiyonu üzerine etkisi ait grafik Şekil 4.5’de verilmiştir.

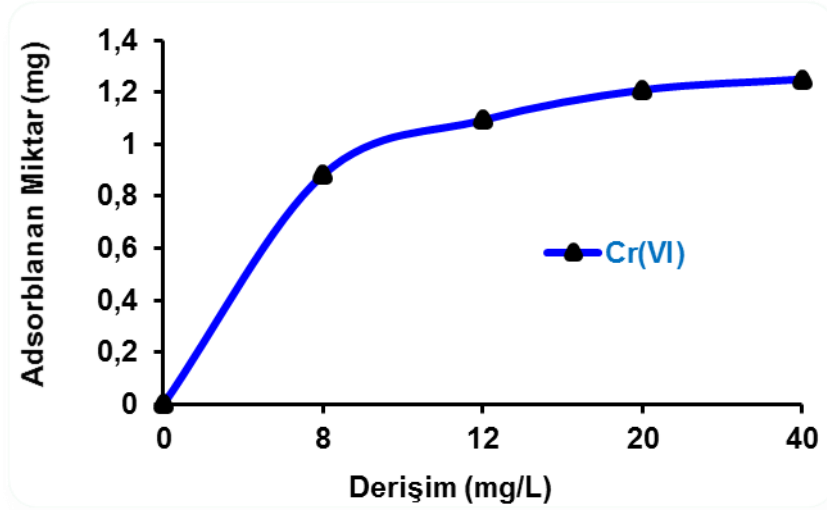


Şekil 4.5. Temas süresinin Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi.

Şekil 4.5’de olduğu gibi Cr(VI) ve Cr(atık) metal çözeltilerinin Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanı ile etkileşim süresinin artması ile tutulan krom metallere miktarı da artmakta ve sistem dengeye geldikten sonra temas süresi artırılırsa, tutulan krom metallere miktarının değişmediği gözlemlenmiştir. Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanı iki çözelti içindeki Cr(VI) adsorpsiyonunda sistemin dengeye 120 dakikada ulaştığı gözlenmektedir.

4.2.4. Derişimin Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi

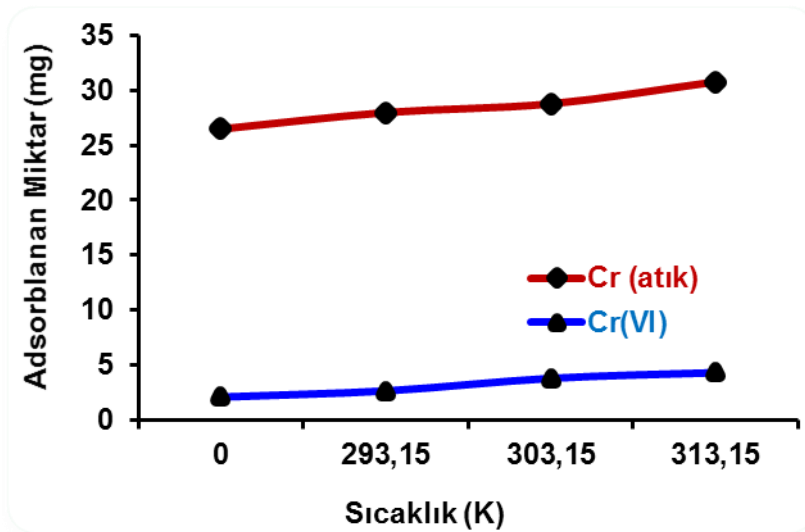
Derişimin adsorpsiyon üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Çizelge 3.2’deki dördüncü parametre veriler doğrultusunda çalışmalar yapılmıştır. Şekil 4.6’da Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonuna karşı derişimin etkisi görülmektedir. 0.01 g sabit miktarda Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanı, metal krom iyon derişim artması ile adsorban tarafından adsorplanan madde miktarının arttığı ayrıca Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanın krom metal iyonu tutma kapasitesinin dolmasıyla, krom konsantrasyonun artışı adsorpsiyona etki etmediği gözlenmiştir. Yani belirli bir konsantrasyondan sonra Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanı krom(VI) iyonunu tutma kapasitesi dolduğundan, krom konsantrasyonu ne kadar arttırılırsa arttırılsın adsorpsiyonu etkilemediği gözlenmektedir.



Şekil 4.6. Derişimin Cr(VI) iyonunun adsorpsiyonu üzerine etkisi.

4.2.5. Sıcaklığın Adsorpsiyon Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Son parametrede ise sıcaklığın Cr(VI) ve Cr(atık) metallerinin adsorpsiyonu üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Çizelge 3.2'deki beşinci parametre veriler doğrultusunda çalışmalar yapılmıştır. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi sabit Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorban için Cr(VI) ve Cr(atık) metal iyonlarının adsorpsiyonları sıcaklık arttıkça artmaktadır. Buradan Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanı için sorpsiyon işleminin endotermik olarak gerçekleştiği gözlenmektedir. Sıcaklığın adsorplanan madde miktarı ile değişimini gözlemlemek için elde edilen verilerden adsorpsiyona ait termodinamik parametrelerin hesaplanması sağlanmıştır.



