

**T.C.  
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIMSAL ATIKLARDAN ÜRETİLEN  
MİKROKAPSÜLLERLE BOYAR MADDE GİDERİMİ**

**Tezi Hazırlayan  
Nuray ÇELİK**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin CÜCE**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Haziran 2022  
NEVŞEHİR**

## TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

NURAY ÇELİK

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca sağladıkları bilimsel katkı, anlayış, sabır ve ilgilerinden dolayı tez danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Hüseyin CÜCE'ye;

Laboratuvar çalışmalarım ve tez yazımı sırasında desteğini hiçbir zaman esirgemediğı ve çalışmalarım süresince her zaman özverili ve anlayışlı olduğı için çok değerli aileme sonsuz teşekkürleri sunarım.

Nuray ÇELİK

NEVŞEHİR-2022



**TARIMSAL ATIKLARDAN ÜRETİLEN MİKROKAPSÜLLERLE BOYAR  
MADDE GİDERİMİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Nuray ÇELİK**

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Haziran 2022**

**ÖZET**

Bu çalışmada, zirai ürün olan Aydın yöresi zeytin çekirdeği, öğütülerek ve elek analizi yapılarak ortalama parçacık boyutu belirlenmiş ve bu ham madde kitozan ile modifiye edilmiştir. Bu işlem basamağının ardından derişik NaOH ve metanol çözeltisinin içinde mikrokapsül boncuklar oluşturulmuştur. Oluşturulan boncuklar sonrasında glutraldehit ile çapraz bağlanarak son fonksiyonlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra etanol ile yıkanan boncuklar oda sıcaklığında kurutulmuştur. Modifiye edilmiş zeytin çekirdekleri metilen mavisi ve metil turuncusu boyar maddelerinin giderimi için biyosorbent olarak kullanılmıştır. Adsorpsiyon çalışmaları üzerine sırasıyla, adsorban miktarı, başlangıç konsantrasyonu, temas süresi ve pH parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Boyar maddelerden metil turuncusu için optimum temas süresi 120 dakika olarak bulunmuştur. Optimum temas süresi metilen mavisi için de 120 dakika olarak bulunmuştur. Adsorban madde miktarı arttırıldıkça adsorplanan boyar madde miktarı artmış ve 0,1- 0,1 gram ile dengeye ulaşmıştır. Değişen boyar madde konsantrasyonunun adsorpsiyona etkisi incelenmiş ve denge verileri ile Langmuir ve Freundlich izoterm modelleri uygulanmıştır. Sonuç yeni adsorban olarak hazırlanan, kitozan ile modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin boyar madde gideriminde uygulanabileceği ve alternatif bir biyomalzeme olarak kullanılabilceği gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Adsorbsiyon, Biyomalzeme, Boyar madde, Kitozan, Mikrokapsül*

**Tez Danışman:** *Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin CÜCE*

**Sayfa Adeti:** 35

**DYESTUFF REMOVAL WITH MICROCAPSULES PRODUCED  
FROM AGRICULTURAL WASTES**

**(M. Sc. Thesis)**

**Nuray ÇELİK**

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY GRADUATE  
SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**June 2022**

**ABSTRACT**

In this study, olive stone which as known agricultural product at Aydın region, was being milled and was being screen analysed to define average particle size. This raw material was modified with biomaterial as known as chitosan. After this step of process, it is created as beads in concentrated NaOH and methanol solution. Then created bead was cross linked with gluteraldehyde to finalize last process of functionalization. Afterwards the bead which was washed with ethanol, was dried at room temperature. Modified olive pits were used as biosorbent for the removal of methylene blue and methyl orange dyestuffs. After adsorption studies, effect of adsorbent, initial concentration, contact time and pH parameters was analyzed, respectively. The optimum contact time for adsorption of dyestuff on modified olive stone was found to be 120-120 minutes. As the amount of adsorbent, increased, the amount of dyestuff adsorbed increased and reached to the equilibrium with 0,1-0,1grams. The effect of changing dyestuff concentration on adsorption was observed and Langmuir and Freundlich isotherm models were applied with equilibrium data. As a result, it can be seen that the olive stone modified with chitosan prepared as new adsorbent can be applied for dyestuff removal from aqueous solutions and used as an alternative bioadsorbent.

