

**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**SULU ÇÖZELTİLERDEN METHLENE BLUE BOYAR
MADDESİNİN HİNT İNCİRİ KABUĞU KULLANILARAK
GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Eda TAPAN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI**

Yozgat 2020

**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**SULU ÇÖZELTİLERDEN METHLENE BLUE BOYAR
MADDESİNİN HİNT İNCİRİ KABUĞU KULLANILARAK
GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Eda TAPAN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI**

Yozgat 2020



YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

TEZ ONAY FORMU

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı 70112516002 numaralı öğrencisi Eda TAPAN'ın hazırladığı "Sulu Çözeltilerden Methylene Blue Boyar Maddesinin Hint İnciri Kabuğu Kullanılarak Gideriminin Araştırılması" başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 16/01/2020 günü saat 10:00'da yapılmış, tezin onayına oy birliği ile karar verilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Halil İbrahim OĞUZ

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI
(Danışman)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 06.02.2020 tarih ve 6... sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

06.02.2020

Prof. Dr. Mustafa SAÇMACI
Müdür



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Adsorpsiyon	2
2.1.1.Tanım	2
2.1.2. Adsorpsiyonun Oluşum Mekanizması	2
2.1.3. Adsorpsiyon Türleri	3
2.1.3.1. Fiziksel Adsorpsiyon.....	4
2.1.3.2. Kimyasal Adsorpsiyon	4
2.1.3.3. İyonik Adsorpsiyon	5
2.1.4. Adsorpsiyon Prosesinin Kullanıldığı Yerler	5
2.1.5. Adsorpsiyonu Etkileyen Parametreler	6
2.1.5.1. pH.....	6
2.1.5.2. Sıcaklık.....	6
2.1.5.3. Adsorban Temas Süresi.....	6
2.1.5.4. Adsorbat ve Çözücü Özellikleri	6
2.2.Adsorpsiyon İzotermi	6
2.2.1. Langmuir İzotermi	7
2.2.2.Freundlich İzotermi	8
2.2.3.Dubinin-Radushkevich (D-R) Adsorpsiyon İzotermi	8
2.3. Adsorpsiyon Kinetiği.....	9
2.4.Adsorpsiyon Termodinamiği	11
2.5.Hint İnciri(Opuntia Ficus-İndica)	12
2.6. Boya ve Boyar Maddeler	13
2.6.1. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması.....	14
2.6.1.1.Boyama Özelliklerine Göre Boyar Maddeler.....	14

2.6.1.2. Kimyasal Yapılarına Göre Boyar Maddeler.....	14
2.6.1.3.Çözünürlüklerine Göre Boyar Maddeler.....	14
2.6.1.3.1.Suda Çözünmeyen Boyar Maddeler.....	14
2.6.1.3.2.Suda Çözünen Boyar Maddeler.....	15
2.6.2. Boyar Maddelerin Kullanım Alanları.....	15
2.6.3. Boyar Maddelerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri.....	15
2.7. Kullanılan Boyar Maddeler.....	15
2.7.1.Methylene Blue.....	15
2.7.2.Malachite Green.....	16
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	18
4. MATERYAL VE METOD.....	22
4.1.Materyal.....	22
4.2. Metod.....	23
5.ARAŞTIRMA BULGULARI.....	24
5.1.Hint İnciriKabuklarının Karakterizasyonu.....	24
5.2. Adsorpsiyon Deneyleri.....	25
5.2.1. pH'ın Etkisi.....	25
5.2.2.Konsantrasyon Etkisi.....	26
5.3. Adsorpsiyon İzotermi.....	27
5.3.1.Langmuir-Freundlich İzotermi.....	27
5.3.2.(D-R) İzotermi.....	29
5.4. Kinetik Çalışma.....	30
5.4.1. Yalancı İkinci Mertebe Kinetik Model.....	31
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	34
KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ.....	43

**SULU ÇÖZELTİLERDEN METHYLENE BLUE BOYAR MADDESİNİN
HİNT İNCİRİ KABUĞU KULLANILARAK GİDERİMİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Eda TAPAN

**Yozgat Bozok Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

2020; Sayfa:41

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI

ÖZET

Boyar maddelerin sucul çevrede iz seviyelerde bile yaygın kirleticiler olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu maddelerin sulu ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Boyar maddelerin arıtımında çok sayıda yöntem vardır. Bu çalışmada, sulu çözeltilerden doğal bir adsorban olan hint inciri kabuğu ile Methylene blue boyar maddesinin giderimi adsorpsiyon yöntemiyle araştırılmıştır. Hint inciri gideriminin etkisi başlangıç iyon derişimi, pH, adsorban dozu zamanın bir fonksiyonu olarak oda sıcaklığında kesikli metodla çalışılmıştır. pH çalışmalarında sistemin bozuk ortamda (pH=8) daha iyi giderim sağladığı bulunmuştur. Çalışmada Langmuir, freundlich ve D-R izoterm modelleri denenmiştir. Ayrıca kinetik çalışmalar yapılmış ve sistemin yalancı ikinci dereceden kinetik modele daha iyi uyum sağladığı tespit edilmiştir. Hint incirinin yüzeyinin morfolojik özelliklerinin tespit edilmesinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri kullanılmıştır. Hint inciri kabuklarının Methylene blue'nun gideriminde etkili bir adsorban olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Adsorpsiyon, Methylene Blue, Malachite Green, Atermit, SEM

INVESTIGATION OF REMOVAL OF METHYLENE BLUE FROM AQUEOUS SOLUTION BY USING INDIAN FIG SHELL

Eda TAPAN

**Yozgat Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering
Master of Science Thesis**

2020; Page:41

Thesis Supervisor: Assit. Prof. Dr. Serpil SAVCI

ABSTRACT

It is known that dyes are common pollutants even in trace levels in the aquatic environment. For this reason, it is necessary to remove dyes from the aquatic environment. There are many methods for the treatment of dyes. In this study, the removal of methylene blue from aqueous solution by Indian fig shell which is a natural adsorbent was investigated by adsorption method. The removal efficiency of Indian fig was studied as a function of initial dye concentration, pH, adsorbent dose and time via batch method at room temperature. Langmuir, Freundlich and D-R Isotherm models have been calculated for this study. In addition, kinetic studies were performed and it was found that the system was better fitted to the pseudo second order kinetic model. Scanning electron microscopy (SEM) images were used to determine the morphological properties of the fig shells. Indian fig shells have been found to be effective adsorbents for the removal of methylene blue.

Keywords: Methylene blue, Adsorption, SEM

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince tez çalışmamın hazırlanması ve tamamlanmasına kadar olan sürede engin deneyim ve bilgisinden yararlanma olanağı sunan, tecrübelerini benimle paylaşan hiç bir durumda anlayış ve hoşgörüsünü esirgemeyen saygı değer hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI'ya sonsuz teşekkürlerimi ve minnettarlığımı sunarım.

Labaratuvar çalışmalarımnda yardımlarından dolayı Sayın Doç.Dr. Ramazan ÇOŐKUN'a şükranlarımı bir borç bilirim.

Öğrenim hayatım boyunca sürekli yanımda olan her durumda beni destekleyen canım annem Halime YÜCEL' e canım babam Mehmet YÜCEL'e ve canım kocam Murat TAPAN'a sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. Bu süre zarfında yanımda olan arkadaşım AYSUN TETİK , Ayşe AK , Fatma KARADAĞ , Ferhat TURAN'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Kimyasal ve Fiziksel Adsorpsiyonun Karşılaştırılması.....	5
Tablo 2.2: RL (Dağılma) Sabiti Değerleri ve İzoterm Tipleri	8
Tablo 2.3: Methylene Blue fiziksel özellikleri aşağıdaki gibidir.....	16
Tablo 4.1: Methylene blue'nun kimyasal yapısı ve özellikleri	22
Tablo 4.2: Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cihazlar.....	23
Tablo 5.1: Langmuir-Freundlich İzoterm Katsayıları.....	28
Tablo 5.2: Literatürde bazı adsorbanlarla çeşitli boyar maddelerin adsorpsiyonun dan elde edilen adsorpsiyon kapasitelerinin karşılaştırılması.....	28
Tablo 5.3: Metilen Mavisi İçin Yalancı İkinci Derece Kinetik Model Değerleri.....	31
Tablo 5.4: Metilen Mavisi İçin Weber-Marris Değerleri.....	32

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Adsorbent içerisinde ve yüzeyinde partikül ve film difüzyonu.....	3
Şekil 2.2: Çözelti İçerisinde Adsorban Partikülü.....	4
Şekil 2.3: Hint İnciri Görüntüsü.....	12
Şekil 2.4: Hint İnciri Kabuğunun Soyulma Görüntüsü.....	13
Şekil 2.5: Hint inciri Kabuğunun Güneş Işınları ile Kurutulması.....	13
Şekil 2.6: Methylene Blue Molekülünün Açık Formülü	16
Şekil 2.7: Lökomalaset Yeşilive Malachite Green'in Karbinol Yapısı Formunun Kimyasal Yapısı.....	17
Şekil 5.1: Hint İnciri Kabuğunun 2.000 Büyütmedeki Boyasız SEM Görüntüsü.....	24
Şekil 5.2: Hint İnciri Kabuğunun 2.000 Büyütmedeki Boyalı SEM Görüntüsü.....	25
Şekil 5.3: Hint İnciri Kabuğunun Adsorpsiyona pH Etkisi (Adsorban Miktarı:0,3 gram $C_i=100\text{mg/L}$, $t=24$ saat, $T=25^\circ\text{C}$).....	26
Şekil 5.4: Metilen Mavisi Adsorpsiyonuna Konsantrasyon Etkisi (Adsorban Miktarı: 0,3 gram, $t=12$ saat).....	27
Şekil 5.5: Langmuir İzotermi ($\text{pH}:8$, $T=25^\circ\text{C}$, $t=12\text{saat}$).....	28
Şekil 5.6: Freundlich İzotermi ($\text{pH}:8$, $T=25^\circ\text{C}$, $t=12\text{saat}$).....	29
Şekil 5.7: (D-R) İzotermi ($\text{pH}:8$).....	30
Şekil 5.8: Adsorpsiyon Kinetiğine Sürenin Etkisi ($\text{pH}:8$).....	30
Şekil 5.9: Sözde İkinci Mertebe Kinetik Model ($\text{pH}:8$).....	32
Şekil 5.10: İntrapartikül Difüzyonunda Metilen Mavisi Parselleri.....	33

1.GİRİŞ

Endüstriyel gelişmeler sebebiyle gün geçtikçe çevre kirlenmesi artmaktadır. Organik ve inorganik maddeler su arıtım tesislerinde bir çok işlemde geçerek parçalanmalara sebep olmaktadır. Boyar maddelerin parçalanmaları sonucu ortaya çıkan boyar madde parçaları daha toksik (zehirli) maddeler olabilmektedir. Boyar madde haricindeki çoğu kirleticiler kimyasal ve fiziksel metodlarla giderilmektedir [1,2,3]. Son zamanlarda tekstil endüstrilerinde atık su arıtımı sadece toksik (zehirli) maddeler yüzünden yapılmamaktadır. Bununla birlikte sudaki bulanıklığı giderme amacıyla da atık su arıtma işlemi yapılmaktadır [4]. İçerisinde inorganik maddeler , kimyasal organik ve boyar maddeler de bulunmaktadır. Bundan dolayı atık suların arıtılması çok zor olup maliyeti fazladır. Tekstil ürünlerinde kullanılan boyar maddeler farklı tiplerdedir. Bazik, asidik, azo, pigment vb olarak sınıflandırılır. Bu maddelerin kimyasal yapıları da birbirinden farklıdır [5]. Adsorpsiyon atık suların giderilmesinde kullanılan en önemli metodlardan biridir. Sebebi ise endüstriyel proseslerin organik içerikli atık suların arıtılmasında ve ayrılmasında kullanılmasından dolayıdır. Tekstil endüstriyel atık su rafinelerinde arıtılacak olan renkli-renksiz organik kirleticilerin giderilmesinde en yüksek verimi alabilmek ve bu süreci kısaltabilmek adına kullanılan adsorpsiyon metodları için uygun adsorbanların kullanılması gerekmektedir. Adsorbanların en iyisi olarak bilinen reçine ve aktif karbonların maliyetlerinin yüksek olması, bununla birlikte kullanımlarda geri yıkama gereksinimlerinden dolayı olumsuz etkileri de bulunmaktadır [6,10].

Bu konularda çalışma gösteren bazı araştırmacılar daha uygun maliyetli olan adsorbanlar bularak çalışmalarına devam etmişlerdir. Kestane kabuğu[11], Mısır kocağı[12], Montmorillonit ile sepiyolit/metil green [13], Turunçgil kabuğu [14], Zeytin atığı(pirina) [15], Doğal zeolit /bazik boya [10], Yer fıstığı kabuğu [16], balık kılıcı [17], Hurma Salkımı [18,19] bunlar boyar maddelerin giderimi için kullanılan adsorbanların bir kaçıdır.

