

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

Yüksek Lisans Tezi

**KAHVE ATIKLARININ BOYA GİDERİMİNDE
KULLANIMI**

FATMA KARADAĞ

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI

YOZGAT 2018



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

Yüksek Lisans Tezi

**KAHVE ATIKLARININ BOYA GİDERİMİNDE
KULLANIMI**

FATMA KARADAĞ

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI

YOZGAT 2018

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı 70112516001 numaralı öğrencisi Fatma KARADAĞ'ın hazırladığı **"Kahve Atıklarının Boya Gideriminde Kullanımı"** başlıklı tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 04/12/2018 Salı günü saat 10:00'da yapılmış, tezin onayına oy birliği ile karar verilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN

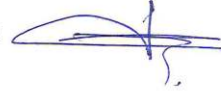


Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI



(Danışman)

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Tanzer ERYILMAZ



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 06.../12.../2018 tarih ve 43. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

06/12/2018

Prof. Dr. Mustafa SAKMACI
Müdür

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Adsorpsiyon	3
2.1.1. Tanım.....	3
2.1.2. Adsorpsiyonun Oluşum Mekanizması	5
2.1.3. Adsorpsiyon Türleri	5
2.1.3.1. Fiziksel Adsorpsiyon	6
2.1.3.2. Kimyasal Adsorpsiyon	7
2.1.3.3. İyonik Adsorpsiyon	8
2.1.4. Adsorpsiyon Sürecinin Kullanıldığı Yerler.....	10
2.1.5. Adsorpsiyonu Etkileyen Faktörler.....	10
2.1.5.1. pH	10
2.1.5.2. Sıcaklık	10
2.1.5.3. Adsorbatın Yapısı ve Konsantrasyonu	11
2.1.5.4. Adsorbatın Molekül Büyüklüğü	11
2.1.5.5. Yüzey Alanı	11
2.1.5.6. Adsorbanın Miktarı.....	12
2.1.5.7. Adsorban Özellikleri.....	12
2.1.5.8. Adsorbat ve Çözücü Özellikleri	12
2.1.5.9. Temas Süresi.....	12
2.1.6. Adsorban Maddeler	13
2.1.7. Adsorbentlerin Özellikleri	13
2.1.8. Adsorpsiyon İzotermi.....	14
2.1.8.1. Langmuir İzotermi	14
2.1.8.2. Freundlich İzotermi	16

2.1.9. Adsorpsiyon Kinetiği	16
2.1.10. Adsorpsiyon Termodinamiği.....	18
2.2. Boyar Madde	19
2.2.1. Boyar Maddeler ve Genel Özellikleri.....	20
2.2.1.1. Başlıca Kromofor (Renk Oluşturucu) Gruplar	20
2.2.1.2. Başlıca Antioksochrom Gruplar İse.....	20
2.2.1.3. Başlıca Oksokrom Gruplar	21
2.2.2. Boyar Maddelerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	21
2.2.3. Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırma	22
2.2.3.1. Bazik Boyar Maddeler	22
2.2.3.2. Substantif (Direk) Boyar Maddeler	22
2.2.3.3. Diazolama Boyar Maddeleri	23
2.2.3.4. Asit Boyar Maddeleri.....	23
2.2.3.5. Mordan Boyar Maddeler.....	23
2.2.3.6. Küp Boyar Maddeler.....	23
2.2.3.7. İndigosoller	23
2.2.3.8. Reaktif Boyar Maddeler.....	23
2.2.3.9. Kükürt Boyar Maddeler	24
2.2.3.10. İnkişaf Boyar Maddeler	24
2.2.3.11. Oksidasyon Boyar Maddeler.....	24
2.2.3.12. Dispersiyon Boyar Maddeler	24
2.2.3.13. Pigment Boyar Maddeler	24
2.2.4 Bazı Boyalar	25
2.2.4.1. Metilen Mavisi	25
2.2.4.2. Metil Viyole	25
2.2.4.3. Malahit Yeşili.....	26
2.2.4.4. Metil Oranj.....	26
2.3. Kahve Ağacı.....	27
2.3.1. Kahve Meyvesi ve Çiçeği.....	27
2.3.2. Kahvenin Kavrulmuş Çekirdeği	28
2.3.3. Dünya Kahve Tarımı Haritası.....	29
2.3.4. Türk Kahvesi ve Filtre Kahve	31

2.3.4.1. Türk Kahvesi.....	31
2.3.4.2. Filtre Kahve	31
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	34
4. MATERYAL VE METOD	45
4.1. Materyal	45
4.1.1. Deneyde Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Kullanım Amaçları	45
4.1.2. Deneyde Kullanılan Cihazlar	45
4.2. Metod	46
4.2.1. Adsorpsiyona pH Etkisi.....	46
4.2.2. Adsorpsiyona Başlangıç İyon Derişiminin Etkisi	46
4.3. Adsorbanın Hazırlanması.....	46
4.4. Adsorpsiyon Çalışmaları.....	48
4.5. Uygunluk Analizleri.....	48
5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	49
5.1. Taramalı elektron Mikroskop Görüntüleri (SEM)	49
5.2. Adsorpsiyon Çalışmaları.....	58
5.2.1. Adsorpsiyona pH'ın Etkisi	58
5.2.2. Adsorpsiyona Başlangıç İyon Derişiminin Etkisi	59
5.2.3. Adsorpsiyona Sürenin Etkisi	61
5.3. Adsorpsiyon İzotermi.....	62
5.3.1. Langmuir İzotermi.....	62
5.3.2. Freundlich İzotermi	64
5.4. Adsorpsiyon Kinetiği	65
5.4.1. Yalancı İkinci Dereceden Adsorpsiyon Kinetiğinin Değerlendirilmesi65	
5.4.2. Parçacık İçi (İntrapartikül) Difüzyon Kinetiği	68
5.4.3. Film Difüzyonu Etkisi	70
6. TARTIŞMA – SONUÇ VE ÖNERİLER	71
7. KAYNAKLAR	72
8. ÖZGEÇMİŞ	81

KAHVE ATIKLARININ BOYA GİDERİMİNDE KULLANIMI

Fatma KARADAĞ

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

2018; Sayfa: 81

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI

ÖZET

Bu çalışmada Filtre kahve atıkları ve Türk kahvesi atıkları kullanılarak adsorpsiyon yöntemi ile methylene blue (MB) boyar maddelerinin giderimi araştırılmıştır. Metilen blue'nun adsorpsiyonunda başlangıç boyar madde konsantrasyonu, pH ve zamanın etkisi çalışılmıştır. Başlangıçta, elde edilen verilerden Langmuir ve Freundlich İzoterm Modelleri hesaplanmıştır. Türk kahvesi atıkları için Langmuir İzotermi ($R^2=0,9896$) Freundlich İzoterminden daha iyi uyum sağlamıştır. İkinci olarak, filtre kahve ve Türk kahvesi atıkları üzerine MB'nin gideriminde kinetik çalışmalar da yapılmıştır. MB'nin adsorpsiyonu pseudo second order kinetik modele uyum sağladığı görülmüştür. Ayrıca Türk kahvesi ve filtre kahve atıklarının özellikleri SEM ile belirlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma Türk kahvesi ve filtre kahve atıklarının MB'nin giderimi için etkili, kolay elde edilebilir, maliyetsiz ve çevre dostu birer adsorban olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kahve Atıkları, Adsorpsiyon, Methylene Blue, SEM

USE OF COFFEE WASTE IN DYE REMOVAL

Fatma KARADAĞ

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

2018; Page: 81

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Serpil SAVCI

ABSTRACT

In this study, removal of methylene blue (MB) as common textile dye onto Turkish coffee grounds and filters coffee grounds was investigated by adsorption. The effect of initial dye concentration, pH and time was studied for adsorption of MB. Firstly, Langmuir and Freundlich isotherm models were calculated from the obtained data. Langmuir Model ($R^2=0,9896$) was more fitted than Freundlich Model for Turkish coffee grounds. Secondly, kinetic studies were done for the removal of MB on the Turkish coffee grounds and filter coffee grounds. The adsorption of MB follows pseudo second order kinetic with good correlations. Also, Turkish coffee grounds and filter coffee grounds were characterized with SEM. Finally, this study shown that Turkish coffee grounds and filter coffee grounds could be effective, easy available, no-cost and environmental friendly adsorbent for the removal of MB.

Keywords: Coffee wastes, Adsorption, Methylene blue, SEM.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim süresince kendilerine danışma ve deneyimlerinden yararlanma olanağı veren tez konumun seçimine, çalışmalarımın yönlendirilmesi ve sonuçlandırılmasına değerli bilgi ve önerileriyle büyük katkıda bulunmuş olan ve hiçbir zaman hoş görü ve anlayışını eksik etmeyen saygı değer danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI ‘ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez jüri başkanım olan ve tezimi titizlikle inceleyen Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN’a teşekkürü bir borç bilirim.

Labaratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı sayın Doç. Dr. Ramazan COŞKUN’a şükranlarımı bir borç bilirim.

Tez jürimde bulunan ve tezimi titizlikle inceleyen Biyosistem Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tanzer ERYILMAZ’a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez jürimde bulunan ve tezimi titizlikle inceleyen İnşaat Mühendisi Bölüm Başkan Yardımcısı Sayın Dr. Öğr. Üyesi Polat ÖZYİĞİT’e teşekkürü bir borç bilirim.

Öğrenim hayatım boyunca sürekli yanımda olan ve beni maddi ve manevi olarak destekleyen canım annem Ayşe KARADAĞ’a ve canım babam Mevlüt KARADAĞ’a sonsuz sevgilerimi sunar ve yürekten teşekkür ederim. Ablam Tuba KARADAĞ’a ve erkek kardeşim Muhammed Emin KARADAĞ’a ve değerli arkadaşlarım Aysun TETİK, Eda YÜCEL, Aslı CILIZ ve Fatih TUNCEL, Fatih SARGIN, Ferhat TURAN’a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

TABLÖLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Kimyasal ve Fiziksel Adsorpsiyonun Karşılaştırılması	8
Tablo 2.2: Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyon Arasında Ana Karşılaştırma Kriterleri.....	9
Tablo 2.3: R_L (Dağılma) Sabiti Değerleri ve İzoterm Tipleri.....	15
Tablo 2.4: Başlıca Kromofor (Renk Oluşturucu) Gruplar	20
Tablo 2.5: Başlıca Antioksidan Gruplar	20
Tablo 2.6: Başlıca Oksokrom Gruplar	21
Tablo 2.7: Metilen Mavisi'nin Fiziksel Özellikleri	25
Tablo 2.8: Metil Viyole'in Fiziksel Özellikleri	25
Tablo 2.9: Malahit Yeşili'nin Fiziksel Özellikleri.....	26
Tablo 2.10: Metil Oranj'ın Fiziksel Özellikleri	26
Tablo 2.11: Dünyada En Çok Kahve Tüketen Ülkeler	30
Tablo 2.12: Dünyada En Çok Kahve Üreten Ülkeler	33
Tablo 4.1: Deneyde Kullanılan Cihazlar	45
Tablo 5.1: Langmuir İzoterm Katsayıları	62
Tablo 5.2: Freundlich İzoterm Katsayıları	64
Tablo 5.3: Yalancı İkinci Dereceden Hız Katsayılarının ($k_{2,ad}$) (g/mg,dakika) Değerleri (pH=10)	66
Tablo 5.4: Yalancı İkinci Dereceden Hız Katsayılarının ($k_{2,ad}$) (g/mg,dakika) Değerleri (pH=10)	66
Tablo 5.5: Parçacık İçi Difüzyon Sabitleri (pH=10)	68

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Adsorban Çözelti İçerisindeki Durumu	6
Şekil 2.2: Kahve Meyvesi ve Çiçeği	27
Şekil 2.3: Kahvenin Kavrulmuş Çekirdeği.....	28
Şekil 2.4: Dünya Kahve Tarımı Haritası	29
Şekil 2.5: Türk Kahvesi.....	31
Şekil 2.6: Filtre Kahve.....	32
Şekil 4.1: Türk kahvesi ve Filtre Kahvesinin - Yıkama İşlemi	47
Şekil 4.2: Filtre Kahvesinin - Yıkama İşlemi – Yıkamadan Sonra Kahvede Kalan Renk Yoğunluğu	47
Şekil 4.3: Türk kahvesi - Yıkama İşlemi – Yıkamadan Sonra Kahvede Kalan Renk Yoğunluğu	48
Şekil 5.1: Filtre Kahve Boyasız 5k Büyütmedeki SEM Görüntüsü	49
Şekil 5.2: Filtre Kahve Boyasız 5k – cbs Büyütmedeki SEM Görüntüsü.....	50
Şekil 5.3: Filtre Kahve Boyasız 10k Büyütmedeki SEM Görüntüsü	50
Şekil 5.4: Filtre Kahve Boyasız 1000x Büyütmedeki SEM Görüntüsü	51
Şekil 5.5: Filtre Kahve Boyasız 1000x –cbs_001 Büyütmedeki SEM Görüntüsü.....	51
Şekil 5.6: Filtre Kahve Boyasız 2500x Büyütmedeki SEM Görüntüsü	52
Şekil 5.7: Filtre Kahve Boya Yüklü 2500x Büyütmedeki SEM Görüntüsü	52
Şekil 5.8: Türk Kahvesi Boyasız 5k Büyütmedeki SEM Görüntüsü	53
Şekil 5.9: Türk Kahvesi Boyasız5k – cbs Büyütmedeki SEM Görüntüsü	53
Şekil 5.10: Türk Kahvesi Boyasız 10k Büyütmedeki SEM Görüntüsü	54
Şekil 5.11: Türk Kahvesi Boyasız 1000x Büyütmedeki SEM Görüntüsü	54
Şekil 5.12: Türk Kahvesi Boyasız 1000x – cbs_001 Büyütmedeki SEM Görüntüsü...55	
Şekil 5.13: Türk Kahvesi Boya Yüklü 5k– cbs_001 Büyütmedeki SEM Görüntüsü ..55	
Şekil 5.14: Türk Kahvesi Boya Yüklü 10k Büyütmedeki SEM Görüntüsü.....56	
Şekil 5.15: Türk Kahvesi Boya Yüklü1000x Büyütmedeki SEM Görüntüsü.....56	
Şekil 5.16: Türk Kahvesi BoyaYüklü 1000x - cbs_002 Büyütmedeki SEM Görüntüsü.....	57

Şekil 5.17: Türk Kahvesi Boya Yüklü 2500x Büyütmedeki SEM Görüntüsü.....	57
Şekil 5.18: Filtre Kahvesinin adsorpsiyona pH'ın Etkisi (T=25 °C, Adsorban Madde miktarı:0,3 gram, t=24 saat, C _i =100 mg/L)	58
Şekil 5.19: Türk Kahvesinin Telvesi pH'ın etkisi (T=25 °C, Adsorban madde Miktarı:0,3 gram, t=24 saat, C _i =100 mg/L)	59
Şekil 5.20: Filtre Kahvesinin Metilen Blue Adsorpsiyonuna Başlangıç İyon Derişimi Etkisi (Adsorban Miktarı:0,3 g, t=12 saat)	60
Şekil 5.21: Türk Kahvesinin Metilen Blue Adsorpsiyonuna Başlangıç İyon Derişimi Etkisi (Adsorban Miktarı:0,3 g, t=12 saat)	60
Şekil 5.22: Filtre Kahvesinin Metilen Blue Giderimine Sürenin Etkisi (T=25 °C, pH=10)	61
Şekil 5.23: Türk Kahvesinin Metilen Blue Giderimine Sürenin Etkisi (T=25 °C, pH=10)	62
Şekil 5.24: Filtre Kahve İçin Langmuir İzotermi (pH=10; T=25 °C; t=12 saat)	63
Şekil 5.25: Türk Kahvesi Telvesi İçin Langmuir İzotermi (pH=10; T=25 °C; t=12 saat)	63
Şekil 5.26: Filtre Kahve İçin Freundlich İzotermi (pH=10; T=25 °C; t=12 saat)	64
Şekil 5.27: Türk Kahvesi Telvesi İçin Freundlich İzotermi (pH=10; T=25 °C; t=12 saat)	65
Şekil 5.28: Filtre Kahve Atığı İçin Yalancı İkinci Dereceden Adsorpsiyon Kinetiği (pH=10)	67
Şekil 5.29: Türk Kahvesi Atığı İçin Yalancı İkinci Dereceden Adsorpsiyon Kinetiği (pH=10)	67
Şekil 5.30: Filtre Kahve Atığı İçin Parçacık İçi Difüzyon Etkisi (pH=10)	69
Şekil 5.31: Türk Kahvesi Telvesi için parçacık içi difüzyon etkisi (pH=10)	69
Şekil 5.32: Filtre Kahve Atığı İçin Film Difüzyonu (pH=10)	70
Şekil 5.33: Türk Kahvesi Telvesi İçin Film Difüzyonu (pH=10)	70

1. GİRİŞ

Boyar maddelerin alıcı ortamdaki en önemli kaynakları; tekstil, kâğıt ve deri endüstrisi atık sularıdır. Bu atık sular, arıtma tesislerinde yeterince arıtılmadan alıcı ortamlara deşarj edilmektedir. Deniz, göl ve nehir gibi alıcı ortamlara gelen renkli atık sular, alıcı ortamda yaşayan canlılara zarar vermektedir. Aynı zamanda yeraltı sularına karışan atık sular, kanserojen etkiye sahip olup insan yaşamını yok etmektedir. Bu nedenle boyar maddeler arıtıldıktan sonra alıcı ortamlara verilmesi gerekmektedir. Günümüzde çoğunlukla tekstil endüstrisinde kullanılmakta olan boyar maddelerin hemen hemen hepsi atık su arıtım tesislerinde işlem boyunca bazı parçalanmalar yaşansa bile çok fazla değişim geçirmezler.

Tekstil endüstrilerinde boyama yapım süreçleri için yüksek oranda su ile kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Alıcı ortama salınan renkli kirletici özelliği taşıyan kirli sular da su yüzeyinde ışık geçirimsliğini en aza indirmekte ya da ışık geçişini tamamen yok etmektedir. Bu durum fotosentetik oluşumu olumsuz yönde etkiler. Ayrıca boyar maddelerin farklı sucul organizmalarda yığılması toksik (*zehirli*) maddelerin oluşma ihtimalini de taşımaktadır. Boyar madde taşıyan tekstil sanayisi atık sularının içerisindeki renkli maddelerin uzaklaştırılması süreçleri çevresel yönden yüksek öneme sahiptir. Ancak karmaşık kimyasal şekilleri ile yapay (*sentetik*) biçimleri ile meydana gelen, boyar maddelerin arıtılması çok zahmetli bir süreçtir [122].

Boyar maddelerin kirli suların arıtımında çok sayıda metod bulunmaktadır. Tekstil endüstrisi atık sularının arıtımında en fazla öğrenilmiş olan kimyasal işlemler oksidasyon işlemleri, kimyasal çöktürme, flokülasyon işlemleri ve Cucurbituril işlemiyle yapılan arıttır. Fiziksel işlemler, membran filtrasyonu, adsorpsiyon, iyon değişimi, biyolojik işlemler, biyosorpsiyon, anaerobik (*olsijensiz solunum*) ve aerobik (*oksijenli solunum*) olarak sıralanabilir. Boyar madde gidericinde adsorpsiyon en fazla kullanılan yöntemlerden birisidir. Ancak kullanılan adsorbanların maliyetinin çok yüksek olması nedeniyle, araştırmacılar kolay elde edilebilen ve ucuz adsorbanlar tercih etmektedir.

Tekstil endüstrisi atık sularının en yağun olduğu kısım kumaş boyama aşamasıdır. Bu işlemler de tekstil endüstrisinin atık sularının temel kirletici ana maddesini oluşturmaktadır. Bu kirletici kaynaklı maddeleri çözünmüş organikler, yüksek oranda

renk, askıda katı maddeler oluşturmaktadır. Boya dışındaki atık su kirleticilerin çoğu fiziksel ya da kimyasal yöntemlerle uzaklaştırılmaktadır [1,3]. Son yıllarda tekstil endüstrisi atık sularındaki kirleticilerin arıtılmasına sadece zehirli (*toksik*) maddelerin özelliğinden kaynaklanan kirliliği değil aynı zamanda sudaki bulanıklığın uzaklaştırılması için çok büyük önem taşımaktadır [4].

Adsorpsiyon yönteminde en fazla kullanılan adsorban aktif karbondur ancak bilim adamları aktif karbona alternatif adsorbanlar araştırmaktadırlar. Reçineler ve aktif karbon yoğunlaştırılmış atık sulardan kimyasal kirleticilerin uzaklaştırılması için en iyi adsorban olmasına karşın geri yıkama gereksinimi ve pahalı olması nedeniyle olumsuz etkileri de mevcuttur [5, 8].

Tekstil endüstrisinde atık su ortamındaki renkli ya da renksiz organik kirli maddelerin yok edilmesinde avantaj sağlayacak adsorbanların tercih edilmesi adsorpsiyon sürecinin en büyük kısmını oluşturmaktadır [9]. Bundan farklı olarak bu konuda çalışan araştırmacılar çok ucuz adsorbanlarla çalışma olanakları bulmuşlardır. Asidik ve Tabi kil/bazik boyalar [10], Atık portakal kabuğu [11], Klorotriazine ile Şeker kamışı/vinyl sülfon reaktif boyalar [12], Ay çiçeği/ bazik boyalar [13], Sepiyolit/Rhodamine boyalar [14], Uçucu kül/azo boya [9], Montmorillonit ile sepiyolit/ metilgreen [15], Doğal zeolit/ bazik boya araştırmalarından bir kaçıdır. Atık sulardan çeşitli boyaların uzaklaştırılması için kullanılan adsorbanlardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Adsorpsiyon

2.1.1.Tanım

Adsorpsiyon, iki faz arasındaki yüzeyde ya da ara yüzeyde kirletici maddenin birikmesi ve derişiminin artması şeklinde tanımlanmaktadır. Meydana gelen fazlar gaz- sıvı, katı-gaz, sıvı-sıvı, sıvı-katı şeklinde görölmektedir. Adsorban şeklinde adlandırılan faza adsorplayıcı, adsorbat olarak adlandırılan faza ise adsorplanan olarak tanımlanmaktadır [16].

Literatürde taranan araştırmalara bakarak, adsorpsiyon aşaması büyük nitelikli kirletici madde arıtımı olduğundan, sıvı fazlı adsorpsiyonu atık suların uzaklaştırılmasında fazla tercih edilen metodlardan biridir. Adsorbanın ön işlem uygulamaya gerek olmadığı ve maliyeti ucuz tutulduğu takdirde atık su arıtımında kullanılabilecek en iyi yöntem olduğu bilinmektedir [17].

Klasik biyolojik arıtma aşamasına zıt mukavemetli kimyasal maddelerin sudan uzaklaştırılması aşaması katı adsorbentlerin tercih edildiği adsorpsiyon işleminin yoğun bir şekilde kullanıldığını göstermiştir [17].

Gaz ve sıvı bölgedeki kirletici maddelerin uzaklaştırılması ekolojik önem taşımaktadır. Büyük miktarda saflaştırma sağlaması sebebiyle adsorpsiyon süreci kirleticilerin uzaklaştırılması son aşamasında çoğunlukla tercih edilmektedir.

Aktif karbonun fiyatının çok yüksek miktarda olması sebebiyle, çok ucuz adsorbent arama işlemine gereksinim duymuşlardır. Ortamın pH'sı, ortam sıcaklığı, çözücü özellikleri, polarite, adsorplayıcı maddenin özelliği, adsorplanan madde ve adsorpsiyona etki edecek etkenleri araştırmışlardır [18]. Asit, odun cipsi, boyar madde uzaklaştırılmasında etkili olmasına karşın kullanımında bulunan zorluk ile çok uzun süre beklemeye gereksinime sahiptir adsorbentin olumsuz etkisi araştırmacılar tarafından istenmeyen bir durumdur [19]. Uçucu kül yoğunluğu sebebiyle adsorbsiyon için orantılı olan yüzey bölgesinin artma işlemi uçucu külle oluşturulan adsorbsiyon hızı veya kömürle beraber tercih edildiğinde adsorbsiyon hızında artış olduğu anlaşılmıştır [20].

Atık sulardan boyar madde uzaklaştırılmasında tercih edilen fiziko-kimyasal aşamalar içerisinde adsorpsiyon teknolojisi aktif şekli ile ucuzluğu sebebiyle son zamanlarda en

çok tercih edilen teknolojilerden biri olmuştur. Adsorpsiyon, iyon, atom veya moleküllerin birbirine dokunma ettikleri yüzey bölgesindeki çekim kuvveti etkisiyle yüzey bölgesindeki tutunması işleminin gerçekleştirilmesidir. Örnek olarak, suda çözünebilen hidrofilik boyaların aktif karbon bölgesinde güçsüz adsorpsiyon sebebi ile boyanın polar konstrüksiyonuna rağmen aktif karbonun apolar yapıyı taşımasıdır [21]. Bu olanlara fazladan olacak şekilde adsorpsiyonla renk uzaklaştırılması; sorbent yüzey alanı, sıcaklık, pH boya/sorbent etkileşimi, parçacık büyüklüğü ile temas zamanı gibi çok fazla fiziko-kimyasal etmenlere bağlılık göstermektedir [22].

Çoğunlukla düşük moleküler ağırlıklı reaktif asit boyaların adsorpsiyonunun yeterli olmaması, büyük molekül ağırlıklı bazik ya da direkt boyaların adsorpsiyonunun büyük, hidrofobik etmenleri reaktif boyanın adsorpsiyonunun yüksek-orta aşamaya sahipliği gösterilmiştir. Küp, dispers boyaların ile pigmentlerin sudaki çözünürlüğünün yeterli olmaması, karbon üzerindeki adsorpsiyon yeterli olmaması sebebi olduğu gösterilmektedir [23].

Karbon bazlı sorbentlerin maddelerini tercih ederek yapılan incelemeler, atık suların yüksek orandaki yapay boyaların uzaklaştırılması sonuçlarına neden olduğuna varılmıştır. Diğer yandan karbon sorbentlerin ön işlemleri çoğunlukla fazla enerjiye ihtiyaç duyulan kısımlardandır. Benzer sebepten dolayı karbon sorbentlerin ticari amaçlı elde edilmesi çok fazla maliyetlidir. Yüksek hacimli atık sulardan renk uzaklaştırılması çalışmaları karbon sorbent oranı olabildiğince az olması karbonun renk uzaklaştırılması işleminde mali olarak yüksek bir unsur olacağını göstermektedir [24].

Amino asit taşıyan kitin özelliğindeki maddeler adsorbantler, asit boyar maddelerinde çok yüksek oranlarda bir adsorpsiyon yoğunluğu taşımaktadır. Bu yapılara örnek, ağaç kabuğu, pirinç kabukları [25], şeftali çekirdekleri [26], talaş [27], çam talaşı [28], sepiyolit [29], kum [30, 31], kömür, bentoksit, kil ile pamuk atıkları gösterilebilir. O zamanlardaki çalışmalarda doğal kil, fındikkabuğu, yer fıstığı kabuğu, küspe, alkali çamur, kalsiyum meta silikat, boksit, aktif alümina, silika, dolomit, mısır koçanının ve şekerpancarı tozu atık sulardan tekstil boyalarının uzaklaştırılmasında oldukça etkili olduğu gösterilmiştir. Asidik pH'nın boya adsorpsiyon artırdığı, bazik pH'nın ise desorpsiyonu özendirme etkisi sonucuna varılmıştır. Organik sorbentler arasında kuru biyogazın atık çamurun portakal kabuğu CI Basic Violet 10 ile bazı reaktif boyalar atık sudan giderilmesi tercih edilmiştir. Adsorbantler aracılığıyla tutulan boyaların atık

sudan uzaklaştırılmasında aktif bir şekilde kullanılan düzeneklerin, ekseriyetle iyon etkisi gösterilmektedir. Ölü makrofungusların (*mantarlar*) büyük pH'larda güzel bir sorbent olduğu gösterilmiştir [32]. Su sümbülü kök maddeleri farklı bitki malzemeleri asit veya reaktif boyanın uzaklaştırılmasında kullanıldığı bulunmuştur [33].

Doğal zeolit çalışmasında, olgunlaşmamış klinoptilolit'in az sorpsiyon yoğunluğundan ötürü reaktif boyanın uzaklaştırılmasında yeterli verime ulaşamadığı sonucuna varılmıştır [34, 35]. Fakat farklı kimyasal değişikliklerle adsorpsiyon yoğunluğu artırılması sağlansa bile, doğal tatbik kısmında gerçekte kullanılan veriler kısıtlıdır. İnorganik sentetik kil adsorbantleriyle biyolojik adsorbantler adsorpsiyon sürecinde anlamlı bir farklılık sağlamaktadır. Ancak tercih edilen adsorbantın giderilmesi sorununa bir çareye başvurulmasına gereksinim duyulmaktadır.

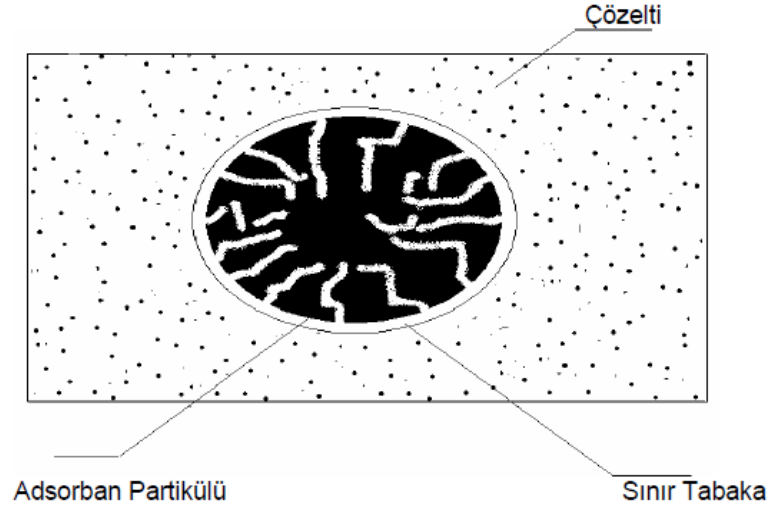
2.1.2. Adsorpsiyonun Oluşum Mekanizması

Adsorpsiyon, katı yüzeyiyle çözücüde çözülmüş çözünen maddenin teması veya gazla meydana gelmektedir. Katının yüzey kısmında bulunan molekül dengelenmemiş veya atom kuvvetinin tesiri altına almaktadır. Molekülleri dışarıya doğru çeken kuvveti içe çeken kuvvettenden çok küçüktür. Bu sebepten dolayı molekülleri aşağı kısma çeken kuvvet yüzeyi azalma yolunda ilerleme sağlamaktadır. Demek oluyor ki katı maddelerin yüzey kısmındaki potansiyel farkı gaz moleküllerinin adsorpsiyonu ile küçülmesi sağlanmaktadır. Düzeneğin yüzey kısmındaki enerjisini en aza indirmektedir. Yüzey alanındaki enerjisini en aza indirme işlemi kendi kendine oluşan bir hadisedir. Adsorpsiyon hadisesiyle düzeneğin serbest enerji kısmında azalma meydana gelmektedir bu nedenle adsorpsiyon kendiliğinde gerçekleşen bir hadisedir [36].

2.1.3. Adsorpsiyon Türleri

Adsorpsiyon ana sistemi ayrı kısma alınacak madde katı alana duymuş olduğu alakayla ilişkilidir. Sulu düzeneklerdeki maddenin yapısal birleştirme yer taşımaktadır.