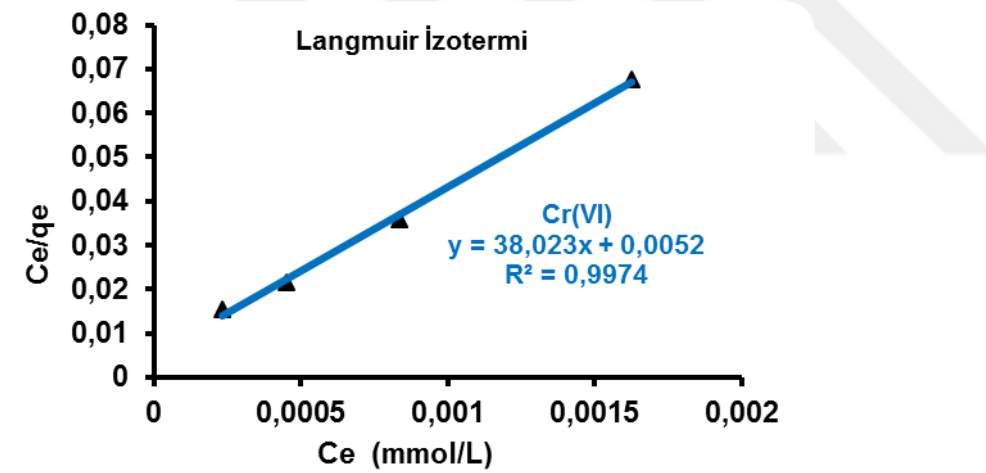
Şekil 4.7.Sıcaklığın Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi.

4.3. Adsorpsiyon İzotermi

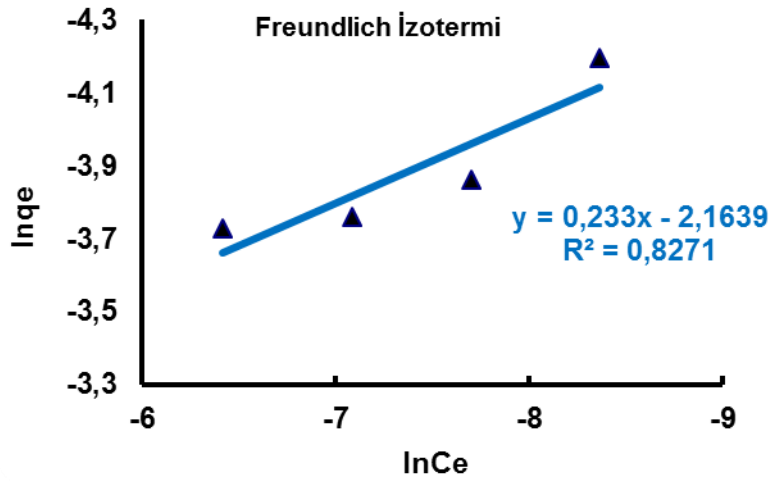
Freundlich, Langmuir ve D-R (Dubinin-Radushkevich) izoterm eğrileri ve verilerinden adsorpsiyon kinetiği elde edilmiş ve verilerden deneysel sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.3.1. Cr(VI) Metal İyonu için Langmuir, Freundlich ve D-R (Dubinin – Radushkevich) Adsorpsiyon İzotermi

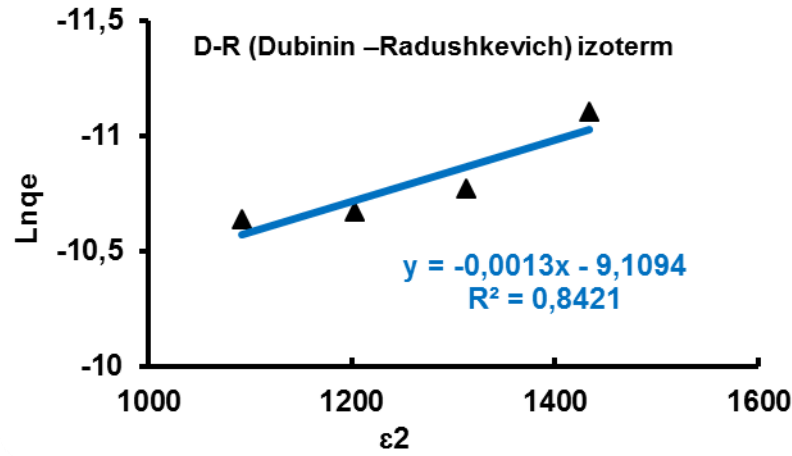
Çizelge 3.2'deki dördüncü parametre verilerinden elde edilen sonuçlardan adsorpsiyon izotermi hesaplandı. Langmuir, Freundlich ve D-R (Dubinin –Radushkevich) adsorpsiyon izotermine ait sırasıyla Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'deki grafikler elde edilmiştir. Çizelge 4.1'de ise Langmuir, Freundlich ve D-R (Dubinin – Radushkevich) adsorpsiyon izotermine ait sabitler verilmiştir.