Bu çalışmanın amacı, tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan methylene blue boyar maddesinin bitkisel bir adsorban kullanılarak adsorpsiyon yöntemiyle gideriminin araştırılmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Adsorpsiyon

2.1.1.Tanım

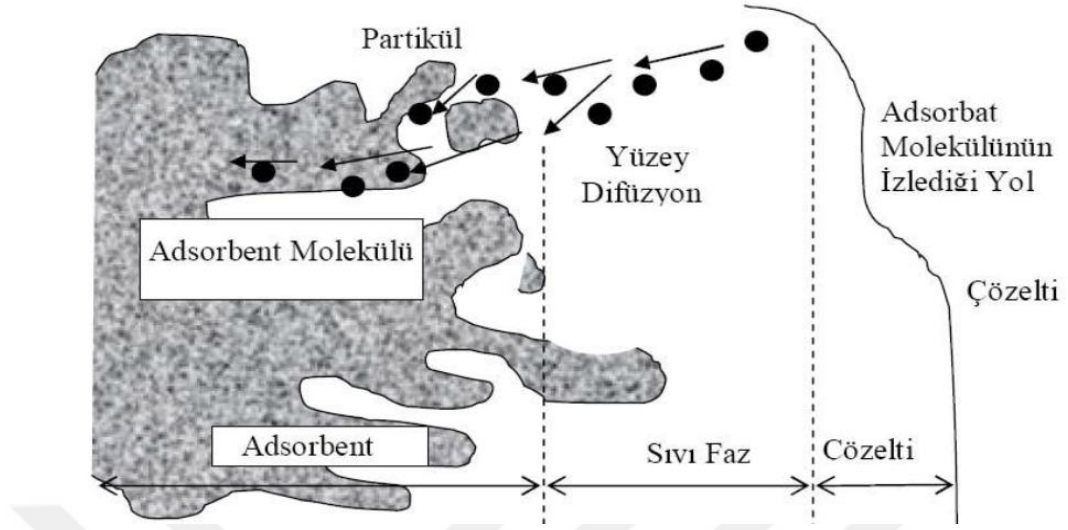
Ara yüzeydeki veya iki faz arasındaki yüzeyde bileşenlerin tutunduğu durum olarak adlandırılır. Fazlar sıvı-sıvı , sıvı-gaz , sıvı-katı, katı-sıvı olabilir. Adsorban ise adsorplayıcı olarak tanımlanırken adsorbat adsorplanan olarak adlandırılan faza denir [20].

2.1.2. Adsorpsiyonun Oluşum Mekanizması

Adsorpsiyon olayı katı bir yüzeydeki gazın teması veya çözücüdeki çözünen madde ile adsorpsiyon durumunun gerçekleşmesidir. Moleküller veya atomların içe doğru çeken kuvvetler dışa doğru çeken kuvvetlerden daha büyüktür. Bundan dolayı küçülme eğilimi ve daralma eğilimi molekülü aşağı çeken kuvvet yüzeyde bulunmaktadır [20]. Bu olaydan dolayı sistemin yüzey enerjisi azalacaktır.

Adsorpsiyonun oluşması için Şekil 2.1 'de gösterildiği gibi 3 durumun gerçekleşmesi gerekmektedir.

- Birincisi, adsorplanmış olan maddenin adsorplayıcının dış yüzeyine film şeridi gibi taşınımı (film difüzyonu)
- İkincisi , adsorplayıcı görevindeki gözenekler içindeki yayınımdır (gözenek difüzyonu).
- Üçüncüsü ise adsorplanma olarak maddenin adsorplayıcı gözeneklere tutunması gerçekleşir. Bu durum diğer durumlara göre daha hızlı gerçekleşir [21].

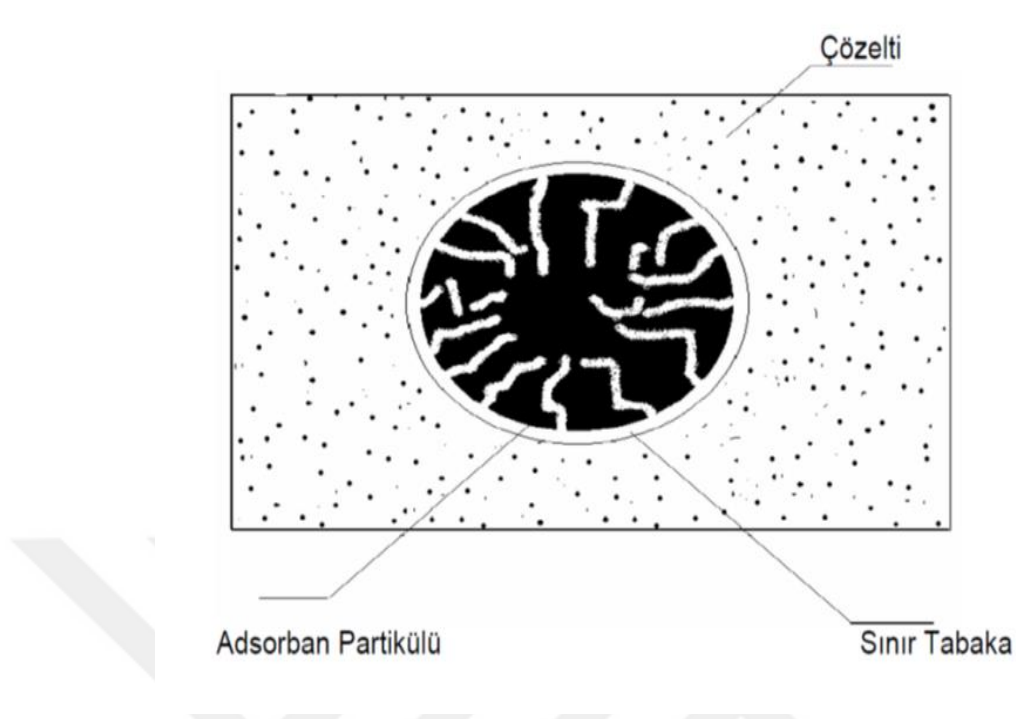


Şekil 2.1. Adsorbent İçerisinde ve Yüzeyinde Partikül ve Film Difüzyonu
[21]

2.1.3. Adsorpsiyon Türleri

Adsorplayıcı yüzey ile adsorplanan moleküller arasındaki çekim kuvvetlerine göre 3 farklı adsorpsiyon türü vardır.

Adsorban partikülünün çözelti içinde bulunduğu durum Şekil 2.2'de gösterilmiştir [22].



Şekil 2.2.Çözelti İçerisinde Adsorban Partikülü [22]

2.1.3.1. Fiziksel Adsorpsiyon

Genellikle düşük sıcaklık durumlarında meydana gelen, fiziksel çekim kuvvetlerinin etkilediği ve kendiliğinden oluşan bir olaydır. Sıcaklık arttıkça fiziksel adsorpsiyonda azalma gözlemlenir. Adsorplayıcı ile adsorplanan madde arasındaki bağı Van der Waals kuvvetleri sağlamaktadır.

2.1.3.2. Kimyasal Adsorpsiyon

Adsorplanan madde ile adsorplayan maddelerin arasında kimyasal bağlanma bulunmaktadır. Bu maddelere göre kimyasal bağın uzunluğu değişmektedir. Açığa çıkan adsorpsiyon ısı fiziksel adsorpsiyon da 10 kcal/mol'ün altında kalırken, kimyasal adsorpsiyonda bu ısı 40kcal/mol'dür. Bu değerler kesin olmamakla birlikte fiziksel adsorpsiyonlarda dar gözenekli adsorbanlarda bu ısı 10kcal/mol'dan daha fazla olabilir. Bununla birlikte kimyasal adsorpsiyonlar da oluşan adsorpsiyon ısı da değişiklik gösterebilir [23].

Tablo 2.1.'de fiziksel adsorpsiyon ve kimyasal adsorpsiyon arasındaki farkları gösterilmektedir.

Tablo2.1.Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyonun Karşılaştırılması [23]

Parametre	Kimyasal Adsorpsiyon	Fiziksel Adsorpsiyon
Adsorban	Bazı Katılar	Tüm Katılar
Adsorbat	Kimyasal Olarak Reaktif Bazı Gazlar	Kritik Sıcaklık Altında Gazlar
Adsorpsiyon Isısı	Yüksek	Düşük
Sıcaklık Aralığı	Yüksek Sıcaklık	Düşük Sıcaklık
Aktivasyon Enerjisi	Aktifleşmemiş : Düşük Aktifleşmiş:Yüksek	Düşük
Yüzey Örtme	Tek Tabakalı	Çok Tabakalı
Tersinirlik	Sıcaklıkla Tersinmez	Yüksek Oranda Tersinir
Bağ kuvvetleri	Moleküller içinde (Kimyasal Bağlar)	Moleküller arası (Van Der Waals)
Entalpi etkisi	Çoğunlukla ekzotermik Reaksiyonları derecesinde	Daima ekzotermik Yoğunlaşma derecesinde
Önemi	Aktif Merkez Alan Tayini Yüzey Reaksiyon	Gözeneklerin boyutu Yüzey Alanı Tayini

2.1.3.3. İyonik Adsorpsiyon

Adsorplanan ve adsorplayıcı arasında bir elektrostatik çekim kuvveti bulunmaktadır. Bu kuvvetlerin etkisi ile iyonlar yüzeydeki yüklü bölgelere tutunması olayına denmektedir. Adsorplayıcı ve adsorplanan maddelerin zıt elektrik yükü olmaları ve yüzeylerin birbirini çekmesi çok önemlidir. Adsorplanmanın iyi olması için elektrik yükünün fazla ve küçük çaplı iyonlar olması gerekmektedir [20,24].

2.1.4. Adsorpsiyon Prosesinin Kullanıldığı Yerler

Adsorpsiyonun kullanıldığı prosesler aşağıda maddeler halinde ifade edilmiştir [25].

- Buharların gazlardan ayrılma durumu,
- Sıvıların renginin giderilmesi
- Giderilmesi ve daha sonra saydamlaştırılması,
- Gazların gazlardan ayrılması,

- Suyun sertliğinin giderilmesi,
- Tıpta sıvılarda çözülmüş durumda olan zehirli maddelerin ayrılması,
- Fraksiyonlama işlemleri,
- Sıvılarda çözülmüş haldeki gazların ve kolloidal taneciklerin ayrılması,

2.1.5. Adsorpsiyonu Etkileyen Parametreler

Adsorpsiyon prosesini etkileyen en önemli parametreler aşağıda sıralanmıştır [26].

2.1.5.1. pH

Adsorpsiyon olayında pH değeri önemli bir etkidir. Ortamın pH 'sı adsorpsiyonun büyüklüğünü önemli bir derecede etkileyebilir. H^+ ve OH^- iyonların kuvvetli bir şekilde adsorplanmalarından kaynaklı, çözeltinin pH'sından diğer iyonların adsorpsiyonu etkilemektedir. Adsorpsiyon asidik ve bazik durumundaki bileşiklerin iyonlaşma derecesinde de etkili olmaktadır.

2.1.5.2. Sıcaklık

Çoğu zaman adsorpsiyon işlemi ortamı ısıtan, ortama ısı veren (ekzotermik) olaylardır. Adsorpsiyonda sıcaklık önemli bir kriterdir. Bununla beraber sıcaklık arttıkça reaksiyon hızında da bir artış gözlemlenmektedir.

2.1.5.3. Adsorban Temas Süresi

Temas süresi adsorpsiyonun hızını ve miktarını önemli derecede etkilemektedir. Yüzey alanı büyüdükçe adsorplanma miktarında da bir artış gözlemlenmektedir [27].

2.1.5.4. Adsorbat ve Çözücü Özellikleri

Hidrofobik (suda az çözünebilen) yapılara sahip olan adsorbanlarda , çözünen maddenin sudaki çözünme durumu ile adsorpsiyon arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Çözünürlük durumu arttıkça çözücü-çözünen bağı kuvvetlenmektedir. Bu kuvvetlenmeden dolayı adsorpsiyon derecesinde bir düşüş durumu gözlemlenmektedir.

2.2. Adsorpsiyon İzotermi

Sabit sıcaklıkta adsorplanan maddenin miktarı ile denge derişimi arasında bulunan bağıntılara adsorpsiyon izotermi olarak adlandırılır.

Adsorpsiyon izotermelerini matematiksel olarak anlatan birçok model vardır. Bunlar aşağıda sıralanmaktadır [28].

- Langmuir izoterm denklemi
- Freundlich izoterm denklemi

- Brunauer–Emmett–Teller (BET) izoterm denklemi
- Dubinin–Radushkevich–Kagener (DRK) izoterm denklemi [47].

2.2.1. Langmuir İzotermi

En basit tek tabaka adsorpsiyonudur.

1. Adsorbent yüzeyi homojendir.
2. Bütün noktalar aynı adsorpsiyon akvivitesinde bulunmaktadır.
3. Adsorpsiyon tek tabaka halinde yüzeyde oluşmaktadır.
4. Adsorplanmış birim yüzeydeki madde miktarı adsorpsiyon hızını etkilememektedir.[28]
5. Adsorbe olan moleküller birbirleri arasında etkileşim ve rekabet yoktur.[23]

Langmuir modeli aşağıdaki denklemle ifade edilmektedir.

$$q_e = \frac{Q_{ob}C_e}{1+bC_e} \quad (1.1)$$

Bu denklemin lineer hali

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{bQ_o} + \frac{C_e}{Q_o} \quad (1.2)$$

Bu eşitlikte;

q_e : Adsorbantın birim kütlede oluşan adsorplanan madde miktarı (mg/g adsorbant),

C_e : Adsorpsiyondan sonra çözültide bulunan maddenin konsantrasyonu (mg/L),

a_L : Adsorpsiyon enerjisini ifade eden Langmuir sabiti (L/mg),

K_L : Adsorbat'ın adsorptivitesine bağlı olan sabit. (l/g),

Q_{max} : Adsorpsiyon kapasitesini gösteren Langmuir sabiti (mg/g)'dir.