Adsorpsiyon verimi açısından düşünüldüğünde, çözeltilerden katı faza adsorpsiyon esnasında sıvı ve katı fazdaki maddelerin değişimi aralarındaki oran büyük yer taşımaktadır. Bir parçacığın adsorpsiyon çözeltisi içerisindeki konumu Şekil 2.1'de verilmiştir [37].



Şekil 2.1. Adsorban Çözelti İçerisindeki Durumu [37].

Adsorplanacak madde çözücü maddeden katı yüzeye adsorpsiyonu, çoğunlukla katı yüzey alanında meydana gelen büyük afinitesinden ileri gelir. Afinité iyonik bağı kuvvetlere, kimyasal ve fiziksel bağ oluşturmaktadır. Çözünmüş partükülle adsorplayan yüzeyi ortasındaki çekim kuvvetinin cinsine alakalı üç çeşit adsorpsiyon olarak gösterilmiştir [18].

Adsorpsiyon; kimyasal, iyonik ve fiziksel adsorpsiyon şeklin de üç kısma ayrılmaktadır;

2.1.3.1. Fiziksel Adsorpsiyon

Fiziksel adsorpsiyon genel olarak düşük sıcaklık aralıklarında gözlenen, fiziksel çekim kuvvetlerinin etkili olduğu kendiliğinden meydana gelen bir olaydır ve buna bağılı olarak da enerjisi düşük olan adsorpsiyon madde ile karakterize edilmektedir. Fiziksel adsorpsiyonun meydana gelebilmesini sağlamak düşük sıcaklık alanına bağılıdır. Yani sıcaklık artarsa fiziksel adsorpsiyonda çoğunlukla azalma meydana gelmektedir. Van der Waals kuvvet adsorplanan maddelerle adsorplayıcı madde bölgesindeki bağları oluşturur, bağlar zayıftır. Adsorpsiyon çok katmanlı ya da adsorbanın tekrar kazanımı oldukça kolaylık sağlanır. Adsorpsiyonun etkinleştirme enerjisi azdır (2-5 MJ/mol).

Adsorpsiyonlar Van der Waals bağı kuvveti sebebiyle oluştuğu için adsorpsiyon çeşitleri içerisinde yer almaktadır. Fiziksel adsorpsiyonun meydana gelebilmesi sıcaklıkla ilişkilidir. Oluşan bağlar tersinir ise zayıftır. Ayrıca adsorplanan bileşenindeki çözelti takasla adsorplanan molekül desorbesidir. Adsorpsiyon birden fazla tabakalı olur.

Fiziksel adsorpsiyon, adsorplanan madde ile katı yüzey molekül içerisinde fiziksel çekim kuvveti sonucu meydana gelen adsorpsiyon aşamasıdır. Fiziksel adsorpsiyonda adsorplanan molekülleri adsorplayıcı yüzeyine bağ oluşturan kuvvet, güçsüz Van der Waals kuvvetleridir. Çekim kuvvetleri güçsüz olmasından kaynaklanan desorpsiyon hızlı ve kolaydır. Fiziksel adsorpsiyon çoğunlukla az sıcaklık ile meydana gelir bununla ilişkili düşük enerjili bir adsorpsiyonla ayırt edilir. Fiziksel adsorpsiyon tersinirdir ve işlemi oldukça hızlıdır. Sıcaklık artış gösterdikçe fiziksel adsorpsiyon çoğunlukla azalma göstermektedir.

2.1.3.2. Kimyasal Adsorpsiyon

Adsorplayan yüzey molekülleri ile adsorplanan madde içerisinde kimyasal bağ oluşturmaktadır. Kimyasal bağ uzunluğu adsorblayan, adsorplanan maddeye göre değişiklik göstermekte ve genel anlamda istenilen kimyasal bileşenler oluşmayabilir. Kimyasal adsorpsiyon olan maddeyle katı içerisindeki etkilerin sonucu olmaktadır. Fiziksel adsorpsiyondaki kimyasal adsorpsiyondakinden adesif kuvveten çok daha küçüktür. Adsorpsiyon esnasında meydana gelen ısı, kimyasal tepkime ısısı aşamasıdır. Adsorpsiyon tersinmez ve tek tabakalıdır. Kemisorpsiyonun tek katmandan sonraki etkisini kaybetmesi, molekülleri yüzey alanda tutan kuvvetlerinin eksilme durumunun oluştuğu bilinmektedir [38].

Adsorpsiyonda katı ve adsorplanacak çözünen maddeler içerisinde kimyasal tepkimeler meydana gelir ve tepkime çoğunlukla tersinmezdir. Kimyasal adsorpsiyon, fiziksel adsorpsiyonla kıyaslandığında daha özelliklidir. Çoğunlukla yüksek sıcaklıklarda meydana gelmektedir. Fiziksel adsorpsiyonda moleküller yüzey etrafında rahat hareket edebilmekte ve yüzeye tutunamamaktadır. Kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon arasındaki karşılaştırılması Tablo 2. 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Kimyasal ve Fiziksel Adsorpsiyonun Karşılaştırılması [36].

Parametreler	Fiziksel Adsorpsiyon	Kimyasal Adsorpsiyon
Adsorbat	Kritik Sıcaklığın Altındaki Bütün Gazlar	Kimyasal Olarak Reaktif Bazı Gazlar
Adsorban	Bütün Katılar	Bazı Katılar
Adsorpsiyon Isısı	Düşük	Yüksek
Aktivasyon Enerjisi	Düşük	Non_aktif: Düşük Aktifleşmiş: Yüksek
Tersinirlik	Yüksek Oranda Tersinir	Sıcaklıkla Tersinmez
Yüzey Örtme	Çok Tabakalı	Tek Tabakalı
Önemi	Gözenek Boyutu ve Yüzey Alanı Tayini	Aktif Merkez Alan Tayini Yüzey Reaksiyon Kinetiğinin Tanımlanması
Sıcaklık Aralığı	Düşük Sıcaklıklar	Yüksek Sıcaklıklar

2.1.3.3. İyonik Adsorpsiyon

Seçilen iyonun katı yüzeyinde tutulması esnasında elektrostatik çekim kuvvetlerinin etkili olması şeklinde tanımlanır. Belli başlı katılar ile elektrolit çözelti aralığındaki iyonların tersinir varyasyonlarına iyon değişimi denmektedir. İyon değişimi işlemi adsorpsiyon işleminden çok daha karmaşıktır, ama bilinen yöntemlerle elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir [16, 39].

İyonik adsorpsiyon ile iyon değişimleri kısmındaki ana farklar budur: İyonik adsorpsiyonun aksine iyon değişimi stokiometrik aşamadır. Çözelti maddeden giderilen iyon aynı işarete sahip diğer iyonik farklılığı eşit aralıkta yer değiştirmektedir. İyonik adsorpsiyon, adsorplayıcı ile adsorplanan alanı içerisindeki elektrostatik çekim gücünün etkisiyle iyonların yüzey kısmındaki yüklü alanlara tutunması kavramıdır. Adsorplanan ve adsorplayıcı maddenin zıt elektrik yükünü kazanması ile yüzeylerin birbirlerine doğru çekmesi çok önemlidir. Elektrik yükünün çok yüksek olduğu ve ufak çaplı iyonlar iyi adsorplanırlar [40].

Kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon arasında ana karşılaştırma kriterleri [41,42] aşağıdaki Tablo 2. 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyon Arasında Ana Karşılaştırma Kriterleri [41,42]

Karşılaştırma Kriterleri	Fiziksel Adsorpsiyon	Kimyasal Adsorpsiyon
Sıcaklığa Bağlılık	Düşük Sıcaklıklarda Meydana Gelir ve Sıcaklık Arttıkça Azalır.	Yüksek Sıcaklıklarda Meydana Gelir ve Artıkça Artar.
Adsorplayıcı – Adsorplanan İlişisine Bağlılık	Adsorplananın Kritik Sıcaklığının Altında Herhangi Bir Adsorplayıcı – Adsorplanan, ikili Arasında Meydana Gelir.	Adsorplayıcı ile Adsorplanan Arasında Özel Bir Kimyasal Alakayı Gerektirir.
Tersinirlik	Adsorpsiyon Dengesi Tersinirdir ve Deorpsiyon Zor Değildir.	Çoğu Kez Tersinmezdir, Desorpsiyonu Çok Zordur
Etkin Olan Kuvvetler	Van Der Waals Kuvvetleri Etkindir.	Kimyasal Bağ Kuvvetleri Etkindir.
Sıcaklığa Bağlılık	Adsorplananın Yoğunlaşma Isısı Mertebesinde (5-10 kcal/mol).	Kimyasal Tepkime Isısı Mertebesinde Olup, Yüksek (10-100 kcal/mol).
Yüzey Örtünmesi	Tek Tabaka veya Çok Tabakalı Adsorpsiyon Olabilir.	En Fazla Tek Tabaka Kaplanması Olabilir.
Adsorpsiyon Entalpisi	5-40 kJ/mol	40-800 kJ/mol
Olayın Hızı ve Aktifleşme Enerjisi	Çok Hızlı Olup, Sıfıra Yakın Bir Aktifleşme Enerjisi Eşiğinde Yürür.	Kemisorpsiyon Hızını ise Aktifleşme Enerjisinin Büyüklüğü Belirler.

2.1.4. Adsorpsiyon Sürecinin Kullanıldığı Yerler

Sıvı-katı adsorpsiyonu atık su ve içme suyu arıtımındaki rolü;

- ❖ Deterjan izlerinin atık sulardan giderilmesi,
- ❖ Sanayideki atık maddelerde mevcut olan organik madde ile rengin uzaklaştırılması,
- ❖ Az miktarlardaki zehir bileşiklerin (*fenol vb.*) giderilmesi,
- ❖ Sanayideki kirletici maddelerde bulunan rengin uzaklaştırılması ve kalıcı organik maddelerin uzaklaştırılması,
- ❖ TOC ile Klor ihtiyacının azaltılması,
- ❖ Klora ve Nitro bileşikleri ile özel organik maddelerin giderilmesi,
- ❖ İstenmeyen kokuların ile tadların uzaklaştırılması
- ❖ Deklorinasyon (*klor uzaklaştırılması*), amaçları için kullanılmaktadır [43].

2.1.5. Adsorpsiyonu Etkileyen Faktörler

Adsorpsiyonu etkileyen etmenler aşağıda verilmiştir; [38].

2.1.5.1. pH

Çözeltinin pH'ı çok büyük değişkendir. Çözeltinin pH'sı birçok nedenden dolayı adsorpsiyonun büyüklüğünü değiştirmektedir. Reaktif boyar maddeler ile yapılanan birden fazla işlemde çözeltinin pH'nın artmasıyla adsorpsiyon denge kapasitesinin de büyük oranda azaldığı gözlemlenmiştir [39]. Hidronyum (H_3O^+) ve Hidroksit (OH^-) iyonları kuvvetle adsorplandıklarından, iyonların adsorpsiyonu çözeltinin pH'ından etkilenmektedir. Bazik ve asidik bileşiklerin iyonlaşma derecesi, adsorpsiyonun değişimini etkinliği bilinmektedir. Hidroksil ve hidronyum iyonları kuvvetli adsorbe olduklarından, farklı iyonların adsorpsiyonu çözelti pH'ından etkilenmektedir. Farklı olarak bazik ya da asidik bileşiklerin iyonizasyon aşaması adsorpsiyona etkinlik gösterir.

2.1.5.2. Sıcaklık

Adsorpsiyon süreci genelde ekzotermik (*ısıveren*) bir tepkime biçiminde gerçekleşir. Çoğunlukla ortaya çıkan ısı miktarları kristallenme enerjisi mertebesinde, fiziksel adsorpsiyonda konsantrasyonu ile kimyasal adsorpsiyon kristalizasyon ısıları mertebesinde bilinmektedir. Azalma gösteren sıcaklıkla adsorpsiyon büyük artış gösterir. Çoğunlukla sıcak adsorpsiyon süreci üzerinde mühim etkiler göstermektedir. Sıcaklığın artışıyla, çözelti yoğunluğuna bağlılık göstermektedir.. Adsorpsiyon işlemi

özellikle ekzotermiktir (*ısıveren*) ve sıcaklığın azalmasıyla birlikte adsorpsiyon kapasitesinde artış meydana gelmektedir. Çoğunlukla açığa çıkan ısı miktarları kimyasal kristalleşme enerjisi düzeyinde, adsorpsiyonda, fiziksel adsorpsiyonda yoğunlaşma veya kimyasal reaksiyon enerjisi düzeyinde olduğu bilinmektedir.

2.1.5.3. Adsorbatın Yapısı ve Konsantrasyonu

Çözünenin adsorpsiyonu onun çözücüdeki çözünmesiyle zıt orantı sağlamaktadır. Çok fazla çözünürlük, daha fazla çözünen-çözücü bağı, adsorpsiyonun daha az olması şeklindedir. Çözünenin konsantrasyonu artış gösterdikçe adsorpsiyon büyük artış gösterir. Adsorbanın yapılan ön işlemler, fizikokimyasal doğası ve adsorpsiyon kapasitesini etkilemektedir. Fıstık kabuğu, fındık kabuğu, kurutulmuş bitkiler, meyve çekirdekleri kabukları, vb, doğal halleriyle iyi birer adsorban olmasına karşın, farklı yollarla etkinleştirdikleri zaman çok daha iyi adsorplama yeteneğine sahip oldukları yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir.

2.1.5.4. Adsorbatın Molekül Büyüklüğü

Adsorbe olacak maddeler ne kadar küçük parçacıklı olursa reaksiyon o kadar hızlı gerçekleşir.

2.1.5.5. Yüzey Alanı

Adsorpsiyon yüzey prosesi olduğundan, adsorpsiyon yoğunluğu çok istisnai yüzey alanıyla orantı sağlamaktadır. Adsorplayıcının parçacık boyutlarının küçük, gözenekli yapıda olması, yüzey alanının büyük yapıda olması adsorpsiyonu artmasına yardımcı olmaktadır [40,42].

Adsorpsiyon bir yüzey olayıdır. Adsorbanın yüzey alanını belirlemek basit bir işlem olmadığından adsorbanın birim ağırlığı başına adsorplanan madde miktarı alınır. Bu sebepten dolayı özellikle olarak yüzey alanıyla orantılıdır. Adsorbanın yüzey alanı büyüme gösterdikçe adsorplanan miktarda artmaktadır. Özellikle (*spesifik*) yüzey alanı, toplam yüzey alanının adsorpsiyona orantılı olan bölgesi şeklinde tanımlanabilir. Adsorplayıcının cisim boyunun küçük, yüzey alanı geniş ve gözenekli yapıya sahip olması çoğunlukla adsorpsiyonu arttırmaktadır. Başkaca yüzeyde bulunan işlev grupları da adsorplayıcının adsorplama tavrını etkilemektedir [43].

2.1.5.6. Adsorbanın Miktarı

Değişmeyen adsorbat madde taşıyan çözelti yoğunlaştırılmış adsorban miktarının artış gösterilmesi ile birlikte adsorplama yüzdesi artış göstermesi ile belirli bir zaman sonrasında dengeye ulaşmaktadır.

2.1.5.7. Adsorban Özellikleri

Adsorpsiyonun çapı, toplam yüzey alanının adsorpsiyon için orantılı şekilde alanlar tarif etmek özgül yüzey alanıyla elverişlidir. Partiküllü yapılı maddelerin sonucu adsorbanın büyük çapta yüzey alanı sağlaması tercihlerin başında gelir.

2.1.5.8. Adsorbat ve Çözücü Özellikleri

Çoğunlukla hidrofobik (*suda az çözünebilen*) adsorbanlarda, çözünenin sulu ortamdaki etkili çözünürlüğü ve adsorpsiyon aralarında zıt orantılı bir bağı oluşturmaktadır. Çözünürlük artış gösterdikçe çözünen-çözücü arasındaki bağı gittikçe kuvvetlenir, adsorpsiyon derecesi düşüş göstermektedir. İnorganik (*organik kökenli olmayan*) bileşikler hidrofilik (*suda çözünebilen*) yapısı nedeniyle düşük miktarda adsorplanır, hidrofobik (*suda çözünebilen*) madde seçici şekilde adsorplanır.

2.1.5.9. Temas Süresi

Adsorpsiyon sürecinde adsorpsiyon miktarı ile hızına tesir eden temel faktörlerden bir tanesi temas süresidir. Temas süresiyle adsorplama ile bağlantısı incelendiğinde girişte elde edilen yüksek yüzey alanı sonuçlarında adsorplama miktar belirli bir oranda artış olacağı düşünülmüştür. Temas süresi artıkça, azalan yüzey sebebiyle adsorban miktarının azalmasıyla ilişkili olarak adsorplama oranının düşmeye başlamasının gerektiği beklenen bir durumdur.

Doygunluk aşamasına gelmesiyle alakalı adsorplama dış yüzey alanı yerine adsorbanın deliklerinde (*gözeneklerinde*) oluşmakta ve iç yüzeyinin çok düşük olması sebebiyle, artış gösteren temas zamanıdır, adsorplananın azalma yönünde eğilim göstermektedir. Gözenek çapı büyük veya çok olan adsorbanların ise, denge noktasına daha uzun sürede ulaşması beklenmektedir. Deliksiz olan adsorbanların denge noktasına az bir zamanda ulaşması gerçekleşmekte ve adsorpsiyon hızı zamanla hızlı bir şekilde azalmaktadır [44].

2.1.6. Adsorban Maddeler

Su arıtım sistemlerinde adsorpsiyon işlemleri için farklı kimyasal maddelerin kullanımı gerçekleştirilmektedir. Silikajel (*nem alıcılar*), gözenek çapları büyük ağaç sakızları (*reçineler*); bazik gözenek çapları büyük iyon değiştirici ağaç sakızları (*reçineler*), aktif karbon ve aktif silika fazla bilinen adsorban maddelerdendir.

Etkinleştirilmiş killeri; bentonit (*esasen volkanik tüf veya kül gibi camsı ve açık renkli bir kaya*) ve diğer killerden oluşmaktadır. Asitle (HCl veya H₂SO₄) ile etkinleştirilmedikleri zaman adsorplayıcı özellikleri yok olmaktadır. HCl veya H₂SO₄ ile etkinleştirildikten sonra yıkama işleminden geçirilir, ardından kurutulma işleminden geçirilir ve ince toz zerdecikleri şeklinde bir yapı halini gelerek renk gidericinde ise genellikle petrol türevlerinin uzaklaştırılması tercih edilir.

Gaz adsorban karbon; meyve kabukları, kömür, hindistan cevizi kabukları, odunun karbonizasyonu ve linyit ile oluşturulmaktadır. Gaz karışımlarının çözücü buharlar ile tekrar elde edilmesi, sanayi kokuların, CO₂ ve diğer sanayi gazların uzaklaştırılmasında, hidrokarbonların fraksiyonlandırılmasında ile gaz maskeleri tercih edilir.

Aktifleştirilmiş karbon; meyve kabukları, odun ile kömürün ısı bozundurulmasıyla elde edilen mikrokristalin genetik kodlu madde türüdür. Yaklaşık olarak gözenek boyutları, 10-60 Å⁰ yüzey alanı 300-1200 m² /g'dır. Organik maddelerin adsorpsiyonunda kullanılması gerçekleştirilmektedir [36].

2.1.7. Adsorbentlerin Özellikleri

- ❖ Zehirsiz olmalı,
- ❖ Kolay ve ucuz elde edilebilir olmalı,
- ❖ Çevre için zararsız olmalı,
- ❖ Çok iyi bir adsorbentin ana etkilerinin birim kütle başına düşen geniş yüzey alanına sağlamaktır,
- ❖ Adsorbanlarla etkileşime girebilecek işlevsel gruplar bulundurulmalı,
- ❖ Kolayca geri kazanılabilir yapısı,
- ❖ Suda çözünmemeli,

- ❖ Bilimsel şekilde kullanılması kabul edilmiş olmalıdır.

2.1.8. Adsorpsiyon İzotermi

Adsorpsiyon izotermi adsorplanan madde miktarı, adsorbatın konsantrasyonu ile bulunduğu bölgenin sıcaklığına bağlılık göstermektedir. Çoğunlukla durağan sıcaklık alanında, adsorplanan maddenin miktarı, konsantrasyon fonksiyonu şeklinde belirlenmektedir. Denge şeklinde durağan (*sabit*) sıcaklık ile çözeltide adsorplanmadan kalan çözünenin konsantrasyon karşı birim adsorban kütleinde çözünenin adsorplanan miktarı grafiği çizilerek adsorpsiyon izotermi şeklinde verilen sonuç işlevleri elde edilmektedir [45].

Adsorplayıcıyla dengede mevcut olan adsorplanan molekül miktarı, çözelti denge konsantrasyon ve basınç ilişkili grafiğe adsorpsiyon izotermi denmektedir. Adsorpsiyon iyi biçimde izotermiilerden anlaşılır, fakat izotermiilerden adsorpsiyon hızı konusunda bir sonuca ulaşamaz. Adsorban aracılığıyla tutulan madde miktarı, tutulacak olan maddenin yoğunluğu ile sıcaklığın (T) birer işlevidir.

2.1.8.1. Langmuir İzotermi

Tek katmanda adsorpsiyon için kolay teorik model Langmuir modeli ile aşağıdaki veriler gösterilmektedir:

- ❖ Katı yüzey alanındaki tüm alanlar eşit adsorpsiyon etkileşimine sahiptir.
- ❖ Yüzeyi homojen enerji göstermektedir.
- ❖ Adsorplanmış moleküllerin ortasında karşılıklı etki yoktur. Birim yüzeyde adsorplanmış madde miktarlarının adsorpsiyon şiddetinin herhangi bir tesiri bulunmamıştır.
- ❖ Adsorpsiyon süreci eşit düzeneklere sahiptir.
- ❖ Adsorpsiyon maksimum adsorpsiyon ve tek katman şeklinde meydana gelir, adsorplayıcı yüzeyine bağlantı oluşturan moleküllerin doymuş katman meydana geldiği zamandaki adsorpsiyonudur.
- ❖ Desorpsiyon hızı yalnızca yüzey alandaki adsorplanmamış madde miktarına bağlanmamaktadır.
- ❖ Bu hipoteze göre yapılan benzer matematiksel eşitlikleri denklem 1.1-

1.2 ve 1.3’de gösterilmiştir [37].

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L} + \left(\frac{a_L}{K_L}\right)C_e \quad (1.1)$$

$$q_e = \frac{Q_{\max} a_L C_e}{1 + a_L C_e} \quad (1.2)$$

$$q_e = \frac{K_L C_e}{1 + a_L C_e} \quad (1.3)$$

Bu eşitlikte;

q_e : Adsorbanın birim kütlesinde adsorplanan madde miktarı (mg/g adsorban),

a_L : Langmuir sabiti (l/mg),

C_e : Adsorpsiyon sonrası çözeltide kalan maddenin konsantrasyonu (mg/l),

$Q_{\max}$: Adsorbanın en yüksek adsorplama kapasitesi (mg/g).

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

C_e/q_e Varyasyon, C_e sonucuna göre varyasyon grafiğe aktarılmasıyla elde edilen doğrunun eğimi a_L/K_L sabitinin değerini meydana getirirken bölge noktasında $1/K_L$ sabitinin değerine ulaşılır. Genellikle tek katmanlı adsorpsiyonun olduğu aynı cinsten (*heterojen*) adsorpsiyon düzeneğinde izoterm denge durumunu kesin şekilde açıklanamamaktadır. Adsorpsiyonun kullanışlılığını bulmak için boyutsuz R_L (*dağılma*) durağan (*sabiti*) denklem 1.4'ten hesaplama yapılır ve sabitin 0 ile 1 aralığında değerleri alması kullanışlılığı şeklinde işaret etmektedir [46,47]. Tablo 2. 3'de R_L değerleri için izoterm türleri gösterilmiştir:

$$R_L = \frac{1}{1 + bC_0} \quad (1.4)$$

a_L : Langmuir sabiti (l/mg)

C_0 : Başlangıç çözünmüş derişimi (mg/l)

Tablo 2.3. İzoterm Tipleri ve R_L (Dağılma) Sabiti Değerleri

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

2.1.8.2. Freundlich İzotermi

Langmuir biçiminde bulunan a_L ' nin q_e 'nin bir işlevsel değiştiği aynı cinsten (*heterojen*) yüzey enerjileri kendine özgü bir pozisyon ifade edilir. Bu şekildeki durumlar için Freundlich denklem 1.5'i geliştirme göstermiştir.

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (1.5)$$

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

C_e : Adsorpsiyon sonrası çözeltide kalan maddenin konsantrasyonu (mg/l)

n : Adsorpsiyon yoğunluğu

K_F : Deneysel şekilde hesaplama yapılırken adsorpsiyon kapasitesi.

Bu edenkenlerde K_F ve n sabitleri sıcaklığa, adsorban ve adsorbat madde ile ilişki değeri 1'den büyük olmalıdır.

Bu durum ($n > 1$) adsorpsiyon sürecinin kullanışlı olduğunu göstermektedir [37].

Denklem 1.6; yukarıda (Denklem 1.5) gösterilen eşitliğin her iki kısmında logaritması alınarak doğrusal hale getirilme sonucuna varılmış.

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (1.6)$$

$\log q_e$ 'nin $\log C_e$ 'ye karşı değişimi grafiğe aktarılırsa K_F ve n sabitleri elde edilir. Grafikte bulunan değerlerin doğrunun y eksenini kesim noktası $\log K_F$ 'yi ve eğimi de $1/n$ 'i sonucu elde edilmektedir [48].

2.1.9. Adsorpsiyon Kinetiği

Adsorpsiyon kinetiği açığa çıkması ve etkin adsorbat-adsorban alıkonma zamanı teması bulunmaktadır. Adsorpsiyon kinetiğinin analiz edilmesi adsorpsiyon sürecinin hızını etki gösteren adsorpsiyon aşamalarının anlaşılır olması çok mühim bir basamaktır [49].

Herhangi bir çözeltide bulunan adsorbatın adsorban aracılığıyla adsorplanması işlemi dört temel basamakta gerçekleşir [50,52].

1. Gaz veya sıvı fazda mevcut adsorbat, adsorbanı içine alan bir film katmanı sınırına doğru geçiş sağlar. Adsorpsiyon sisteminde belirli bir karıştırma (*hareketlilik*) olduğundan dolayı genellikle ihmal edilir.

2. Film tabakasına gelen adsorbat sakin (*durgun*) alandan geçiş sağlayarak adsorbanın deliklerine (*gözeneklerine*) doğru gider (*sınır tabakası difüzyonu*) (*film mass transfer/boundary layer diffusion*).

3. Sonraki aşamada adsorbanın gözenek alanlarında hareket ederek adsorpsiyonun ortaya çıkacağı yüzeye doğru geçiş sağlar (*parçacık içi difüzyon*) (*intraparticle diffusion*).

4. Son aşamada adsorbatın adsorbanın gözenek yüzeyine tutunması ortamda gerçekleşir (*sorpsiyon*).

Adsorban bulunduğu ortam *durağan (hareketsiz)* şekildeyse, ilk aşamada yavaş ve adsorpsiyon hızını belirleyen aşama tercih edilmektedir. Akışkan eğer hareket ettirilse, yüzey katmanının kalınlığında azalma meydana geleceği adsorpsiyon hızında artış vardır. Son basamakta ölçüm yapılmayacak kadar hızlı olduğundan ve ilk basamak da ki iyi bir karıştırma olduğu farz edilerek adsorpsiyon hızına ters etki oluşturmayacak şekilde 2. ile 3. aşamada hız belirleyicidir [43, 51, 52].

Sınır katmanı geçişi (*difüzyonu*) adsorpsiyon sürecinin ilk birkaç dakikasında, partikül içi geçişi (*difüzyonu*) adsorpsiyon prosesinin geri kalanı daha uzun bir süreçte olduğu, adsorpsiyon hızını bütün olarak etkileyen aşamanın partikül içi difüzyon olduğu söylenebilir [47].

Adsorpsiyon sürecinin ilk birkaç dakikasında sınır tabakası difüzyonunun tesiri olup olmadığını anlayabilmek (Denklemler 1.7) $-\log C_t/C_0$ değerinin zamana (ilk 5-10 dakikalık bölüm için) karşı grafiği çıkartılır. Ortaya çıkan eğrinin doğrusallığı ne kadar bire yakınsa sınır katmanı geçişi de o kadar büyük olduğu söylenebilmektedir. Adsorpsiyon sürecine partikül içi geçişmesinde temasının bulunması için q_t değerinin zamanın kareköküne (Denklemler 1.8) karşı grafiği oluşturulmuş olduğu anlaşılar. Eğim hız sabitini oluşturacaktır [53].

$$-k_t = 2.303 \log \frac{C_t}{C_0} \quad (1.7)$$

C_t : Her bir temas süresinde çözeltide kalan adsorbat derişimi (mg/l).

C_0 : Başlangıçtaki adsorbat derişimi (mg/l)

k : Sınır tabakası difüzyonu sabiti (zaman-1)

$$k_p = \frac{q_t}{t^{0.5}} \quad (1.8)$$

q_t : t zamanında birim adsorban üzerine adsorplanan adsorbat miktarı (mg/g)

t : zaman (dakika)

k_p : Parçacık içi difüzyon hız sabiti (mg/g dakika 0,5)

Adsorpsiyon hızının tespiti için tercih edilen denklemler aşağıda verilmiştir; [46,47,52,54,55,56,57,58,59]

Birinci derece Lagergren eşitliği:

$$\log \frac{(q_e - q_t)}{q_e} = \frac{k_{1,ad} t}{2.303} \quad (1.9)$$

Yalancı ikinci dereceden reaksiyon hız eşitliği:

$$\frac{t}{q_t} = \left[\frac{1}{k_{2,ad} q_{eq}^2} \right] + \frac{1}{q_{eq}} t \quad (1.10)$$

İkinci dereceden hız eşitliği:

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + kt \quad (1.11)$$

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

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

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

q_e : Denge meydana geldiği zaman adsorbe edilen madde miktarı (mg/g)

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

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

$\log(q_e - q_t)$, t/q_t ve $\frac{1}{(q_e - q_t)}$ değerlerinin t değerine karşı ayrı ayrı grafiğe konulmalarıyla $k_{1,ad}$, $k_{2,ad}$ ve k değerleri hesaplanır.

Deneylerden elde edilen veriler, grafikler yardımıyla değerlendirmeye alınarak adsorpsiyona en uygun izoterm ve adsorpsiyon hızının derecesi bulunmaktadır.

2.1.10. Adsorpsiyon Termodinamiği

Adsorpsiyonda adsorbat, birikim ve daha dengeli hale geldiği için dağınımı (*entropi*) azalma göstermektedir. Adsorpsiyonun spontane olması (*kendiliğinden olabilme*) için (Denklemler 1.12'de) ΔH ve ΔG değerlerinin negatif (*ekzotermik*) olması gerekir [60,61,62].