Şekil 4.8. Cr(VI) iyonları için Langmuir İzotermi



Şekil 4.9. Cr(V) iyonları için Freundlich İzotermi



Şekil 4.10. Cr (VI) iyonları için D-R İzotermi

Çizelge 4.1. Cr(VI) için Langmuir, Freundlich ve D-R (Dubinin –Radushkevich) izoterm sabitleri

Freundlich İzotermi			Langmuir İzotermi		D-R İzotermi		
Metal	1/n	K_F	$Q_0(L/mol)$	$b(mol^2 (KJ^2)^{-1})$	$k(mol^2 K^{-1} J^{-1})$	$q_m(mol/g)$	$E (kJmol^{-1})$
Cr(VI)	0.233	0.107	0.026	5770.91	0.0013	0.097	19.61

Şekil 4.8’de görüldüğü gibi, Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbantı yüzeyine adsorplanan Cr(VI) metal iyonlarının Langmuir izotermine uyduğu görülmektedir. Buradan elde edilen sonuç Cr(VI) metal iyonlarının Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbantı yüzeyine homojen yapıda ve tek tabakalı adsorlandığını belirtmektedir.

Çizelge 4.1’de hesaplanan b değerinin büyük olması bize adsorbanın Cr(VI) metal iyonunu sorplama yeteneğinin çok iyi olmadığını göstermektedir.

Çok tabakalı adsorpsiyonun, Freundlich izotermine uyan adsorpsiyon işlemine olduğu düşünülür. Şekil 4.9’da Cr(VI) metal iyonları için elde edilen Freundlich izotermi ve bu izotermden elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi Freundlich adsorbsiyon izotermine eğrisi doğrusallığa yakındır. Yani Cr(VI) metal iyonları için Freundlich izotermine uyduğu görülmektedir. Ancak korelasyon katsayısının Langmuir izotermine göre düşük olması ve eğrinin doğrusallıktan sapması Cr(VI) metal iyonunun adsorbsiyonun Freundlich izoterminden daha çok Langmuir izotermine uyum göstermektedir. Yani Cr(VI) metal iyonları Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanına çok tabakalı tutunmadan çok tek tabakalı olarak tutunduğu söylenebilir.

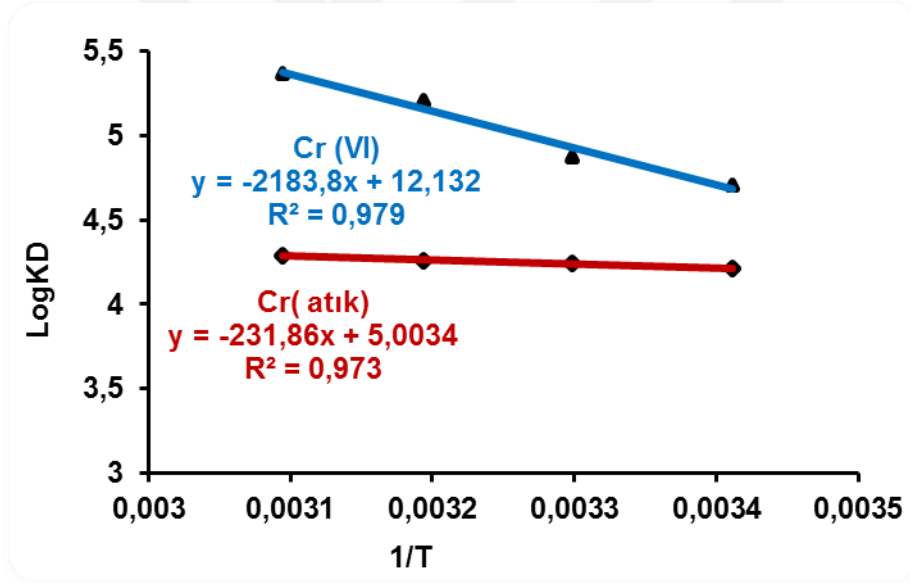
Langmuir ve Freundlich izotermi adsorpsiyon ait mekanizma ile ilgili herhangi bir bilgi vermez. Dubinin–Radushkevich (D-R) izotermi adsorpsiyonun ile ilgili önemli bilgiler verir (Singh ve ark., 2003; Kilislioğlu ve ark., 2003). D-R izotermi hakkında bilgiler detaylı bir şekilde teorik kısımda verilmiştir.