C_e/q_e nin, C_e değerine karşı çizilen lineer grafiğin eğimi a_L/K_L kesişimi ise $1/K_L$ 'a eşittir. Q_o değeri eğimden, b değeri ise kesişimden hesaplanır [29,30].

Tablo 2.2. R_L (Dağılma) Sabiti Değerleri ve İzoterm Tipleri Tabloda Gösterilmiştir.

R_L (Dağılma Sabiti)	İzoterm Tipi
$R_L=1$	Lineer
$R_L>1$	Uygun Olmayan
$0<R_L<1$	Uygun
$R_L=0$	Tersinmez

2.2.2. Freundlich İzotermi

Heterojen yüzeyde gerçekleşen tersinir ve fiziksel olan bir adsorpsiyonu gösterir Freundlich eşitliği aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \quad (1.3)$$

q_e : Birim adsorban üzerinde adsorplanan madde miktarı (mg/g)

K_F : Deneysel hesaplanan adsorpsiyonun kapasitesi.

C_e : Adsorpsiyondan sonra çözeltide bulunan maddenin konsantrasyonu (mg/L)

n : Adsorpsiyonun yoğunluğu.

Bu eşitlikte K_F ve n sabitleri sıcaklığa bağlıken, adsorbent ile adsorbat ise maddeye bağlıdır. n 'nin değeri 1-10 aralığının da olmalıdır. Denklem 1.3' in lineer hali aşağıda gösterilmektedir. Bu denklem (1.3)'te verilen eşitliğin iki tarafının da logaritması alınarak doğrusal hale getirilmesiyle (1.4) elde edilmiştir.

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (1.4)$$

Burada $\ln q_e$ 'nin $\ln C_e$ 'ye karşı çizilen doğrusal grafiğin eğiminden n değeri hesaplanırken, kesişiminden ise K_F değeri hesaplanmaktadır [31].

2.2.3. Dubinin-Radushkevich (D-R) Adsorpsiyon İzotermi

Adsorpsiyon enerjisini hesaplamak için kullanılmaktadır. Adsorpsiyon enerjisinin bulunması için bu izotermin eğiminden yararlanılır. Adsorpsiyon potansiyeli A ile uyumlu bir eşitlik ortaya çıkmıştır.

$$A = RT \ln \left(\frac{C_0}{C} \right) = -\Delta G \quad (1.5)$$

T: Mutlak sıcaklık İfadesi

R: Gaz Sabiti İfadesi

ΔG : Gibbs serbest enerjisi

$\frac{C_0}{C}$: Bağıl konsantrasyon

(D-R) eşitliği şu şekilde gösterilmiştir;

$$X = X_m e^{-\left(\frac{A}{\beta E}\right)^2} \quad (1.6)$$

E: Adsorpsiyon enerjisi ifadesi (kJ/mol)

X_m : 1 gram adsorban tarafından adsorplanan madde miktarını gösterir (mol/g)

β : Çözeltiye ait afinite katsayısını gösterir.

Yukarıdaki ifadelerin doğrusal şekli;

$$\ln X = \ln X_m - \left(\frac{RT}{\beta E}\right)^2 \left(\frac{\ln^2 C_0}{C_d}\right) \quad (1.7)$$

$\ln X$ ile $\ln^2 \frac{C_0}{C}$ arasında bir grafik çizilir, bu grafikte belli konsantrasyon aralığında doğru elde edilirken bazı durumlarda da elde edilmeyebilir [42,43,44].

$$\ln X = \ln X_m - \left(\frac{1}{\beta E}\right)^2 \left(\frac{R^2 T^2 \ln^2 C_0}{C_d}\right) \quad (1.8)$$

$$\varepsilon = RT \ln \left(1 + \frac{1}{C_d}\right) \quad (1.9)$$

$$K = X_m e^{-K\varepsilon^2} \quad (1.10)$$

yukarıdaki eşitliğin doğrusal şekli;

$$\ln X = \ln X_m - K\varepsilon^2 \quad (1.11)$$

$\ln X$ ile ε^2 arasında bir grafik çizilir. Bu grafikte elde edilen doğruların eğiminden , adsorban kapasitesi (X_m) veyakıma noktasından ise adsorpsiyon enerji sabiti (K) elde edilir.

2.3. Adsorpsiyon Kinetiği

Adsorpsiyon kinetiği adsorpsiyon hızını kontrol edecek olan basamaklardan sadece biridir. Adsorpsiyonun hız ve mekanizmasını araştırmak üzere birçok farklı kinetik modeller bulunmaktadır. Dört şekilde ifade edilir[33,34,35].

- ❖ Film tabakasından adsorban maddenin yüzeyine taşınımı,
- ❖ Yüzeyden içerideki aktif merkezlere aktarımı

- ❖ Aktif merkezlere bağlanması
- ❖ En sonunda kirletici adsorbanın gözenek yüzeyine tutunur.

Adsorpsiyon hızını oluşturan basamak en yavaş basamak olarak görülürse adsorban hareketsiz fazda bulunmaktadır. Akışkanın hareket hızı arttıkça adsorpsiyon hızı artmaktadır [30,34,36].

$$-kt = 2.303 \log \frac{C_t}{C_0} \quad (1.12)$$

Adsorpsiyonda sınır tabakası difüzyonunun etkisinin olup olmadığı belirlenir. Sınır tabakası difüzyonunun etkisinin ne kadar olduğunu anlamak için bir grafik çizilerek çizilen eğrinin doğrusallığının 1'e yakınlığına bakılır. 1'e ne kadar yakınsa o izoterme uygunluk o kadar fazla olmaktadır.

k : Sınır tabakası difüzyonu sabiti (zaman⁻¹)

C_t : Her bir temas zamanından sonra çözeltide kalan adsorbat derişimi (mg/L)

C_0 : Başlangıçtaki adsorbat derişimi ifadesi (mg/L)

$$k_p = \frac{q_t}{t^{0.5}} \quad (1.13)$$

k_p : Parçacık içindeki difüzyonun hız sabiti (mg/g dakika^{0.5})

q_t : t zamanında oluşan birim adsorban üzerinde adsorplanan adsorbat miktarı ifadesi (mg/g)

t : zaman (dakika)

Adsorpsiyon hızını belirlemek için kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir [30,35,36,(38-42)].

Birinci derece Lagergren eşitliği:

$$\log \frac{(q_e - q_t)}{q_e} = -\frac{k_{1,ad} t}{2.303} \quad (1.14)$$

q_e : Herhangi bir zamandaki adsorbe edilmiş olan madde miktarı (mg/g)

$k_{1,ad}$: Lagergren adsorpsiyonun hız sabiti ifadesi (1/dakika)

q_e : Denge olduğu zaman adsorbeolan madde miktarı (mg/g)

Yalancı ikinci dereceden reaksiyon hız eşitliği:

$$\frac{t}{q_t} = \left[\frac{1}{k_{2,ad} q_{e,q}^2} \right] + \frac{1}{q_{e,d}} t \quad (1.15)$$

İkinci dereceden hız eşitliği:

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + kt \quad (1.16)$$

q_e : Denge olduğu zaman adsorbe olan madde miktarı ifadesi (mg/g)

q_{eq} : Hesaplanan, adsorbe edilen madde miktarı (mg/g)

q_t : Herhangi bir zamandaki adsorbe edilmiş olan madde miktarı (mg/g)

$k_{1,ad}$: Lagergren adsorpsiyon hız sabiti ifadesi (1/dakika)

$k_{2,ad}$: Yalancı ikinci dereceden adsorpsiyon hız sabiti ifadesi (g/mg.dakika)

k : İkinci dereceden oluşan adsorpsiyon hız sabiti ifadesi (g/mg.dakika)

Deneyle sayesinde grafikler çizilerek, bu grafikler yardımıyla adsorpsiyona en uygun adsorpsiyon hızı ve izotermi bulunmaktadır.

2.4. Adsorpsiyon Termodinamiği

Adsorpsiyonun kendiliğinden meydana gelmesi için ΔG° ve ΔH° değerleri negatif değerler olması gerekmektedir [43,44,45].

Termodinamik kimyasal yada fiziksel dönüşüm aşamasında sistemin entalpi, serbest enerji ve entropi değerlerini tayin ederek reaksiyon şartlarına bağlılığı incelenmektedir.

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \quad (1.17)$$

ΔS° : Entropi değişim ifadesi (kJ/mol K)

T : Mutlak sıcaklık (Kelvin)

Δ° : Serbest enerji değişimi, Gibbs serbest enerjisi ifadesi (kJ/mol)

ΔH° : Entalpi değişim ifadesi (kJ/mol)

Belirlenmiş bir sıcaklıkta uygulanan adsorpsiyon işleminin Gibbs serbest enerjisini belirlemek için denge sabiti olan K_c Denklem 1.18 uygulanarak hesaplanmaktadır [44,45,46].

$$K_C = \frac{C_d}{C_e} \quad (1.18)$$

C_e : Çözeltide bulunan madde konsantrasyonu (mg/l)

K_c : Denge sabiti ifadesi

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

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_c^\circ \quad (1.19)$$

(adsorpsiyonun Gibbs serbest enerjisi bulunur.)

$$\ln K_c^\circ = \frac{\Delta S^\circ - \Delta H^\circ}{R} \times \frac{1}{T} \quad (1.20)$$

bu denklem sonucunda ΔH° ve ΔS° bulunur. ΔH° pozitif ise endotermik adsorpsiyon, ΔG° negatif ise ekzotermik adsorpsiyon olarak ifade edilir.

R: Gaz sabiti ifadesi (8,314 J/mol K)

2.5 Hint İnciri (*Opuntia Ficus-İndica*)

Sıcak bölgelerde yetişen Latince adıyla *Opuntia ficus-indica* olan bir kaktüs türüdür. Birçok bölgemizde yetişirken özellikle Antalya, Adana ve Mersin illerinde yaygındır. Kaktüs türü olduğu için uzun süre susuzluğa dayanabilir. İncirin içinde çok sayıda çekirdek bulunmaktadır. İncir ne kadar çok kırmızı renge bürünürse o kadar olgunlaşmış demektir. Kabuk kısmında ince tüylü dikenler bulunmaktadır. Bu yüzden çıplak elle tutulması zordur. Dikenler vücuda değdiğinde acı ve kaşıntıya sebep olmaktadır.

Hint inciri (Dikenli incir) birçok hastalığa da şifa bulmada yardımcı olmaktadır. Öncelikle sindirim sistemini düzenler, bağırsakları düzenleyerek kabızlığı önlemektedir. Şeker hastalarına da iyi gelmektedir. Bununla birlikte yangını önleyici özelliği vardır.



Şekil 2.3. Hint İnciri Görüntüsü



Şekil 2.4.Hint İnciri Kabuğunun Soyulma Görüntüsü



Şekil 2.5.Hint İnciri Kabuğunun Güneş Işınları İle Kurutulması

2.6. Boya ve Boyar Maddeler

Cisimlerin yüzey kısımlarının dış etkenlerden korunması ve güzel bir görünüm kazanması için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere boya adı verilmektedir. Boyalar genellikle anorganik yapıdadır. Fakat organik yapıda olanları da bulunmaktadır.

Materyale kendiliğinden ya da reaksiyon maddeleri sayesinde afinitesi olan , renk veren maddelere boyar madde denilmektedir. Fakat renkli olan veren renk veren her madde boyar madde değildir. Tüm boyar maddeler organik bileşiklerdir[11].

En önemli özelliği 400nm ile 700nm arasındaki görünen ışığı alarak o ışığı adsorbe ederler. Bu yetenekli maddeler boyar maddeler olarak ifade edilmektedir.

İki belirli bileşenlerden oluşan bu boyaların hidrokarbonları renksizdir. Fakat bunlara doymamış gruplar bağlandığında renkli olarak görünüm sağlamaktadırlar [48].

2.6.1. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması

Boyama özellikleri, kimyasal yapıları ve çözünürlükleri gibi çeşitli karakteristik özelliklerinden dolayı sınıflandırılırlar.

2.6.1.1. Boyama Özelliklerine Göre Boyar Maddeler

- Reaktif boyar madde
- Asit boyar madde
- Direkt boyar madde
- Bazik boyar madde
- Metal-Kompleks boyar madde
- Mordan boyar madde
- Pigment boyar madde
- Küp boyar madde
- Dispers boyar madde [15]

2.6.1.2. Kimyasal Yapılarına Göre Boyar Maddeler

- ✓ Polimetin boyar Madde
- ✓ Azo (18) annulen boyar madde
- ✓ Kükürt boyar madde
- ✓ Azo boyar madde
- ✓ Karbonil boyar madde
- ✓ Nitro ve nitrozo boyar madde
- ✓ Arilmetin boyar madde [15]

2.6.1.3. Çözünürlüklerine Göre Boyar Maddeler

Suda çözünen ve suda çözünmeyen olarak iki gruba ayrılır.

2.6.1.3.1. Suda Çözünmeyen Boyar Maddeler

- Geçici çözünürlüğü olan boyar maddeler
- Polikandenzasyon boyar maddeler
- Pigmentler boyar madde
- Organik çözücülerde çözünen boyar maddeler
- Elyaf içinde oluşturulan boyar maddeler
- Substratta çözünen boyar maddeler [15]

2.6.1.3.2. Suda Çözünen Boyar Maddeler

En az bir tane tuz oluşturabilen boyar madde molekülleridir. Suda çözünen boyar maddeler aşağıda verilmiştir.