***Keywords: Adsorption, biomaterials, dyestuff, chitosan, microcapsules.***

**Thesis Supervisor: Dr. Hüseyin CÜCE**

**Page Number: 35**

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
RESİMLER LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
1. BÖLÜM	
GİRİŞ .....	1
2. BÖLÜM	
GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Mikroenkapsülasyon .....	4
2.1.1. Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan doğal polimerler.....	4
2.1.2. Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan sentetik polimerler .....	4
2.2. Kitozan.....	4
2.3. Boyar Madde .....	5
2.3.1. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması .....	5
2.3.2. Metilen Mavisi .....	6
2.3.3. Metil Turuncusu .....	7
2.4. Adsorpsiyon .....	7
2.4.1. Fiziksel Adsorpsiyon.....	8
2.4.2. Kimyasal Adsorpsiyon .....	8
2.4.3. İyonik Adsorpsiyon .....	8
2.5. Adsorpsiyonu Etkileyen Faktörler.....	8
2.5.1. Karıştırma Hızı .....	8
2.5.2. pH.....	9
2.5.3. Sıcaklık.....	9
2.5.4. Adsorbentin Özellikleri .....	9
2.5.5. Adsorplanan Madde ve Çözücünün Özellikleri.....	9
2.6. Adsorpsiyon İzotermi .....	9
2.6.1. Freundlich İzotermi .....	9
2.6.2. Langmuir İzotermi.....	10

3. BÖLÜM	
MATERYAL ve YÖNTEMLER .....	11
3.1. Kullanılan Malzemeler .....	11
3.1.1. Zeytin Çekirdeği Bileşimi .....	11
3.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler .....	12
3.1.3. Kullanılan Cihazlar .....	12
3.2. Modifiye Zeytin Çekirdeğinin Elde Edilmesi .....	13
3.3. Zeytin Çekirdeğini NaOH ile Yıkama İşlemi.....	14
3.4. Boyar Maddelerin Hazırlanması .....	14
3.4.1. Metilen Mavisi Çözeltisinin Hazırlanması .....	14
3.4.2. Metil Turuncusu Çözeltisinin Hazırlanması.....	14
3.5. Deneysel Çalışmalar .....	15
3.5.1. Metilen Mavisi Boyar Maddesine Adsorpsiyon Etkisinin İncelenmesi .....	15
3.5.2. Metil Turuncusu Boyar Maddesine Adsorpsiyon Etkisinin İncelenmesi .....	15
4. BÖLÜM	
BULGULAR .....	17
4.1. pH Etkisi .....	17
4.1.1. Metilen Mavisi ve Metil Turuncusu Gideriminde pH Etkisi .....	17
4.2. Adsorban Miktarının Etkisi .....	17
4.2.1. Metilen Mavisi Gideriminde Adsorban Miktarının Etkisi.....	17
4.2.2. Metil Turuncusu Gideriminde Adsorban Miktarının Etkisi .....	19
4.3. Temas Süresi Etkisi .....	20
4.3.1. Metilen Mavisi Gideriminde Temas Süresi Etkisi .....	20
4.3.2. Metil Turuncusu Gideriminde Temas Süresi Etkisi .....	22
4.4. Konsantrasyon Değişiminin Etkisi .....	23
4.4.1. Metilen Mavisi Gideriminde Konsantrasyon Değişiminin Etkisi.....	23
4.4.2. Metil Turuncusu Gideriminde Konsantrasyon Değişiminin Etkisi .....	24
4.5. İzoterm Çalışmaları .....	25
4.6. SEM Görüntüleri .....	26
5. BÖLÜM	
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER .....	28
KAYNAKLAR .....	32
ÖZGEÇMİŞ .....	35

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 2.3.1.</b> Boyar Maddelerin Sınıflandırılması .....	6
<b>Tablo 2.3.2.</b> Metilen mavisi fiziksel özellikleri .....	6
<b>Tablo 2.3.3.</b> Metil turuncusu fiziksel özellikleri.....	7
<b>Tablo 3.1.1.</b> Zeytin çekirdeği % element bileşimi .....	11
<b>Tablo 3.1.2.</b> Kullanılan kimyasallar .....	12
<b>Tablo 3.1.3.</b> Kullanılan cihazlar .....	12
<b>Tablo 3.5.1.</b> Adsorplanan metilen mavisi miktarı sonuç çizelgesi .....	15
<b>Tablo 3.5.2.</b> Adsorplanan metil turuncusu miktarı sonuç çizelgesi .....	16
<b>Tablo 4.2.1.</b> Adsorban miktarına bağlı olarak metilen mavisi giderimi sonuçları.....	17
<b>Tablo 4.2.2.</b> Adsorban miktarına bağlı olarak metil turuncusu giderimi sonuçları .....	19
<b>Tablo 4.3.1.</b> Adsorban temas süresi etkisi .....	21
<b>Tablo 4.3.2.</b> Adsorban temas süresi etkisi .....	22
<b>Tablo 4.4.1.</b> Konsantrasyon değişimi etkisi, sonuçlar .....	24
<b>Tablo 4.4.2.</b> Konsantrasyon değişimi etkisi, sonuçlar .....	24
<b>Tablo 5.</b> Modifiye zeytin çekirdeği için optimum koşullar .....	29
<b>Tablo 5.1.</b> Farklı adsorbanlar için adsorplama kapasitelerinin karşılaştırılması .....	30