Adsorban olarak kullanılan Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol da meydana gelen adsorpsiyon mekanizması hakkında bilgi edinmek için Şekil 4.10’da D-R izotermi çizilmiştir.

Çizelge 4.1’de verilen veriler doğrultusunda meydana gelen ortalama adsorpsiyon serbest enerjisi (E) miktarının; 8 kJmol⁻¹’den düşük değerlerinde Van der Waals kuvvetlerinin daha baskın olduğu fiziksel adsorpsiyona, ortalama adsorpsiyon serbest enerjisi (E) değerinin 8–16 kJmol⁻¹ aralığı iyon değişim mekanizmasına (Mahramanlıoğlu ve ark., 2002;). ortalama adsorpsiyon serbest enerjisi (E) değerinin 16 kJmol⁻¹’den büyük olması sorpsiyonun kimyasal sorpsiyon olduğunun göstergesidir. Bu bilgiler doğrultusunda, 2-amino-piridin-3-ol immobilize edilen sporopolen adsorbanının Cr(VI) iyonlarını tutmasında adsorpsiyonun kimyasal adsorpsiyon olduğu sonucu çıkmaktadır.

4.3.2. Adsorpsiyonun Termodinamik Özellikleri

Termodinamik parametreleri belirlemek için, Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol yüzeyine adsorplanan Cr(VI) ve Cr(atık) metal iyonlarının farklı sıcaklıklarda (20, 30,40 ve 50 °C) yapılan deneyin deneysel verileri kullanılmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak ΔH^0 , ΔS^0 ve ΔG^0 değerleri hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında değişik sıcaklıklar kullanılarak hesaplanan dağılma katsayısı $\log K_D$ değerlerinin $1/T$ 'ye karşı grafiği çizilmiştir ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Şekil 4.11'deki grafiklerin eğimlerinden ΔH^0 , kesim noktalarından ΔS^0 değerleri bulunmuştur. Daha sonra $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ eşitliği kullanılarak her farklı sıcaklıktaki ΔG^0 değerlerinin verileri bulunmuştur ve bu değerler Çizelge 4,2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Cr(VI) ve Cr(atık)'a ait $\log K_D - 1/T$ grafikleri

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi ΔH^0 ve ΔS^0 değerlerinin pozitif olduğu bulunmuştur. ΔG^0 değerleri ise negatiftir. ΔS^0 değerlerinin pozitif olması sorpsiyonla entropinin arttığını işaret etmektedir. ΔH^0 değerlerinin pozitif olması ise Cr(III) metal iyonlarının sorpsiyonun endotermik olduğunu doğrulayan diğer bir faktördür. Entalpi (ΔH^0) değerlerinden elde edilen sonuç, adsorpsiyon ısı değerinin kemisorpsiyon ısı değerleri arasında olduğu kabul edilebilir (Sağ ve ark., 2000). D-R izotermelerinin ve ΔH^0

adsorpsiyon ısı değerlerinden elde edilen sonuç adsorpsiyon mekanizmasının kemisorpsiyon olduğu sonucunu çıkarmak mümkündür.

Çizelge 4.2. Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonuna ait termodinamik parametreler

Metal	ΔH° (kJmol ⁻¹)	ΔS° JK ⁻¹ mol ⁻¹)	$-\Delta G^{\circ}$ (kJmol ⁻¹)			
			297	303	313	323
Cr(VI)	41.81	181.74	11.46	12.28	13.55	14.41
Cr(atık)	4.44	50.17	10.27	10.69	11.08	11.52

5. SONUÇ

Sporopolen yüzeyine 3-kloropropil-trietoksisilan ile modifikasyon işlemi gerçekleştirilip yüzeye kovalent yolla 2-amino-piridin-3-ol bileşiği immobilize edilmiş ve elde edilen Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbent maddesi ile sulu çözeltilerden ve atık çözeltilerden Cr(VI) metal iyonlarının adsorpsiyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

- Yeni elde ettiğimiz Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbenti SEM ve FT-IR ile karakterizasyonu yapılmıştır.
- Adsorpsiyon işlemlerinin birinci parametresinde Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbent metal tutma miktarı, ortamın pH değişiminden etkilendiği ve Cr(VI) iyonu için pH 2’de, adsorpsiyon maksimuma ulaşmıştır.
- Adsorpsiyon işlemlerinin ikinci parametresinde Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbent miktarındaki artışın tutulan standart çözeltideki ve atık su çözeltisindeki krom(VI) iyonları miktarı üzerine etkisi incelenmiştir. Adsorbent miktarı artarken adsorpsiyon artmakta ve belli bir süre sonra sabit bir değere ulaşmaktadır. Bu sabit değerden sonra Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbent miktarının ne kadar arttırılsa bile krom iyon adsorpsiyonu etkilememektedir. 0,05 gram adsorbent miktarı için kromun maksimum adsorpsiyonu sağlanmıştır.
- Adsorpsiyon işlemlerinin üçüncü parametresinde krom metal çözeltisi ve krom atık çözeltilerinden optimum Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbent yüzeyine tutulma süreleri incelenmiştir. Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbent iki çözelti içindeki Cr(VI) adsorpsiyonunda sistemin dengeye 120 dakikada ulaştığı gözlenmektedir.
- Adsorpsiyon işlemlerinin dördüncü parametresinde krom konsantrasyonunun adsorpsiyon üzerine etkisinin incelenmiştir. Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbent krom metal iyonu tutma kapasitesinin dolmasıyla, krom konsantrasyonunun artışı adsorpsiyona etki etmediği gözlenmiştir.
- Adsorpsiyon işlemlerinin beşinci parametresinde sıcaklığın Cr(VI) ve Cr(atık) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisinin incelenmiştir. Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbent için adsorpsiyon işleminin endotermik bir reaksiyonla gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