- Zwitter iyon karakterli boyar madde
- Katyonik çözünen boyar madde
- Anyonik çözünen boyar madde [49]

2.6.2. Boyar Maddelerin Kullanım Alanları

Boyar madde kullanım alanları dünyada ve özellikle sentetik üreten ülkemizde ihtiyacı git gide artmaktadır. Özellikle sentetik boyaların %80'i tekstil sanayisinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte ilaç, gıda, plastik, deri, otomotiv, kereste sanayi, inşaat, porselen, selüloz ve kağıt sanayisi, cam, güzel sanatlar ve matbaacılık gibi geniş alanlarda sentetik boyalar kullanılmaktadır[50].

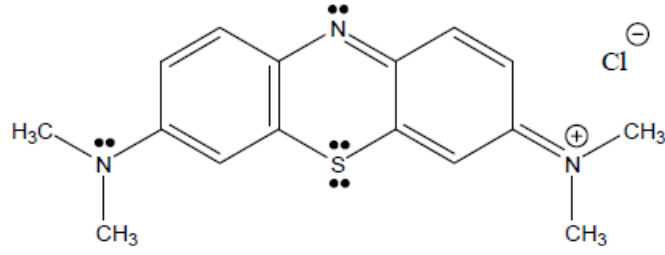
2.6.3. Boyar Maddelerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Boyar madde bulunan atık sular doğal sulara karıştıkları zaman ışığın yansımaya sebep oldukları için ışık suya giremez böylelikle sudaki doğal ekolojik dengeyi bozmaktadır. Bu durumda sudaki çözünmüş oksijen seviyesi azalarak aerobik organizmaları olumsuz etkiler. Doğal sulardaki canlılar bu kirlilikten dolayı olumsuz etkilenirler hatta çoğunlukla ölümler olmaktadır. Boyalar çevreye verdiği olumsuz etkilerle birlikte insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Boyalar insanların üzerinde direk temas edildiğinde Mesane kanserine, cilt hastalıklarına ve alerjik rahatsızlıklara sebep olabilmektedir. Boyaların bir diğer zararlı etkisi de göze temas etmesinin yanı sıra boyaların kokusunu solumaları sonucunda özellikle alkali boyaların görme durumunu etkileme hatta kör olmalarına sebep olmaktadır [51].

2.7. Kullanılan Boyar Maddeler

2.7.1. Methylene Blue

Rengi koyu mavi olarak görünen, suyu kuvvetle tutan, etanol de ve kloroformda kolay çözünebilen bir boyar maddedir. Şekil 2.6'd MB molekülün açık formülü verilmiştir.



Şekil 2.6.Methylene Blue Molekülünün Açık Formülü

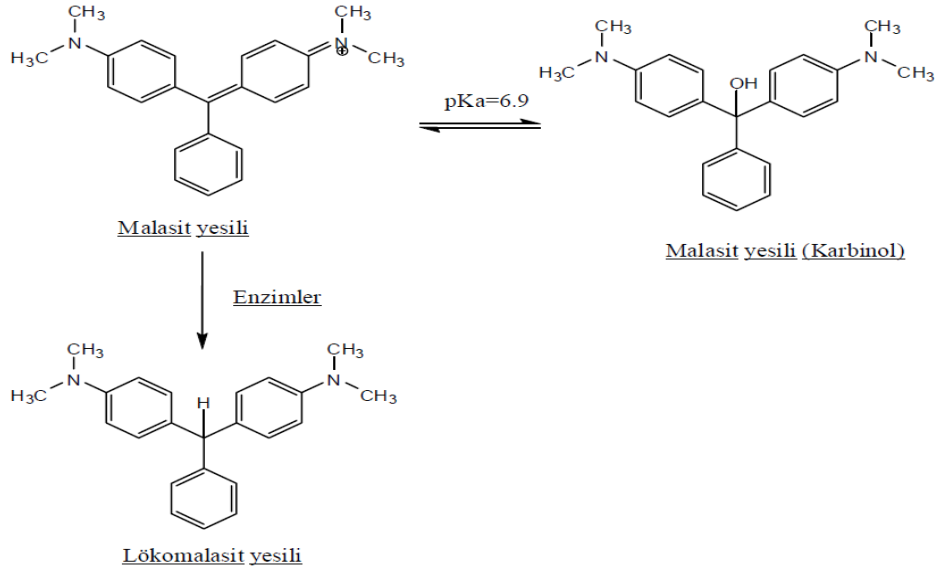
Tablo 2.3.Methylene Blue Fiziksel Özellikleri[11]

Suda Çözünürlük	%3,55
λ_{max}	665nm
Boya Grubu	Tiyazin
Sınıflandırma Numarası	52015
Alkolde Çözünürlük	% 1,48
Molekül Ağırlığı	319,9 g/mol
İyonizasyon	Asidik

2.7.2. Malachite Green

Tekstil sanayisinde Akrilik elyaf ve deri boyanmasında kullanılır. Bunun yanı sıra kağıt sanayisinde ve su ürünlerinde de kullanılmaktadır. Rengi de adın da geçtiği gibi yeşil renktedir. IUPAC adı: 4-[(4-dimetilaminofenil)-fenilmetil]- N,Ndimetil-anilin'dir.

Kullanılan Machite Green'in çeşitlilik göstermesinin sebebi Malachite Green'in farklı tuzlar şeklinde bulunmasıdır. Malachite Green'in tuz ve karbinol formu olmak üzere iki iyonik formu bulunmaktadır. Bu form ile enzim ortamdaki lökomalachite formu oluşmaktadır. Şekil 2.7'de Lökomalasit Yeşili ve Malachite Green'in Karbinol yapısı verilmiştir.



Şekil 2.7.Lökomalasit YeşiliveMalachite Green'in Karbinol Yapısı Formunun Kimyasal Yapısı [21].

3.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Teknoloji geliştikçe endüstriyel atık sularda başlı başına bir sorun olmuştur. Adsorpsiyon amaçlı kullanılan aktif karbonların düşük maliyetle üretilmesi gerekmektedir. Biyokütle bakımından büyük olan atıklar aktif karbon haline getirilerek çevrede oluşan kirliliği en az seviyeye indirmektedir. Bu çalışmada demlenmiş çay kullanılmıştır. Çaydan elde edilen aktif karbonun BET yüzey alanı, başlangıç maddesi 658, 3718 m²/g olarak elde edilmiştir. Deneylerde çay bitkisinin fabrikada işlem görmüş kuru çaydan, çayın demlenmiş ve demlenmemiş hali üzerinde deneyler yapılmıştır. Bu deneyler de farklı derişim , çözeltili ve gaz koşulları altında hesaplanarak en büyük yüzey alanı aktif karbon üzerinde, metilen mavisinin farklı derişim, aktif karbon ve sıcaklığa bağlı olarak derişim gösteren adsorplama miktarı incelenmiştir. Bunların yanı sıra adsorpsiyona etki eden sıcaklık, pH ve başlangıç boyar madde konsantrasyonunun etkileri de incelenmiştir. Sonuç olarak da bulunan verilerin Langmuir ve Freundlich izotermlere uygunluğu incelenmiştir [23].

Bu çalışmada üç, dört ve beş aromatik halkalara sahip olan RBS, MG ve RR198 boyar maddelerin foto-katalitik oksidasyon yöntemleriyle uzaklaştırılması araştırılmıştır. Boyar maddelerin en iyi parçalandığı pH araştırılmış buna bağlı olarak da MG'nin analiz sisteminde pH 7'de, rutil sistemde pH 3'te ve foto-katalizör olarak da ZnO'nun kullanıldığı sistemlerde ise pH 3'te en iyi parçalanma olduğu tespit edilmiştir. RR198, MG ve RB5'in Foto-katalitik oksidasyonu Hinshelwood-Langmuir(H-L) kinetik modeline başarılı bir şekilde uygulanmıştır [52].

Çalışmada elma kabuğu ve Pleurotus ostreatus'un metilen mavisi biyosorpsiyonu üzerine boya konsantrasyonu, pH, biyosorbent miktarı, sıcaklık ve denge temas süresi incelenmiştir. Bu veriler Ho-Mckay, Weber-Marris, Lagergren kinetik modellerine Langmuir ve Freundlich gibi adsorpsiyon izotermleri uygulanmıştır. Uygulama sonucu adsorpsiyon kinetiğinin Ho-Mckay'a uyduğu, izotermlerin ise Langmuire uyduğu bulunmuştur [49].

Biyosorplayıcı olarak maydanoz sapları, salatalık ve karpuz çekirdeği kabukları gibi bitkisel atıklar kullanılmıştır. Adsorplanan madde olarak da metilen mavisi (katyonik), reaktif siyah 5 (anyonik) ve direkt mavi 71 (anyonik) bakır ve kurşun kullanılmaktadır. Uzaklaştırma durumunu incelemek için pH, derişim, zaman,

sıcaklık ve iyonik kuvvet etkileri incelenmiştir. Denge modellemesi ile adsorpsiyon kinetiği için farklı sıcaklıklarda izoterm ile kinetik çalışılmıştır. Biyosorplayıcıların sulu çözeltilerden katyonik boyar maddeler, metilen mavisi ile ağır metallerin (Pb ve Cu) uzaklaştırılmasında düşük maliyetli adsorplayıcı olarak kullanılabilceği belirlenmiştir. Anyonik kirleticilerin uzaklaştırılmasında önemli olan yüzeyin modifiye edilmesi gerektiği anlaşılmıştır [53].

Sulu çözeltiden boyar madde giderimi ile adsorpsiyon yöntemleri çalışılmış, adsorban olarak da pirina kullanılmıştır. En iyi verim elde edilebilmesi için hız, pH, sıcaklığa, süreye bağlı olarak çalışılmıştır. Boyar maddeler olarak Kristal Violet ile metilen mavisi kullanılmıştır. Metilen mavisi için; optimum doz 175mg/200ml, optimum hız 250rpm, optimum süre 60 dakika, optimum pH 10ve opt. sıcaklık 25⁰C olarak belirlenmiştir. Verim Kristal Violet için %93, metilen mavisi için % 91 olarak elde edilmiştir [54].

Değerli bir maden olan Bor minerali atık su arıtımında kullanılmıştır. Adsorban olarak Hidroklorit asit (HCl) ile modifiye edilmiş bor zenginleştirme atığı, bor zenginleştirme atığı (liç atığı), HCl+Ultras ses ile modifiye edilmiş bor zenginleştirme atığı ve Ultras ses ile modifiye edilmiş bor zenginleştirme atığı kullanılarak sulu çözeltilerden renk giderimi araştırılmıştır. XRD, SEM, FTIR analizleri yapılmıştır. Çalışmada adsorban dozu, karıştırma hızı, sıcaklığı ve boya konsantrasyon etkileri araştırılmıştır. Sentetik atık su hazırlarken metilen mavisi ile Malahit yeşili kullanılmıştır. Renk giderimi en düşük %72, en yüksek %92'ye kadar çıkmıştır. Elde edilen verilere göre bor zenginleştirme atığı, bor cevherinin ve modifikasyonların renk gideriminde kullanılabilirliği, yüksek verim elde edilebildiği belirlenmiştir [55]. Aktif karbon kestane kabuğundan hazırlanarak kullanılmıştır. Boyar madde olarak metilen mavisi kullanılarak sulu çözeltilerde giderim araştırılmıştır. Metilen mavisinin başlangıç konsantrasyonu, temas süresi, pH, sıcaklık gibi parametrelerin etkileri incelenerek, en iyi koşullar araştırılmış adsorpsiyon kinetiğinin yalancı ikinci mertebe kinetik modele uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Kestane kabuğundan oluşturulan aktif karbonun metilen mavisi giderimine uygun adsorban olduğu belirtilmiştir [11].

Adsorban olarak Kivi kabuğu kullanılarak Rhodamine B ve Metilen mavisi boyar maddesinin adsorpsiyonu olarak kullanılmıştır. Metilen mavisi, kivi kabuğu

biyosorbenti üzerine yapılan araştırmalarda, başlangıç boya konsantrasyonu, denge temas süresi, pH ve sıcaklık gibi etkiler incelenmiştir. Bu verilere Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermi ile Lagergren, Ho-Mckay, Weber-Morris kinetik modellerine uygulanmıştır. Adsorpsiyon izotermi olarak Metilen mavisi için Langmuire uyduğu, adsorpsiyon kinetiğinin Ho-Mckay'a uyduğu fakat Rhodamine B içinse adsorpsiyon kinetiğinin Freundlich'e uyduğu belirlenmiştir. Metilen mavisi ve RB'nin kivi kabuğu üzerine biyosorpsiyonu kivi için farklı sıcaklıklarda bulunan veriler termodinamik denklemlere uygulanarak termodinamik parametreler bulunmuştur [56].

Acid Blue 121 (AB121)'in atık olarak muz kabuğu (MK) adsorpsiyonuna ilk olarak sıcaklık, başlangıç boyar madde derişimi, pH, adsorbent derişimi incelenmiştir. Langmuir izotermine en iyi uyum sağlayan AB121'in MK'na adsorpsiyonu olarak bulunmuştur. AB121'nin MK'na adsorpsiyonu kinetiği yalancı ikinci mertebeye kinetik modeline uyduğu ve onunla temsil edilebileceğinin yanı sıra tanecik dışı difüzyon ve tanecik içi difüzyonun etkili olduğu bulunmuştur [57].