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.2.1. Metilen mavisi % Sorpsiyon- adsorban miktarı grafiği .....	18
Şekil 4.2.2. Metil turuncusu % Sorpsiyon- adsorban miktarı grafiği .....	20
Şekil 4.3.1. Metilen mavisi için % Sorpsiyon- Zaman grafiği .....	21
Şekil 4.3.2. Metilen turuncusu için % Sorpsiyon- Zaman grafiği .....	23



## RESİMLER LİSTESİ

<b>Resim 2.3.2.</b> Metilen mavisi genel gösterimi.....	6
<b>Resim 2.3.3.</b> Metil turuncusu genel gösterimi .....	7
<b>Resim 3.2.</b> Kitozan ve asetik asit çözeltisi, mikrokapsül boncuklaştırma işlemi.....	13
<b>Resim 3.2.1.</b> Çapraz bağlamadan önce yıkanmış mikrokapsüller ve modifiye edilmiş zeytin çekirdeği .	13
<b>Resim 3.4.2.</b> Hazırlanan stok boyar madde çözeltileri ve deney öncesi görüntüleri.....	14
<b>Resim 3.5.2.</b> Metil turuncusu adsorpsiyon sonrası görüntüsü.....	16
<b>Resim 4.2.1.</b> 0,1206 g, 0,1401 g, 0,1603 g adsorban kullanılmış metilen mavisi örneği.....	19
<b>Resim 4.4.1.</b> Farklı konsantrasyonlardaki metilen mavisi .....	23
<b>Resim 4.6.</b> 100 µm ve 200 µm boyutunda modifiye zeytin çekirdeği SEM görüntüsü .....	27
<b>Resim 4.6.1.</b> µm ve 5 µm boyutunda modifiye zeytin çekirdeği SEM görüntüsü .....	27
<b>Resim 4.6.2</b> µm ve 5 µm boyutunda ham zeytin çekirdeği SEM görüntüsü.....	27

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

**M:** Molarite

**rpm:** Dakika da karıştırma hızı

**mg:** miligram

**g:** gram

**L:** Litre

**dk:** Dakika

**ZÇN:** NaOH Modifiyeli Zeytin Çekirdeği

**ZÇ:** Zeytin Çekirdeği

**ZÇK:** Kitozan Modifiyeli Zeytin Çekirdeği

**q<sub>e</sub> :** Denge, birim adsorplayıcı başına adsorplanan bileşen miktarı (mmol adsorplanan/ gr adsorban)

**M :** Adsorban miktarı

**C<sub>e</sub> :** Adsorplayıcı ile denge, bulunan çözeltinin konsantrasyonu (mmol/L)

**K :** Sıcaklığa, adsorbana ve adsorplanan bileşene bağlı, adsorpsiyon kapasitesinin büyüklüğünü gösteren adsorpsiyon sabiti (adsorplayıcının adsorplama yeteneği)