- Adsorpsiyon işlemlerinde ise Cr(VI) metal iyonları Sp-CPTS-2-amino-piridin-3-ol adsorbanına çok tabakalı tutunmadan çok tek tabakalı olarak tutunduğu söylenebilir. Yani Freundlich izoterminden daha çok Langmuir izotermine uyum göstermektedir. D-R izoterminden ise 2-amino-piridin-3-ol ün immobilize edilen sporopolene adsorbanının Cr(VI) iyonlarını tutmasında kimyasal sorpsiyonun etkili olduğu bulunmuştur.
- Termodinamik parametrelerin incelenmesi sonucu ise adsorpsiyon mekanizmasının kemisorpsiyon olduğu sonucuna varılmıştır.



6. KAYNAKLAR

- Ahlers, F., Bubert, H., Steuernage, S., ve Wiermann, R., 2000. The nature of oxygen in sporopollenin from the pollen of *Typha angustifolia* L. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 55(3-4), 129-136.
- Akkuş, B., 2007. Atık Suların Arıtılmasında Uygun Adsorban Seçimi. *Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa.
- Aksu, Z. ve Gönen, F., 2004. Biosorption of Phenol by Immobilized Activated Sludge in A Continuous Packed Bed: Prediction of Breakthrough Curves. *Process biochemistry*, 39(5), 599-613.
- Andersen, S.TH. ve Bertelsen, F., 1972. Scanning electron microscope studies of pollen of cereals and other grasses, *Grana*, 12(2), 79-86.
- Atkins, P.W., 2001. Physical Chemistry, sixth edition, Oxford Univ. Pres, Tokyo. 1998; I. Baskı, Editörler: Yıldız, S., Yılmaz, H., Kılıç, E., Bilim Yayıncılık.
- Balabin, R. M., ve Safieva, R. Z. 2008. Gasoline classification by source and type based on near infrared (NIR) spectroscopy data. *Fuel*, 87(7), 1096-1101.
- Barker Jr, A.S., 1964. Infrared lattice vibrations in calcium tungstate and calcium molybdate. *Physical Review*, 135(3A), A742.
- Bascetin, E., Haznedaroglu, H., ve Erkol, A. Y., 2003. The adsorption behavior of cesium on silica gel. *Applied Radiation and Isotopes*, 59(1), 5-9.
- Baykut, F., Aydın, A., ve Baykut, S., 1987. Çevre sorunları ve Korunma. İstanbul Üniversitesi
- Berkem, A.R. ve Baykut S., 1986. Fizikokimya, İstanbul Üniversitesi Yayınları, Sayı 3217, Mühendislik Fakültesi, No: 62, Fatih Yayınevi Matbaası, İstanbul.
- Bıyıkoğlu, M., 2011. Poli (2,5-Dihidro-2,5-dimetoksifuran)'ın fonksiyonlandırılması ve fonksiyonlandırmaların metal iyonu adsorpsiyonu üzerine etkilerinin incelenmesi, *Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale.
- Bilgiç, A., 2013. Gözenekli Yapıların Modifikasyonu ve Metal Uzaklaştırmasında Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karaman.
- Birbiçer, N., 1998. Suda Çözünebilir Boyar Maddelerin Metal Komplekslerinin Sentezi ve Boyarmadde Özelliklerinin İncelenmesi. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.