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 \quad (1.12)$$

ΔG^0 : Serbest enerji değişimi, Gibbs serbest enerjisi (kJ/mol)

ΔH^0 : Entalpi değişimi (kJ/mol)

ΔS^0 : Entropi değişimi (kJ/mol K)

T : Mutlak sıcaklık (Kelvin)

Belirli bir sıcaklıkta yapılan adsorpsiyon sürecinin Gibbs serbest enerjisini bulmak için ilk olarak denge sabiti olan K_c Denklem 1.13 yardımı ile hesaplama yapılır[61,62,63].

$$K_c = \frac{C_a}{C_e} \quad (1.13)$$

K_c : Denge sabiti

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

C_e : Çözeltide kalan madde konsantrasyonu (mg/l)

Denklem 1.13 yardımıyla bulunan K_c 'nin C_e 'ye karşı grafiğe aktarılmasıyla bulunan K_c^0 Denklem 1.14'e yerleştirme yapılarak adsorpsiyonun Gibbs serbest enerjisi bulunmaktadır [61, 62].

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_c^0 \quad (1.14)$$

$$\ln K_c^0 = \frac{\Delta S^0 - \Delta H^0}{R} \times \frac{1}{T} \quad (1.15)$$

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

Denklem 1.15 kullanılarak, $\ln K_c^0$ değerinin $1/T$ değerine karşı grafiğe aktarılmasıyla meydana gelen doğrunun eğimi ve kesim noktası ile ΔH^0 ve ΔS^0 hesaplanması yapılmaktadır [61].

ΔH^0 'ın pozitif değerleri adsorpsiyonun endotermik (ısı alan) ΔG^0 'nin negatif değerleri adsorpsiyonun ekzotermik (ısı veren) olduğunu göstermektedir. Adsorpsiyon sürecinin kullanılabilmesi Gibbs ve entalpi serbest enerjisinin negatif olmasıyla anlaşılabilir. ΔS^0 'nin pozitif değerleri ise katı/çözelti ara yüzeyindeki karşılaşmanın artışı aktarılmaktadır.

2.2. Boyar Madde

Boyar madde, kullanılan araç-gereçlere kalıcı biçimde rengini veren, koyu renkli ve karmaşık şekilli organik bileşiklere verilen addır. Pigmentlerin tersine, boyar maddelerin yaklaşık olarak hepsi suda çözünürler ve renk dağıtılması muntazam bir şekilde olması için sulu çözelti şeklinde gösterilmektedir.

İlk aşamada dokuma olmak üzere, tekstil, deri, kağıt, kozmetik ve gıda endüstrisinde tercih edilen boyar maddenin doğal, suni (*sentetik*) bir hayli çeşidi bulunmaktadır. Çağımızda tercih edilen boyar maddelerin birçok, kömür ya da petrol katranından üretilen benzen grubu hidrokarbonlardan hazırlanmasıdır. Hatta 1000'lerce senelik geçmişe sahip olan boyama sanatında (19. yüzyılın ortalarında) birinci sentetik (yapay)

boyar maddenin üretiminden önce yalnızca hayvansal ve bitkisel kökenli normal boyar maddeler vardı. Bilinen birinci boyar maddeler, bitkisel asıl kök boya, safran ile indigodur [64,65].

2.2.1. Boyar Maddeler ve Genel Özellikleri

Boyar maddeler başka maddelerin renk giderimin de kullanılırlar. Pigmentler ve boyalar nedeniyle başlıca iki gruba ayrılmaktadır. Boyalar, maddeleri tercih edilme sırasında rastgele bir çözeltide kristalleri çözünerek hazır yapılan boyar maddelerdir. Bunlar çok sayıda organik bileşiklerdir ve yapılarında aromatik kümelerdir (*gruplar*) gösterilmektedir. İnorganik boyaların kullanılması sınırlıdır. Organik boyalar, oksokrom ile kromojen gruplarla meydana gelmektedir. Renkli bileşikler, renkveren (*kromofor*) denilen grupları içeren bir konjuge ya da aromalı halkalar çift bağlı alifatik bağlardan meydana gelir ve kromojen denmektedir. Oksokrom kümeleri boyanın rengine katkıda bulunan veya elyafa (*lif*) tutunmayı oluşturan kümelerdir. Belli başlı kümelerin moleküle ilişkili ise aromalı halkaların ultraviyole (mor ötesi) ışınlar kısmında oluşan absorpsiyonu, görünür çeşitli kısmına kayabilir. Bu şekilde etki üç gösteren kümelere “kromofor kümeler” denir. Kromofor kümeler içeren aromatik halkalı yöntemlere “kromojen grup” denir. Kromojen kümeler antiokskrom veya oksokrom kümelerinin bağ oluşturmasıyla boyar maddeler meydana gelmektedir.

2.2.1.1. Başlıca Kromofor (Renk Oluşturucu) Gruplar;

Tablo 2.4. Başlıca Kromofor (*Renk Oluşturucu*) Gruplar verilmiştir.

Tablo 2.4. Başlıca Kromofor (*Renk Oluşturucu*) Gruplar

Nitrozo Grubu	-NO veya =N-OH
Azo Grubu	-N=N
Nitro Grubu	-NO ₂
Karbonil Grubu	-C=O
Etilen Grubu	-C=C

2.2.1.2. Başlıca Antiokskrom Gruplar İse;

Tablo 2.5’de Başlıca Antiokskrom Gruplar verilmiştir.

Tablo 2.5. Başlıca Antiokskrom Gruplar

Karbonmonoksit	-CO
Azotmonoksit	-NO

2.2.1.3. Başlıca Oksokrom Gruplar;

Tablo 2.6’da Başlıca Oksokrom Gruplar verilmiştir.

Tablo 2.6. Başlıca Oksokrom Gruplar

Amin Grupları	-NHR ya da -NH ₂
Hidroksil Grubu	-OH

Pigmentler, rastgele bir çözeltide çözünmeden ve kristal yapıları dekompozisyon (*bozunmadan*) duran yapılardır. İnce öğütülmüş pigmentler, içine iltibas (*kariştirildikleri*) maddeleri ile renklendirirler. Pigmentlerin birçoğu inorganik yapıli maddedir. Fakat son zamanlarda organik yapıya sahip pigmentler yoğun olarak tercih edilir [64,65].

2.2.2. Boyar Maddelerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Günümüzde boyaların toksik yapılara sahip olması, birtakım boyaların faliyet göstermesi esnasında daha önceden tayin edilen oranlarda tutulmaya çalışılması gerekliliğı, düşük miktarda ama uzun zamanlı olacak şekilde yer aldıklarında süregelen (*kronik*) etkenlerin dikkate alınarak boya ile çalışan işçiler üzerinde araştırma yapılmıştır. Araştırmaların sonucuna göre boyaların metobolizmalar üzerinde kanser etkisi olduğu saptanmaktadır. Boyalar başta mesane kanserine sebep olmaktadır, boyalarla doğrudan temasları halinde alerjik haller ve cilt hastalıkları meydana gelebilmektedir. Boyaların gözle temaslarının ve solunmalarının tehlikeli olduğu bilhassa alkali boyaların görme yetilerini yitirmeye neden olabileceğı belirtilmiştir. Boyalar farklı olarak moleküller bileşenlere göre tehlike meydana getirmektedir. Model olarak, kurşun içeren boyalarla uzun süreli temas halinde bulunmak kurşun toksik etkisine yol açmaktadır [66].

Boyaların çoğunlukla toksik özelliğı, boşaltıldığı alıcı su alanındaki canlılar içinde tehlike oluşturmaktadır. Boyalar su canlılarının içerisinde genellikle balıklar için öldürücü özellik taşımamaktadır. Alıcı su kaynağının olabildiğince büyük etkenlere sahip olmaması durumunda toksik özelliğı, güneş ışınlarını absorplaması ve fotosentezin yavaşlamasına tabi olarak çözünmüş oksijen miktarını azaltarak yaşamı tehdide sokmakta ve çevresel dengeyi bozmaktadır. Boyar maddeler estetik açıdan da ekolojik bozukluğa sebep oluşturmaktadır. Genellikle insanların toplu şekilde yaşadığı

alanlar ile piknik alanlarında bu tür kirlilik ekoloji için yüksek Risk taşımaktadır [67,68].

2.2.3. Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırma

- ❖ Substantif (*Direkt*) boyar maddeler
- ❖ Diazolama boyar maddeleri
- ❖ Suda çözünen küp boyar maddeleri (*İndigosoller*)
- ❖ Mordan boyar maddeler
- ❖ Reaktif boyar maddeler
- ❖ Küp boyar maddeler
- ❖ Asit boyar maddeleri
- ❖ İnkişaf (*Naftol*) boyar maddeleri
- ❖ Dispersiyon boyar maddeleri
- ❖ Oksidasyon boyar maddeleri
- ❖ Pigment boyar maddeleri

2.2.3.1. Bazik Boyar Maddeler: Renkli bir katyon ile renksiz bir anyondan ibaret katyonik boyar maddelerdir [69].

[Renkli Katyon]⁺ Cl⁻

Pozitif yük taşıyıcı olarak N ya da S atomu taşırlar. Yapılarından kaynaklanan bazik (*proton alan*) şekilde etki ettiklerinden anyonik küme içeren elyaflarla (*lifle*) bağ oluştururlar. Başlıca poliakrilonitril, kısmen de yün ve pamuk elyaflarının boyanması işleminde kullanılmaktadır [70]. Boyar maddeler yün elyaflarla (*lifindeki*) –COOH grupları ve elektrostatik ilişki kurabildiklerinden yün elyaflarla (*lifini*) doğru olarak boyama yapılabilmektedir.

Bazik boyar maddeler canlı ve parlak renk vermelerine rağmen yaş haslıkları ve ışık hassasiyeti azdır [69].

Poliakrilonitril elyafların (*lifinin*) boyanması işlemi kendine özgü geliştirilen bazik boyar maddeler, bugün poliakrilonitril lifinin boyanmasında çok fazla kullanılan boyar maddelerdir. Boyar maddelerin poliakrilonitril lifi arasındaki hassaslık yüksektir [69].

2.2.3.2. Substantif (Direk) Boyar Maddeler: Selüloz elyafları (*lifinin*) ve kısmen olarak protein elyafları (*lifinin*) boyayan boyar maddelerdir. Bu anyonik boyar maddeler olup çözücü küme olarak –SO₃Na kümeler oluşturmaktadırlar. Sudaki

çözünürlükleri oldukça fazla olduğundan dolayı düşük yaş hassasiyeti göstermektedir [69].

2.2.3.3. Diazolama Boyar Maddeleri: Molekül yapısında diazolanabilecek özgür –NH₂ grubu taşıyan bazı substantif boyar maddeler elyafların (*lifinin*) üst kısımlarında diazolama ile uygun bir birleşme komponentiyle molekülü büyüterek yaş hassasiyetini yükseltebilmektedir. Boyar maddelere diazolama boyar maddeleri denmektedir [69].

2.2.3.4. Asit Boyar Maddeleri: Genel formülleri Bm-SO₃⁻ Na⁺ (Bm: *boyarmadde, renkli kısım*) şeklinde yazılabilir. Molekülde bir ya da birden çok COOH karboksilik asit grubu ya da –SO₃H sülfonik asit grubu içermektedirler. Boyar maddeler ilk başta poliamid, ipek, yün, katyonik modifiye akrilonitril elyafı ile deri, kâğıt ve besin maddelerinin boyanmasında tercih edilir [70].

2.2.3.5. Mordan Boyar Maddeler: Metal iyonları (*çoğunlukla krom*) oluşturabilen asidik boyar maddelerdir. Boyar maddeler bir diğer yandan asit boyar maddelerinde elektrostatik çekim kuvvetleriyle öte yandan metal iyonları aracılığıyla eşgüdümlü olarak protein lifine ilişki kurduğunda, elde edilen boyama işlemlerinin ışık ile yaş haslık büyüktür [69].

2.2.3.6. Küp Boyar Maddeler: Suda çözünmeyen boyar maddeler olup boyama aşaması için bazik durumda indirgenmek suretiyle suda çözünür şekle getirilir ve bu şekliyle boyama işlemi gerçekleştirilir. Boyama işleminden sonra lif üstünde paslanmaya tabi tutularak tekrar çözünmez hale getirilir. Yüksek yaş haslığı ile ışık gösteren boyar maddelerdir [69].

2.2.3.7. İndigosoller: Redüksiyon (*indirgenmiş*) küp boyar maddelerinin H₂ SO₄ ile yaptıkları esterlerin sodyum tuzlarını seçmişler özelliği suda çözünmeleridir. Boyar maddelerle boyama işlemlerinden sonra oksidasyon, sabunlaştırma işlemlerini gerçekleştirerek çözünmez küp boyar maddesi halini oluşturulmaktadır [69].

2.2.3.8. Reaktif Boyar Maddeler: Selüloz fiberlerini boyama işlemi yapmak için tercih edilen renkli moleküllerdir. Boyalar kimyasal biçimleri gereği, molekül boyutu, molekül şekli sebebiyle biyolojik indirgenmeye dayanıklılık göstermektedir. Ortamlarda basit bir şekilde biyolojik indirgenmeye karşı reaktif boyar maddeler dokuma endüstrilerin de atık su problemi oluşturan bileşikler olarak adlandırılır [2].

Reaktif boyar maddeler selülozik lifin (*elyafın*) baskısına, boyanmasına yardımcı oldukça mühim bir boyar madde kümesidir. Fakat çok fazla olmamakla beraber ipek,

yün, deri ve naylon boyama işleminde kullanılmaktadır. Reaktif boyar maddelerde tüm renkleri oldukça parlaktır ve renk dizisi bulunmaktadır [71].

2.2.3.9. Kükürt Boyar Maddeler: İndirgenmiş şekliyle boya işlemleri gerçekleştirildikten sonra paslanarak tekrar çözünmez şeklinde meydana gelmektedir. Suda çözünmeyen boyar maddeler tekstil endüstrisi için bazik ortamda Na_2S ile indirgenerek suda çözünür hale getirilir. Fiyatlarının düşük olması ve haslıkları sonucunda pamuk boyama işleminde sık tercih edilen bir boyar madde öbeğidir [69].

2.2.3.10. İnkişaf Boyar Maddeler: Suda çözünme özelliğine sahip iki bileşen (*komponentin*) (*Diazonyum, Naftolat tuzu*) lif üst kısmında komponenti meydana gelen azo boyar maddeleridir. Komponentin hepsi tek tek suda çözünme gerçekleştirilirken lifin üst kısmında gerçekleşen komponentin suda çözünmez şekle getirilmektedir ve yaş hassasiyeti büyüktür [69].

2.2.3.11. Oksidasyon Boyar Maddeler: Küçük moleküllü ara maddelerin (*aromatik aminler*) asidik durumda oksidasyonu sonucu lifin üst kısmında gerçekleştirilen boyar maddelerdir [69].

2.2.3.12. Dispersiyon Boyar Maddeler: Boyar maddeler, boyama işlemi esnasında dispersiyon bölgesinden hidrofob elyaf (lif) üzerine geçişme (*difüzyon*) yoluyla çekilmektedirler. Suda eser miktarda çözünebilmesi ve sudaki serpinme (*dispersiyonları*) şeklinde uygulanan boyar madde şeklidir [70].

2.2.3.13. Pigment Boyar Maddeler: Liflerin boyaması, boyar madde pigmentinin life bir yardımcı madde (*binder*) aracılığıyla yapıştırılması olmaktadır. Suda çözünmeyen boyar maddeler olup life karşı herhangi bir afinitesi de yoktur [69]

2.2.4. Bazı Boyalar

2.2.4.1. Metilen Mavisi

Metilen Mavisi ($C_{16}H_{18}N_3SCl$)'nin kimyasal formülü. Tablo 2.7. Metilen Mavisi'nin fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.7. Metilen Mavisi'nin Fiziksel Özellikleri

SınıflandırmaNumarası	52015
Suda Çözünürlük	% 3,55
Alkolde Çözünürlük	% 1,48
λ_{max}	664 Nm
Molekül ağırlığı	319,9 g/mol
Boya Grubu	Tiyazin
İyonizasyon	Asidik

2.2.4.2. Metil Viyole

Metil Viyole ($C_{24}H_{28}N_3Cl$)'nin kimyasal formülü. Tablo 2.8. Metil Viyole'in fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.8. Metil Viyole'in Fiziksel Özellikleri

SınıflandırmaNumarası	42555
Suda Çözünürlük	% 1,68
Alkolde Çözünürlük	% 13,87
λ_{max}	579 Nm
Molekül ağırlığı	393 g/mol
Boya Grubu	Trietilmetan
İyonizasyon	Asidik

2.2.4.3. Malahit Yeşili

Malahit Yeşili [$C_6H_5C(C_6H_4N(CH_3)_2)_2$] Cl'nin kimyasal formülü. Tablo 2.9. Malahit Yeşili'nin fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.9. Malahit Yeşili'nin Fiziksel Özellikleri

Sınıflandırma Numarası	42000
Suda Çözünürlük	Çok İyi
Alkolde Çözünürlük	Çok İyi
λ_{max}	617 Nm
Molekül ağırlığı	364,9 g/mol
Boya Grubu	Trietilmetan
İyonizasyon	Asidik

2.2.4.4. Metil Oranj

Metil Oranj ($C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$)'nin kimyasal formülü. Tablo 2.10. Metil Oranj'ın fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.10. Metil Oranj'ın Fiziksel Özellikleri

Sınıflandırma Numarası	13025
Suda Çözünürlük	Çok İyi
Alkolde Çözünürlük	Çözünmez
λ_{max}	463 Nm
Molekül ağırlığı	327,33 g/mol
Boya Grubu	Azo
İyonizasyon	Bazik

2.3. Kahve Ağacı

Hoş kokulu ve çiçekleri beyaz, kiraza benzeyen kırmızı meyvesinin iç kısmında iki çekirdek bulunduran, dikildikten ortalama olarak 3 yılın sonunda yemiş vermeye başlar ve 30-40 yıl süresince kesintisiz olarak yemiş veren ağaç çeşididir. Normal şekilde bırakıldığında 8-10 metreye kadar boy veren ağaç, meyvelerin basit şekilde toplanabilmesi için sıklıkla budama işleminden geçirilir 4-5 metre yüksekliğinde çalı boyutunda tutulmaya çalışılmaktadır. Kahvenin defne yaprağına benzeyen deri şekli ve kenarları dalgalı kışın dökülmeyen parlak, koyu, sivri uçlu yapraklara sahiptir. Çok fazla yağış gerçekleşen bölgelerde, ortalama sıcaklığı 18-24°C aralığında bulunur, don olayının gerçekleşmediği, ekvatorun 30 Güney'i - 25 Kuzey'i aralığında büyüme gösterir. Ani ısı değişiklikleri, ağaca çok fazla zarar vermekte hatta aşırı soğuk hava ağacı öldürebilmektedir. Kahve ağacı, nemli havaları sevdiğinden, düzenli olarak yağışın gerçekleştiği tropik kısımlarda büyümesi gerekmektedir. Tabiatla çok fazla yetişen çeşidi bulunmasına karşın sadece Coffea robusta, Coffea arabica isimindeki çeşitlerinin tarımı gerçekleştirilmektedir [72].

2.3.1. Kahve Meyvesi ve Çiçeği

Bereketli yağışlardan sonra kahve ağacı, yılda iki veya üç defa bembeyaz büyük ve güzel çiçekler vermektedir. Keskin kokusu, bazen yasemini bazen de yasemin ağacının çiçeğini anımsatmaktadır. Çiçek açmaya başlamış olan ağaçlardan, sadece bir tanesinin dallarında bir senede toplam olarak 20-30 bin çiçek bulundurmaktadır. Kahve çiçekleri açtıktan yalnızca birkaç saat sonra yaprakları rengini yitirmeye başlar, çok yavaş bir şekilde meyve olmak için kendilerini hazırlamaya başlarlar [72]. Şekil 2.2. Kahve meyvesi ve çiçeği örneği verilmiştir.



Şekil 2.2. Kahve Meyvesi ve Çiçeği [72]

2.3.2. Kahvenin Kavrulmuş Çekirdeği

Kahvenin çiçeği beyaz renge sahiptir. Yasemin şeklinde bir kokuya sahiptir. Kahve meyvesinin; şekli, rengi, büyüklüğündeki paralellikler sebebiyle "kahve kirazı" şeklinde isim verilmektedir. İç kısmında ince iki çekirdek bulundurmaktadır. Çekirdeklerin birbirine bakan kısımları düzdür. Çekirdeklerin dış kısımları ise yuvarlak şekildedir. Her bir çekirdeğin içi kısmında benzer şekilde bir tohum (*kahve taneciği*) bulunmaktadır. Kahve tanesinin dış kısmında düz, iç kısmında sert bir besli dokusuyla dolu olan ve çok derin bir çizgi bölgesi yer almaktadır. Besli dokusunun dış kısmı ince bir zarla çevrilidir. Kahve çekirdek zarının dışı kısmı çok daha sert bir kabuk kısımdan oluşmaktadır. Kahve çekirdeği eğer sonradan tohum olarak kullanılacaksa çekirdeği kabuktan ayırma işlemi yapılmaz [72]. Şekil 2.3. Kahvenin kavrulmuş çekirdeği örneği verilmiştir.



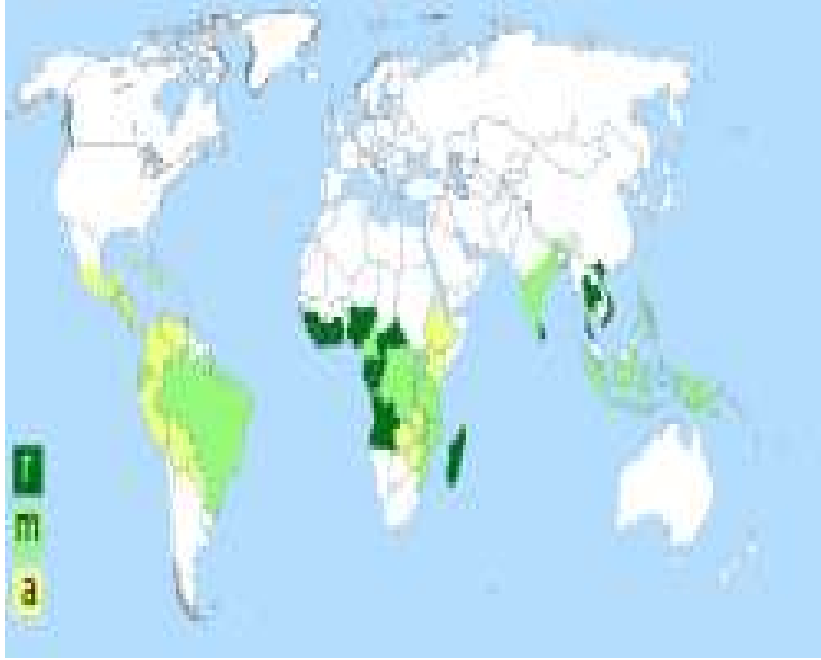
Şekil 2.3. Kahvenin Kavrulmuş Çekirdeği [72]

Kimi zaman kahve ağaçlarının meyvesinde iki tane çekirdek yerine bir tane çekirdek meydana gelir. Çekirdekler (*peaberry*), daha farklı çekirdeklere bakarsak çok daha yuvarlak bir biçime sahip olmaktadır. Tek şekilde oluşan çekirdekler, diğer kahve çekirdeklerinden ayıklanarak imal aşamasından geçirilir. Çoğunlukla fiyatları doğal kahveye oranla çok daha yüksektir.

Kahve meyvelerinin sistemli şekilde kontrolden geçirilmesi gerekmektedir, olgunlaşmasını tamamladıktan sonra 14 gün içerisinde çürüme işlemi başlarlar.

2.3.3. Dünya Kahve Tarımı Haritası

Oğlak dönencesi ile Yengeç dönencesi aralığında tropikal iklimli alanlarında genellikle çok sık şekilde kahve tarımı gerçekleştirilmektedir. Toprak, içine çektiğı suyu, güneşlenme süresini, nem, kahvenin aroma tadında değışiklik yapılmaktadır. Fakat kahve yanardağların eteğinde üretiliyorsa kahvede belirli bir şekilde kül kokusu vardır. Muz ağaclarının gölge kısımlarında yetişıyorsa çok daha aromatik bir tada sahip olmaktadır. Brezilya kahvesi üretimi dünyada birinci sıradadır. Onu sırayla Vietnam ve Kolombiya ülkeleri takip etmektedir [72]. Şekil 2.4. Dünya kahve tarımı haritası örneğı verilmiştir.



Şekil 2.4. Dünya Kahve Tarımı Haritası [72]

Tablo 2.11’de Dünyada en çok kahve tüketen ülkeler verilmiştir.

Tablo 2.11. Dünyada En Çok Kahve Tüketen Ülkeler [73]

Dünyada En Çok Kahve Tüketen Ülkeler		
1	Finlandiye	12 kg
2	Norveç	9,9 kg
3	İzlanda	9 kg
4	Danimarka	8,7 kg
5	Hollanda	8,4 kg
6	İsveç	8,2 kg
7	İsviçre	7,9 kg
8	Belçika	6,8 kg
9	Lüksemburg	6,5 kg
10	Kanada	6,2 kg
11	Bosna Hersek	6,1 kg
12	Avusturya	5,9 kg
13	İtalya	5,8 kg
14	Slovenya	5,8 kg
15	Brezilya	5,5 kg
16	Almanya	5,5 kg
17	Yunanistan	5,4 kg
18	Fransa	5,1 kg
19	Hırvatistan	4,9 kg
20	Kıbrıs	4,8 kg

2.3.4. Türk Kahvesi ve Filtre Kahve

2.3.4.1. Türk Kahvesi

Türk kahvesi, ilk olarak Türkler tarafından kullanılan, çok ince çekilmiş kahve çekirdeklerine şeker, su konarak homojen şekilde karıştırılarak bakır ya da çelik cezveler içerisinde kaynamaya bırakılarak köpüklü şekilde elde edilen bir kahve yöntemidir [74]. Kendine has tadı, kokusu, köpüğü, sunuluş şekliyle kendine özgü bir kimliği ve geleneğe sahiptir. Kahve falı ile geleceği anlatmak amacıyla kullanılan tek kahve çeşididir. Ayrıca "kız isteme" törenlerinin ve dini bayramların geleneksel bir şekli olmuştur. Diğer yandan da dünyada ki kahve çeşitleri içerisinde “en ince” öğütülen kahvedir. Diğer kahve hazırlama yöntemleri ile kıyaslandığında telvesi yani posası ile tüketilen tek kahve hazırlama yöntemidir. Farklı olarak kaynatılarak pişirilen tek kahve çeşidi olarak da diğer kahve çeşitleri arasında farklılığını dünyaya ispat etmektedir.

Daha yeni yeni Mersin - Anamur kısmında kahve üretimine başlanmıştır. Türkiye’de ise kişi başı tüketim 0.4 kg. yani 400 gram. Türkiye’de senelik olarak hemen hemen 30 bin ton kahve tüketilmektedir. Pazarın büyüklüğü 500 milyon TL’nin üzerindedir. Bu pazarın 125 milyon TL’lik alanını Türk kahvesi oluşturulmuştur [75]. Şekil 2.5’de Türk kahvesi örneği verilmiştir.



Şekil 2.5. Türk Kahvesi [75]

2.3.4.2. Filtre Kahve

Filtre kahve veya diğer ismiyle de “Damla Demleme” metoduyla su bir filtrenin içindeki kahve çekirdeklerinin üzerine yavaş bir şekilde dökülür. Orta kalınlıkla çekilmiş kahvenin sıklıkla bir filtre kâğıdı yardımıyla süzme işlemi yapılarak, *(bu temas esnasında kahvenin içindeki aromayı ve yağ asitlerini alarak)* demlenmiş kahve şeklidir

[76]. Kişi başına en çok kahve tüketilen ülkelerin sıralamasını yapan Uluslararası Kahve Organizasyonu, kişi başına yılda ortalama olarak 400 gram kahve tüketimiyle Türkiye 104. sırada yer aldığını yayınlamaktadır. Listenin başında ise kişi başına yılda 12 kilogram kahve tüketimiyle Finlandiya bulunmaktadır. şekil 2.6’da Filtre kahve rneği verilmiştir.



şekil 2.6. Filtre Kahve [76]

Kahvenin tüketimi hayatımızda her yeni günde büyük artış göstermektedir. Sıcak içecekler ne kadar çok farklılık gösterse de kahve tüketimi de gün geçtikçe artık aya meydan okumaya başlamıştır. Batı lkelerinde çayın kullanımı genelde kahve tüketimine karşı üstünlük gösterirken, geleneksel ülkelerde çay kullanımı daha çok talep görmektedir. şehirleşmenin artış göstermesi, iç hayatındaki yoğunluğun artışı kahve tüketiminde hızlı bir artışın olduğunu gözler önüne sermektedir. Tablo 2.12. Dünyada en çok kahve üreten ülkeleri verilmiştir.

Tablo 2.12. Dünyada En Çok Kahve Üreten Ülkeler [77]

Dünyada En Çok Kahve Üreten Ülkeler (ton)		
1	Brezilya	2,720,520
2	Vietnam	1,650,000
3	Kolombiya	750,000
4	Endonezya	540,000
5	Etyopya	397,500
6	Hindistan	344,760
7	Honduras	279,000
8	Meksika	240,000
9	Uganda	240,000
10	Guatemala	210,000

Kahve, dünya genelinde 70'den fazla ülkede üretilmektedir. Bu ülkelerin çoğunda farklı kısımlarda farklı çeşitliliğe sahip kahveler üretilir.

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Adsorban maddeler, genellikle kolay elde edilebilir olmalıdır [78]. Düşük fiyatlı adsorbanlar, renkli atık suların uzaklaştırılması için başarılı bir biçimde kullanım göstermektedir [79]. Genellikle araştırmacılar, boyar maddelerin adsorpsiyonunda çok ucuz maddelerin tercih edilmesi üzerinde incelemeler yapmışlardır [79].

Adsorban maddeler olarak doğal zeolit, deminerilize linyit ve uçucu kül kullanarak sulardan bor uzaklaştırılması için araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan araştırmalarda kullanılan adsorban maddeler çeşitli yoğunluklarda kullanılmaktadır. Uçucu kül kullanılarak % 90 fazın da bor maddesi uzaklaştırılmasıdır. Adsorpsiyon izotermi, kinetik ve termodinamik değişkenlerin (*parametrelerin*) oluşturulması için kesikli adsorpsiyon deneyleri sistemini kullanmışlardır. Bugüne kadar yapılan araştırmalar sonucunda pH 10'da bor için en iyi giderim sağlandığı görülmüştür. Uçucu kül üzerinde bor maddesi adsorpsiyonunda standart entalpi ve entropi değerleri ard arda DHO 1/4 215,34 kJ/mol ve DSO1/40,69 kJ/molK olarak elde edilmektedir. Uçucu kül üzerinde bor maddesinin adsorpsiyonu ikinci derecen yalancı kinetik modeli ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir [80].