Katyonik boyar madde olarak bilinen Metilen mavisinin yalancı portakal(Maclura Pomifera) meyvesinin posası kullanılarak sulu çözeltilerin giderimi araştırılmıştır. Etil asetat ekstresinden uzaklaştırılarak elde edilen meyve posaları ilk önce kurutulup daha sonra öğütölmüştür. Katı/sıvı oranı, pH, sıcaklık, süre gibi etkiler incelenmiştir. Adsorplanan boya miktarının sıcaklık arttıka azaldığı, pH arttıka ise önce arttığı sonra kısmen azaldığı, adsorpsiyon dengesine ulaşması için 1 saatlik gibi bir sürenin yeterli olduğu bulunmuştur. Sonuca bakıldığında ise meyve posalarının %90'ı gibi yüksek giderim olabileceği ve alternatif adsorbentler olarak kullanılabileceği bulunmuştur [58].

Basic Blue 3'un gideriminin de polimerik sorbentler kullanılmıştır. Konsantrasyonları 100,500,1000 mg/L ve sıcaklık olarak da 20-50°C çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular Langmuir izoterm modelinde uygulanmıştır. Adsorpsiyonun en iyi kapasitesi 560,7 mg/g olarak bulunmuştur. Sonuca genel olarak bakıldığında sulu çözeltilerden ve atık sulardan Basic Blue 3 boyar maddesinin Lewatit MonoPlusSP 112 sorbentinde giderimin etkili olduğu bulunmuştur [59].

Sulu çözeltilerden Grayfurt kabuğu kullanılarak Reactive Blue 114'ün giderimi araştırılmıştır. Çalışmada bulunan sonuçlar Temkin, Freundlich ve Langmuir izoterm modellerine uygulanmıştır. Adsorpsiyon kapasitesinin maksimum durumu pH 2'de ve 303K sıcaklıkta 16mg/g olarak belirlenmiştir[60].

Boyar madde olarak Bazik mavi-16 maddesi kil üzerindeki adsorpsiyonu çalışılmıştır. Farklı pH larda adsorpsiyon ve farklı boya konsantrasyonlarında testler yapılmıştır. Bulunan sonuçta ise adsorpsiyonun elektrostatik etkileşimle olduğu anlaşılmıştır [61].

Bazik Mavi-3'ün giderimini incelemek için limondan elde edilen bir karışım kullanılmıştır. Sorbent dozu, süre, pH ve sıcaklık etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak da sıcaklık artış gösterdikçe adsorpsiyon kapasitesinin arttığını ileri sürülmüştür [62].

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

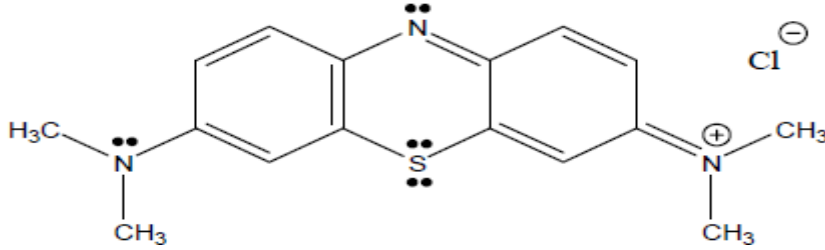
Çalışmada kullanılan methyleneblue boyar maddesi Carlo ErbaReagent firmasından satın alınmıştır. Bazik boyar madde olan methyleneblue'nun kimyasal formülü $C_{16}H_{18}ClN_3S$ 'dir. Methyleneblue'nun kimyasal yapısı ve özellikleri Tablo 4.1. 'de verilmiştir. Adsorpsiyon çalışmalarında NaOH ve HCl ortam pH'sının ayarlanması için kullanılmıştır.

Tablo 4.1. Methylene Blue'nin Kimyasal Yapısı Ve Özellikleri

Methylene blue

Moleküler ağırlık (g/mol) 319,85

Renk blue
 λ_{max} (nm) 665
Kimyasal formül $C_{16}H_{18}ClN_3S$



Hint inciri meyvesi Haziran- Temmuz aylarında Mersin'de bir tarım arazisinden toplanmıştır. İlk olarak meyveler kabuklarından ayrılmıştır. Kabuklar önce çeşme suyu ardından saf su ile yıkanmış, etüvde kurutulmuş ve mikser yardımıyla küçük parçalara ayrılarak homojen hale getirilmiştir.

Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cihazlar Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Laboratuvar Çalışmalarında Kullanılan Cihazlar

Adı	Markası	Bulunduğu Yer
Çalkalayıcı	VWR	YozgatBozok Üniversitesi
Etüv	Elektro. Mag. M6040 P	Yozgat Bozok Üniversitesi
SEM	FEI Quanta 450 FEG	Yozgat Bozok Üniversitesi
Buzdolabı	Altus	Yozgat Bozok Üniversitesi
PH Metre	WTW 82362 Weilheim	Yozgat Bozok Üniversitesi
Terazi	Precisa XB 220	Yozgat Bozok Üniversitesi
UV- Vis Spektrofotometre	Shimadzu 1208	Yozgat Bozok Üniversitesi
Santrifüj	Elektro. Mag. M 815 M	Yozgat Bozok Üniversitesi

4.2. Metod

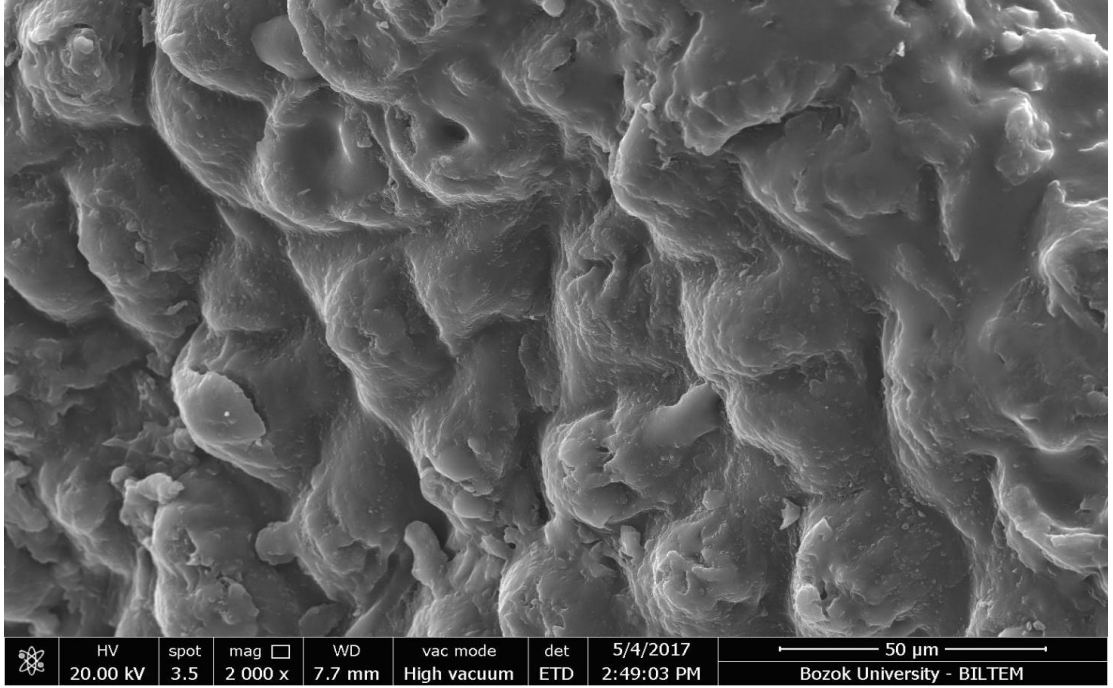
100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 ve 800 mg/L konsantrasyonlarda methylene blue çözeltileri hazırlanarak her birinden 30mL alınıp erlenlere konulmuştur. Her bir erlene 0,3 gram hint inciri kabuklarından ilave edilmiştir. Adsorpsiyon deneyleri mekanik çalkalayıcı yardımıyla (200 rpm) sürekli karışım sağlanarak 20 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon deneyleri sonrasında kalan boyar madde miktarı karışımın santrifüjlenip (400 rpm, 10dk) 665 nm dalga Uv-vis spektrofotometrede ölçülmesiyle tespit edilmiştir.

Uygunluk analizleri R^2 (en düşük kareler regresyonu) ile gösterilmiştir.

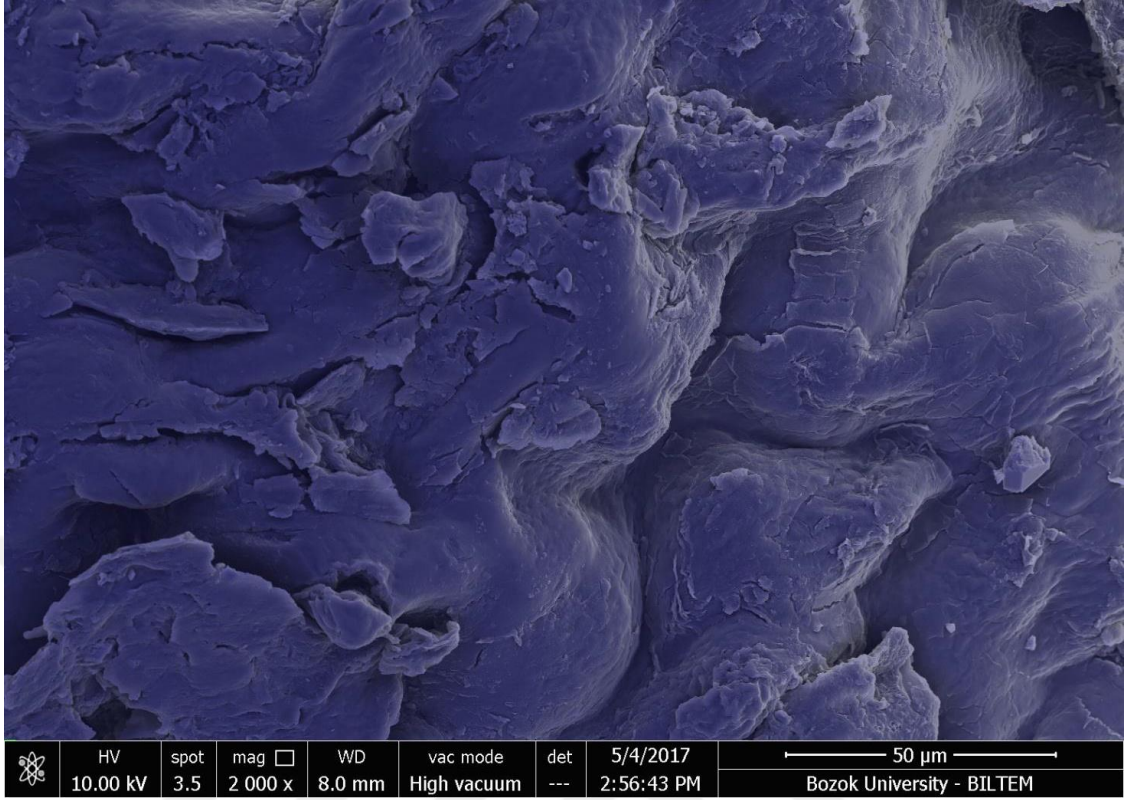
5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1.Hint İnciri Kabuklarının Karakterizasyonu

Şekil 5.1 ve 5.2’de, boya yüksüz ve boya yüklü adsorbanın SEM görüntülerini göstermiştir. Şekle göre yüksüz Hint inciri kabukları heterojen ve kabarcıklı bir yüzeye sahiptir. Metilen mavisinden sonra, Şekil 5.1’de görüldüğü gibi Hint inciri kabukları üzerine adsorpsiyon yapıldıktan sonra, Şekil 5.2’de görüldüğü gibi, kabarcıklar arasında çok sayıda boşluğun metilen mavisini yüzeyinde tuttuğu görülmüştür.