**N :** Adsorpsiyon şiddetini gösteren adsorpsiyon derecesidir (adsorplananın adsorplama eğilimi)

**C<sub>o</sub> :** Adsorplanacak maddenin başlangıç konsantrasyonu (mg/L)

**V :** Çalışmada kullanılan hacim (mL)

**M :** Adsorban madde miktarı (gr)

**T :** Mutlak sıcaklık ( Kelvin)

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

**M :** Mikro

**Q<sup>o</sup> :** Adsorbent maksimum adsorplama kapasitesi (mg/g)

**R<sub>L</sub> :** Dağılıma sabiti

**K<sub>F</sub> :** Freundlich sabiti, adsorbent kapasitesi (L/gr)

**K<sub>C</sub> :** Denge sabiti

**C<sub>a</sub> :** Adsorban tarafından tutulan madde konsantrasyonu (mg/L)

**k<sub>2</sub> :** Yalancı ikinci derece adsorbsiyon sabiti

**k<sub>1</sub> :** Yalancı birinci derece adsorbsiyon sabiti

**R<sub>a</sub> :** Küresel olduğu varsayılan adsorbent partikülünün yarıçapı (m)

**D<sub>e</sub> :** Adsorbent fazındaki efektif difüzyon katsayısı (m<sup>2</sup>/s)

**F<sub>(t)</sub> :** q/q<sub>e</sub> t anında dengeye ulaşan kesir ifadesi

**pH :** Potansiyel hidrojen

**UV :** Ultraviyole

**R<sup>2</sup> :** Korelasyon sabiti

**A<sub>s</sub> :** Langmuir izotermindeki adsorbsiyon kapasitesi

**K<sub>b</sub> :** Langmuir izotermindeki adsorbsiyon enerji sabiti

## 1. BÖLÜM

### GİRİŞ

Günümüzde kaynak sularının azalması ve çevre kirliliğinin artması nedeniyle, atık sulardan boyar madde kirliliğinin önlenmesi önem kazanmıştır. Demir ve arkadaşları, yaptıkları çalışmalarla atık su giderimi ile kentsel, tarımsal ve endüstride kullanılan su miktarının karşılanması mümkün olabileceğini söylemişlerdir [1]. Geleneksel yöntemlerle atık su arıtımının yüksek maliyetli olmasından dolayı, günümüzde yeni teknolojiler geliştirilmekte ve düşük maliyetli alternatif yöntemlerin araştırılması hız kazanmıştır. Bu araştırmalardan en çok atık sularda fazlaca kirliliğe sebep olan boyar maddelerin giderimi ve ucuz, kolay bulunabilen yeni adsorbanların keşfedilmesi yer almaktadır.

İnsan nüfusunun artması beraberinde birçok evsel ve tarımsal atığında artışını meydana getirmiştir. Bu atıkların yok edilmesi için ciddi bir maliyet gerektirdiği bilinmektedir. Yapılan bir çok çalışmada tarımsal atıklardan, boyar madde ve ağır metal giderimini sağlamak için adsorban madde üretilebileceği ve hem tarımsal atıkların geri kazanımı hem de atık suların geri kazanımını sağlamanın mümkün olabileceği görülmüştür. Bu alanda geniş bir çalışma alanı oluşmaktadır. Arslan ve arkadaşları (2021), atık sulardan boyar madde gideriminin birçok teknikle gerçekleştirilebileceğini söylemişlerdir. Bu tekniklerden bazılarını şu şekilde sıralamışlardır ; adsorpsiyon, elektroliz, elektrodializ, oksidasyon, flokülasyon, membran muamelesi ve iyon değişimi gibi [2]. Maliyeti düşük olduğu içinde nanoselüloz adsorban geliştirmişlerdir. Tarımsal atıklar veya orman endüstrisi atıkları, ticari adsorbentler kadar etkili boyar madde giderimi gerçekleştirebilmektedir. Bu doğrultuda boyar maddelerden; metil turuncusu ve metilen mavisi giderimi zirai atık maddelerin mikroenkapsülasyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Mikroenkapsülasyon yöntemi gıda başta olmak üzere bir çok sektörde kullanılan bir yöntemdir. Bu nedenle tarımsal atıkların mikroenkapsülasyon yöntemiyle kaplanarak, iyi bir adsorban elde etme çalışmaları sıkça yapılmaktadır. Bu işlemde kullanılan doğal ve sentetik birçok polimer kullanılmaktadır. Kitozan, selüloz, alginat vb. doğal polimerler, tarımsal atıkların mikroenkapsülasyonun da sıkça kullanılan polimerlerdir.

Parlayıcı ve Altun (2018), yaptıkları çalışmada kitozan kaplı kaolin boncuklar oluşturarak Cr (VI) gideriminde adsorpsiyon kapasitesini 31,98 mg/g olarak bulmuşlardır [3]. Tarımsal atığın kitozan ile kaplanması ve negatif yükle yüklenmesi, boyar madde giderim etkinliğini arttıracığı düşünülmektedir.