Demir (III) ile *Rhizopus arrhizus* biokütlesi Siyanit bileşiğinin biosorpsiyonunu üzerinde incelemeler yapılmışlardır. Biosorbentin Demir (III) Siyanit bileşiğini tutunma yoğunluğu; başlangıç pH'sı, başlangıçtaki biosorbent yoğunlaşma ile Demir (III) Siyanit bileşiği işlevidir. Sonuçta yoğun alkali koşullarında pH 13'te Demir (III) Siyanit bileşiğinin büyük bir azalma gözlemlenmiştir. pH 3,0, 7,0 ve 13,0'da veriler dengede Redlich, Peterson, Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon modellerine elverişli olduğu gözlemlenmiştir [81]. Reaktif mavi 221'in pomza taşı ile adsorpsiyonunun araştırması yapılmıştır. pH, alıkonma zamanı, adsorbent parçacık büyüklüğü ve miktarı sabit tutulurken boya ve sıcaklık derişimi değişken parametreler olarak seçilmiştir. Adsorpsiyon verilerinin Langmuir izotermine çok daha fazla uyum gösterdiği ve termodinamik değişken (parametre) sonuçlarında adsorpsiyonun kendi kendine oluşumu ve ısıalan olduğu tespit edilmişlerdir. Basic Red 22 ve Basic Yellow 21'nin kurutulmuş kudzu (*bir asma çeşidi*) tercih edilerek adsorpsiyonunu araştırılmıştır. İzoterm verileri Redlich-Peterson, Freundlich, Langmuir, Toth ve Temkin izoterm denklemlerini kullanılarak Kudzunun adsorpsiyon başarısı etkili (*aktif*) karbonlarla (*Chemviron F-*

400) kıyaslanmıştır. Kudzunun etkili (*aktif*) karbonlar gibi olmasa da bazik boyanın uzaklaştırılması işlemi aktif olduğu belirtilmiştir. Aktif karbonun fiyatları sebebiyle kudzunun farklı adsorbanı tercih edeceği gösterilmiştir.

Yapılan çalışmada düşük fiyatta adsorbentler olarak portakal kabuğu ve muz kabuğu kullanılarak, Metilen mavisi, Metil turuncu, Kongo kırmızı, Rodamin B, Amido siyah ve Metil menekşe 10B boyalarının uzaklaştırılması 10-120 mg/L ve 30°C'de çalışılmıştır [82].

Kullanılan ağaç maddelerini (*çam kozalağı, meşe talaşı ve çam kabuğu*) mobilya endüstrisinin ve ormancılık endüstrisinin birçok kirletici maddeler yüksek oranda meydana gelmektedir. Ağaç malzemelerinin fiyatı 0,11-0,15 \$ kg-1 aralığında olmaktadır, değişimiyle beraber maliyet değerleri 8-70 \$ kg-1 şeklinde yaklaşık olarak yükselmektedir. Çalışma işleminde bazı değişim kurallarını tercih ederek, farklı ağaçlardan üretilen adsorbanların suya renk geçiren bileşenlerinin uzaklaştırılması, malzemelerin adsorpsiyon kapasitesinde artış sağlanmıştır [83].

Sulu çözeltilerden Reactive Blue 114'ün uzaklaştırılmasında grayfurt kabuğuyla çalışmalarıdır. Elde edilen sonuçları Freundlich, Langmuir ve Temkin izoterm modeli kullanmışlardır. Maksimum adsorpsiyon kapasitesi pH 2'de ve 303 K sıcaklıkta 16 mg/g olarak veriler elde edilmiştir [84].

Tekstil sanayisinde boyama işlemi sırasında tercih edilen, pazar adı Everzol Yellow 3RS H/C, Everzol Black B, Everzol Red 3BS olan ayırıcı boyar maddelerin normal kil minerallerinden zeolit ve sepiyolit tercih edilerek adsorpsiyonu araştırılmıştır. Deneylerde; karıştırma süresi, pH etkisi, boyar madde konsantrasyonu gibi belli başlı değişkenler ele alınmıştır. Bu aşamada zeolit ve sepiyolit ile boyar maddelerin adsorpsiyonunu ortaya koymak için, temas süresinin adsorpsiyona olan etkileri de analiz edilmiştir [85].

Modifiye zeolit ve sepiyolit ile boyar maddelerin uzaklaştırılması karşılıklı olarak analiz edilmiştir. Kesikli reaktörde yapılan deneysel çalışmalarda Everzol Yellow 3RS H/C, Everzol Red 3BS, Everzol Black B, adlı 3 farklı türde reaktif boya kullanımı tercih edilmiştir. Aşamada zeolitin ve sepiyolit boyar maddelerin adsorplama yoğunluğunu yükseltmek için katyonik yüzey aktif bir madde olan HTAB (hegzadesil trimetil amonyum bromür) ile yüzey değişkenleri yapılmıştır. Her 3 boyar madde için de

adsorpsiyon değerlerinin Langmuir denklemine uygun olduğu grafiksel şekilde ispat edilmiştir. Everzol Black B, Everzol Yellow 3RS H/C ve Everzol Red 3BS için 169, 120, 108 mg/g verileri gösterilmiştir. Adsorban olan zeolit için de Langmuir izoterminden adsorpsiyon yoğunluğu Everzol Yellow 3RS H/C, Everzol Red 3BS için 111 mg/g, için 89 mg/g ve Everzol Red 3BS için ise 61 mg/g olarak sonucuna varılmıştır [86].

Remazol Blue boyar maddesinin giderimi için portakal kabuğu adsorban olarak kullanılmaktadır. Portakal kabuğunun adsorban olarak kullanılmıştır. Bileşenler atık su giderilmesinde çok önemli bir rol oynayan siyanamid, hidroksil ve karboksil gibi farklı fonksiyonel kökenleri bulunduğunu ifade etmişlerdir. Portakal kabukları açık havada kurutulup ğtlme işleminden sonra yakılarak kl haline getirilmiştir. Remazol blue için adsorpsiyon kapasitesi, temas süresi, sıcaklığın ve pH'ın işlevi olarak araştırılmıştır. Adsorpsiyon kinetiği araştırılmış Freundlich ve Langmuir eşitlikleri kullanarak deneysel sonuçlar analiz edilmiştir. Freundlich eşitliğinden Langmuir eşitliğinin daha az uygunluk gösterdiği belirlenmiştir [87].

Buğday kabuğu tercih edilerek Metilen blue'nın sulu çözeltilerden giderilmesi, farklı etki süreleri içinde, pH, adsorbent miktarı, sıcaklık, başlangıç boya konsantrasyonu araştırılmıştır. Adsorpsiyon izotermelerini Langmuir ve Freundlich izotermi ile aktarmışlardır. Freundlich izoteminden, Langmuir izotermine, denk olduğunu anlamışlardır. Buğday kabuğunun diğer adsorbentlere nazaran uygun fiyatta olduğunu ve adsorbent becerileri olarak sulu çözeltilerden metilen blue'nin giderilmesi için diğer adsorbentlerden daha iyi olduğu sonucu elde edilir [88]. Buğday kabuğu ile sulu zeltilerden Blue 97'nin adsorpsiyonun kinetiğini ve denge uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Buğday kabuğunun yüzey alanı Bohem titrasyonu ve Taramalı elektron mikroskopu ile uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Sulu zeltilerden Blue 97'nin giderilmesi, başlangıç derişimi, adsorbent miktarı, temas süresi, pH ve sıcaklık gibi değişkenleri tercih edilerek araştırma yapılmıştır. Deneysel sonuçlar Langmuir, Freundlich adsorpsiyon yöntemleri ile incelemeye almışlardır ve Langmuir eşitliğine daha uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Sulu zeltilerden blue 97 giderilmesi işlemi bu adsorbentlerin farklı adsorbentlerden ucuz fiyatlı farklı adsorbent olduğuna ulaşılmıştır [89].

Sulu çözeltilerden Liner Alkil Benzen Sülfonat'ın (LAS) uzaklaştırılması biosorbent olarak Albizia lebbek'i kullanmayı tercih etmişlerdir. Sonuçlar, Freundlich ve Langmuir eşitliğine uymuştur. Langmuir eşitliğine bağlanan en yüksek adsorpsiyon kapasitesi 25,43 mg/g şeklinde tespit edilmiştir [90].

Portakal kabuğundan üretilen aktif karbonu bazik boyaların uzaklaştırılmasında kullanmışlardır. Çalışma işleminde methylene mavisi ve rhodamine boyar maddeleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları Freundlich izoterm ile Langmuir İzoterm modellerine yapılmıştır. Rhodamine İçin adsorpsiyon giderim yüzdesi methylene mavisiden % 11 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [91].

Aspergillus niger'in inaktif biokütlesi ve canlı, sulu çözeltilerden Congo Red'in uzaklaştırılması incelenmiştir. Aspergillus niger'in adsorpsiyon kapasitesi tozlaştırılmış aktif karbon, granürlü aktif karbonla kıyaslanmıştır. Adsorpsiyon kapasitesi granürlü aktif karbon için, inaktif mantar biokütle için 14,16 mg/g, 13,80 mg/g, tozlaştırılmış aktif karbon için 16,81 mg/g ve canlı mantar biokütlesi 12,10 mg/g olarak elde edilmiştir [92].

Sülfürik asitle ve formaldehit proses işlemleri bıçkı tozlarının pH, farklı boya konsantrasyonu, adsorbent miktarı kullanımı tercih edilerek malachite yeşilin adsorblanmasını analiz etmişlerdir. Aynı paralelde ilerleyen deneysel işlemler aktif karbonla sonuçların kıyaslanması yapmıştır ve gerçekleştirilen incelemelerde sülfürik asitle işlem görmüş bıçkı tozunun adsorpsiyon verimliliğini formaldehit ile işleme tabi tutulmuş bıçkı tozundan fazla arttırdığını inceleme sonucu anlaşılmıştır [93].

En yüksek Krom uzaklaştırılması, başlangıç konsantrasyonu 5 mg/l'de 120 dakika içerisinde ve pH 2,0'da $14,7 \times 10^3$ mg metal/kg biokütle kuru ağırlık şeklinde elde edilmiştir. Yeşil alg Spirogyra çeşitleri ve sulu çözeltilerden Krom (VI)'nın biosorpsiyonu ele alınmıştır. Sonuç olarak filamentli alg Spirogyra çeşitlerinin biokütlesi ile çözeltilerden Cr (VI)'nın sorpsiyonunu gözlemlenmiştir [94].

Kasyonik bir boya olan (BB16) Bazik Mavi-16 boyar maddesinin kil üzerine adsorpsiyonunu çalışmıştır. Başlangıç boya konsantrasyonları ve pH'larda adsorpsiyon testleri ele alınmış ve adsorpsiyonu sağlayan olası mekanizmaların hidrojen ile olan ilişki oluşumu, elektrostatik etkileşim ve boya-boya etkileşimi olduğunu analiz edilmiştir [95].

Sulu çözeltilerden boyar maddesinin giderilmesi işlemi karboksil kökenlerini bulunduran pirinç sapının işleme alınma aşaması ve değerlendirme çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Kimyasal işlemlerde pirinç sapını okzalik asitle esterleştirerek daha sonra da esterleştirilen pirinç sapının katyonik adsorpsiyon kapasitesini artırmak sodyum iyonları yüklenerek ana boyalar için büyük adsorpsiyon kapasitesine sahip bir çeşittir potansiyel biyolojik katyonik sorbent ayarlanmıştır. Basic green 4 (BG4) ve Basic blue 9 (BB9) boyalarının değişke yapılmış pirinç sapının üzerine sulu çözeltilerdeki adsorpsiyonu incelemeye almışlardır, farklı deneysel değişken etkileri (*boya konsantrasyonu, pH, iyon şiddeti, temas süresi, adsorbent miktarı*) ele alınmış, optimum deneysel şartları araştırmışlardır. Yapılan araştırmayla, modifiye ve okzalik asit edilmiş pirinç sapının bazik boyaların gideriminde etkili olduğu anlaşılmıştır [96].

Bataklık kömürü (*turba*) ile sulu çözelti boya maddelerinin (Basic mavisi 69 ve Acid mavisi 25) sorpsiyonunu ele alınmıştır. Bazik boya Basic mavisi 69'un sorpsiyon kapasitesi asidik boya Acid mavisi 25'ten çok daha yüksek şekilde elde edilmiştir. Çünkü sebebi turbanın özelliği ve boya üzerindeki iyonik yüklerden oluşturulmaktadır [97].

Sulu çözeltilerden ağır metal iyonlarının örneği verilmiştir ve Pb (II), Zn (II), Cu (II)'nin uzaklaştırılması işlemi yeni bir sorbent olan eğrelti otu ele alınarak incelenmiştir. Adsorpsiyon değişkenleri, adsorban çözelti sıcaklığı, parçacık boyunu kullanılabileceği anlaşılmıştır. Langmuir denklemi sonuçlarına bakarak eğrelti otu üzerindeki metal iyonlarının en yüksek sorpsiyon kapasiteleri: Cu (II) için 10,6 mg/g, Pb (II) için 39,8 mg/g, Zn (II) için 7,58 mg/g olarak elde edilmiştir. Sonuçta eğrelti otunun Cu^{2+} , Zn^{2+} ve Pb^{2+} 'nin sorpsiyonu için kullanılabileceği anlatılmıştır [98].

Hindistan cevizi kabuğu, bambu tozu, yerfıstığı kabuğu ve saman şeklindeki malzemelerden üretilmiş aktif karbonlarla ticari aktif karbonların Kongo kırmızısı boyasının adsorpsiyonla uzaklaştırılması incelenmiştir. Renk uzaklaştırması verimi, başlangıç boya konsantrasyonu, sulu çözeltinin tanecik boyutunun ve ilk başlanan pH'sı azalması, adsorban miktarının, temas zamanının artması ile artış göstermiştir. Sonucuna göre Langmuir izotermi ile Freundlich izotermine uygunluk gösterdiği belirlenmiştir [99].

Altı adet su altındaki *sucul bitki* türü; *Myriophyllum spicatum* L., *Potamogeton lucens* L., *Potamogen pectinatus* L., *Elodea canadensis* Michx., *Nitellopsis obtusa* (Desv.) J.

Gr., ve *Potamogeton perfoliatus* L. yüzey alanıyla biyokütle aralığında ki matematiksel bağıntıyı oluşturmuşlardır. Sonuçlar her çeşit dalları içerisinde, yapraklar ve bitkinin bütün kısımları olacak şekilde verilerin üç tekrarını içermektedir. *P. lucens* için 653 cm², *M. spicatum*, için 1205 cm², *N. obtusa* 560 cm², *E. canadensis* 1255 cm², *P. pectinatus* 500 cm² ve *P. perfoliatus* 762 cm²’dir. Yüzey bölgesi için tüm bitkinin 1 gram suyu alınmış ağırlığı için hesaplamalar yapılmıştır. En az yüzey alanı; *P. pectinatus* ve *N. obtusa* en büyük yüzey alanı; *M. spicatum* ve *E. canadensis*’dur. Aynı biyokütle için bitki çeşitlerinin sonucu çeşitlilik göstermektedir [100].

Sucul bitki su altında yetismekte olan *Myriophyllum spicatum*’un ağır metal adsorpsiyon hususiyeti (özellik) araştırmışlardır. *Myriophyllum spicatum*’un adsorpsiyon etkileri, Çinko (Zn), Kurşun (Pb) ve Bakır (Cu) verileri ele alınmış sonuçlara göre farklı su altında büyüyen sucul bitkilerle kıyaslanmıştır. Çözeltiden Çinko (Zn), Kurşun (Pb) , Bakır (Cu)’ın *Myriophyllum spicatum* aracılığıyla uzaklaştırılması ele alınmıştır. İlk kesikli adsorpsiyon incelemeleri verileri elde edilmiştir. Maksimum adsorpsiyon koşulları Çinko - Zn (II) için 15,59 mg/g (q_{max}), Kurşun - Pb (II) için 46,49 mg/g, Bakır - Cu (II) için 10,37 mg/g şeklinde analizi yapılmıştır. Her metaller için hız sabitleri ele alınarak Bakır (Cu), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn)’un adsorpsiyon kinetikleri incelenmiştir. Suyun altında yetişen *sucul bitki* *Myriophyllum spicatum* ağır metal uzaklaştırılmasında çok iyi şekilde kullanıldığı anlaşılmıştır [52].

Ceratophyllum demersum biyokütlesinin Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Kurşun (Pb) için adsorpsiyonunu analizcileri ve sonucu farklı *sucul bitkilerle* kıyaslanmıştır. Kesikli araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre Langmuir metoduna uygunluk gösterdiği anlaşılmıştır. En yüksek adsorpsiyon kapasitesi (q_{max}), Kurşun - Pb (II) için 44,8 mg/g, Bakır - Cu (II) için 6,17 mg/g ve Çinko - Zn (II) için 13,98 mg/g sonucuna varılmıştır [52].

Metilen mavi boyar maddesinin uzaklaştırılmasında portakal kabukları kullanılmıştır. Boya konsantrasyonu arttıkça, adsorpsiyonun azaldığı görülmüştür. 2,5 10⁻⁵ mg/L başlangıç boya konsantrasyonu sahip çözeltide 18 dakikada dengeye ulaşıldığı anlaşılmıştır [101].

Portakal kabuğundan elde ettikleri işlemleri karbon ile sulu çözeltilerden Direct Yellow 12’nin uzaklaştırması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Maksimum uzaklaştırma 5 g/L

karbon kullanılarak 125 mg/L boyar madde yoğunlaştırılması % 96 olarak incelenmiştir. 27±2°C sıcaklıkta çalışmıştır ve deney sonuçlarından elde ettikleri sonuçları Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich, Tempkin, Redlich-Peterson, Koble-Corrigan, izoterm modellerine uygulamışlardır. Çalışma sonucu portakal kabuğundan elde edilen karbonun boya uzaklaştırılmasında etkili olduğu anlaşılmıştır [102].

Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Kadmiyum (Cd), Nikel (Ni)'in tek veya çift bileşenlerini oluşturan atık sularda *sucul bitki* Najas graminea ile giderimini incelemişlerdir. Kadmiyum (Cd) 'un en yüksek adsorpsiyon Kurşun(Pb)'un 100 mg/l'sinin oluşumuna % 50 dolayında azalma olmuştur. Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd)'dan daha güçlü bir adsorpsiyon yönelimi gözlemlenmiştir. Çok büyük oranda katyon/anyonla beraber atık sulardan metallerin uzaklaştırılması etkisi kanıtlanan Najas graminea ile Bakır (Cu) da incelenmiştir [103].

Küresel sülfonik lignin adsorbent şeklinde incelenerek sulu çözeltilerden, Katyonik Turkuaz GB, Katyonik Sarı X-5GL, Katyonik Kırmızı GTL şeklindeki katyonik boyar maddelerin giderilmesi ve tekrar kullanılması için incelenmiştir. Yapılan incelemelerde Freundlich ve Langmuir izotermine kullanılmış ve adsorpsiyon kapasiteleri tespit edilmiştir. Adsorpsiyon için asidik katyon tahrif (*değiştirici*) reçine ve toz aktif karbon R722 ele alınmıştır. Tekrar kazanım yüzdelik bir dilim olarak, Katyonik Turkuaz GB, Kırmızı GTL ve Katyonik Sarı X-5GL 'nin ard arda % 93,2 - % 96,5 - % 97,1 sonuçları ortaya çıkarılmış. Yıkama çözeltisiyle gerçekleştirilen desorpsiyon GTL, GB, X-5GL için sırayla en yüksek sonuçlar elde edilmiştir % 6,3-5,0-4,6 şeklindeki değerler bulunmuştur [104].

Sorpsil Silika üstündeki bazik boya Basic mavisi 41'in adsorpsiyon hızında artış sağlamaktadır. İlk başlanacak boya yoğunluğu, parçacık çapı, boya çözelti sıcaklığını ve karıştırma içeren parametreleri ile analizler yapılmıştır. Silika üzerindeki Basic mavisi 41'in adsorpsiyonu için enerjisi 13,2±0,6 kJ kg⁻¹'dir. Difüzyon katsayısı 82 0 °C'de 10×10⁻⁸ cm² s⁻¹'den 20 0 °C' de 9×10⁻⁹ cm² s⁻¹'e değişkenlik gösterir [105].

Toksik boya olan Malahit greenin uzaklaştırılması uygun fiyatlı adsorbent için yağı çıkarılmış soya tercih edilmiştir ve adsorbent dozu, zaman, sıcaklık, pH, adsorbent parçacık büyüklüğü ve boya yoğunluğunun, renk giderimine olan etkisini incelemişlerdir. Adsorbent dozunun 0,01 gramdan 1,0 gramdan çıkarılması, parçacık büyüklüğünün 0,3 mm'den 0,6 mm'ye yükseltilmesiyle renk uzaklaştırılmasının

arttığını rapor etmişlerdir. pH'nın 2,0'den 5,0'e çıkarılmasıyla renk giderimi sürecini fakat 5,0'in üstünde boya uzaklaştırmasının değişmediği sonucuna varılmıştır. Renk uzaklaştırmasının sıcaklık değişiminden (30, 40 ve 50°C) etkilenmediği ve zamana olan ilişkisi (20-160 dk. aralığında) artış gösterdiği belirlenmiştir [106].

Basic mavisi 3 boyar maddenin uzaklaştırılmasındaki polimerik sorbentler kullanılmıştır. 100, 500 ve 1000 mg/L konsantrasyonu ve 20-50 °C sıcaklıklarda çalışılmıştır. Eldeki verileri Langmuir izoterm modeline işlenmiştir. Adsorpsiyon kapasitesinin 560,7 mg/g olarak analiz edilmesidir. Endüstriyel sulu çözeltilerden ve atık sulardan Lewatit MonoPlus SP 112 °C sorbentinin Basic mavi 3 boyar maddesinin uzaklaştırılmasında etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Reaktif boya olan Remazol Brilliant mavisinin adsorpsiyonuyla uzaklaştırılmasında adsorban madde olarak okalıptüs kabuğu çalışmada tercih edilmiştir. Çalışmada ticari aktif karbonun ve okalıptüs kabuğu adsorpsiyon kapasiteleri karıştırılıp kullanılması tercih edilmiştir. Okalıptüs kabuğunun adsorpsiyon kapasitesinin aktif karbonun adsorpsiyon kapasitesinin ½'si kadar olduğu belirtilmiştir [107].

Metilen mavisinin uzaklaştırılmasında Antep fıstığı kabuklarını çeşitli deneysel şartlar altında kullanmıştır. Deneysel parametreler Antep fıstığı miktarı (0,5-3 g/L), pH (2-10),

çözelti sıcaklığı (20-50 °C), Metilen mavisi konsantrasyonu (100-400 mg/L) ve alıkonma süresi (1-70) olarak belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar göz önüne alındığında, maksimum metilen mavisi uzaklaştırılması pH 8'de meydana geldiği aktarılmıştır [108]. Atık muz sünger kabuklarını dokusunu adsorban olarak tercih edilmiştir, sulu ortamlarda Rhodamine-B boyar maddesinin uzaklaştırılması hakkında çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmadan farklı pH ve adsorban miktarı şartlarında boyanın muz sünger dokusuna adsorpsiyonunun, Freundlich ile Langmuir izoterm yöntemlerine uyduğu anlaşılmıştır. pH 4'te en yüksek düzeyde boyar maddelerin uzaklaştırılması % 87 olduğu belirlenmiştir [109].

Congo kırmızı boyar maddesinin uzaklaştırılması gübre sanayisi atık sularından Krom Cr (VI)'nın arıtım işleminden çıkan atık Demir Fe (III) / Krom Cr (III) hidroksiti OH⁻, kullanımı tercih edilmiştir. Adsorpsiyon parametreleri, başlangıç boya derişimi, pH, adsorban miktarı şeklinde belirlenmiştir. Adsorpsiyon kapasitesi Freundlich, Langmuir

adsorpsiyon izotermi kullanılarak değerlendirmeye alınmıştır, pH 3’de en yüksek miktarda uzaklaştırılması % 91 olduğu sonucuna varılmıştır [110].

Atık portakal kabuğunu Procian turuncu (*orange*), Kongo kırmızı (*red*) ve Khodamine-B boyalarının uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Bu araştırmalarda adsorban karıştırma süresi, miktarı ve pH’nın boyaların çeşitli yoğunlaştırması atık portakal kabuğuna adsorpsiyonunun Freundlich ile Langmuir izoterm yöntemlerine uygun olduğu anlaşılmıştır. Asidik pH’da her 3 boya için adsorpsiyonun uygun olduğu gözlemlenmiştir [111].

Sanayiden çıkan atık kırmızı amuru, Congo Red’in uzaklaştırılmasında tercih edilmiştir. Adsorpsiyon parametreleri, başlangıç boya yoğunluğunun, adsorban miktarı, pH ve karıştırma süresi şeklinde belirlenmiştir. Adsorpsiyon kapasitesi, Freundlich ile Langmuir izotermi kullanılarak dengeye getirilmiştir. Langmuir denklemine dayanan en yüksek adsorpsiyon kapasitesi, 4,05 mg/g sonucuna varılmıştır [112].

Tarımsal atık olan, odun cipsleri, mısır koçanları ve buğday sapı üzerindeki adsorpsiyon ile Remazol Red, Remazol Black B ve 8 boya karışımı (*Cibacron Orange, Remazol Red, Cibacron Red, Remazol Golden Yellow, Remazol Navy Blue, Remazol Blue, Remazol Black B, Remazol Turquoise Blue*) fiziksel uzaklaştırılması araştırılmıştır. Bu araştırmalarda, oda sıcaklığında 500 ppm boya zeltiilerinden % 70-75’in üzerinde renk uzaklaştırması gerçekleştirilmiştir [113].

şarap fabrikası üzüm atığını tercih ederek sulu zeltiilerden boyar maddenin uzaklaştırılması araştırılmıştır. Boyar madde çeşitlerinden Metilen blue’nin kullanmayı tercih edilmiştir. Çözelti pH’nın, adsorban miktarının, başlangıç boyar madde konsantrasyon, çözelti sıcaklığının uzaklaştırılması üstündeki etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, uygun şartlarda çalışıldığı zaman, şarap fabrikası üzüm atığının atık sulardan boyar madde uzaklaştırılmasında kalitesi düşük, etkin, alternatif bir hammadde kaynağı olarak kullanılabileceğini belirlemişlerdir [114].

Turba (*bataklık kömürü*) zerindeki Telon mavisi (Acit mavisi 25)’nun adsorpsiyonunu incelenmiştir. Turba paracak çapı, ilk başlangıç boya derişimi, temas zamanının etkisi araştırılmıştır, adsorpsiyon parametreleri Freundlich, Langmuir izotermi denlenmiştir [115].

Arpa kabuğu ve mısır koçanı şeklindeki tarımsal atıkları, suni tekstil boya maddelerinin giderilmesi için tercih edilmiştir. Deneyler 5 tekstil boyasının eşit oranlarda

karıştırılmasından meydana gelen yapay atıkların 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200 mg/L boya konsantrasyonu hazırlanmıştır. Deneylerde başlangıç boya konsantrasyonu etkisi, biyosorbent miktarının adsorpsiyona etkisi ve biyosorbent parçacık büyüklüğü analiz edilmiştir. 100 ml de 1gr 600 μm 'den ufak mısır koçanları 48 saatte % 92 aralığında, 1gr 1,4 mm arpa kabuğunun da 48 saatte % 92 adsorpsiyon kapasitesi sonucu bulunmuştur. Tarımsal atıkların sanayi atık sularından boya giderilmesi için etkili biyosorbentler olarak kullanılabileceğini bu araştırmada anlaşılmıştır [116].

Düşük fiyatlı maddeler olan, elma posası ve buğday samanı ile Remazol Red RB, Cibacron Yellow C-R ve Remazol Black B, boyar maddelerinin uzaklaştırılması incelenmiştir. Çalışmada, biosorbentin parçacık boyutu, başlangıç boya derişimi ve miktarı, boyanın uzaklaştırılması, etkin adsorban Freundlich ve Langmuir izotermlerine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Buğday samanının, elma posasına daha hızlı adsorplama etkilerini incelediğini ve elma posası için elde edilen sonuçların her iki izoterm kullanılabirliği anlaşılmıştır [117].

RB 19 boyar maddesinin uzaklaştırılmasında NaOH ile aktifleştirilmiş portakal kabuğunu kullanmışlardır. Maksimum boya uzaklaştırılması pH 4'te meydana geldiğini bulmuşlardır [118].

Boya uzaklaştırılmasında ikili ve üçlü karmaşık oksit içeren silika jellerin adsorban elinde kullanımını incelenmiştir. Magnezyum- Titanyum oksitleri taşıyan silika jel Asit mavi 40 için titanyum oksidi içeren silika jel, Basic mavi 3 için alkali bölgesinde muamele gösterilmiş titanyum oksitli silika jel ise Reaktif kırmızı 5 boyar maddeleri iyi bir adsorban işlem kullanılmıştır. Her 3 pozisyon Freundlich Adsorpsiyon İzotermine orantılı olduğu anlaşılmıştır [119]. Kimyasal olarak HCHO (PP) ve H₂SO₄ (APP) ile aktive edilmiş patates kabuklarını Metilen yeşil boyasının sulu çözeltilerden uzaklaştırılması kullanmışlardır. PP ve APP 2,5 g/L biosorbent miktarı ve pH 12,0 'da en uygun değeri adsorpsiyon şartları ele alınmıştır [119].

Yarı kesikli, kesikli ve akışlı reaktörlerde Clodophora (*bir alg çeşidi*) tercih ederek Kadmiyum uzaklaştırılması ele alınmıştır. Yarı kesikli ve kesikli ölçekler Kadmiyum'un % 80-94 uzaklaştırılmasını sağlarken akışlı reaktör içerisinde Kadmiyum'un yalnızca % 12,7 ($\pm 6,4$)'ü uzaklaştırılmıştır [120].

Tarımsal yan ürünlerin atık sulardan boyar madde giderimi adsorpsiyonunda iyi adsorban olabileceği açıldaki araştırmalar ele alınmıştır. Tarımsal atıklar bölümleri

itibariyle bünyesinde birden çok işlev kümelerini taşımaktadırlar. İşlev kümelerinde boyar madde adsorpsiyonuna katkıda bulunacağı alanlardır. Bitkilerin hücre çeperi 4:3:3 oranında hemiselüloz-selüloz, lignin konstrüksiyon birimlerinden meydana gelmektedir [121].



4. MATERİYAL VE METOD

4.1. Materyal

4.1.1. Deneyde Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Kullanım Amaçları

Deneyisel çalışmalarda kullanılan kimyasallar, analitik saflıkta olup, Merck Firması tarafından sağlanmıştır. Çalışmada adsorbant olarak Türk kahvesi ve Filtre kahve kullanılmıştır. Methylene blue boyar maddesi ise Carlo Erba Reagent Firması'ndan satın alınmıştır. Adsorpsiyon çalışmalarında ortamın pH'sını ayarlanma işlemlerini yapabilmek için tampon çözeltiler tercih edilmiştir. Deneyisel aşamalarda ultra saf su kullanılmıştır.

Adsorpsiyon deneylerinde tekstil endüstrisinde en fazla kullanılan boyar maddelerden Methylene blue boyar maddesi seçilmiştir. Boyar madde çözeltileri saf su tercih edilerek stok boyar madde çözeltisinin seyreltilmesiyle hazırlık yapılmıştır. Boyar maddelerin çeşitli konsantrasyonlarında hazırlanan standart çözeltilerinin boyar maddenin en yüksek (maksimum) absorbanans gösterdiği dalga boyunda absorbanansı tespit edilmiştir. Konsantrasyon-absorbanans grafiğine veriler girilmiştir. Adsorpsiyon çalışmasında boyar madde çözeltisinin konsantrasyonu boyar maddenin konsantrasyon-absorbanans grafiğinden hesaplanarak sonuçlara varılmıştır.

4.1.2. Deneyde Kullanılan Cihazlar

Tablo 4.1. deneyde kullanılan cihazlar verilmiştir.