Şekil 5.1. Hint İnciri Kabuğunun 2.000 Büyütmedeki Boyasız Sem Görüntüsü



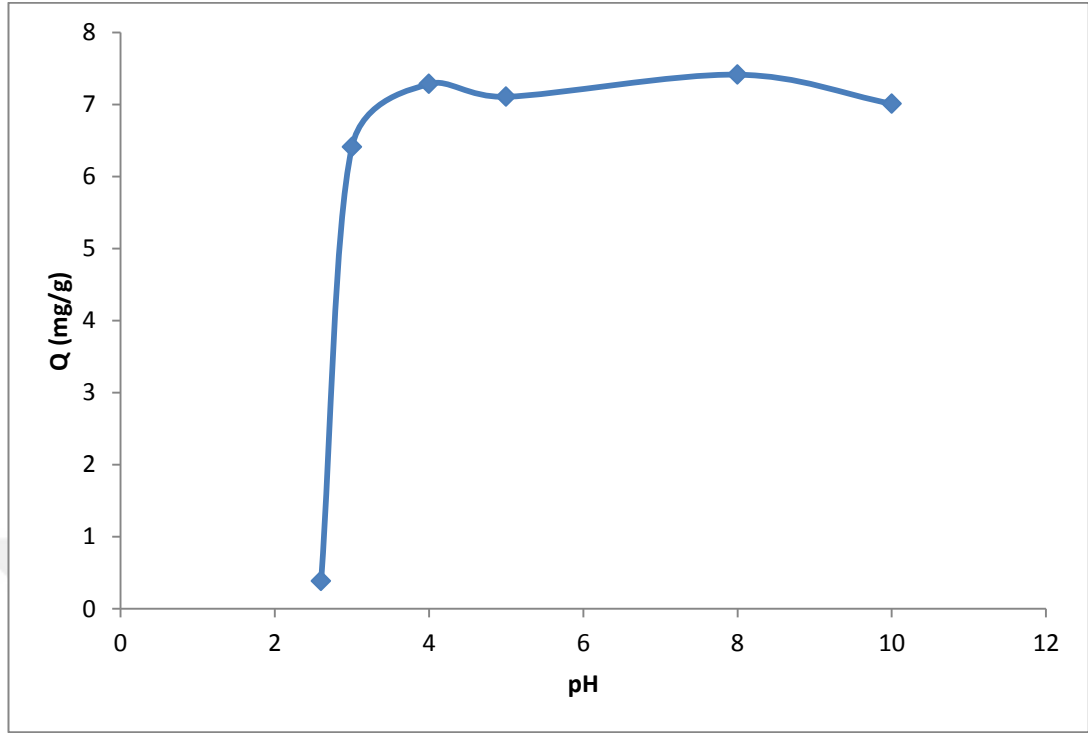
Şekil 5.2 Hint İnciri Kabuğunun 2.000 Büyütmedeki Boyalı SEM Görüntüsü

5.2. Adsorpsiyon DeneYleri

pH, zaman ve başlangıç boyar madde konsantrasyonunun etkisini araştırmak için adsorpsiyon deneyleri yapılmıştır. Daha sonra 4000 rpm’de ve 10 dakika boyunca bir santrifüjde santrifüjlenmiştir. Metilen mavisi için maksimum dalga boyu 665nm’dir.

5.2.1.pH’in Etkisi

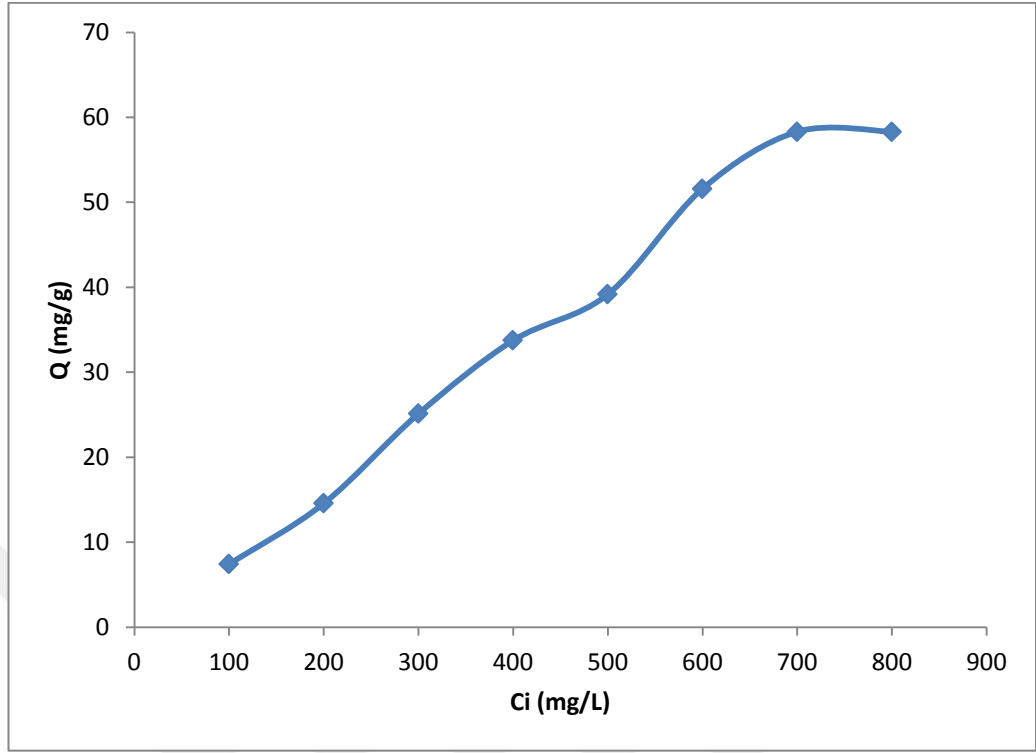
pH değeri NaOH ve HCl ile ayarlanmıştır. PH’in etkisinin araştırılmasında Hint inciri kabukları üzerine Metilen mavisi adsorpsiyonunun 2,6 ila 10,0 arasında bir pH aralığı seçilmiştir. Hint inciri kabukları üzerinde Metilen mavisinin adsorpsiyonu pH’da 2.6’dan 4.0’a yükselme ile Optimum pH 8.0’dır. Benzer sonuçlar Mittal ve arkadaşları tarafından dabalunmuştur [63]. Kristal viyole atıklarının atıksudan optimum pH 8’de bir soya fasulyesi endüstrisi atığı tarafından adsorpsiyonu üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 5.3. Hint İnciri Kabuğunun Adsorpsiyona pH Etkisi (Adsorban Miktarı: 0,3 gram, $C_i = 100$ mg/L, $t = 24$ saat, $T = 25^\circ\text{C}$)

5.2.2. Konsantrasyon Etkisi

Şekil 5.4. Konsantrasyonun Hint inciri kabuğu ile Metilen mavisinin adsorpsiyonu üzerindeki etkisini göstermektedir. Benzer sonuçlar [64] bulunmuştur. Telon-Portakal, Telon-Kırmızı ve Telon-Mavinin sulu çözeltiden bisimidazolium ile modifiye edilmiş bentonik adsorpsiyonu üzerinde çalışmışlardır [65]. Yine bir başka çalışmada da Basic Yellow 28'in klinoptilolit ve amberlit tarafından adsorpsiyonu incelenmiştir. Boya giderme ki artışın, çalışmalarında boya konsantrasyonunda bir artış olduğunu bulmuşlardır [66]. Metilen mavisinin yanmamış karbon ile giderilmesi için benzer sonuçların bulunduğunu bulmuştur [67]. Granüler kohlrabi kabuğuna üç katyonik boya, metilen mavisi, akridin portakalı ve nötr kırmızı olan biyosorpsiyonu üzerinde çalışmışlardır. İlk boya konsantrasyonunun etkisi için benzer sonuçlar bulmuşlardır.



Şekil 5.4.Metilen Mavisi Adsorpsiyonuna Konsantrasyon Etkisi (Adsorban Miktarı gram,t=12 saat)

Şekil 5.4’de ifade edildiği gibi konsantrasyon etkisi arttıkça Hint inciri kabuğunun adsorpsiyonunda artmaktadır. Hint inciri kabuğu belirli bir iyon derişimin de doygunluğa gelmiştir (pH=8 de 700 mg/L). Adsorpsiyon dengede kalmıştır. İyon derişimin artmasıyla adsorpsiyonun hız kazanmasının nedeni aynı yüklü iyonların birbirini itmesinden kaynaklanabilir.

5.3.Adsorpsiyon İzotermleri

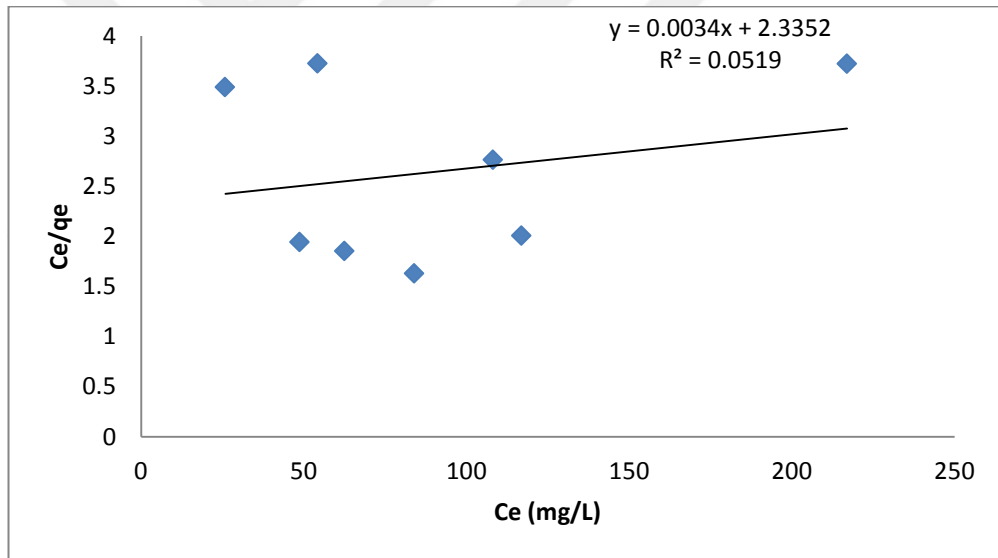
Adsorpsiyon mekanizmasını bulmak ve karakteristik özelliklerini yorumlamak için Langmuir-Freundlich ve D-R izoterm modelleri denenmiştir.

5.3.1.Langmuir-Freundlich İzotermleri

Langmuir-Freundlich izotermleri deneylerinde elde edilen verilerin C_e/Q_e ’ye karşı C_e grafiğine geçilerek hesaplanmasından bulunmuştur. Tablo 5.1’de bazı adsorbanların Methlene blue üzerine adsorpsiyon kapasiteleri bulunmuştur.

Tablo5.1. Langmuir-Freundlich İzoterm Katsayıları

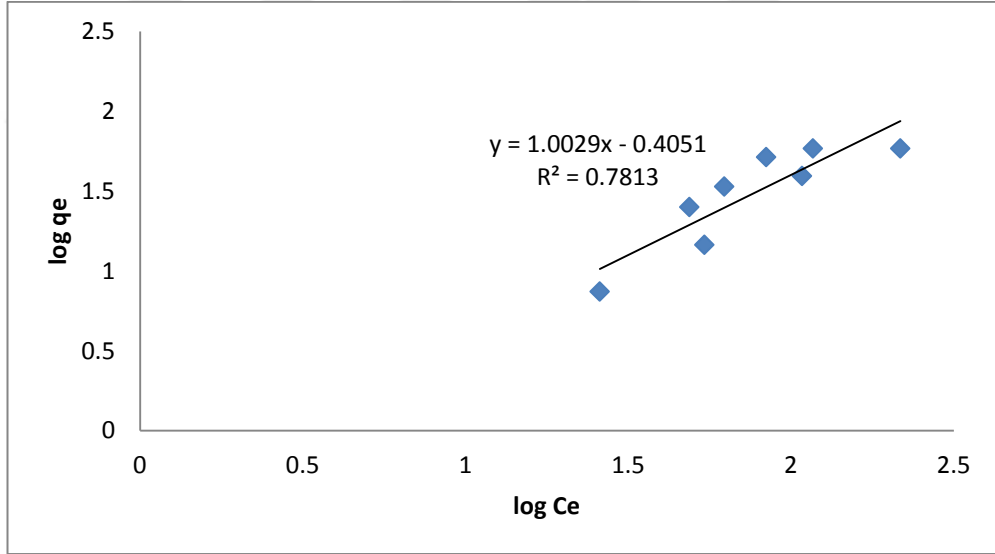
Langmuir	Parameter (unit)	Değerler
	K_L (L/g)	0,428
	a_L (L/mg)	0,001544
	Qmax (mg/g)	294,1581
	R^2	0,0519
Freundlich	n_F	0,0997
	K_F	0,393
	R^2	0,7813



Şekil 5.5. Langmuir İzotermi (pH:8 ,T=25°C, t=12 saat)

Tablo 5.2. Literatürde bazı adsorbanlarla çeşitli boyar maddelerin adsorpsiyonundan elde edilen adsorpsiyon kapasitelerinin karşılaştırılması [68,72].