Özellikle endüstriden kaynaklanan boyar maddeleri içeren atık sular, yüksek toksisite ve renk içeriğine sahip olmaları nedeniyle deşarj yapıldıkları ortama çok büyük zararlar verirler. Bu sebeple boyar madde içeren atık sulardan çeşitli usullerle arıtımının yapılmasına son yıllarda çok büyük önem verilmiştir. Atık sulardan boyar madde gideriminin düşük maliyetli, kolay bulunabilir bir adsorban ile giderimi amaçlanmaktadır. Tarımsal atıklardan adsorban üretimi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Düşük maliyetli adsorban eldesiyle yüksek arıtım maliyetlerini düşürmek hedeflenmiştir.

## 2. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER

Adsorpsiyon kapasitesi yüksek bir adsorban elde etmek için bir çok çalışma yapılmış ve en iyi verimin elde edilmesi için adsorban madde üzerinde farklı modifikasyonlar gerçekleştirilmiştir.

Bu konuda Cerit, polianilin ve ceviz kabuğu kompozitlerinin maliyetlerinin düşük olmasından dolayı adsorban olarak geliştirmiş ve metilen mavisi gideriminde en yüksek % 98,93 adsorpsiyon verimliliği elde etmiştir [4].

Yine boyar madde gideriminde doğal adsorbanlarda kullanılmıştır. Gürdal ve Kalıpçı (2021), Nevşehir cin deresinde bulunan doğal kili ve sulu çözeltilerini hazırlayarak adsorban madde olarak kullanmış ve atık sulardan maxilon golden yellow boyasının gideriminde olumlu sonuçlar almışlardır. 300 dk, 25 °C, pH 8 koşullarında % 98,44' lük verimde boya giderimi sağlamışlardır [5].

Farklı adsorpsiyon metodları kullanılarak da benzer çalışmalar yapılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Kavcı (2021), malahit yeşili boyar maddesinin giderimi için çam kozalağını adsorban olarak kullanmış, taguchi metodunu uygulamış ve adsorpsiyon kapasitesini 9,72 mg/g olarak bulmuştur [6].

Özmal ve Duman (2021), ceviz yaprağını sirik asit ile modifiye ederek reaktif red 120 boyar maddesinin gideriminde adsorban olarak kullanmış ve modifiye edilmemiş ceviz yaprağıyla da kıyaslama yapmıştır. 50 °C' de modifiye edilmiş ceviz yaprağı için adsorpsiyon kapasitesi 181,21 mg/g olarak bulunmuş, ham ceviz yaprağı için ise 135,16 mg/g olarak bulunmuştur [7].

Köklü ve Özer (2018), atık sigara küllerini adsorban olarak kullanmış olup, remazol birillant blue R boyar maddesinin giderimi için kullanmışlardır. Bir çok parametreyi inceleyip adsorpsiyon kapasitesini 178,57 mg/g olarak belirlemişlerdir [8].

Kaynak araştırmalarında bir çok atık maddenin adsorban olarak kullanılmasından, önemli bulgular elde edilmiştir. Tabi sadece atık maddelerle oluşturulan adsorban madde değil, adsorbanın hangi polimerlerle modifiye edildiği, hangi boyar maddelerin gideriminin de daha çok etkinlik sağladığı da son derece önemli olup, yapılan çalışmaların tümünde bu prensipler göz önünde bulundurulmuştur.

## **2.1. Mikroenkapsülasyon**

Mikroenkapsülasyon, en basit anlatımıyla sıvı ve katı parçacıkların, mikrometre boyutunda ince bir film şeklinde kaplanmasıdır [9]. Bu yöntemle oluşturulan kapsülün iç kısmına dolgu veya iç faz denirken, dış kısmındaki çepere duvar veya membran ismi verilmektedir [10].

Bir çok mikroenkapsülasyon yöntemi bulunmaktadır. Bunlar kimyasal yöntemler ve mekanik yöntemler olarak iki grupta incelenmektedir. Kimyasal yöntemler; kompleks koaservasyon, ara yüzey polimerizasyonu, basit koaservasyon , süper kritik akışkan yöntemi olmak üzere dört grupta , mekanik yöntemler ise püskürterek kurutma, santrifüj, elektro statik, soğutarak kurutma, rotasyonel süspansiyon ayırma ve sıcak eriyik yöntemi olmak üzere altı grupta incelenmektedir [11].

### **2.1.1. Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan doğal polimerler**

Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan bir çok doğal polimer vardır. Sayıt (2015), yapmış olduğu doktora çalışmasında mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan bazı doğal polimerleri şu şekilde sıralamaktadır: Kitozan, aljinat, nişasta, gluten, albumin, kazein, mum vb [12].