- Bunaciu, A. A., Aboul-Enein, H. Y., ve Fleschin, Ş., 2005. Quantitative analysis of buccillamine and its pharmaceutical formulation using FT-IR spectroscopy. *II Farmaco*, 60(8), 685-688.
- Ceyhan, Ö. ve Baybaş, D., (2001). Adsorption of some textile dyes by hexadecyltrimethylammonium bentonite. *Turkish Journal of Chemistry*, 25(2), 193-200.
- Chaki, N. K., Aslam, M., Sharma, J., ve Vijayamohanan, K., 2001. Applications of self-assembled monolayers in materials chemistry. *Journal of Chemical Sciences*, 113(5-6), 659-670.
- Coblentz, W., 1908. Supplementary Investigations of Infrared Spectra (The Carnegie Institution), *Washington, Publication*, 97, 16.
- Çiçek, H., 2012. Fizikokimya laboratuvarı-II deney föyü. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü*, Muğla.
- Erdik, E. ve Sarıkaya Y., 1984. *Temel Üniversite Kimyası*, Cilt 1, 420-425.
- Erdik, E., 1998. *Organik Kimyada Spektroskopik Yöntemler*, 2. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara, ss.82.
- Erdik, E., 1998 *Organik Kimyada Spektroskopik Yöntemler*, 2. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara, ss.166.
- Erkut, H. ve Tüzün S., 1984. *Kolloid Kimya*, İstanbul Üniversitesi Yayınları
- Eren, M.H., 2003. Selüloz Üzerinde Kongo Kırmızısının Adsorbsiyonunun İncelenmesi, *Fizikokimya III Deney Raporu*. 04-98-3636.
- Eyüpoğlu, V., 2007. Seyreltik Sulu Çözeltilerden Destekli Sıvı Membran Prosesi ile Kromun Ekstraksiyonu, *Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.
- Feng, S., ve Bein, T., 1994. Growth of Oriented Molecular Sieve Crystals on Organophosphonate Films, *Nature*, 368(6474), 834-836.
- Gallignani, M., ve del Rosario Brunetto, M. 2004. Infrared detection in flow analysis—developments and trends. *Talanta*, 64(5), 1127-1146.
- Garg, B.S., Sharma, R.K., Bhojak, N. ve Mittal S., 1999. Chelating Resins and Their Applications in the Analysis of Trace Metal Ions. *Microchemical Journal*, 61, 94-114.

- Gezici, O., 2004. Hüyük Asitlerin Katı Faz Ekstraksiyon Sisteminde Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.*
- Ghoul, H., Backuet, M. ve Morcellet, M., 2003. Uptake of heavy metals from synthetic aqueous solutions using modified PEI-silica gels, *Waters Research*, 37, 729-734.
- Goswami, A. ve Singh, A.K., 2002. Silica gel functionalized with resacetophenone: synthesis of a new chelating matrix and its application as metal ion collector for their flame atomic absorption spectrometry determination, *Analytica Chimica Acta*, 454, 229-240.
- Göde, F., 2002. Reçinelerle Ağır Metal Adsorpsiyonu ve Atıksulara Uygulaması, *Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.*
- Göde, F. ve Pehlivan, E., 2007. Sorption of Cr(III) onto Chelating b-DAEG-sporopollenin and CEP-sporopollenin Resins. *Bioresource Technology*, 98, 904-911.
- Gürten, A., Ucan, M., Abdullah, M. ve Ayar A., 2005. Effect of the Temperature and Mobile Phase Composition on the Retention Behavior of Nitroanilines on Ligand-exchange Stationary Phase. *Journal of Hazardous Materials*. 152(2-3), 1532-1537.
- Gübbük, İ.H., 2006. Tek Moleküllü Tabakaların Fonksiyonelleştirilmesi ve Uygulamaları, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.*
- Gündüz, 1999. *Kantitatif Analiz Ders Kitabı*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Gremlich, H.U. ve Yan, B., 2001. Infrared and Raman Spectroscopy of Biological Materials, *Marcel Dekker*, New York.
- Hatay, İ., 2006. Bazı Organik Maddelerin İnorganik Destekler Üzerine İmmobilizasyonu ve Adsorban Olarak Uygulamaları. *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.*
- Henden, E., 1998. Ağır Metal Türlerinin Analizlerinde Yönelimler ve Gelişmeler, 1. *Ege Analitik Kimya Günleri, Uluslararası Katılımlı Eğitsel Toplantı*, İzmir, 353.
- Ho, Y.S., Porter, J.F. ve McKay, G., 2002. Equilibrium Isotherm Studies For The Sorption of Divalent Metal Ions Onto Peat: Copper, Nickel and Lead Single Component Systems Water, *Air and Soil Pollution*, 141, 1-33.
- Humphrey, A.G., and Milis, N.F., 1973. Adsorption, *Biochemical Engineering, 2nd ed, Academic Press*, Tokyo, 434.