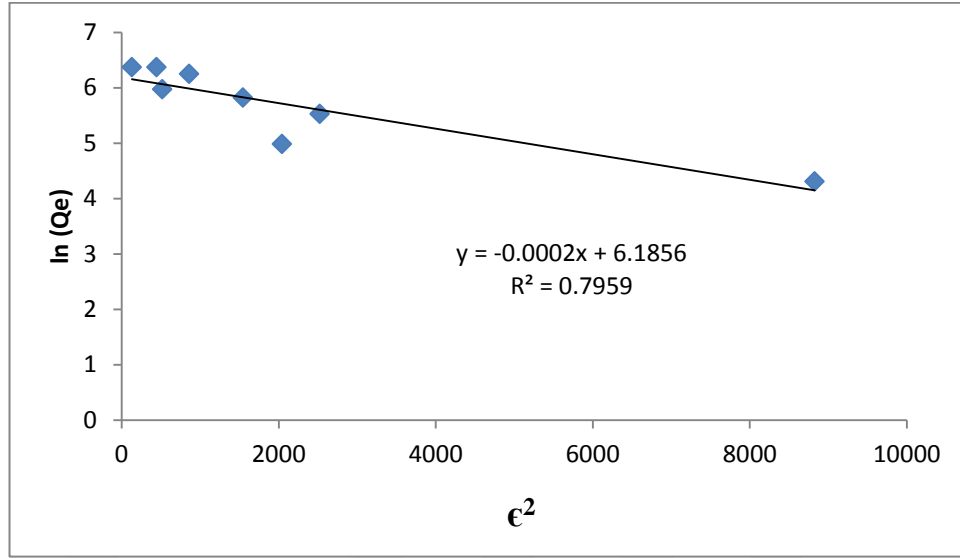
Adsorban	Boyar maddeler	Q max (mg/g)	Kaynak
Narenciye kabuğu	Methylene blue	227,3	Shakoor, S.,2016
Salatalık kabuğu	Methylene blue	111,1	Akkaya G, 2014
Toz haline getirilmiş Hindistan cevizi lifi	Methylene blue 40°C	21,14	Etim, U. J., 2016
Portakal kabuğu	Reactiveblue 19	45,5	Sayed, 2012
Patetes kabuğu	Methylene blue	33,55	Öktem, 2012
Grayfurt kabuğu	Reactiveblue 114	14,6	Argun, M.E., 2014
Muz kabuğu	Reactive red	0,323	Temesgen, 2018



Şekil 5.6. Freundlich İzotermi (pH:8, T=25 °C, t=12 saat)

5.3.2.(D-R) İzotermi

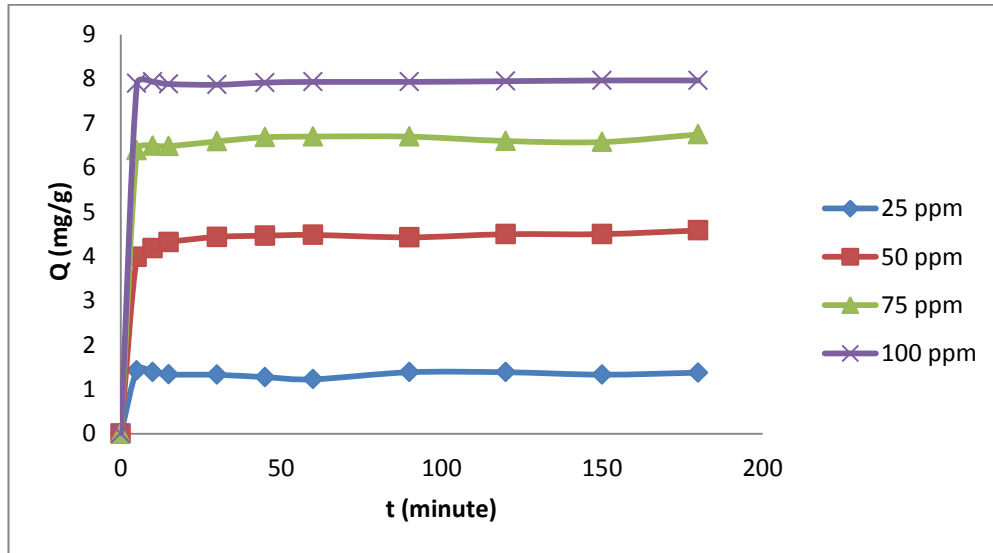
Adsorpsiyonun tipinin anlaşılmasında (D-R) İzotermi kullanılmaktadır. Hint inciri kabuğu üzerine Metilen mavisinin adsorpsiyon mekanizmasını belirlemek için $\ln Q_e$ 'ye karşı E^2 grafiği geçilerek D-R izotermi çizilmiştir. Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7.(D-R) İzotermi (pH)

5.4. Kinetik Çalışma

Birinci mertebeden, ikinci mertebe çalışıldı. Adsorpsiyon için ikinci dereceden kinetik modelleri Metilen mavisi Hint inciri kabukları, ancak Hint inciri kabukları üzerinde adsorpsiyon için en uygun metilen mavisözde ikinci dereceden kinetik modeldir.



Şekil 5.8. Adsorpsiyon Kinetiğine Sürenin Etkisi (pH:8)

Adsorpsiyon kinetiğinin süreye etkisini araştırmak için pH 8'de başlangıç iyon derişimini 100 mg/L' de sabit tutularak, 25°C sıcaklıkta adsorpsiyon çalışılmıştır.

Şekil 5.8’de görüldüğü gibi adsorpsiyonun yaklaşık 60 dakikada dengeye ulaştığı ve daha sonrada durduğu belirlenmiştir.

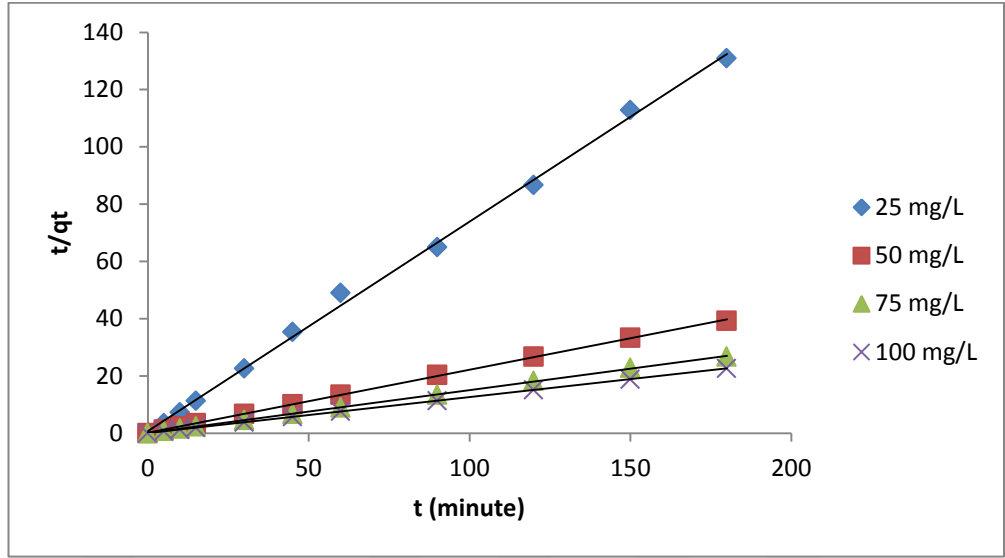
5.4.1.Yalancı İkinci Derece Kinetik Model

Sözde ikinci dereceden hız etkisinin saptanabilmesi için t/qt değerinin zamana karşı grafiği çizilmiştir. Şekil 5.9’da elde edilen grafik verilmiştir. Tablo 5.2’de sözde ikinci dereceden hız etkisi grafiklerine ait korelasyon katsayıları verilmiştir.

Tablo5.3.Metilen Mavisi İçin Yalancı İkinci Derece Kinetik Model Değerleri

Hintİnciri Kabuğuİçin Başlangıç Boya Konsantrasyonu (mg/L)	$q_e(\text{mg g}^{-1})$ deney	$q_e(\text{mg g}^{-1})$ hesaplanan	$K_2(\text{g mg}^{-1}\text{min}^{-1})$	R^2
25	1,374	1,366	0,688	0,9982
50	4,579	4,551	0,244	0,9998
75	6,745	6,675	0,572	0,9997
100	7,961	7,961	0,737	1,0

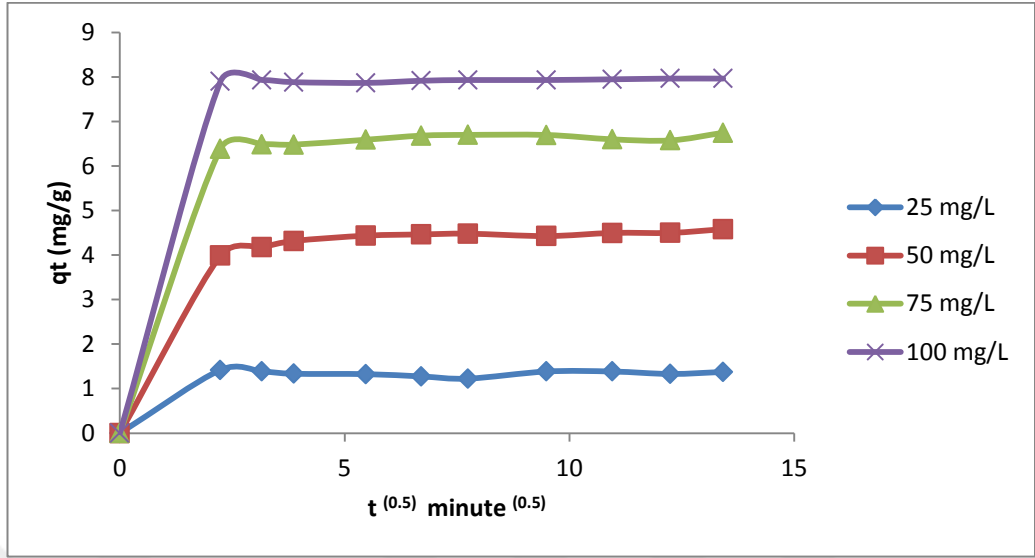
F kristal menekşenin modifiye edilmiş spinel kobalt ferrit nano parçacıklarına adsorpsiyonu için benzer bir araştırma yapılmıştır. Çalışmadaki en iyi model sözde ikinci dereceden kinetik modeldir [73]. İkinci mertebe kinetik modelin metilen mavisi ve remazol sarısı üzerindeki adsorpsiyon için en uygun olduğunu bulmuştur ($R^2=0,9981$ ile 9988 arasında değişmektedir [74]. Tablo5.3, Weber-Morris’in Metilen mavisi değerlerini göstermektedir.



Şekil 5.9. Yalancıüçüncü Dereceden Kinetik Model (pH:8)

Tablo 5.4. Metilen Mavisi İçin Weber-Morris Değerleri

Hint İnciri Kabuğu İçin Başlangıç Boya Konsantrasyonu (mg/L)	$K_p(g\ mg^{-1}min^{-1/2})$	R^2
25	0,4741	0,9067
50	1,4063	0,9396
75	2,1996	0,9262
100	2,6967	0,9208



Şekil 5.10. Parçacık İçi Difüzyon Etkisi

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmaların sonuçları aşağıda verilmiştir:

1. Metilen mavisinin Hint inciri kabukları üzerine adsorpsiyonu bir sentetik atık su içinde incelenmiştir.
2. Hint inciri kabuğu adsorban olarak kullanılmış ve Methylene blue boyar maddesinin giderimi pH=8 (bazik) ortamda daha iyi olduğu bulunmuştur.
3. Freundlich, Langmuir ve (D-R) izoterm modelleri deneysel verilere uygulanmıştır. Freundlich modeli diğer modellerere göre daha uygun olduğu tespit edilmiştir.
4. Hint inciri kabuğunun boya yüklü ve boya yüksüz SEM görüntüleri incelenmiştir.
5. Kinetik modellerde de yalancı ikinci dereceden kinetik model, sistem için en uygun model olduğu tespit edilmiştir.
6. Son olarak tüm bu verilere göre Hint inciri kabuklarının methylene blue'nun gideriminde adsorban olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Chem,J.M.,Huang, S.N. Study Of Nonlinear Wave Propagation Theory. Dye Adsorption By Activated Carbon. Industrial Chemical Reasch, 37:253-257,1998.
2. Al-Degs, Y., Khraisheh, M.A.M., Allen S.J, Ahmad, M.N., Effect Of Carbon Surface Chemistry On The Removal Of Reactive Dyes From Textile Effluent. Water Researce, 34 (3):927-935, 2000.
3. Yoo, E.S., Libra, J., Adrian, L., Mechanism of Decolorization of Azo Dyes In Anaerobic Mixed Culture. J. Environ. Engrg 127(9): 844-849, 2001.
4. Içi Watercare Color In The Textile Effluent Environmental Brief No.1 Introduction To The Environmental Brief, ICI Colors Textile Dyes Technology Group, 1991.
5. Işık, M., Sponza, D., Tekstil Atık Sularının Oluşumu, Karakterizasyonu Ve Arıtım Yöntemleri. İv. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kogresi, 5-8 Ekim, Bodrum.
6. Correia, V.M., Stephenson, T., Judd, S.J.,Characterization Of Textile Wastewaters- A Review, Environmental Technology, 15:917-929, 1994.
7. Mckay, G., Design Models For Adsorption System In Wastewater Treatment. J. Chem. Tech. Biotechnol., 31: 717-772, 1981.
8. Mckay, G., Adsorption of Dyestuffs From Aqueous Solutions With Activated Carbon I : Equilibrium and Batch Contact-Time Studies. J. Chem. Tech. Biotechnol., 32: 759-731, 1982.
9. Blum, D.J.W.,Suffet, I.H.,Duguet, J.P. Estimating The Activated Carbon Adsorption Of Organic Chemicals In Water. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol., 23:121-136, 1993.
10. Meshko, V., Markovska, L., Mincheva, M., Rodrigues, A.E., Adsorption Of Basic Dyes On Granular Acivated Carbon And Natural Zeolite. Water Research,35 (14):3357-3366, 2001.
11. İskeçeli , M., Kestane Kabuklarından Sentetik Aktif Karbon Hazırlanması Ve Metilen Mavisi Giderimin de Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2010.
12. Nassar, M. M.,El-Geundi, M.S., Comparative Cost Of Colour Removal From Textile Effluents Using Natural Adsorbents. J. Chem. Tech. Biotechnol, 50: 257-264, 1991.
13. Rytwo, G., Nir, S., Chersin, M., Margulies, L., Adsorption and Interactions of Methyl Gren With Montmorillonite and Sepiolite. J Colloid and Interface Sci, 222: 12-19, 2000.
14. Güzel, M., Akpınar, Ö.,Comparison And Charaçter İzation Of Pectins Obtained From Citrus Peels. Akademik Gıda, 15(1):17-28,2017.