Tablo 4.1. Deneyde Kullanılan Cihazlar

Adı	Markası	Bulunduğu Yer
Terazi	Precisa XB 220 A 0,0001 g duyarlıkta	Bozok Üniversitesi
Etüv	Elektro.Mag. M 6040 P	Bozok Üniversitesi
Santrifüj	Elektro.Msg. M 815 M	Bozok Üniversitesi
SEM	FEI Quanta 450 FEG	Bozok Üniversitesi
Ph Metre	WTW 82362 Weilheim	Bozok Üniversitesi
UV-Vis Spektrofotometre	Shimadzu 1208	Bozok Üniversitesi
Çalkalayıcı	VWR	Bozok Üniversitesi
Buzdolabı	Altus	Bozok Üniversitesi

4.2. Metod

4.2.1. Adsorpsiyona pH Etkisi

Adsorban olarak kullanılan Filtre kahve ve Türk kahvesi methylene blue adsorpsiyonu için en uygun pH değerini bulmak için, farklı pH değerlerinde adsorpsiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. 100 mL'lik erlenlere toplam 30 mL olacak şekilde 100 ppm'lik methylene blue konsantrasyonu ve çözeltilerin Filtre kahve pH'ları 2,6-3-5-6-8-9 ve 10 olacak şekilde ve Türk kahvesi pH'ları 2,6-3-4-5-8 ve 10 olacak şekilde ayarlanmıştır. pH'ları ayarlamak için tampon çözeltiler kullanılmıştır. Her bir erlene 0,3 gram Filtre kahve ve Türk kahvesi eklenmiştir. Erlenlerin ağızları kapatılarak 24 h çalkalayıcıya bırakılmıştır. Deneysel çalışmalar oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon sonucunda çözeltiler santrifüjlenerek, duru fazın spektrofotometrede absorbansları okunarak, konsantrasyonları hesaplanmıştır.

4.2.2. Adsorpsiyona Başlangıç İyon Değişiminin Etkisi

Filtre kahve başlangıç iyon değişimini hesaplamak için daha önceden hazırlanan 4000 ppm'lik stok çözeltiden çeşitli konsantrasyonlarda (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000, 3500, 4000) ppm'lik methylene blue çözeltileri toplam 30 mL'lik olacak şekilde hazırlandı ve kullanıldı. Çözeltilerin pH'sı 10'a ayarlama yapıldıktan sonra toplam hacim 30 mL'ye gelecek şekilde hazırlanmıştır. Bütün erlene 0,3 gram Filtre kahve ilave edilmiştir. Türk kahvesi başlangıç iyon değişimi hesabını yapabilmek için önceden hazırlanan 4000 ppm'lik stok çözeltiden farklı konsantrasyonlarda (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500) ppm'lik methylene blue çözeltileri toplam 30 mL'lik olacak şekilde hazırlanmıştır. Çözeltilerin pH'sı 10'a ayarlama yapıldıktan sonra toplam hacim 30 mL'ye gelecek şekilde hazırlanmıştır. Bütün erlene 0,3 gram Türk kahvesi edilmiştir. Daha sonra her biri için erlenlerin ağızları kapatılarak çalkalayıcıda 24 h çalkalanmıştır. Bütün deney çalışmalar oda sıcaklığında gerçekleştiriliyor. Adsorpsiyon sonucunda çözeltiler santrifüjlenerek, duru fazın spektrofotometrede absorbansları okunarak, konsantrasyonları hesaplanmıştır.

4.3. Adsorbanın Hazırlanması

Çalışmada Filtre kahve ve Türk kahvesinin telvesi kullanılmıştır. Filtre kahve sıcak su ve soğuk su ile Filtre kâğıdında yıkama yapılmıştır. Türk kahvesi ise sadece soğuk su ile

Filtre kâğıdında yıkama işleminden geçirilmiştir ve daha sonra da her iki atık içinde saf su ile yıkama işlemi tamamlanmıştır, 50 °C’de etüvde kurutulmuş ve sonra kullanılmıştır. Şekil 4.1-4.2-4.3’de deneyde kullanılan Filtre kahve ve Türk kahvesi sıcak su, soğuk su ve saf su ile filtre kâğıdında yıkama işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Türk Kahvesi ve Filtre Kahvesinin – Saf Su İle Yıkama İşlemi



Şekil 4.2. Filtre Kahvesinin - Yıkama İşlemi – Saf Su İle Yıkamadan Sonra Kahvede Kalan Renk Yoğunluğu



Şekil 4.3. Türk Kahvesi - Yıkama İşlemi – Saf Su İle Yıkamadan Sonra Kahvede Kalan Renk Yoğunluğu

4.4. Adsorpsiyon Çalışmaları

50, 100, 200, 300, 400, 500 mg/L konsantrasyonlarda hazırlık yapılan boyar madde çözeltilerinden 30 mL alınarak 250 mL 'lik erlenlere eklenmiştir. Bütün erlene 0,3 gram Filtre kahve ve Türk kahvesi eklenmiştir. Adsorpsiyon işlemleri madde miktarı aynı şekilde ayarlanma yapılarak çalkalayıcı yardımıyla (200 rpm) ile sürekli karışım yapılarak 25 °C sabit sıcaklıkta ayrı ayrı yapılmıştır.

Langmuir izoterm ile Freundlich izoterm sabitlerinin elde edilmesi sebebiyle farklı başlangıçtaki boyar madde konsantrasyonları Filtre kahve ve Türk kahvesi için (50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 ve 1000 mg/L) uygulanmıştır. İşlemin sonraki aşamasında kalan boyar madde miktarı, karışımın santrifüjlenerek (6000 rpm, 10 dakika) duru fazın spektrofotometrede ölçülmesiyle bulunmuştur.

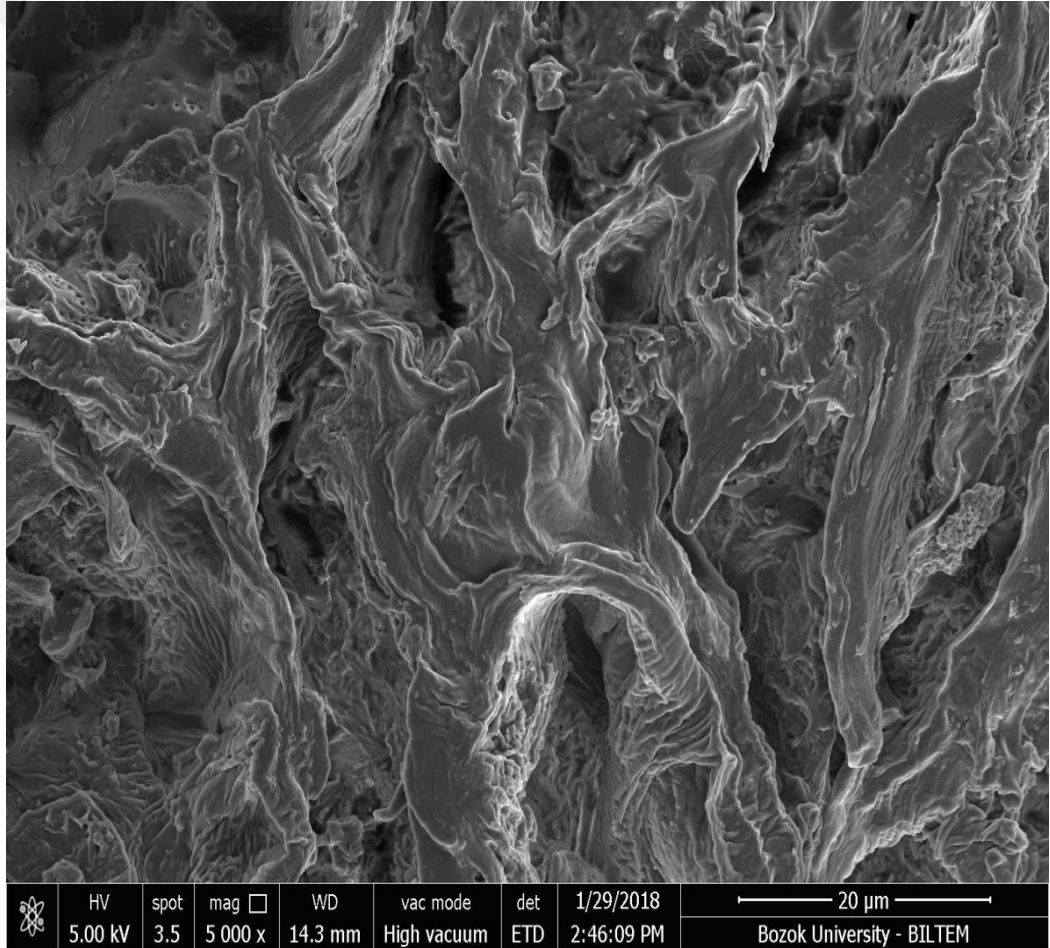
4.5. Uygunluk Analizleri

Adsorpsiyon çalışmalarında izoterm, kinetik modellere ve diğer matematiksel yöntemlere olan uygunluk analizleri en az kareler regresyonu yöntemi (R^2) (lineer) gerçekleştirilmiştir.

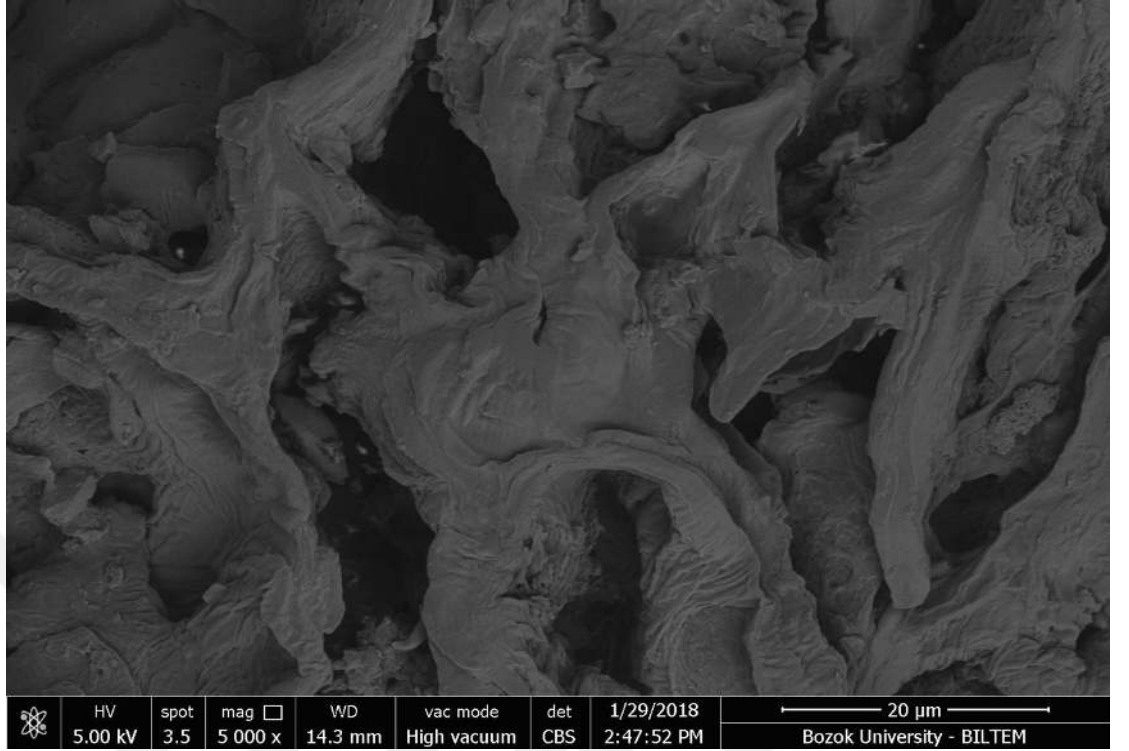
5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Taramalı Elektron Mikroskop Görüntüleri (SEM)

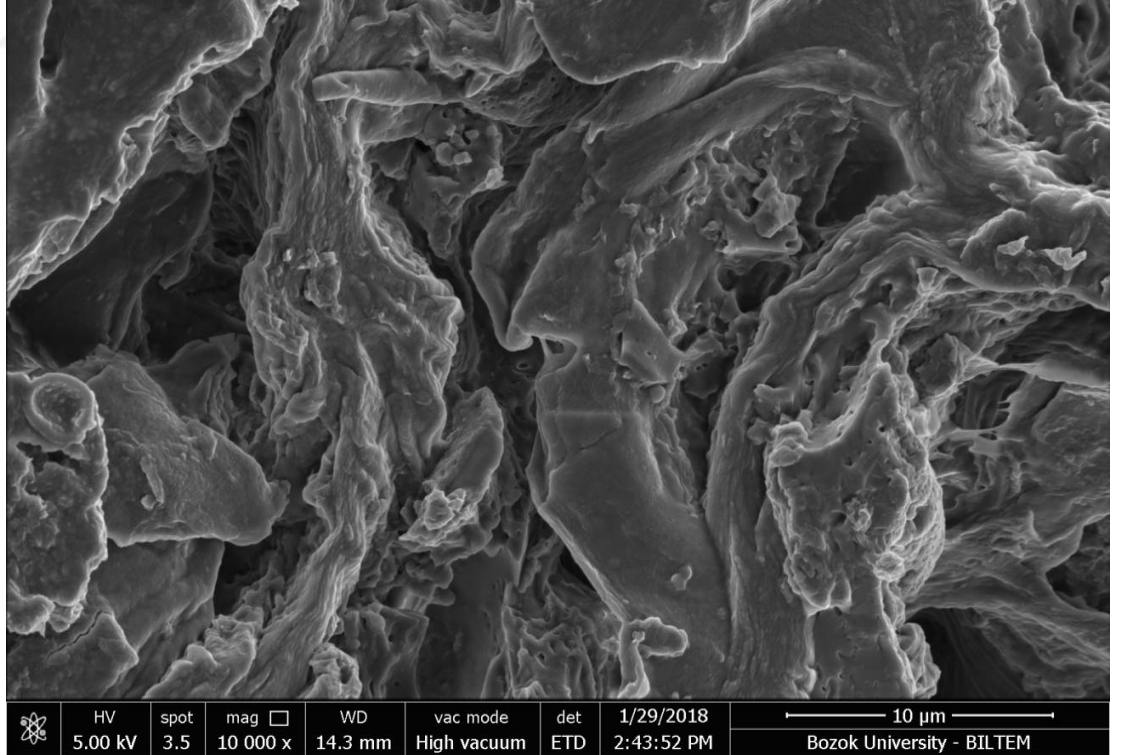
Adsorbanın yüzey morfolojisindeki farklılıkları araştırabilmek için adsorbanın çeşitli büyütmelerdeki yüzey görüntüleri taramalı elektron mikroskopuyla incelemeye alınmıştır ve görüntüleri aşağıdaki şekiller (5.1-5.2-5.3-5.4-5.5-5.6-5.7-5.8-5.9-5.10-5.11-5.12-5.13-5.14-5.15-5.16-5.17) verilmiştir. Filtre kahve ve Türk kahvesi yüzey yapısının pürüzlü ve gözenekli olduğu görülmektedir. Methylene blue adsorpsiyonundan sonra SEM görüntüleri incelendiğinde Şekil 5.7., 5.13., 5.14., 5.15., 5.16., 5.17.'de büyük değişimler gözlemlendiği analiz edilmiştir. Çünkü gözenekli yapı kısmen boya molekülleri ile kaplanmıştır.



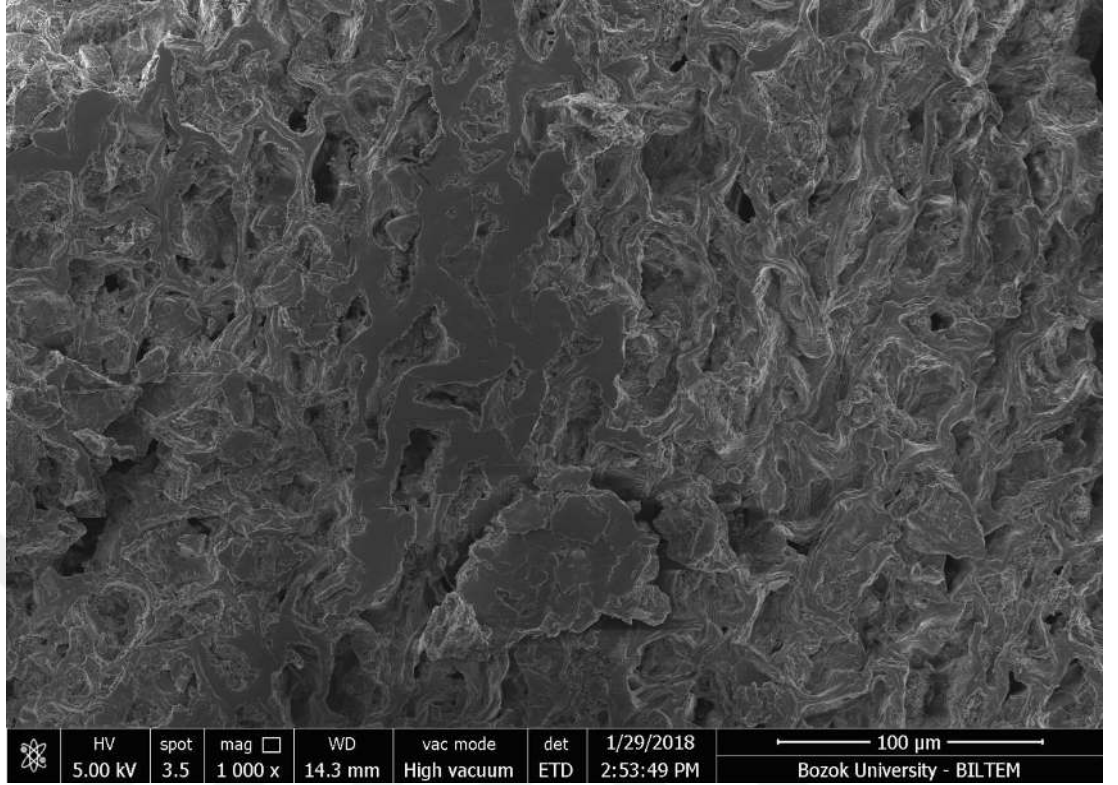
Şekil 5.1. Filtre Kahve Boya Yüksüz 5k Büyütmedeki SEM Görüntüsü



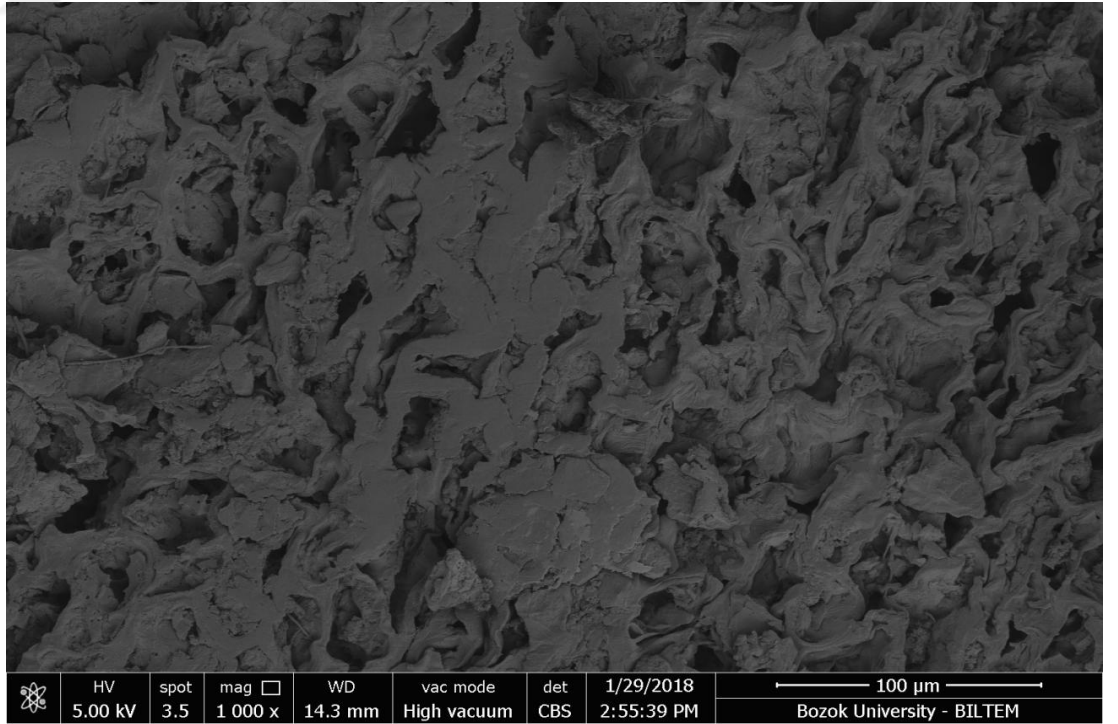
Şekil 5.2. Filtre Kahve Boya Yüksüz 5k – cbs Büyütmedeki SEM Görüntüsü



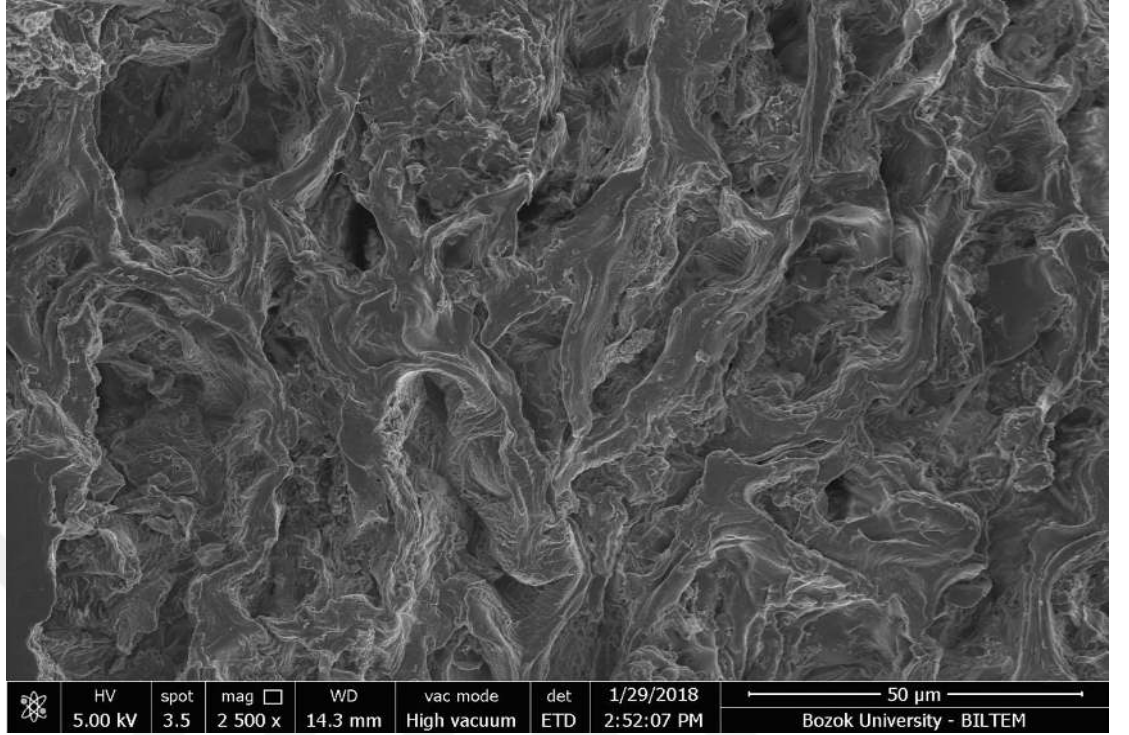
Şekil 5.3. Filtre Kahve Boya Yüksüz 10k Büyütmedeki SEM Görüntüsü



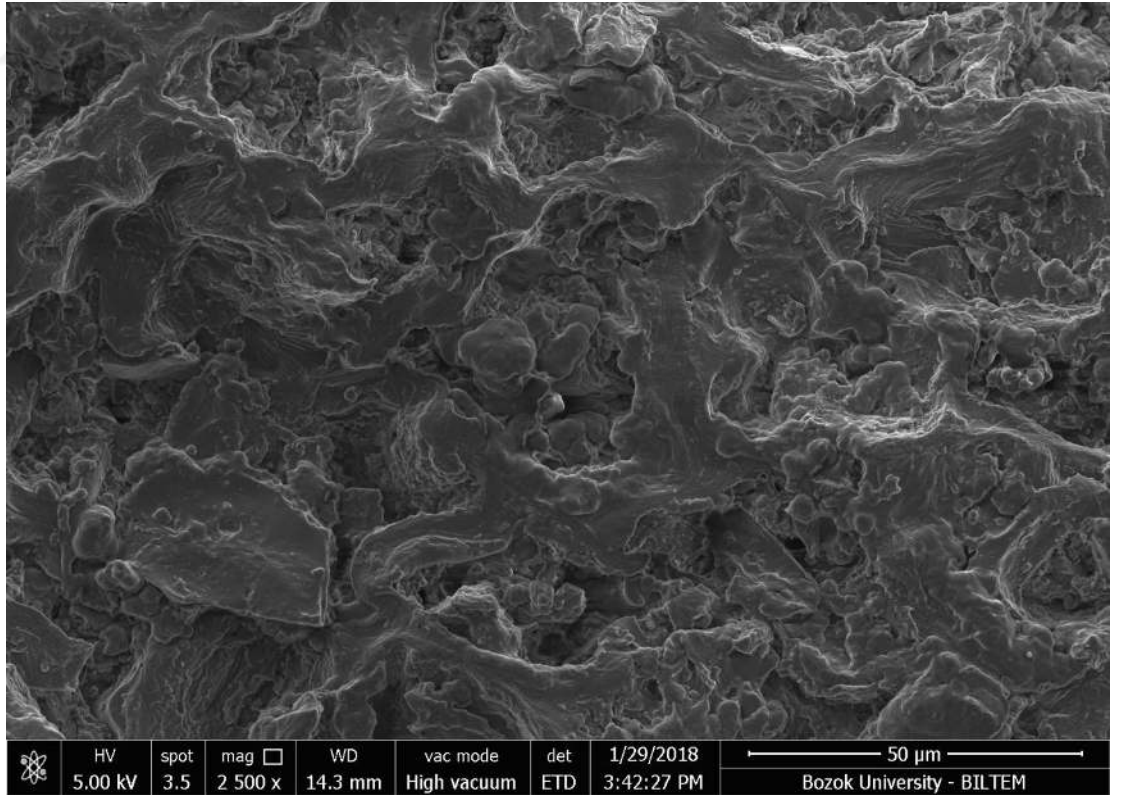
Şekil 5.4. Filtre Kahve Boya Yüksüz 1000x Büyütmedeki SEM Görüntüsü



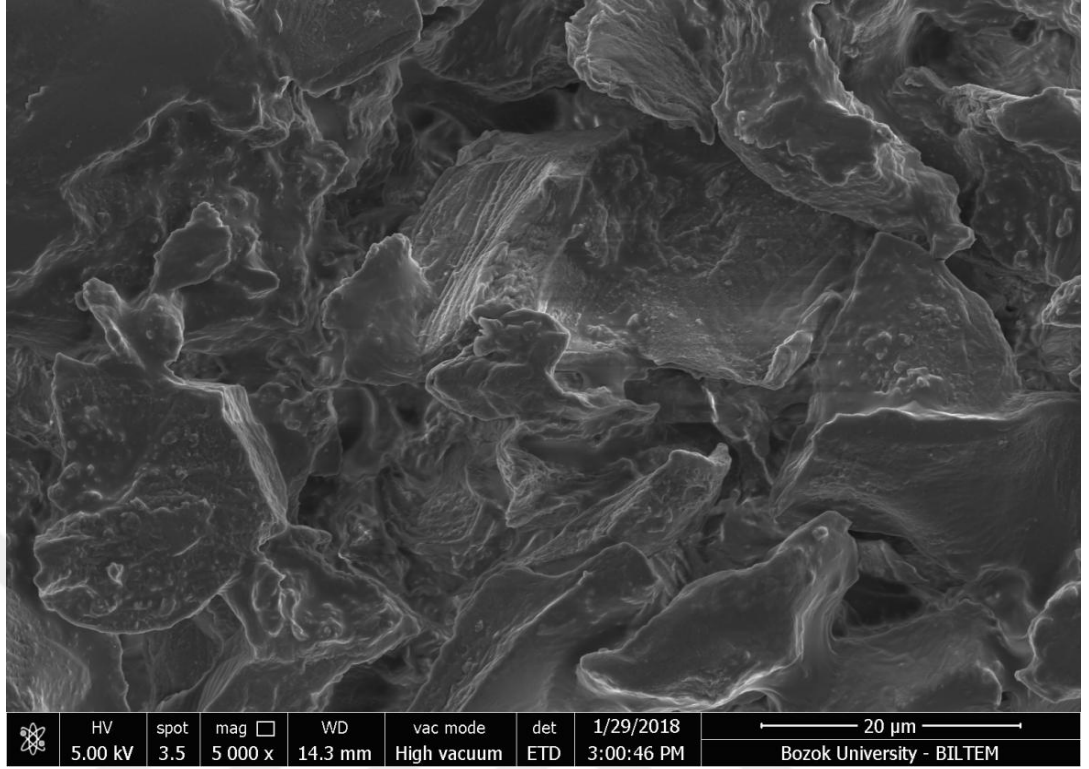
Şekil 5.5. Filtre Kahve Boya Yüksüz 1000x –cbs_001 Büyütmedeki SEM Görüntüsü



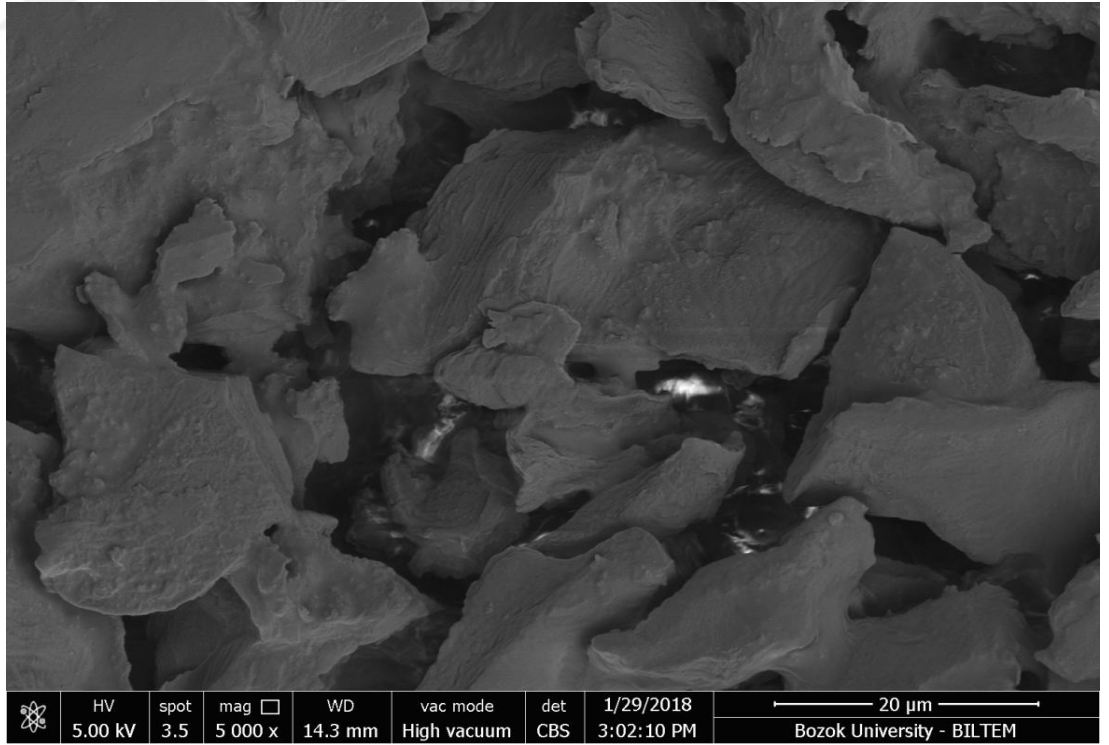
Şekil 5.6. Filtre Kahve Boya Yüksüz 2500x Büyütmedeki SEM Görüntüsü