- Kabaş, N.G., 2007. Modifiye Edilmiş Ponza ile Ağır Metal Uzaklaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Isparta.*
- Karakuş, E., 2014. Silika jel Yüzeyinin Aktifleştirilmesi Schiff Bazının immobilizasyonu ve Sanayide Kullanılan Kromun Adsorblanması. *Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.*
- Kaymaz, Ş., 2014. Silika jel Yüzeyinin Kimyasal Modifikasyonu ve Metal İyonları ile Adsorpsiyon Çalışmaları. *Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.*
- Kıdıman, F.B., 2009. Düşük Tenörlü Krom Cevherlerinin Zenginleştirilmesinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.*
- Kilislioğlu, A. ve Bilgin, B., 2003. Thermodynamic and Kinetic Investigation of Uranium Adsorption on Amberlite IR-118H Resin. *Applied Radiation and Isotopes*, 58(2), 155-160.
- Köhler, E. ve Lange, E., 1979. A contribution to distinguishing cereal from wild grass pollen grains by LM and SEM, *Grana*, 18, 133-140.
- Kotas, J. ve Stasicka, Z., 2000. Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation, *Environmental Pollution*, 107, 263-283.
- Kumral, E., 2007. Speciation of Chromium in Waters Via Sol-Gel Preconcentration Prior to Atomic Spectrometric Determination, *Yüksek Lisans Tezi, İzmir Institute of Technology, İzmir.*
- Mahramanlıoğlu, M., Kızılcıklı, I. ve Biçer, İ.O., 2002. Adsorption of Fluoride from Aqueous Solutions by Acid Treated Spent Bleaching Earth. *J. Fluorine Chem.*, 115(1), 41-47.
- Maklakov, L.I. ve Suchkova G.G., 2008. Quantum chemistry studies of far-infrared spectra of aromatic urethanes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 71(1), 238-244.
- Mark, H. F., 1980. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.
- Martin, J.T. ve Juniper, B.E., 1970. The Cuticles of Plants. R. ve R. Clark Ltd., Printed in Great Britain Edinburgh.

- McKellar, A. R. W., ve Appadoo, D. R. T., 2008. High-resolution synchrotron far-infrared spectroscopy of acrolein: The vibrational levels below 700 cm⁻¹. *Journal of Molecular Spectroscopy*, 250(2), 106-113.
- Mohan, D. ve Pittman Jr.C.U., 2006. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium from water, *Journal of Hazardous Materials*, B137, 762–811.
- Özacar, Me. ve Sengil, LA., 2003. Adsorption of Reactive Dyes on Calcined Alunite from Aqueous Solutions, *J. Hazardous Materials*, B98, 21 1.
- Palmer, S. J., Reddy, B. J., ve Frost, R. L. 2009. Characterisation of red mud by UV–vis–NIR spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 71(5), 1814-1818.
- Pavia, D.L. ve Lampman, G.M., 2001. Introduction to Spectroscopy, Third Edition, Thomson Learning Berkshire House, London, UK, 22.
- Pehlivan, S., 1994. Scanning electron microscope studies of the pollen grains of some Turkish endemic Centaurea, *J. Fac. Pharm. Gazi*. 11(2), 205-211.
- Pehlivan, E., 1991. Lycopodium clavatum'dan Elde Edilen Ligant Değiştirici Reçinelerin Hazırlanması ve Sıvı Kolon Kromatografisinde Kullanılarak Nükleosid, Nükleik Asit Bazları, Aminlerin Ayrılması ve Kinetiğinin İncelenmesi, *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya*.
- Pekin, B., 1996. Fizikokimya 2, *Cilt: 2., İkinci Baskı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul*.
- Piffanelli, P., Ross, J.H.E. ve Murply, D.J., 1998. Biogenesis and Function of Lipidic Structures of Polen Grains, *Sx Plant Report*, I 1 , 65.
- Pimentel, G.C., 1960. Infrared spectroscopy: A chemist's tool, *J. Chem. Educ.*, 1960, 37 (12), 651-657.
- Puviarasan, N., Arjunan V. ve Mohan, S., 2002. FT-IR and FT-Raman studies on 3-aminophthalhydrazide and N-aminophthalimide. *Turkish Journal of Chemistry*, 26(3), 323-334.
- Reed, B.E. ve Matsumoto, MR., 1993. Modeling cadmium adsorption by activated carbon using the Langmuir and Freundlich isotherm expressions. *Separation Science And Technology*, 28(13-14), 2179-2195.
- Rockley, M.G., Davis D.M. ve Richardson, H.H., 1980. Fourier-transformed infrared photoacoustic spectroscopy of biological materials. *Science*, 210(4472), 918-920.