15. Koçer, O., Zeytin Posası (PİRİNA) Üzerine Malaşit Yeşili'nin Sulu çözeltiden Adsorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kimya Anabilim Dalı, Kilis, 2013.
16. Arslan, H., Yerfıstığı Kabuğunun Lindan Ve Metabolitlerinin Sulu Çözeltilerden Giderilmesinde Kullanımının Araştırılması, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, 2009.
17. Savcı, S., Kemiklioğlu, e., Removal Of Malachite Green A Cationic Dye From Wastewater Via Adsorption on Fish Bones, Fresenius Environmental Bulletin, 4:3078-3084, 2017.
18. Nassar, M.M., Hamoda, M.F., Radwan, G.H., Adsorption Equilibria of Basic Dyestuff Onto Palm-Fruit Bunch Particles. Water Science Technology, 32: 27-32, 1995.
19. Nassar, M.M., Intaparticle Diffusion Of Basic Red And Basic Yellow Dyes On Palm Fruit Bunch. Water Science Technology, 40:133-139, 1999.
20. Noll, K.E., Gounaris, V., Hou, W., Adsorption Technology For Air and Water Pollution Control. Lewis Publishers Inc, Michigan, 347s. 1992.
21. Baran, E., Tekli ve İkili Sistemde Zeolit Yüzeyine Malachite Green ve Rhodamine B'nin Adsorpsiyonunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis, 2012.
22. McKay, G., Use of Adsorbents For The Removal of Pollutions From Wastewater. CRC Press, New York, 186s. 1996.
23. Ustabas, E., İşlenmiş Ve Demlenmiş Atık Çaydan Elde Edilen Aktif Karbonun Tekstil Boyar Maddesi Metilen Mavisini Adsorplama Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 2016.
24. Weber, J.R., Physicochemical Processes For Water Quality Control. Wiley-Interscience, Usa, 1972.
25. Özer, A., Mersin Üniversitesi Fen- Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Adsorpsiyon Kinetikleri Ders Notları, 2004.
26. Özer, A., Atık Sulardaki Ağır Metal İyonlarının Rhizopus arrhizus ve Schizomeris leibleinii Kültürüne Adsorpsiyonunun Farklı Reaktör Tiplerinde İncelenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 269 s. 1994.
27. Yu, B., Ziang, Y., Shukla, A. S., Porris, K.L., The Removal of Heavy Metal From Aqueous Solutions by Sawdust Adsorption Removal Of Copper, Journal Of Hazardous Materials, 80, 33-42, 2000.
28. Lin, C.C., Liu, H.S., "Adsorption in a Centrifugal Field: Basic Dye Adsorption by Activated Carbon", Ind. Eng. Chem. Res., 39(1):161-167, 2000.
29. Aksu, Z., Yener, J., A Comparative Adsorption-Biosorption Study Of Monochlorinated Phenols Onto Various Sorbents. Waste Management, 21:695-702, 2001.

30. Basıbuyuk, M. and Forster, C. F., An Examination of Adsorption Characteristics of a Basic Dye (Maxilon Red BL-N) On To Live Activated Sludge System. *Process Biochem.*, 38:1311-1316, 2003.
31. Chiou, M.S., Ya-Li, H., Equilibrium and Kinetic Modeling of Adsorption of Reactive Dye on Cross-Linked Chitosan Beads. *Journal of Hazardous Materials*, B93:233-248, 2002.
32. Ho, Y. S., McKay, G., Pseudo-Second Order Model For Sorption Processes. *Process Biochem*, 34:451-465, 1999.
33. Sawyer, C. N., McCarty P. L., *Chemistry For Environmental Engineering*. McGraw Hill Inc., Singapore, 519s, 1978.
34. Chu, H. C., And Chen, K. M., Reuse Of Activated Sludge Biomass: I. Removal Of Basic Dye From Wastewater By Biomass. *Process Bio.*, 37:595-600, 2002a.
35. Keskinan, O., Goksu, M. Z. L., Yuceer, A., Basıbuyuk, M., Forster, C. F., Heavy Metal Adsorption Characteristics Of A Submerged Aquatic Plant (*Myriophyllum Spicatum*). *Process Biochem.*, 39(2): 179-183, 2003.
36. Keskinan, O., Goksu, M. Z. L., Basıbuyuk, M., Forster, C.F., Heavy Metal Adsorption Properties Of A Submerged Aquatic Plant (*Ceratophyllum Demersum*). *Bioresource Technology*, 92(2): 197-200, 2004.
37. Waranusantigul, P., Pokethitayook, P., Kruatrachue, M., Upatham, E. S., Kinetics Of Basic Dye (Methylene Blue) Biosorption By Giant Duckweed (*Spirodela Polythiza*). *Environmental Pollution*, 125:38392, 2003.
38. Ho, Ys., Wase, Daj., Forster, Cf., Kinetic Studies Of Competitive Heavy Metal Adsorption By Sphagnum Moss Peat. *Environmental Technol*, 17:71-7, 1996.
39. Benguella, B. And Benaissa, H., Cadmium Removal From Aqueous Solution By Chitin: Kinetic And Equilibrium Studies. *Water Res.*, 36:2463- 74, 2002.
40. Raji, C., Anirudhan, T.S., Batch Cr(VI) Removal By Polyacrylamide- Grafted Sawdust: Kinetics And Thermodynamics. *Water Res.*, 32(12):3772-3780, 1998.
41. Zhang, L., Zhao, L., Yu, Y., Chen, C., Removal Of Lead From Aqueous Solution By Non-Living *Rhizopus Nigricans*, *Water Res.*, 32(5):1437-44, 1998.
42. Kapoor, A., Viraraghavan, T., Cullimore, D.R., Removal Of Heavy Metals Using The Fungus *Aspergillus Niger*, *Bioresource Techno.*, 70:95-104, 1999.
43. Tülay, O., Ve Kabdaşlı, I. *Fiziksel Kimya*, İ.T.Ü. Yayınları, İstanbul, 168s, 1996.
44. Nollet, H., Roels, M., Lutgen, P., Van Der Meeren, P., Verstraete, W., Removal Of Pcb's From Wastewater Using Fly Ash, *Chemosphere*, 53:655-665, 2003.

45. Dakıky, M., Khamıs, M., Manassra, A., Mer'eb, M., Selective Adsorption Of Chromium(VI) In Industrial Wastewater Using Low-Cost Abundantly Available Adsorbents. *Advances In Environ. Res.*, 6:533-540, 2002.
46. Aksu, Z., Determination Of The Equilibrium, Kinetic And Thermodynamic Parameters Of The Batch Biosorption Of Nickel(II) Ions Onto *Chlorella Vulgaris*. *Process Biochemistry*, 38:89-99,2002.
47. Sawyer, C.N., Mccarty P.L., *Chemistry For Environmental Engineering*. McGraw Hill Inc., Singapore, 519s,1978.
48. Zollinger, H., *Color Chemistry Vch*, Weinheim,Germany, 496s, 1991.
49. Seyitoğlu, M, S., Sulu Çözeltiden Metilen Mavisinin Bazı Biyosorbentler İle Uzaklaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2011.
50. Koçak, G., Bacillus Subtilis İle Reaktif Black 5 Boyar Maddesinin Renk Giderim Kinetiğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana , 2011.
51. Karapınarkaptan, İ. ve Kargı F. Atıksulardan Tekstil Boyar Maddelerin Adsorpsiyonu Biyolojik Arıtım Ve Giderimi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, 1998.
52. Diler, E., Sulu Ortamda Bulunan Azo Boyar Maddelerinin Foto-Katalitik Oksidasyon Yöntemi İle Parçalanması Ve Kinetik Parametrelerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2010.
53. Akyaka, G., Sulu Çözeltilerden Bazı Boyarmadde ve Ağır Metallerin Adsorpsiyonu İçin Çeşitli Bitkisel Atıklardan Yeni Tür Biyosorplayıcılar Hazırlanması ve Karakterize Edilmesi, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2012.
54. Bozkan, H., Azo Boyaların Zeytin Atığı (PİRİNA) Kullanılarak Adsorpsiyon Metodu İle Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2012.
55. Öden, M, K., Renkli Atık Sulardan Endüstriyel Atık Malzeme (Liç Atığı) Kullanılarak Adsorpsiyon Sisteminde Boya Giderimi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2015.
56. Yağız, A., Kivi Kabuğu Kullanılarak Sulu Çözeltilerden Tekstil Boyarmaddelerin Adsorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Ordu, 2016
57. Uslu, A. B., Elbağlı, O. G., Şen, Y., Uzunoğlu, D., Özer, A., Acid Blue 121 Boyar Maddesinin Muz Kabuğuna Kesikli Sistemde Adsorpsiyonunun Araştırılması, Anadolu Üniversitesi, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 16(2):293-302,2015.
58. Çakı, S., Bozkurt, S.,Açıkyıldız, M., Maclura Pomifera Meyve Posası İle Sulu Çözeltiden Metilen Mavisinin Adsorpsiyonu, 4. Ulusal Kimya Öğrenci Kongresi, Manisa, s11, 2013.
59. Wawrzkievicz, Monika. "Removal Of CIBasic Blue 3 dye by sorption onto cation exchange resin, functionalized and non-functionalized polymeric

sorbents from aqueous solutions and wastewaters." *Chemical engineering journal* 217(2013): 414-425

60. Argun, M. E., Güçlü, B., Karataş, M., Adsorption of Reactive Blue 114 dye by using a new adsorbent: Pomelo peel. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 20(2014):1079-1084.
61. Günay, A., Dikmen, S., Ersoy, B., ve Evcin, A., Bazik Mavi-16 Boyar Maddesinin Kil Üzerine Adsorpsiyonu, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1:2pp:29-38,2014.
62. Arslanoğlu, H., Altundoğan, S. H., Tümen, F., Limondan Elde Edilen Sorbent Kullanılarak Sulu Çözeltilerden Bazik Mavi-3 Giderilmesi Üzerine Çalışmalar, 10. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, Koç Üniversitesi, İstanbul, 2012.
63. Mittal, A., Mittal, J., Malviya, A., Kaur, D., Gupta, V. K., " Adsorption of hazardous dye crystal violet from wastewater by waste materials" *Journal of Colloid and Interface Science* 343, 463-473, 2010.
64. Makhoukhi, B., Djab, M., Didi, M. A., " Adsorption of Telon dyes onto bisimidazolium modified bentonite in aqueous solutions " *J. Environ. Chem. Eng.* 3, 1384-1392, 2015.
65. Yener, J., Kopac, T., Dogu, G., Dogu, T., " Adsorption of Basic Yellow 28 from aqueous solution with clinoptilolite and amberlite " *J. Colloid Interface Sci.* 294, 255-264, 2006.
66. Wang, S., Li, L., Wu, H., Zhua, Z. H., " Unburned carbon as a low-cost adsorbent for treatment of methylene blue-containing wastewater " *J. Colloid Interface Sci.* 292, 336-343, 2005.
67. Gong, R., Zhang, X., Liu, H., Sun, Y., Liu, B., " Uptake of cationic dyes from aqueous solution by biosorption onto granular kohlrabi peel " *Bioresource Technology* 98, 1319-1323, 2007.
68. Shakoore, S., Nasar, A., Removal of methylene blue dye from artificially contaminated water using citrus limettapell waste as a very low cost adsorbent. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* (66) , 154-163, 2016.
69. Akkaya G, Guzel F., Application of some domestic wastes as new low-cost biosorbents for removal of methylene blue: kinetic and equilibrium studies. *Chem Eng Commun* 201(4) , 557-578, 2014.
70. Etim, U. J., Umoren, S. A., Eduok, U. M., Coconut coir dust as a low cost adsorbent for the removal of cationic dye from aqueous solution. *Journal of Saudi Chemical Society* 20 (1) , 6776, 2016.
71. S.A. Sayed Ahmed, L.B. Khalil, T. El-Nabarawy, Removal of Reactive Blue 19 dye from aqueous solution using natural and modified orange peel, *Carbon Lett.* 13, 212-220, 2012.

- 72.** Öktem Y. A., Pozan Soylu G. S., Aytan, N., 2012. The adsorption of MB from aqueous solution by using waste potato peels, Equilibrium and kinetic studies, J. Sci. Ind. Res. 71, 817-821.
- 73.** Singh, M., Dosanjh, H. S., Singh, H., “ Surface modified spinel cobalt ferrite nanoparticles for cationic dye removal: Kinetics and thermodynamics studies “ Journal of Water Process Engineering 11, 152-161, 2016.
- 74.** Ashour, S. S., “ Kinetic and equilibrium adsorption of methylene blue and remazol dyes onto steam-activated carbons developed from date pits “ Journal of Saudi Chemical Society, 14, 47-53, 2010.



ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Mersin'de doğan Eda Tapan , orta ve lise eğitimini sırasıyla Tömük Yeşildere İlköğretim Okulu, Tömük Lisesinde tamamlamıştır. 2012 yılında kazandığı Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünü 2016 yılında başarıyla bitirmiştir. Aynı yıl Bozok Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans Öğrenimine başlamıştır.

İletişim Bilgileri

Adres: Tömük Yeşildere Mah. Yayla Cad. Mersin/ Erdemli

Telefon: 0 (530) 799 62 66

E-posta: yuceleda33@gmail.com