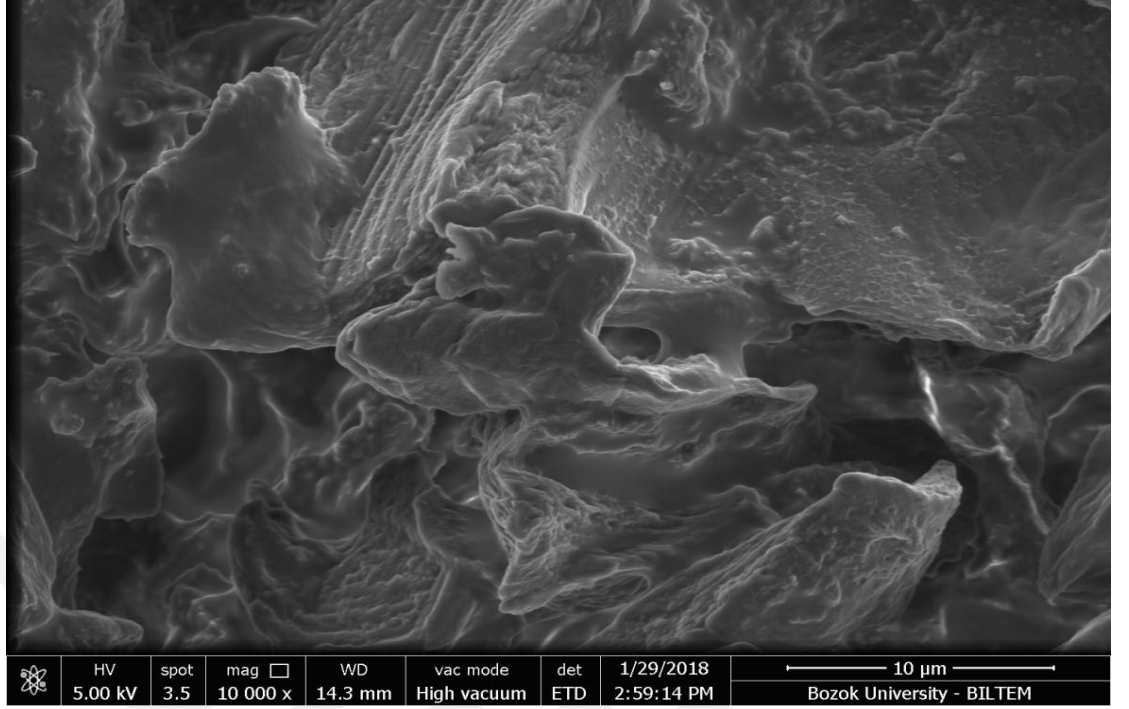
Şekil 5.7. Filtre Kahve Boya Yüklü 2500x Büyütmedeki SEM Görüntüsü



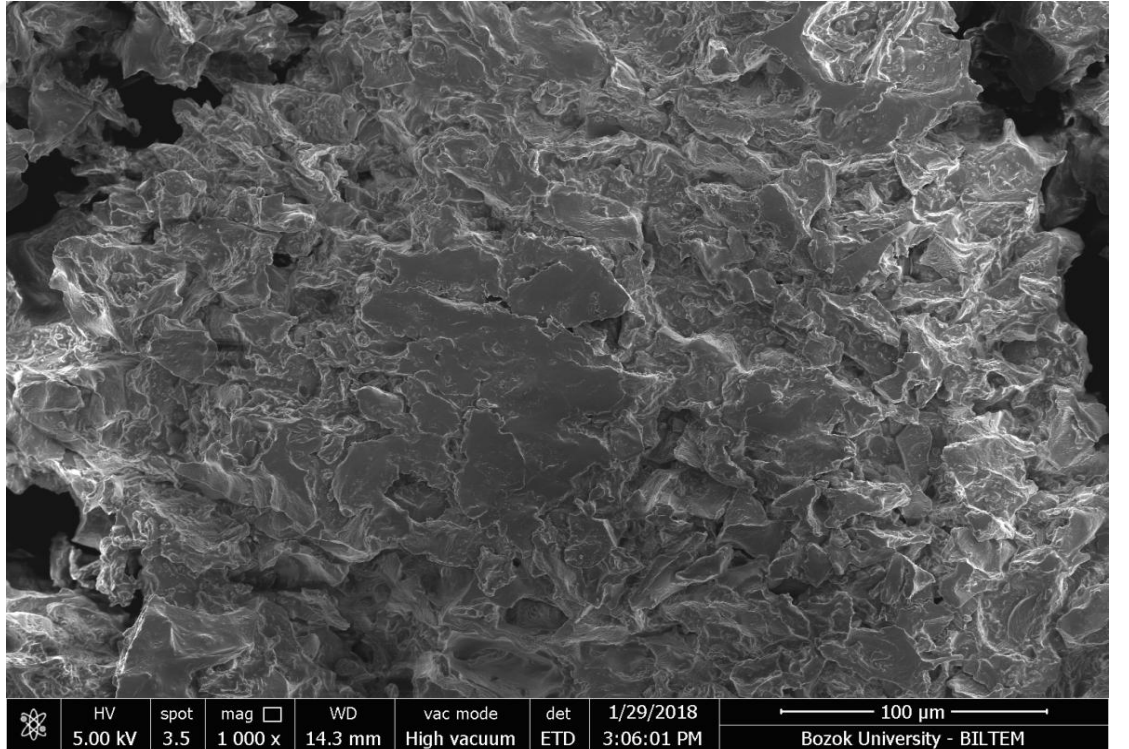
Şekil 5.8. Türk Kahvesi Boya Yüksüz 5k Büyütmedeki SEM Görüntüsü



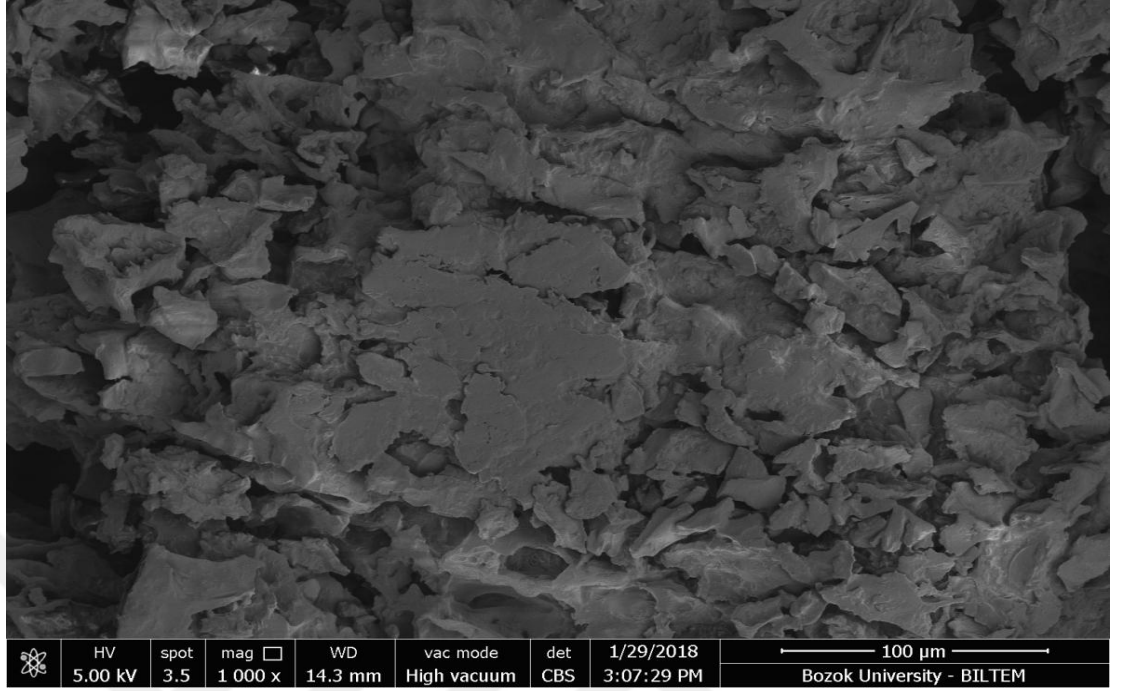
Şekil 5.9. Türk Kahvesi Boya Yüksüz 5k – cbs Büyütmedeki SEM Görüntüsü



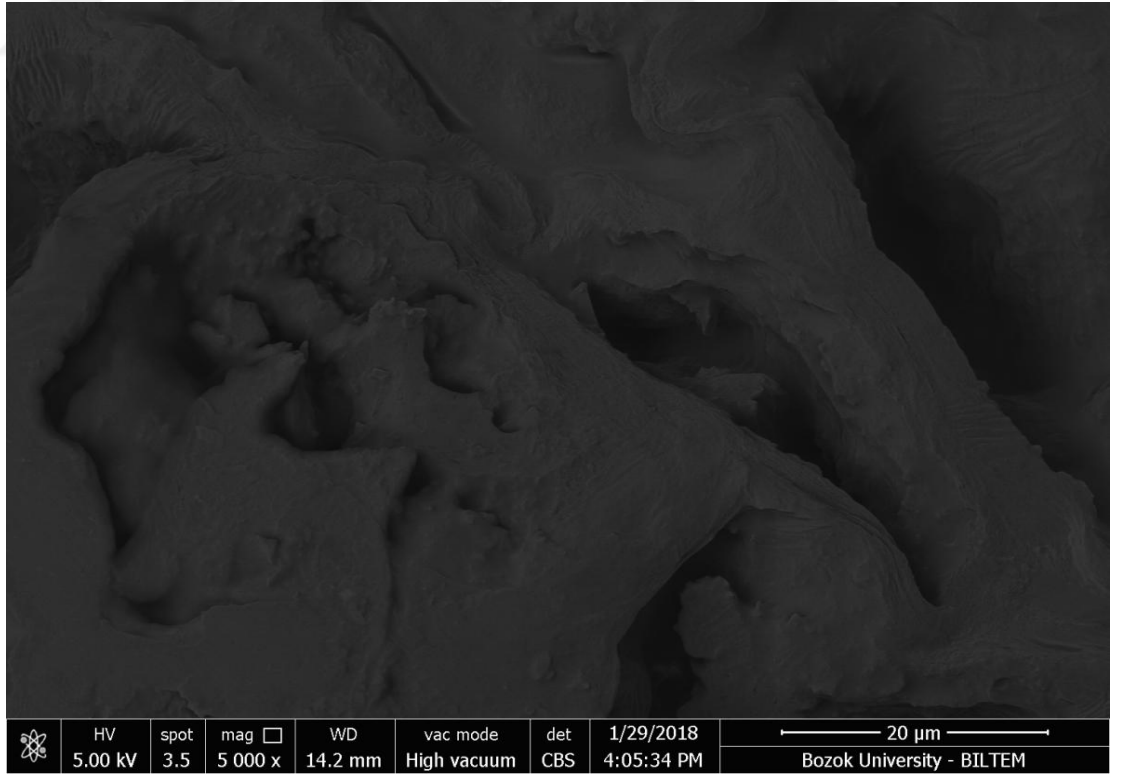
Şekil 5.10. Türk Kahvesi Boya Yüksüz 10k Büyütmedeki SEM Görüntüsü



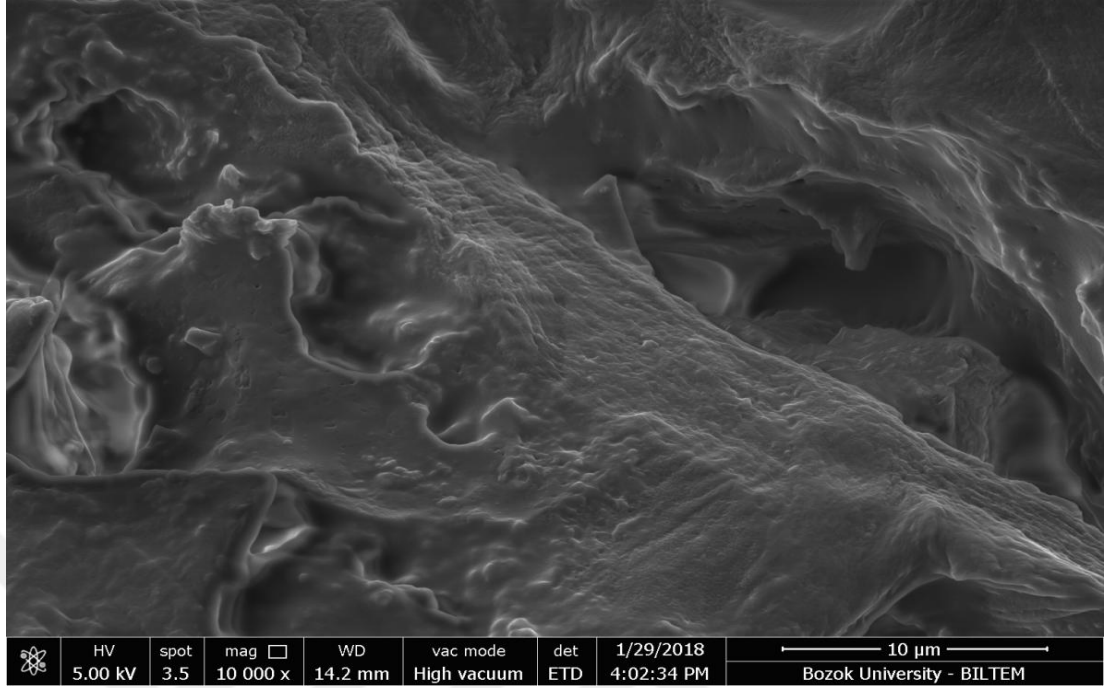
Şekil 5.11. Türk Kahvesi Boya Yüksüz 1000x Büyütmedeki SEM Görüntüsü



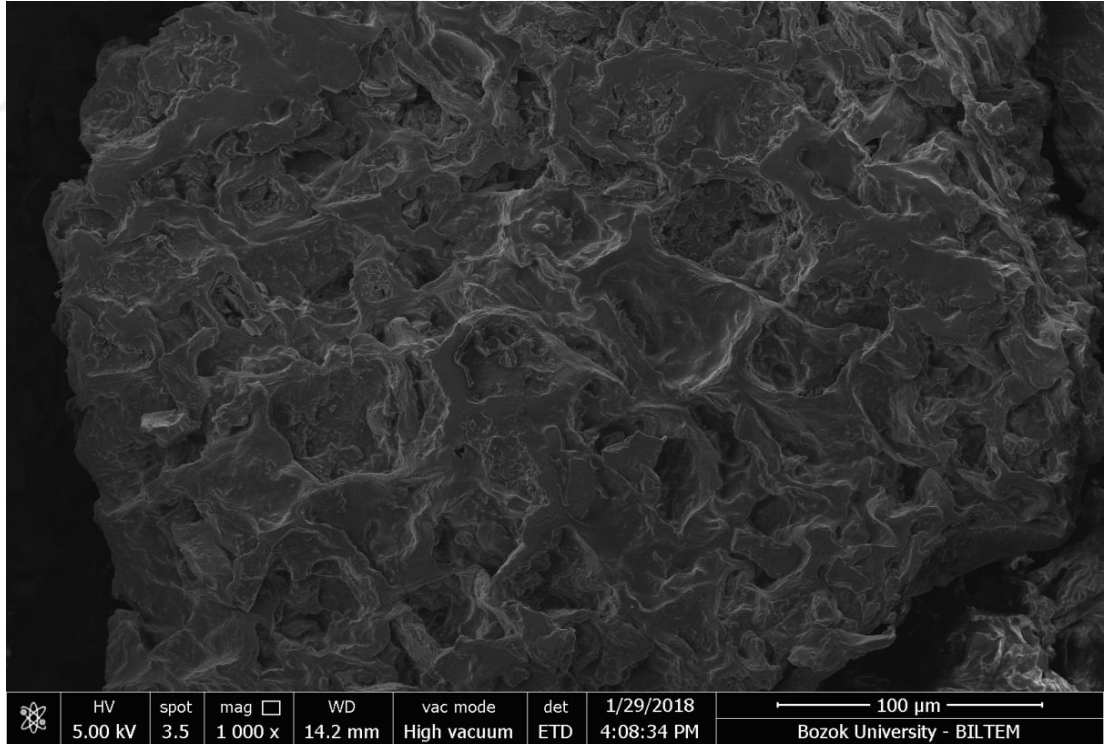
Şekil 5.12. Türk Kahvesi Boya Yüksüz 1000x – cbs_001 Büyütmedeki SEM Görüntüsü



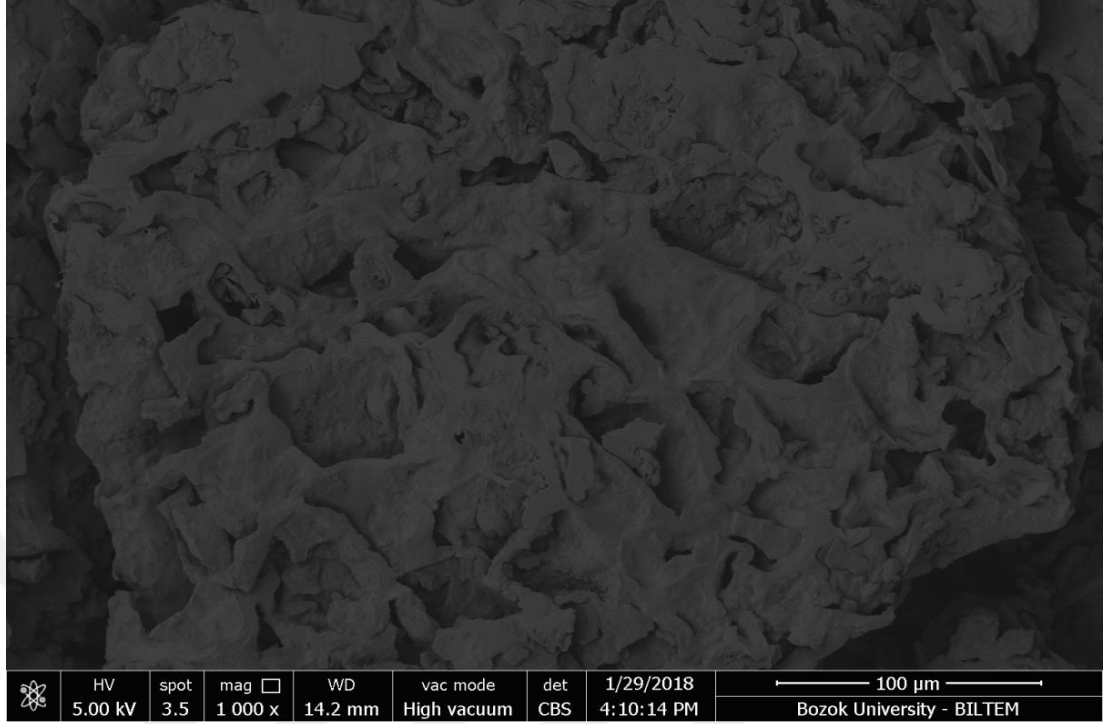
Şekil 5.13. Türk Kahvesi Boya Yüklü 5k – cbs_001 Büyütmedeki SEM Görüntüsü



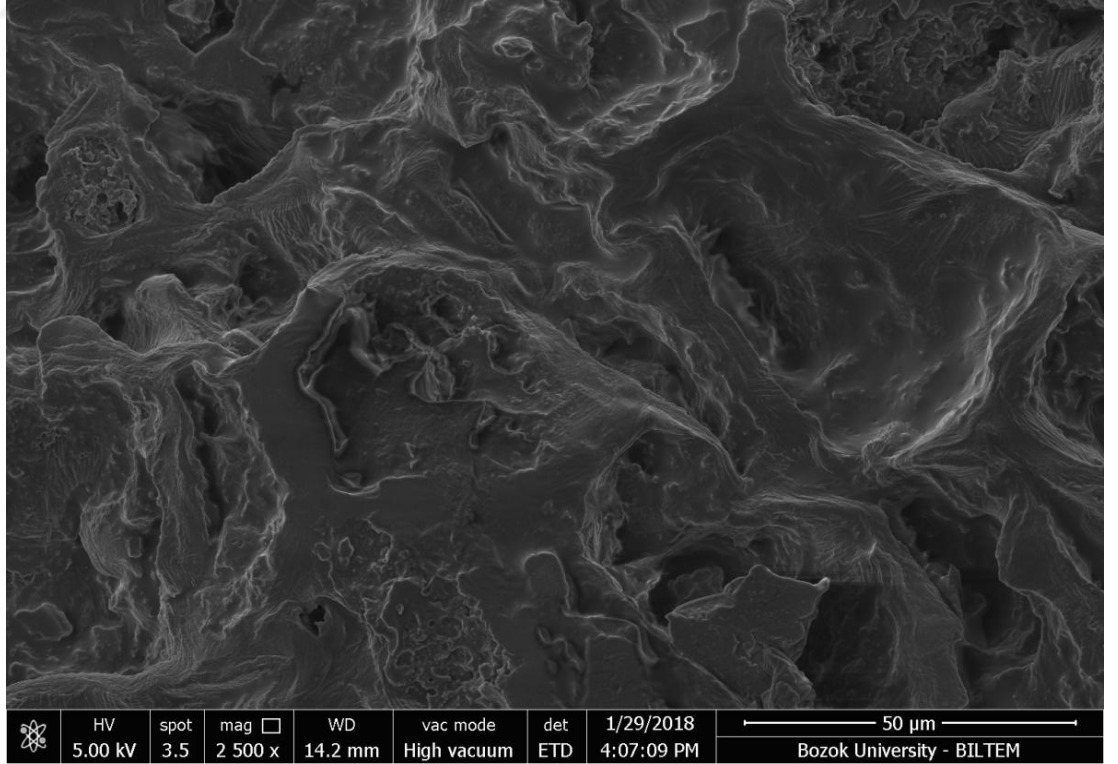
Şekil 5.14. Türk Kahvesi Boya Yüklü 10k Büyütmedeki SEM Görüntüsü



Şekil 5.15. Türk Kahvesi Boya Yüklü1000x Büyütmedeki SEM Görüntüsü



Şekil 5.16. Türk Kahvesi BoyaYüklü 1000x - cbs_002 Büyütmedeki SEM Görüntüsü



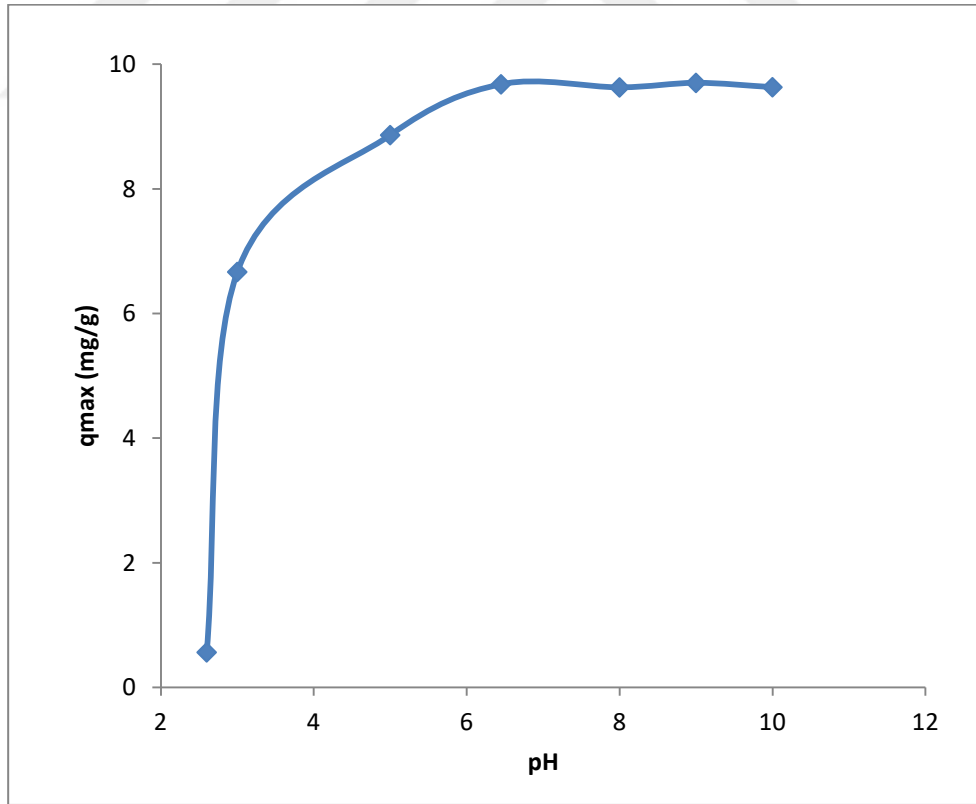
Şekil 5.17. Türk Kahvesi Boya Yüklü 2500x Büyütmedeki SEM Görüntüsü

5.2. Adsorpsiyon Çalışmaları

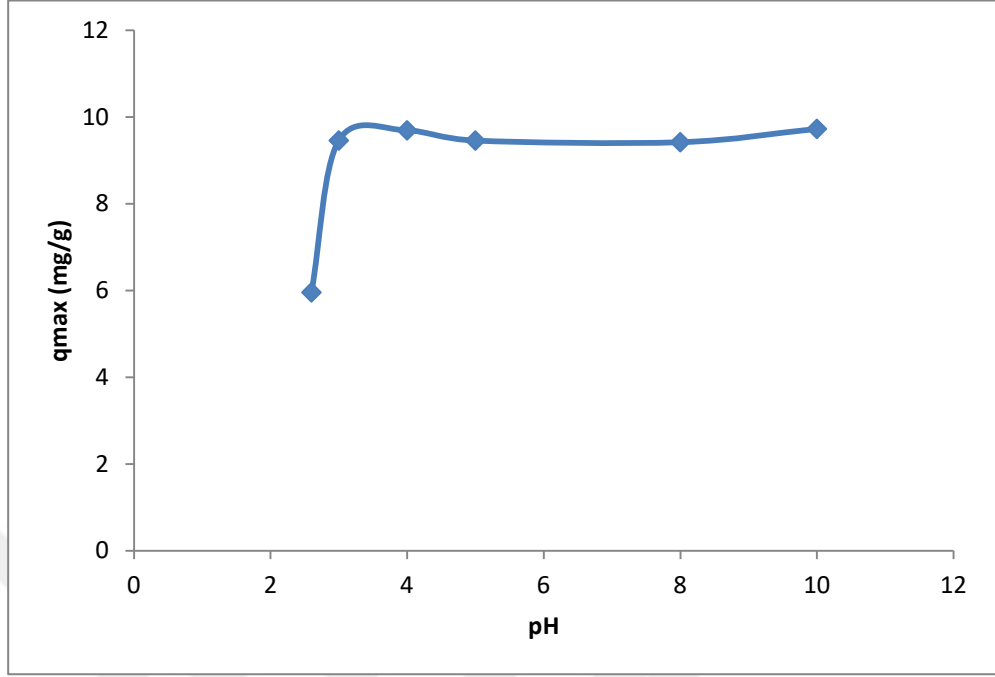
Adsorpsiyona etki eden etmenler optimizasyonu için yapılan çalışmalar aşağıdaki başlıklar halinde gösterilmiştir.

5.2.1. Adsorpsiyona pH'ın Etkisi

Ortam pH'sı adsorban yüzeyini, adsorban türüne etki en önemli parametrelerdendir. Adsorpsiyona pH'ın etkisini incelemek için diğer değişkenler sabit tutularak 2,6-3-5-6,45-8-9 ve 10 aralığında değişik pH değerlerinde Filtre kahve ve 2,6-3-4-5-8 ve 10 aralığında değişik pH değerlerinde Türk kahvesi kullanılarak adsorpsiyon çalışmaları yapılmıştır. 100 ppm boya konsantrasyonunda, 25 °C sıcaklıkta, 0,3 g adsorban ilave edilerek, 24 saat süren adsorpsiyon çalışmaları sonunda elde edilen veriler Şekil 5.18 ve 5.19'da verilmiştir. Filtre kahvesi ve Türk kahvesi adsorpsiyon kapasitesi pH 10'da en yüksek sabit kaldığı gözlenmiştir. Katyonik boyar madde olan metilen blue'nun elektrostatik etkileşim yoluyla yüzeyi negatif yüklü olan Filtre kahve ve Türk kahvesinin çektiği düşünülebilir.



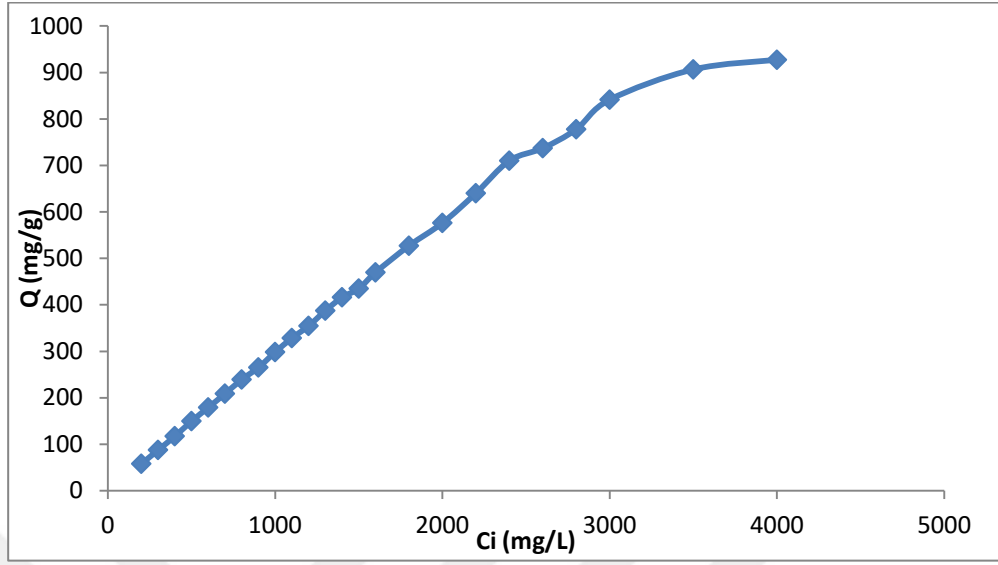
Şekil 5.18. Filtre Kahvesinin Adsorpsiyona pH'ın Etkisi (T=25 °C, Adsorban Madde Miktarı:0,3 gram, t=24 saat, C_i =100 mg/L)



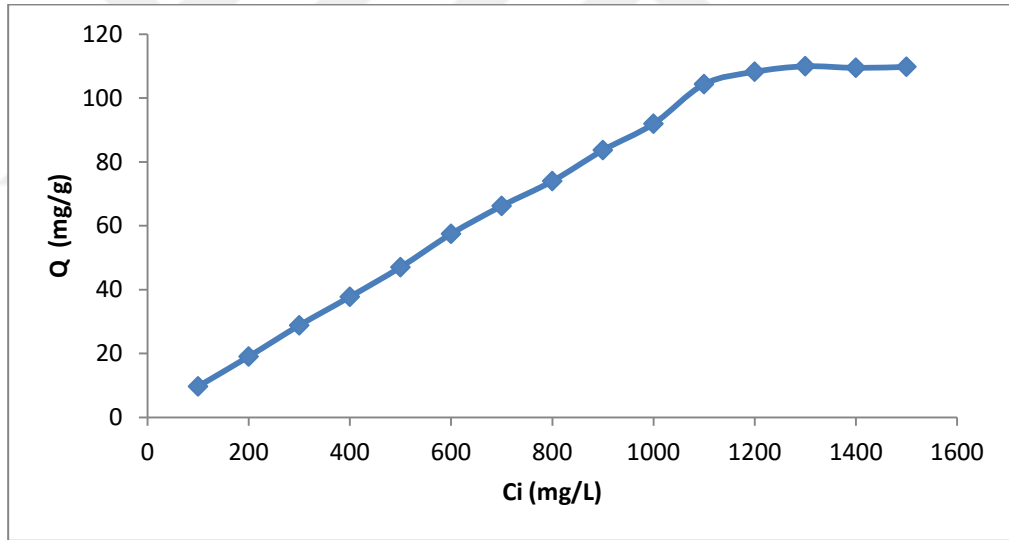
Şekil 5.19. Türk Kahvesinin Telvesi pH'ın Etkisi (T=25 °C, Adsorban Madde Miktarı:0,3 gram, t=24 saat, $C_i = 100$ mg/L)

5.2.2. Adsorpsiyona Başlangıç İyon Derişiminin Etkisi

Filtre kahve ve Türk kahvesi üzerine metilen blue adsorpsiyonuna başlangıç iyon derişimleri etkilerini araştırmak için çeşitli derişimlerde bir önceki aşamada optimize yapılan ortam pH'sı bazlı ortam olmak üzere pH 10'da çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar birim adsorban başına adsorplanan madde miktarına karşı başlangıç iyon derişimi olarak Şekil 5.20 ve 5.21'de gösterilmiştir.