- Roundhill, D.M., 2001. Extraction of Metals from Soils and Waters, *Springer Science & Business Media*, , New York.
- Sağ, Y. ve Kutsal, T., 2000. Determination of the biosorption heats of heavy metal ions on *Zoogloea ramigera* and *Rhizopus arrhizus*. *Biochemical Engineering Journal*, 6(2), 145-151.
- Sharma, R.K., 2001. Design, synthesis, and application of chelating polymers for separation and determination of trace and toxic metal ions. A green analytical method. *Pure and Applied Chemistry*, 73(1), 181-186.
- Selvakumar, Mosae, P., Suresh, E. ve Subramanian, P.S., 2007. Synthesis, Spectral Characterization and Structural Investigation on some 4-aminoantipyrine Containing Schiff Base Cu(II) Complexes and Their Molecular Association. *Polyhedron*, 26(4), 749-756.
- Serin, S. ve Gök, Y., 1988. Hidroksi Schiff Bazı Metal Komplekslerinin Tekstil Boyamacılığında Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *T.Kimya D.C.*, 12(3), 325-331.
- Singh, M.S. ve Singh P.K., 2003. Hexacoordinate Organosilicon (IV) Compounds with a Tetradentate Azomethine Ligand. *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*, 33(2), 271–280.
- Solomons, G. ve Fryhle C, Organik Kimya, Okay G., Yıldırım Y., 2000. *Yedinci Basımdan Çeviri, Literatür yayıncılık*, 76. İstanbul.
- Spiro,G.T. ve Stigliani,W.M., 1996. Chemistry of the Environment, Prentice Hall, New Jersey.
- Stuart, B., 2004. Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications, John Wiley & Sons, Ltd, 33.
- Thom, I. ve Lambertb, J., 1999. NMR Analysis of Sporopollenin from *Typha Angustifolia* Friedhelm Ahlers. *Phytochemistry*. 50, 1095-1098,
- Tomlinson, A., Scherer. B., Karakosta, B.,Oakey, M., Danks, T.N., Heyes, D.M. and Taylor, S.E., 2000. Adsorption Properties of Succinimide Dispersants on Carbonaceous Substrates, *Carbon*, 38(1), 13-28.
- Torun, M., 2013. 4-amino-2-hidroksiasetofenon Bileşğinin İmmobilizasyonu ve Cu(II) , Co(II), Ni (II) İyonlarının Adsorpsiyonu. *Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karaman.

- Tutar, H., Yılmaz, E., Pehlivan, E. ve Yılmaz, M., 2009. Immobilization of *Candida rugosa* lipase on sporopollenin from *Lycopodium clavatum*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45(3), 315–320.
- Ulman, A., 1996. Wetting studies of molecularly engineered surfaces. *Thin Solid Films*. 273(1-2), 48-53.
- Ünlü, N., 2004. Bazı Toksik Metallerin Fonksiyonel Grup Bağlanmış Sporopollenin Üzerine Adsorpsiyonu Ve Termodinamik Özelliklerinin İncelenmesi. *Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Ünlü, N. ve Ersoz, M., 2006. Adsorption Characteristics of Heavy Metal Ions onto a Low Cost Biopolymeric Sorbent from Aqueous Solutions. *Journal of Hazardous Material*, 136(2), 272–280.
- Weber, W.J.J., 1972. *Physicochemical Process For Water Quality Control*. Wiley, New York, Pg 199–219.
- Wilmesmeier, S., Steuernagel, S. ve Wiermann, R., 1993. Comparative FTIR and ¹³C CP/MAS NMR spectroscopic investigations on sporopollenin of different systematic origins. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 48(9-10), 697-701.
- Woehlecke, H., Lerche, D ve Ehwald, R., 2002. Sporopollenin Microcapsules Application for Chromatography and Encapsulation, Proceedings of the X. International BRG Workshop on Bioencapsulation. Cell Physiology and Interactions of Biomaterials and Matrices, 183-186: 26-28 April, Prague, Czech Republic Poster, 19:183-186.
- Yardim, T., Budinova, E., Ekinci, N., Petrov, M., Razvigorova, V. ve Minkova, 2003. Removal of mercury (II) from aqueous solution by activated carbon obtained from furfural, *Chemosphere*, 52(5), 835-841.
- Yetiş, Ü., Demirer, G. ve Tekin, H., 1998. Şok Cr(VI) Yüklenmesinin Aktif Çamur Prosesine Etkisi, *Turkish J. Eng. Environ. Sci.*, 22, 445-453.
- Yıldız, A. ve Genç Ö., 1993. *Ensrümantal Analiz, Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, 109.
- Yılmaz, E., 2010. Farklı Teknikler Kullanarak Değişik Destek Materyallerine Lipaz İmmobilizasyonu ve Bir Anti-inflammatör Olan S-Naproksenin Oluşumunda Kullanılması. *Selçuk Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Yörükoğulları, E., 1997. Doğal Zeolitlerde Fiziksel Adsorpsiyon Uygulamaları. *Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları*, 58s.

Yule, B., Roberts, S. ve Marshall J., 2000. The Thermal Evolution of Sporopollenin. *Organic Geochemistry*, 31, 859–870.

Zhang, Y., Lim, C. T., Ramakrishna, S. ve Huang, Z.M., 2005. Recent development of polymer nanofibers for biomedical and biotechnological applications. *Journal of Materials Science: Materials In Medicine*, 16, 933– 946.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Savaş POLAT
Doğum Tarihi ve Yeri : 11.04.1988 / ADANA
Telefon : 0533 761 83 48
e-mail : sv.s.plt01@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Karamanoğlu Mehmetbey Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı	2018
Lisans	Karamanoğlu Mehmetbey Ü. Fen Fakültesi Kimya Bölümü	2014