Şekil 5.20. Filtre Kahvesinin Metilen Blue Adsorpsiyonuna Başlangıç İyon Derişimi Etkisi (Adsorban Miktarı:0,3 g, t=12 saat)



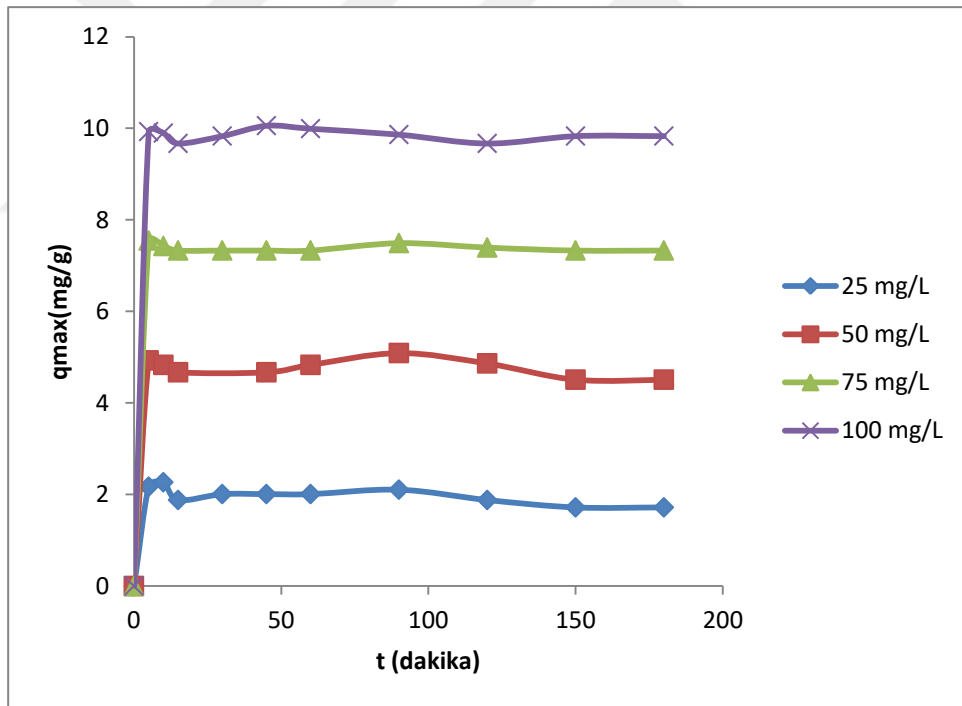
Şekil 5.21. Türk Kahvesinin Metilen Blue Adsorpsiyonuna Başlangıç İyon Derişimi Etkisi (Adsorban Miktarı:0,3 g, t=12 saat)

Şekiller 5.20 ve 5.21’de görüldüğü gibi başlangıç iyon derişimi arttıkça Filtre kahve ve Türk kahvesi adsorpsiyonu da artmaktadır. Filtre kahve ve Türk kahvesi belirli bir iyon derişiminde doygunluğa geldiğinde (Filtre kahve pH=10’da 3500 mg/L’de) - (Türk kahvesi pH=10’da 1400 mg/L’de) adsorpsiyon sabit kalmıştır. İyon derişiminin artmasıyla adsorpsiyonun hızlı olmasının nedeni aynı yüklü iyonların birbirini itmesinden kaynaklanabilir. Ayrıca adsorpsiyonun belli bir değerdan sonra sabit kalması

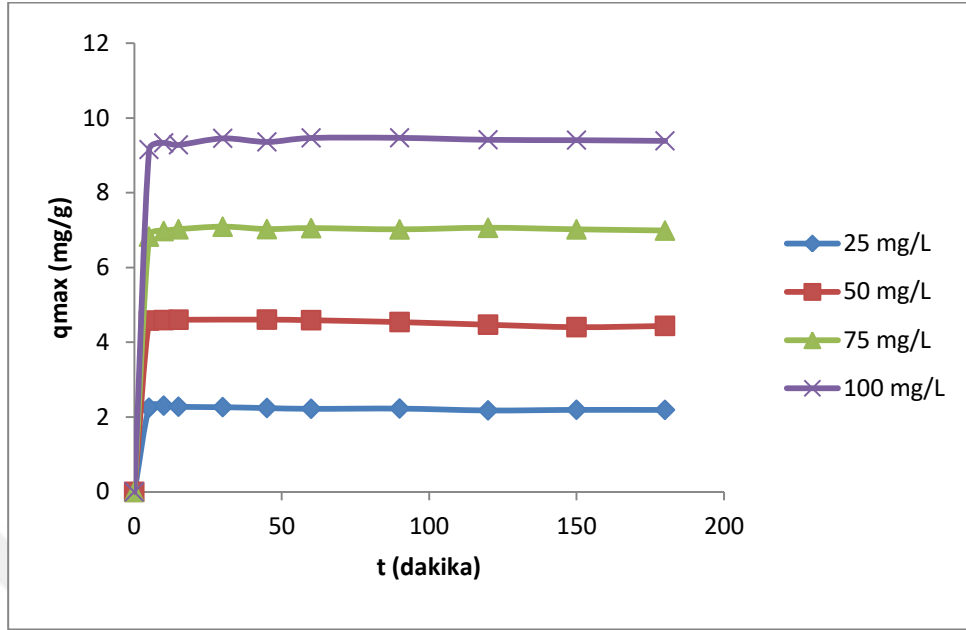
ise Filtre kahve ve Türk kahvesi fonksiyonel gruplarının doygunluğa erişmesi ile açıklanabilir.

5.2.3. Adsorpsiyona Sürenin Etkisi

Adsorpsiyon işleminde önemli parametrelerden birisi de sürenin etkisinin araştırılmasıdır. Sürenin etkisini araştırmak için pH'nın etkisinden elde ettiğimiz adsorpsiyonun maksimum olduğu pH 10'da başlangıç iyon derişimini 100 mg/L'de sabit tutarak, 25 °C sıcaklıkta adsorpsiyon çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Şekil 5-22'de Filtre kahvesinin ve Şekil 5.23'de Türk kahvesinin metilen blue adsorpsiyonuna sürenin etkisi verilmiştir. Şekil 5.22'de Filtre kahvesinin ve Şekil 5.23'da Türk kahvesinin görüldüğü gibi adsorpsiyonun yaklaşık 60 dakikada dengeye ulaştığı (pH=10) ve daha sonra adsorpsiyon işleminin durduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar çok sayıda araştırmacı tarafından da bulunmuştur.



Şekil 5.22. Filtre Kahvesinin Metilen Blue Giderimine Sürenin Etkisi (T=25 °C, pH=10)



Şekil 5.23. Türk Kahvesinin Metilen Blue Gideriminde Sürenin Etkisi (T=25 °C, pH=10)

5.3. Adsorpsiyon İzotermi

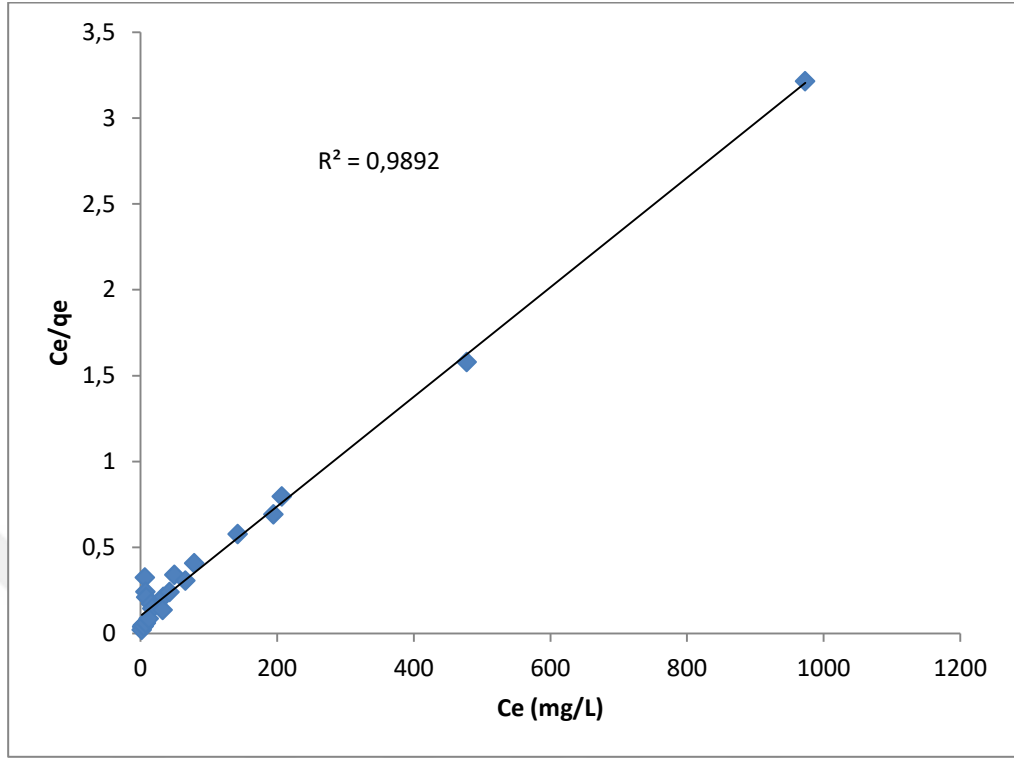
Adsorpsiyon mekanizmasını tespit etmek ve adsorpsiyonun karakteristik özelliklerini yorumlamak için Langmuir ve Freundlich İzoterm Modelleri denenmiştir.

5.3.1. Langmuir İzotermi

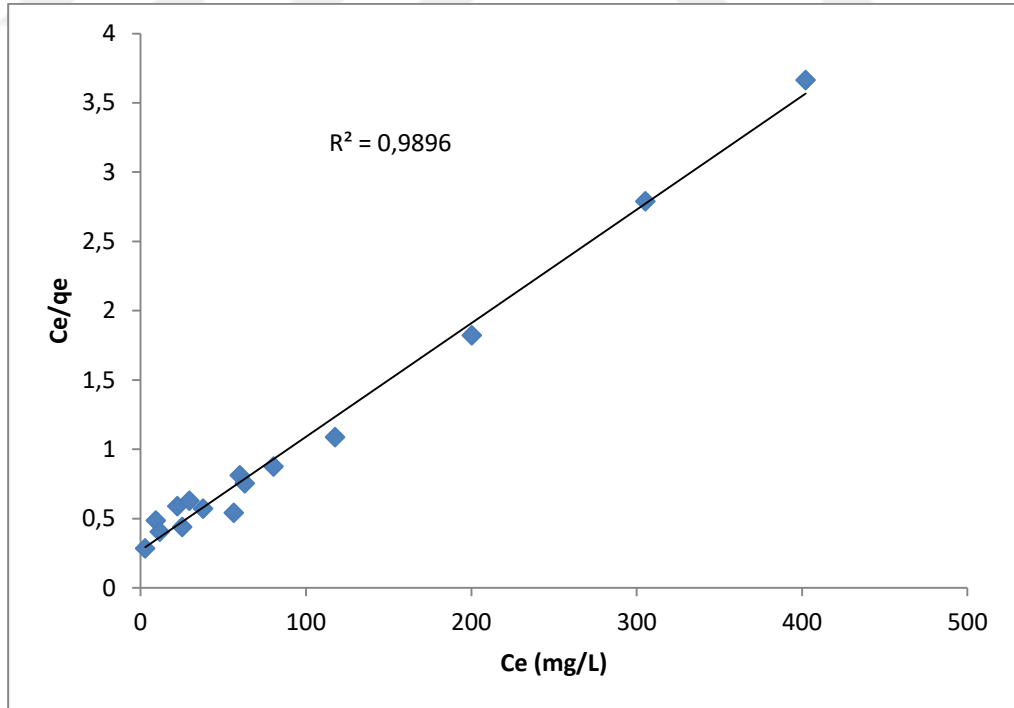
Langmuir İzotermi deneylerden elde edilen verilerin C_e/Q_e 'ye karşı C_e grafiğe geçirilerek hesaplanmasından elde edilmiştir. Tablo' 5.1'de bazı adsorbanların Metilen blue üzerine adsorpsiyon kapasiteleri değerleriyle karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 5.25. Türk kahvesi telvesi için Langmuir izotermi (pH=10; T=25 °C; t=12saat) ve Şekil 5.24. Filtre kahve için Langmuir izotermi (pH=10; T=25 °C; t=12 saat) grafiklerde gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Langmuir İzoterm Katsayıları

Adsorban	Boyar Madde	K_L (L/ g)	a_L	Q_{max} (mg/g)	R^2	Referans
Filtre Kahve	Metilen Bule	9,813	0,0032	312,515	0,9892	Bu Çalışma
Türk Kahvesi	Metilen Bule	3,681	0,030	122,2924	0,9896	Bu Çalışma



Şekil 5.24. Filtre Kahve İçin Langmuir İzotermi (pH=10; T=25 °C; t=12 saat)



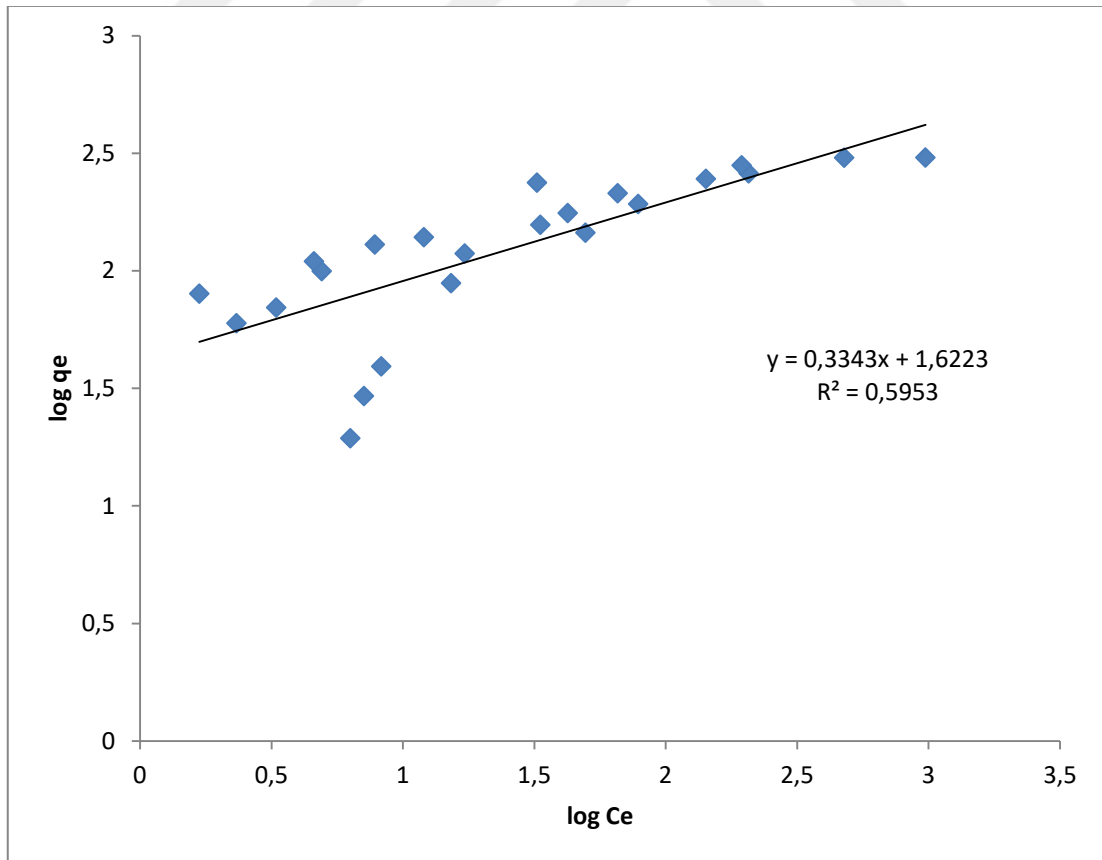
Şekil 5.25. Türk Kahvesi Telvesi İçin Langmuir İzotermi (pH=10; T=25 °C; t=12saat)

5.3.2. Freundlich İzotermi

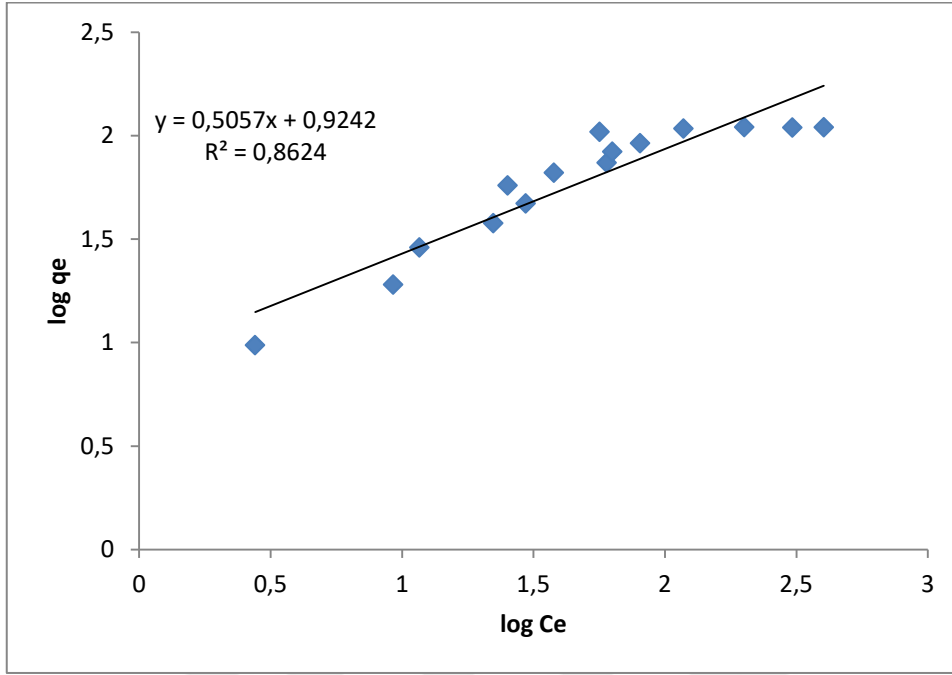
Adsorpsiyona başlangıç iyon derişiminin etkisinden elde edilen verilerin Freundlich denklemi kullanılarak $\log q_e$ 'ye karşı $\log C_e$ grafiğı çizilmiş ve Tablo 5.2'de gösterilmiştir. Freundlich izoterm katsayıları da şekillerde verilmiştir. Şekil 5.26'da Filtre kahve için Freundlich izotermi ($\text{pH}=10$; $T=25^\circ\text{C}$; $t=12$ saat) ve Şekil 5.27'de Türk kahvesi telvesi için Freundlich izotermi ($\text{pH}=10$; $T=25^\circ\text{C}$; $t=12$ saat) grafiklerde gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Freundlich İzoterm Katsayıları

Adsorban	Boyar Madde	n_F	K_F	R^2
Filtre Kahve	Metilen Blue	2,991	41,9083	0,5953
Türk Kahvesi Telvesi	Metilen Bule	1,977	8,3980	0,8624



Şekil 5.26. Filtre Kahve İçin Freundlich İzotermi ($\text{pH}=10$; $T=25^\circ\text{C}$; $t=12$ saat)



Şekil 5.27. Türk Kahvesi Telvesi İçin Freundlich İzotermi (pH=10; T=25 °C; t=12 saat)

5.4. Adsorpsiyon Kinetiği

Bir adsorpsiyon düzeneğinin kinetiği incelemeye alınırken Langrange birinci dereceden, yalancı ikinci dereceden ve parçacık içi difüzyon hız kinetiği modeline uygunluğuna bakılmıştır. Hem filtre kahve hemde Türk kahve sonuçları yalancı ikinci derece adsorpsiyon kinetiğine uyduğu görülmüştür.

5.4.1. Yalancı İkinci Dereceden Adsorpsiyon Kinetiğinin Değerlendirilmesi

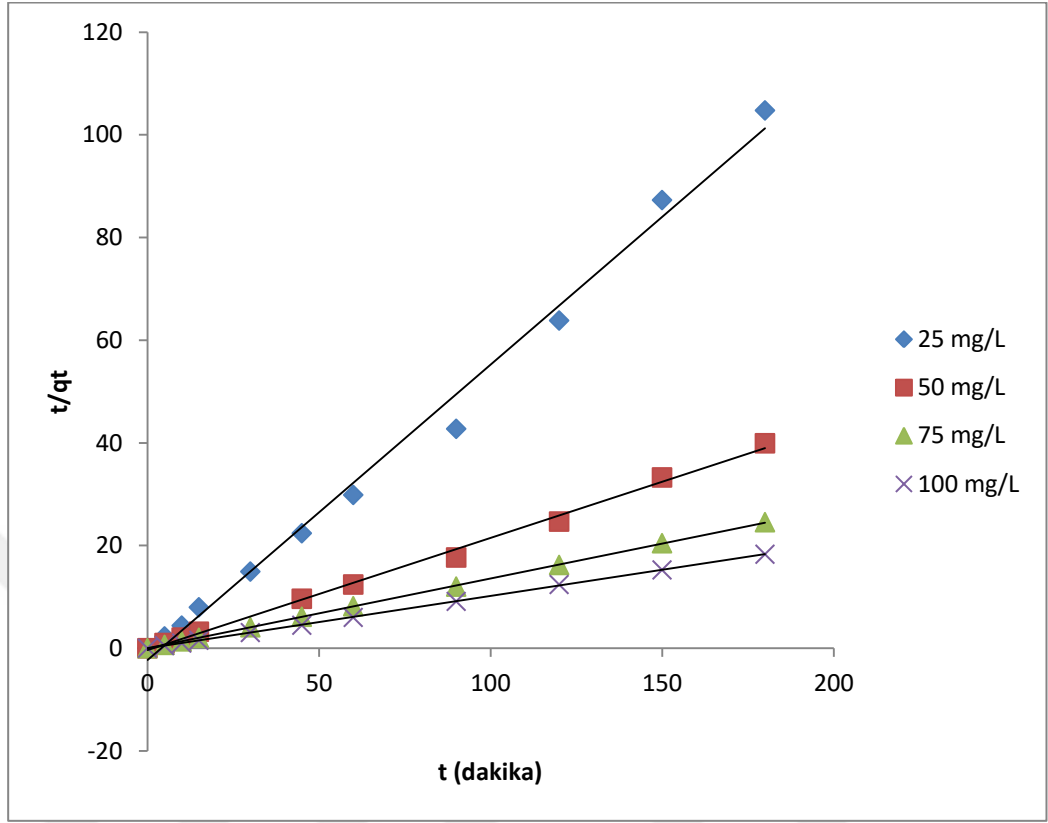
Yalancı ikinci dereceden hız etkisinin saptanabilmesi için t/q_t değerinin zamana karşı grafiği çizilmiştir. Elde edilen grafik Şekil’de verilmiştir. Tablo 5.3’de Filtre kahve için başlangıç boya konsantrasyonu (mg/L) ve Tablo 5.4’de Türk kahvesi telvesi için başlangıç boya konsantrasyonu (mg/L) yalancı ikinci dereceden hız etkisi grafiklerine ait korelasyon katsayıları verilmiştir. Şekil 5.30. Filtre kahve atığı için yalancı ikinci dereceden adsorpsiyon kinetiği (pH=10) ve Şekil 5.31’de Türk kahvesi telvesi için yalancı ikinci dereceden adsorpsiyon kinetiği (pH=10) hız sabitleri gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Yalancı İkinci Dereceden Hız Katsayılarının ($k_{2,ad}$) (g/mg,dakika) Değerleri (pH=10)

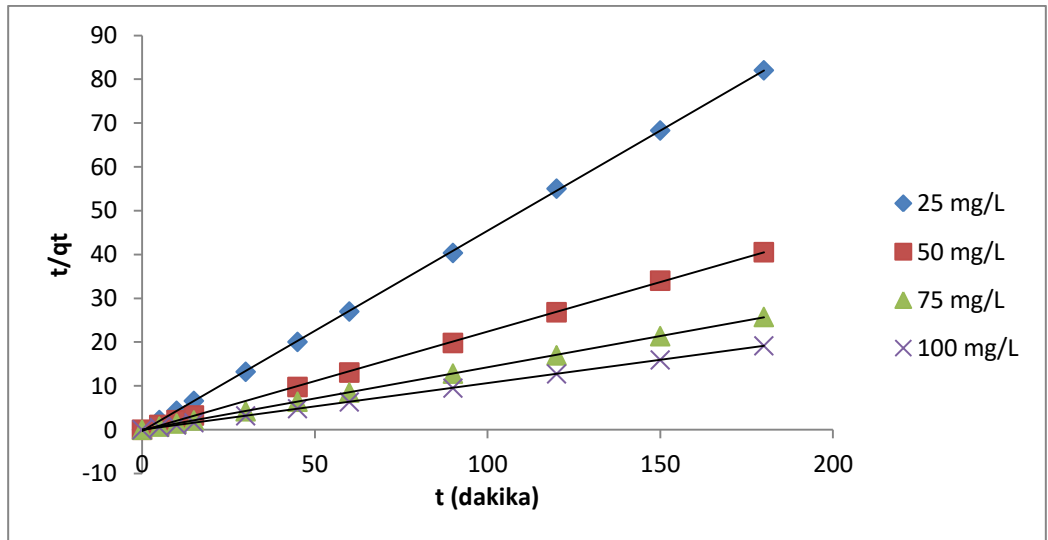
Filtre Kahve Atığı İçin Başlangıç Boya Konsantrasyonu (mg/L)	Q_E	$K_{2,ad}$	R^2
25	1,737	0,145	0,9926
50	4,574	0,129	0,9966
75	7,347	0,946	0,9999
100	9,803	0,481	0,9999

Tablo 5.4. Yalancı İkinci Dereceden Hız Katsayılarının ($k_{2,ad}$) (g/mg,dakika) Değerleri (pH=10)

Türk Kahve Telvesi İçin Başlangıç Boya Konsantrasyonu (mg/L)	q_e	$k_{2,ad}$	R^2
25	2,187	0,747	0,9999
50	4,426	0,262	0,9998
75	7,012	1,175	1
100	9,407	4,912	1



Şekil 5.28. Filtre Kahve Atığı İçin Yalancı İkinci Dereceden Adsorpsiyon Kinetiği (pH=10)



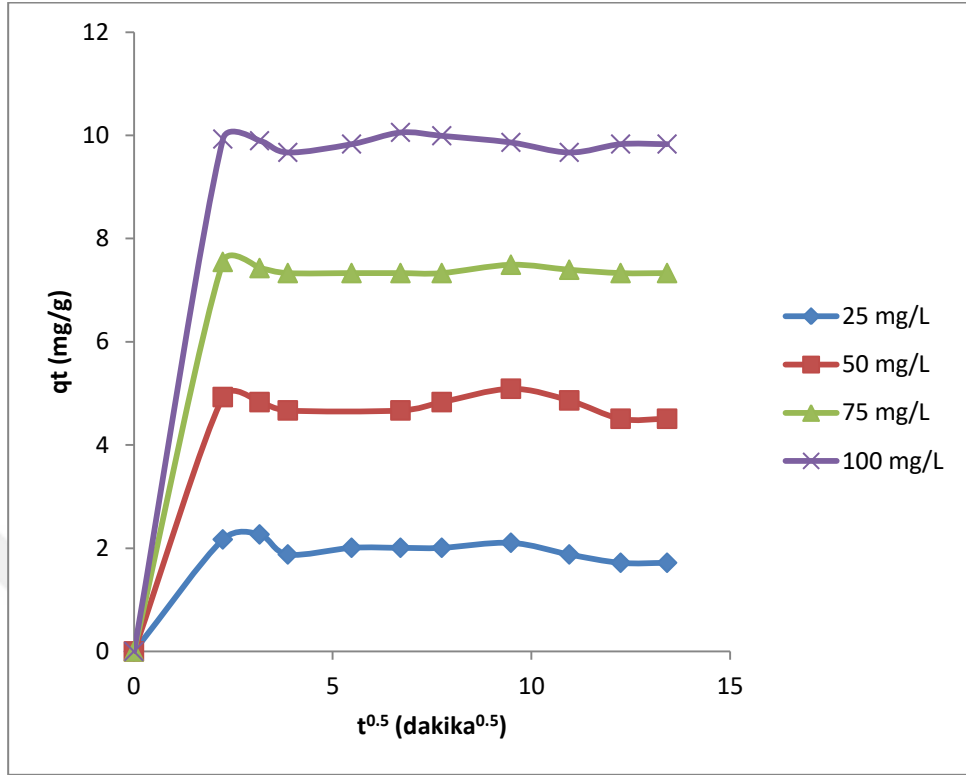
Şekil 5.29. Türk Kahvesi Atığı İçin Yalancı İkinci Dereceden Adsorpsiyon Kinetiği (pH=10)

5.4.2. Parçacık İçi (İntrapartikül) Difüzyon Kinetiği

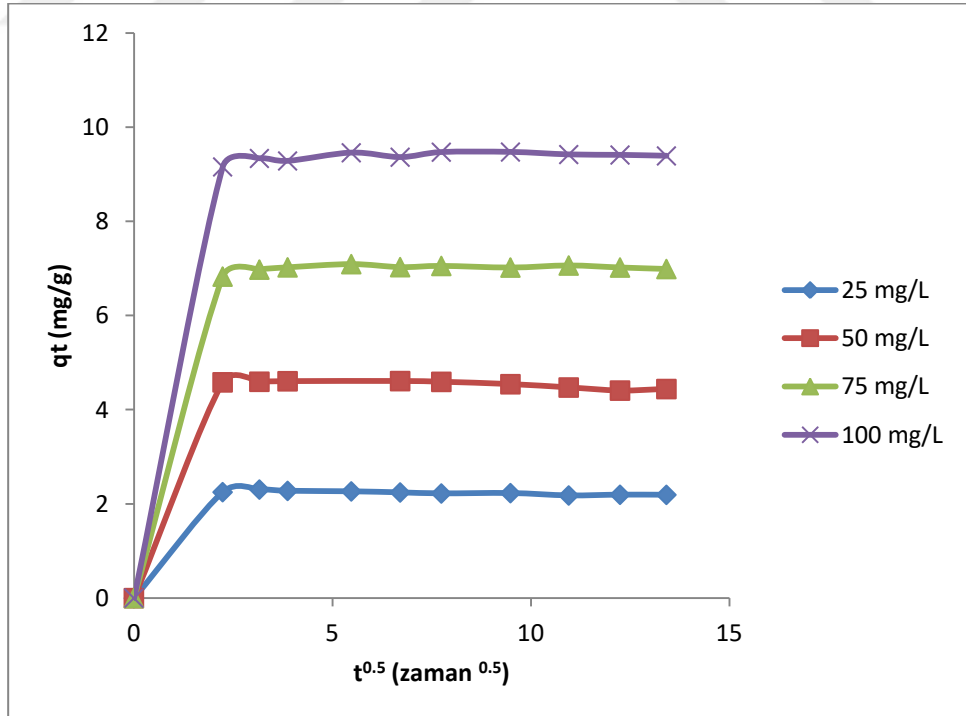
Parçacık içi difüzyonun etkisinin bulunması amacıyla herhangi bir andaki birim adsorban üzerine adsorplanan adsorbat miktarı değerlerinin (qt) zamanın kareköküne karşı farklı derişimler için grafiğe aktarılmıştır. Elde edilen grafiklerin eğiminden parçacık içi difüzyon hız katsayıları hesaplanmış ve hesaplanan hız sabitleri Tablo 5.5’de verilmiştir. Şekil 5.32’de Filtre kahve atığı için parçacık içi difüzyon etkisi (pH=10) ve Şekil 5.33’de Türk kahvesi telvesi için parçacık içi difüzyon etkisi (pH=10) grafikleri verilmiştir.

Tablo 5.5. Parçacık İçi Difüzyon Sabitleri (pH=10)

Filtre Kahve İçin Boya Konsantrasyonu (mg/L)	$k_{id}(mg^{-1}dk^{-\frac{1}{2}})$	R^2
25	0,9707	1
50	2,2043	1
75	3,3758	1
100	4,4404	1



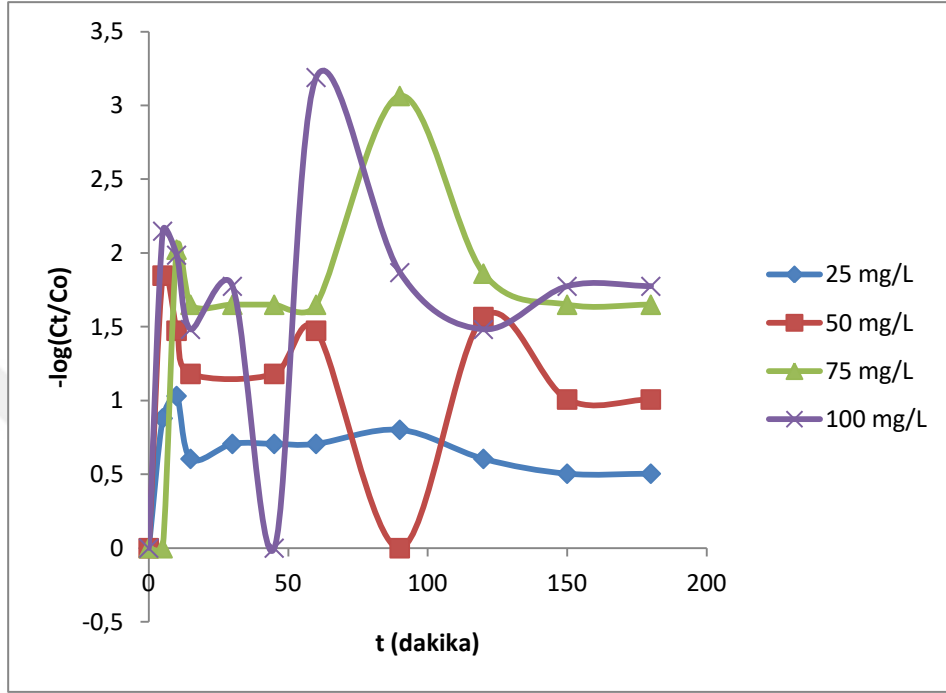
Şekil 5.30. Filtre Kahve Atığı İçin Parçacık İçi Difüzyon Etkisi (pH=10)



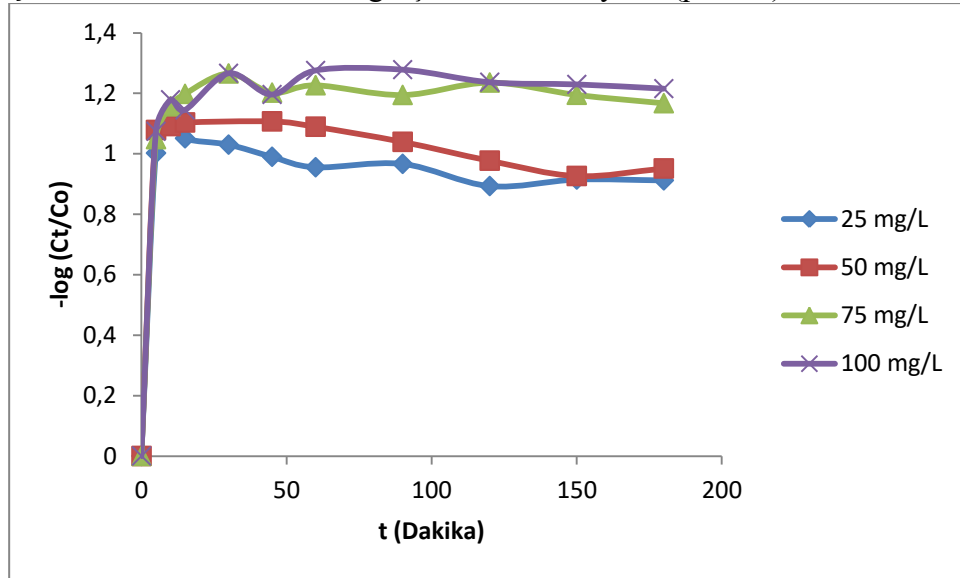
Şekil 5.31. Türk Kahvesi Telvesi İçin Parçacık İçi Difüzyon Etkisi (pH=10)

5.4.3. Film Difüzyonu Etkisi

Şekil 5.34. Filtre kahve için film difüzyonu (pH=10) ve Şekil 5.35’de Türk kahvesi telvesi için film difüzyonu (pH=10) grafikleri verilmiştir.



Şekil 5.32. Filtre Kahve Atığı İçin Film Difüzyonu (pH=10)



Şekil 5.33. Türk Kahvesi Telvesi İçin Film Difüzyonu (pH=10)

6. TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada;

1. Türk kahvesi ve Filtre kahvesinin metilen blue boyar maddesini adsorplanma kapasiteleri araştırılıp her ikisinin de etkin birer adsorban oldukları gözlemlenmiştir.
2. Türk kahvesi ve Filtre kahvesinin pH=10 (bazik) ortamda çok daha iyi boya giderimi yaptığı bulunmuştur.
3. Türk kahvesi ve Filtre kahvesinin boya yüklü ve boya yüksüz SEM görüntüleri ayrı ayrı büyüklüklerde incelenmiştir.
4. Metilen blue boyar maddesinin Türk kahvesi ve Filtre kahve atıkları tarafından adsorpsiyonunun hızları yalancı ikinci dereceden hız denkleminde uyduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen verilerle Türk kahvesi ve Filtre kahve atıklarının biyokütlesinin bazik boyar maddelerin uzaklaştırılmasında olabildiğince etkili olduğu anlaşılmıştır. Farklı adsorbanlarla kıyaslandığında bölgemizde olabildiğince büyük miktarlarda ve yıl boyunca elde ediliyor olabilmesi, kolay elde edilir olması, aktif karbon gibi maliyetinin pahalı bir adsorban olmaması gibi avantajları sebebiyle olabildiğince üstün özelliklere sahiptir.

Bu çalışma aşağıda gösterilen öneriler boyutunda geliştirme göstermesi ve uygunluğu açısından daha ileri basamaklara ilerliğe bileceği düşünülmektedir:

1. Tekstil ve boya üreten sanayilerin imalleri veya tercih ettikleri boyar maddelerin farklı türde ve çok sayıda olması sebebiyle belirtilen bu parametrelerde çeşitli yapı ve türde boyar maddelerin Türk kahvesi ve Filtre kahve atıkları ile rengin uzaklaştırılması çalışmalarının yapılması önem arz edilmektedir.
2. Farklı sıcaklıkların etkilerinin incelenmesi.
3. Farklı parçacık boyutu, karıştırma hızı ve pH'ın etkilerinin incelenmesi.
4. Bazik boyar maddelerin molekül büyüklükleri ile ilgili çalışmalar bu çalışmanın kapsamı içerisinde yer almamıştır. Boyar maddenin uzaklaştırılması, boyar madde molekül büyüklüklerinin aktif olabileceği de düşünülerek, molekül büyüklükleri farklı boyar maddeler tercih edilerek bu konuda çalışma yapılması düşünülebilir.

7. KAYNAKLAR

1. Chern, J.M., Huang, S.N. Study of Nonlinear Wave Propagation Theory. 1. 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. Ici Watercare Color In The Textile Effluent Environmental Brief No.1 Introduction To The Environmental Brief, ICI Colors Textile Dyes Technology Group, 1991.
5. Mckay, G., Design Models For Adsorption System In Wastewater Treatment. J. Chem. Tech. Biotechnol., 31: 717-772, 1981.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Al-qudah, Z., Adsorption of Dyes Using Shale Oil Ash. Water Research, 34 (3): 4295-4303, 2000.
10. 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.
- 11.. Navasivayam, C., Muniasamy, N., Gayathri, K., Rani, M., Ranganathan, K., Removal of Dyes From Aqueous Solutions by Celluosic Waste Orange Peel. Bioresource Techonology, 57:37-43, 1996.
12. Juang, R.S., Tseng, R.L., Wu, F.C., Lee, S.H., Adsorption behaviour of Reactive Dyes From Aqueous Solutions on Chitosan. J. Chem. Tech. Biotechnol., 70:391-399, 1997.
13. Sun, G., Xu, X., Sunflower Stalks As Adsorbents For Color Removal From Textile Wastewater. Ind. Eng. Chem. Res., 36:808-812, 1997.

14. Arbeloa, F.L., Arbeloa, T.L., Arbeloa, I.L., Spectroscopy of Rhodamine 6G Adsorbed on Sepiolite Aqueous Suspensions. *J. Colloid Interface Sci*, 187:1:105-112, 1997.
15. 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.
16. Noll, K.E., Gounaris, V., Hou, W., Adsorption Techonology For Air and Water Pollution Control. Lewis Publishers Inc, Michigan, 347s. 1992.
17. Crini, G., Non-Conventional Low-Cost Adsorbents for Dye Removal: a Review, *Bioresource Technol.*, 97, 1061–1085, 2006.
18. Akkaya, G., Supranol Red 3BW (Acid Red 2749) Boyasının *Dicranella varia*'ya Biyosorpsiyonuna Ortam Koşullarının Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 93 s, 2005.
19. Nigam, P., Armour, G., Banat, I.M., Singh, D., Marchant, R., Physical Removal of Textile Dyes From Effluents and Solid-State Fermentation of Dye-Adsorbed Agricultural Residues. *Bioresource Techonology*, 72:219-226, 2000.
20. Gupta, G.S., Prasad, G., Singh, V.N., Removal of Chrome Dye From Aqueous Solutions by Mixed Adsorbents: Fly Ash and Coal. *Water Research*, 24 (1) : 45-50, 1990.
21. Joshi, M., Purwar, R., Developments in new processes for colour removal from effluent, *Rev. Prog. Color*. 34, 58–71, 2004.
22. Kumar M.N.V.R., Sridhar ,T.R., Bhavani, K.D., Dutta, P.K. Trends in colour removal in textile mill effluents. *Colourage*. 40, 25–34, 1998.
23. Reife, A., Freeman, H. S. *Environmental chemistry of dyes pigments*. Wiley, New York, 1996.
24. Forgacs, E., Cserh'ati, T., Oros, G. Removal of synthetic dyes from wastewaters (a review). *Environ. Int*. 30,953–971, 2004.
25. Rahman, I. R., Saad, B., Shaidan, S., Sya, R. E. S. Adsorption characteristics of malachite green on activated carbon derived from rice husks produced by chemical-thermal process. *Biores. Technol*. 96, 1578–1583, 2005.
26. Attia, A. A., Girgis, S. B., Fathy, N. A. Removal of methylene blue by carbons derived from peach stones by H₃PO₄ activation: Batch and column studies. *Dyes Pigments*. 76, 282–289, 2008.

27. Malik, P.K. Use of activated carbons prepared from sawdust and rice-husk for adsorption of acid dyes: a case study of Acid Yellow 36. *Dyes Pigm.* 56 (3), 239-249, 2003.
28. Özacar, M., Sengil, A. I. Adsorption of metal complex dyes from aqueous solutions by pine sawdust, *Biores. Technol.* 96, 791–795, 2005.
29. Dogan, M., Ozdemir, Y., Alkan, M. Adsorption kinetics and mechanism of cationic methyl violet and methylene blue dyes onto sepiolite. *Dyes Pigments.* 75, 701–713, 2007.
30. Rauf, M. A., Shehadi, I. A., Hassan, W. W. Studies on the removal of neutral red on sand from aqueous solution and its kinetic behaviour. *Dyes Pigments.* 75, 723–726, 2007.
31. Lisi, R. D., Lazzara, G., Milioto, S., Muratore, N. Adsorption of a dye on clay and sand. Use of cyclodextrins as solubility-enhancement agents. *Chemosphere.* 69, 11–20, 2007.
32. Mittal, A. K., Gupta, S.K. Biosorption of cationic dyes by dead macro-fungus *Fomitopsis conchae*: batch studies. *Water Sci. Technol.* 34, 81–87, 1996.
33. Forgacs E, Cserhati T, Oros G. Removal of synthetic dyes from wastewaters : A review, *Environ. Int.* 30, 953, 2004.
34. Armağan B, Turan M, Özdemir O, Çelik M. Color Removal of Reactive Dyes from Water by Clinoptilolite, *Journal of Environmental Science and Health, Part A, Volume 39, Issue 5 December 2004*, pages 1251 – 1261, 2004.
35. Kao C. M, Chou M. S, Fang W. L, Liu B. W, Huang B. R. Regulating color textile Wastewater by 3/31 wavelength admittance methods in Taiwan. *Chemosphere*, 44, 1055-1063, 2001.
36. Özer, A., Mersin Üniversitesi Fen- Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Adsorpsiyon Kinetikleri Ders Notları, 2004.
37. McKay, G., Use of Adsorbents For The Removal of Pollutions From Wastewater. CRC Press, New York, 186s. 1996.
38. 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.
39. Aksu, Z. and Tezer, S., Equilibrium and Kinetic Modelling of Biosorption of Remazol Black B by *Rhizopus arrhizus* in a Batch System: Effect of Temperature, *Process Biochem.*, 36, 431-439, 2000.

40. Aksu, Z., Atık Sulardaki Ağır metal İyonlarının Yeşil Alglerden *Chlorella vulgaris*'e Adsorpsiyonunun Kesikli Düzende Karıştırmalı ve Akışkan Yatak Tepkime Kaplarında İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 1988.
41. Durmaz F., Akış Enjeksiyon-Katı Faz Ekstraksiyon Sistemi ile Bazı Metal İyonlarının Tayin Edilmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya, 2008.
42. Humphrey, A.G., and Milis, N.F., Adsorption, Biochemical Engineering, 2 nd ed, Academic Press, Tokyo, 434, 1973.
43. Baran, E., "Takli ve İkili Sistemde Zeolit Yüzeyine Malachite Green ve Rhodamine B'nin Adsorbsiyonunun Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
44. Yu, B., Ziang, Y., Shukla, A. S., Porris, K.L., The Removal of Heavy Metal From Aqueous Solutions by Sawdust Adsorbtion Removal Of Cupper, Journal Of Hazardous Meterials, 80, 33-42, 2000.
45. 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.
46. Aksu, Z., Biosorption Of Reactive Dyes By Dried Activated Sludge: Equilibrium And Kinetic Modelling. Biochemical Engineering Journal, 7:79-84, 2001.
47. 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.
48. 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.
49. Ho, Y.S., Mckay, G., Pseudo-Second Order Model For Sorption Processes. Process Biochem., 34:451-465, 1999.
50. Sawyer, C. N., Mccarty P. L., Chemistry For Environmental Engineering. McGraw Hill Inc., Singapore, 519s. 1978.
51. Chu, H. C. and Chen, K. M., Reuse of Activated Sludge Biomass: II. The Rate Processes for The Adsorption of Basic Dyes on Biomass. Process Bio., 37 : 1129-1134, 2002b.
52. 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.

53. Waranusantigul, P., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M., Upatham, E. S., Kinetics Of Basic Dye (Methylene Blue) Biosorption By Giant Duckweed (Spirodela polyrrhiza). Environmental Pollution, 125:385-392, 2003.
54. Ho, Y.S., Wase, Daj., Forster, Cf., Kinetic Studies of Competitive Heavy Metal Adsorption by Sphagnum Moss Peat. Environmental Technol, 17:71-7, 1996.
55. Keskinan, O., Goksu, M. Z. L., Yuceer, A., Basibuyuk, M., Forster, C. F., Heavy Metal Adsorption Properties Of A Submerged Aquatic Plant (Ceratophyllum demersum). Bioresource Technology, 92(2):197-200, 2004.
56. Benguella, B. and Benaissa, H., Cadmium Removal From Aqueous Solutions By Chitin: Kinetic And Equilibrium Studies. Water Res., 36:2463- 74, 2002.
57. Raji, C., Anirudhan, T. S., Batch Cr(VI) Removal By Polyacrylamide Grafted Sawdust: Kinetics And Thermodynamics. Water Res., 32(12):3772- 3780, 1998.
58. 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.
59. Kapoor, A., Viraraghavan, T., Cullimore, D. R., Removal Of Heavy Metals Using The Fungus Aspergillus niger, Bioresource Techno., 70:95-104, 1999.
60. Tünay, O. Ve Kabdaşlı, I. Fiziksel Kimya, İ.T.Ü. Yayınları, İstanbul, 168s., 1996.
61. Nollet, H., Roels, M., Lutgen, P., Van der Meeren, P., Verstraete, W., Removal Of PCBs From Wastewater Using Fly Ash, Chemosphere, 53:655-665, 2003.
62. Dakiky, M., Khamis, 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.
63. 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.
64. Kirişken, B. ve Kalkan, A. "Tekstil boyarmaddeleri", Bitirme Çalışması, Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Manisa, 2002.
65. Kurbanova, R., Mirzaoglu, R., Ahmedova, G., Şeker, R. ve Özcan, E. "Boya ve tekstil kimyası ve teknolojisi", Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi yayınları, Konya, 1998.
66. Karapınarkapdan İ.ve Kargı F. Atıksılardan tekstil boyar maddelerin adsorpsiyonu biyolojik arıtım ve giderimi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, 1998.

67. Koparal, S.A. "Sudaki boyarmaddelerin bir elektrokimyasal reaktörde renklerinin giderilmesi". Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1991.
68. Doğar, Ç. "Bazı reaktif boyaların elektrokoagülasyonunun kavramsal ve istatistiksel olarak incelenmesi". Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
69. Seventekin, N., Boyar Madde Kimyasına Giriş. E.Ü. Mühendislik Fakültesi Çoğaltma Yayın, Bornova, 129, 1988.
70. Başar, İ., İnanıcı, Y., Boyar Madde Kimyası, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları No:482, İstanbul, 214s, 1990.
71. Özcan, Y., Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği, İstanbul Üniversitesi Yayınları No:2557, İstanbul, 460, 1978.
72. 120. Vikipidei <https://m.facebook.com> 13 Mart 2014
73. https://www.ntv.com.tr/galeri/dunya/en-cok-kahve-tuketken-ulkeler,BWM_1ZMB5U-PHGSf5sGULg/p10TimF8OEOVulSTmJ6eZw 15.06.2018
74. [http://www.sifalibitkilerim.tv/kahve/\(5\)](http://www.sifalibitkilerim.tv/kahve/(5)) 19 Ağustos 2010
75. www.kahvve.com...Haber 18.06.2018
76. www.uzmanportal.com(1) 31 Aralık 2011
77. <http://www.food-info.net/tr/products/coffee/countries.htm> 17.06.2018
78. Namasivayam, C., Radhika, R. ve Suba, S., Uptake of dyes by a promising locally available agricultural solid waste: coir pith, Waste Management, 21 (4), 381-387, 2001
79. Bhattacharyya, G.K., Sarma, A., Adsorption Characteristics of The Dye, Brilliant Green, on Neem Leaf Powder. Dyes and Pigments, 57 : 211- 222, 2003.
80. Yüksel, S., Yürüm, Y., Removal of Boron from Aqueous Solutions by Adsorption Using Fly Ash, Zeolite, and Demineralized Lignite, Separation Science and Technology, 45, 105 –115, 2010.
81. Aksu, Z., Çalık, A., Dursun, A. Y., Demircan, Z., Biosorption Of Iron(III)-Cyanide Complex Anions To Rhizopus arrhizus: Application Of Adsorption Isotherms. Process Biochem., 34:483-491, 1999.

82. Allen, S. J., Gan, Q., Matthews, R., Johnson, P. A., Comparison of Optimised Isotherm Models for Basic Dye Adsorption by Kuzdu. *Biosource*, 88 (2) : 143-152, 2003.
83. Argun, M. E., “Kimyasal Olarak Modifiye Edilmiş Adsorbanlar Kullanılarak Ağır Metal İyonlarının Adsorpsiyonu”, Doktora Tezi, Çevre Müh. A.B.D., F.B.E, Konya, 2007.
84. Argun, M. E., Güçlü, B., Karatas, M., Adsorption of Reactive Blue 114 dye by using a new adsorbent: Pomelo peel. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 20 1079–1084, 2014.
85. Armağan, B., Turan, M., Celik, M. S., 2003a. Boyar Maddelerin Doğal Kil Mineraller Kullanılarak Adsorpsiyonu: Katı Konsantrasyonu ve Temas Süresinin Etkisi. V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Ankara, 179-186, 2003.
86. Armağan, B., Turan, M., Celik, M. S., 2003b. Modifiye Sepiyolit ve Zeolitin Tekstil Endüstrisi Atıksularında Adsorbant Olarak Kullanılması: Karşılaştırmalı Değerlendirme. V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Ankara, 187-195, 2003.
87. Bayrak, Y., Uzgör, R., Portakal Kabuğu Külü Üzerine Remazol Blue Boyasının Adsorpsiyonu. 24. Ulusal Kimya Kongresi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, 29 Haziran-2 Temmuz 2010.
88. Bulut Y., Aydın H., *Desalination*, 194, 259–267, 2006.
89. Bulut Y., Gözübenli N., Aydın H., *Journal of Hazardous Materials*, 144, 300-306, 2007.
90. Fernazdez, N., Chacın, C., Garcia, C., Alastre N, Leal F., Forster, Cf., The Use of Seed Pods From Albizia lebbek For The Removal of Alkyl Benzene Sulphonates From Aqueous Solution. *Process Biochemistry*; 32:4:383-387, 1996.
91. Fernazdez M. E., Nunell, G. V., Bonelli, P. R., Cukierman, A. L., Activated carbon developed from orange peels: Batch and dynamic competitive adsorption of basic dyes. *Industrial Crops and Products* Volume 62, Pages 437–445, December 2014.
92. Fu, Y. ve Vıraraghavan, T., Removal Of Congo Red From An Aqueous Solution By Fungus *Aspergillus niger*. *Advances in Environmental Research*, 7:239-247, 2002.
93. Garg V. K., Gupta R., Yadav A. B. and Kumar R., *Bioresource Technology* 89, 121–124, 2003.
94. Gupta, VK., Shrivastava, Ak., Neeraj, J., Biosorption of Chromium (VI) From Aqueous Solutions By Green Algae *Spirogyra* species. *Water Research*, 35:17:4079-4085, 2001.

95. Günay, A., Dikmen, S., Ersoy, B., ve Evcin, A., Bazik Mavi-16 Boyar maddesinin Kil Üzerine Adsorpsiyonu, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1:2 pp:29-38, 2014.
96. Gong R., Jin Y., Sun J. and Zhong K., *Dyes and Pigments* 76, 519-524, 2008.
97. Ho, Y.S., Mckay, G., Sorption of Dye From Aqueous Solution By Peat. *Chemical Engineering Journal*, 70:115-124, 1998.
98. Ho, YS., Huang, Ct., Huang, Hw., Equilibrium Sorption Isotherm For Metal Ions on Tree Fern. *Process Biochemistry*, 37:1421-1430, 2002.
99. Kannan, N., Meenakshisundaram, M., Adsorption of Condo Red On Various Activated Carbons. *Water, Air and Soil Pollution*, 138:1:4:289- 305, 2002.
100. Kaul, S. S., Oertli, B., Castella, J., Lachavanne, J. B., Relationship Between Biomass and Surface Area of Six Submerged Aquatic Plant Species. *Aquatic Botany*, 51: 147-154, 1995.
101. Khatod, I., Removal of Methylene Blue dye from aqueous solutions by neem leaf and orange peel powder, *Int. J. Chem. Technol. Res.* 5, 572–577, 2013.
102. Khaled, A., Nemr, A. E., El-Sikaily, A., Abdelwahab, O., Treatment of artificial textile dye effluent containing Direct Yellow 12 by orange peel carbon. *Desalination*, Volume 238, Issues 1-3, Pages 210–232, March 2009.
103. Lee, Cl., Wang, Tc., Lin, Ck., Mok, Hk., Heavy Metals Removal By a Promising Locally Available Aquatic Plant, *Najas graminea del.*, in Taiwan. *Wat. Sci. Tech.*, 39:10-11:177-181, 1999.
104. Liu M. H. and Huang J. H. J., *Appl. Polym. Sci.* 101, 2284–2291, 2006.
105. Mckay, G., Otterburn, Ms., Sweeney, Ag., The Removal of Colour From Effluent Using Various Adsorbents – III Silica Rate Processes. *Water Research*, 14:15-20, 1980.
106. Mittal A., Krishnan L. and Gupta V.K., Removal and recovery of malachite green from wastewater using an agricultural waste material, de-oiled soya. *Separation and Purification Technology*, 43, 125-133, 2005.
107. Moraes, L. C., Freitas, O. M., Goncalves, E. P., Vasconcelos, L. T., Goncalves Beça C. G., Reactive Dyes Removal from Wastewater by Adsorption on Eucalyptus Bark: Variables That Define the Process. *Water Resources* 33:4:979-988, 1999.
108. Moussavi, G., Khosravi R., The removal of cationic dyes from aqueous solutions by adsorption onto pistachio hull waste. *Chemical Engineering*. Volume 89, Issue 10, Pages 2182–2189, October 2011.

109. Navasivayam, C., Kanchana N, Yamuna, R.T., Waste Banana Peat As Adsorbent For The Removal of Rhodamine-B From Aqueous Solutions. *Waste Management*, 13:1:89-95, 1993.
110. Navasivayam, C., Jeyakumar, R., Yamuna, R.T., Dye Removal from Wastewater by Adsorption On “Waste” Fe(III)/Cr(III) hydroxide. *Waste Management*, 14:7:643-648, 1994.
111. Navasivayam, C., Muniasmy, N., Gayathri, K., Rani, M., Ranganathan, K., Removal of Dyes From Aqueous Solutions by Cellulosic Waste Orange Peel. *Bioresource Techonology*, 57:37-43, 1996.
112. Navasivayam, C., Arasi, D.J.S.E., Removal of Congo Red From Wastewater By Adsorption Onto Waste Red Mud. *Chemosphere*, 34:2: 401-407, 1997.
113. Nigam, P., Armour, G., Banat, I.M., Singh, D., Marchant, R., Physical Removal of Textile Dyes From Effluents and Solid-State Fermentation of Dye-Adsorbed Agricultural Residues. *Bioresource Techonology*, 72:219-226, 2000.
114. Polat, S., Kılıça, M., Pütüna, A. E., Pütünb, E., 2012. Şarap Fabrikası Üzüm Atıkları İle Metilen Mavisi Giderimi. Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, Koç Üniversitesi, İstanbul, 3-6 Eylül 2012.
115. Poots, V. J. P., Mckay, G., Ve Healy, J. J., The Removal of Acid Dye From Effluent Using Natural Adsorbents - IPEAT, *Wat. Res.*, 10: 1061- 1066, 1976.
116. Robinson, T., Chandran, B., Ve Nigam, P., Removal of Dyes From A Synthetic Textile Dye Effluent By Biosorptin on Apple Pomace and Wheat Straw, *Wat. Res.*, 36:2824-2830, 2002.
117. Robinson, T., Chandran, B. and Nigam, P., Removal of dyes from an artificial textile dye effluent by two agricultural waste residues, corncop and barley husk, *Environment International* 28, 29 -33, 2002.
118. Sayed Ahmed, S. A., Khalil, L. B., El-Nabarawy, T., Removal of Reactive Blue 19 dye from aqueous solution using natural and modified orange peel, *Carbon Lett.* 13, 212–220, 2012.
119. Shoji, K., Adsorption of Several Dyes From Aqueous Solutions on SilicaContaining Complex-Oxide Gels. *Separation Science and Technology*, 17 13:14: 1499-1510, 1982.
120. Sternbnberg, Spk., Dorn, Rw., Cadmium Removal Using Cladophora in Batch, Semi-Batch and Flow Reactors. *Bioresource Technology*, 81:3:249- 255, 2002.
121. Gök, S. ve Kolankaya, N., Tarım artıklarının değerlendirilmesi, *Uluslararası Çevre’87 Sempozyumu*, İstanbul, 1987.
122. Arık, P. Pamuklu Tekstil Endüstrisinde Uygun Atıksu Arıtma Teknolojisi Seçimi, *Arbiogaz Çevre Teknolojileri _nsaat San, ve Tic. A.S.*, 2007.

8. ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Kars'te doğan Fatma KARADAĞ, orta ve lise öğrenimini sırasıyla Samandıra İlkokulu, Samandıra Ortaokulu ve Kars Cumhuriyet Lisesinde tamamlamıştır. 2012 yılında kazandığı Bozok Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünü 2016 yılında başarıyla bitirmiştir.

2016 yılında yüksek lisans eğitimine Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında başlamıştır. Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI danışmanlığında “Kahve Atıklarının Boya Gideriminde Kullanımı” başlıklı tez hazırlanmıştır.

İletişim Bilgileri

Adres : Küçük Boğatepe Köyü No:5 KARS/MERKEZ

36000 KARS

Telefon: (531) 226 78 35

Faks: -

E-posta: 0036fatmakaradag@gmail.com