### **2.1.2. Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan sentetik polimerler**

Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan yine bir çok sentetik polimer vardır. Sayıt (2015), yapmış olduğu doktora çalışmasında mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan bazı sentetik polimerleri şu şekilde sıralamaktadır: Polistiren, poliüretan, akrilik polimerler, selüloz ve selüloz türevleri vb.

Doğal ve sentetik polimerler dışında yarı sentetik polimerler de vardır bunlar; etil selüloz, selüloz asetat vb.

## **2.2.Kitozan**

Kitozan' ın bir çok kullanım alanının olduğu bilinmektedir. Kaynak araştırması sonucunda kitozan ile mikroenkapsülasyon ve işleminden verimli sonuçlar alınmasından dolayı zeytin çekirdeğini kitozan ile kaplama işlem uygulamasının adsorpsiyon verimini arttıracığı düşünülmüştür. Kitozan bağ yapısının diğer doğal polimerlere göre daha iyi uyum sağlayacağı ve daha ucuz maliyetli olabileceği düşünülmektedir.

### **2.3. Boyar Madde**

Organik yapıda olan boyar maddeler, tekstil sektörü başta olmak üzere endüstriyel alanda atık sularda kirlilik yaratmaktadır. Bu boyar madde atıkları ciddi bir renk karmaşası oluşturmaktadır.

Dokuzoğlu ve arkadaşları (2008), yaptıkları çalışmada tekstil endüstrisinde 10,000' e yakın boyar maddenin kullanıldığını ve yıl başına 280,000 ton boyarın istenilen yerlere deşarj edildiklerini söylemektedirler [13].

Artan nüfus artışı nedeniyle tekstil ve benzeri alanlardaki ihtiyaç talepleri günümüzde bu rakamları daha çok arttırmaktadır. Bilim dünyası bu gerçeği bir sorun olarak görmekte ve boyar maddelerin giderimi hakkında yoğun çalışmalar yapmaktadırlar.

Kocaer ve Alkan (2002), boyar maddelerin iki farklı bileşenden oluşan moleküller olduğunu, bu moleküllerden kromofor' un renk verdiğini, ikinci bileşeninde bağlayıcı bir fonksiyonel grup olduğunu söylemektedir [14].

Sentetik boyar maddelerin insan sağlığına ve çevreye olan olumsuz etkileri baz alınarak doğal boyar maddelerin kullanılması çalışmaları da yapılmıştır. Tutak ve Benli (2008), Doğal boyar maddelerin kullanılmasının insan sağlığı açısından daha yararlı olacağını ama endüstride az üretilmelerinin dezavantaj olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir [15].

Yüzlerce boyar madde içerisinde bazı boyarların fonksiyonel gruplarının daha etkin olduğu ve dolayısıyla renk pigmentlerinin daha fazla olduğu bilinmektedir. Atık sularda boyar madde gideriminin de genellikle fazlaca kirlilik yayan boyar madde giderimi önemsenmektedir.

Bu nedenle yapılan çalışmalar neticesinde metilen mavisi ve metil turuncusu gideriminin sağlanması esas kılınmıştır. Metilen mavisi ve metil turuncusu kimyasal formülleri araştırılmış, fonksiyonel gruplar tespit edilmiş ve giderimin sağlanması için adsorban modifiye işlemine başlanmıştır.

#### **2.3.1. Boyar Maddelerin Sınıflandırılması**

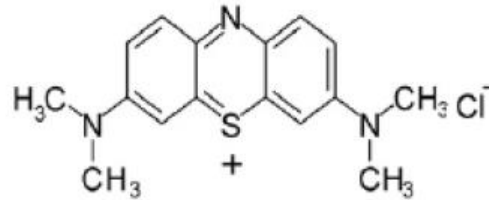
Boyar maddeler, kimyasal yapılarına, çözünürlüklerine ve boyama şekillerine göre üç grupta incelenmektedir.

**Tablo 2.3.1.** Boyar Maddelerin Sınıflandırılması [16]

Çözünürlüklerine göre sınıflandırma	Kimyasal yapılarına göre sınıflandırma	Boyama özelliklerine göre sınıflandırma
<ul style="list-style-type: none"><li>• Suda çözünen boyarmaddeler</li><li>• Zwitter iyonik karakterli boyarmaddeler</li><li>• Suda çözünmeyen boyarmaddeler</li><li>• Substratta çözünen boyarmaddeler</li><li>• Katyonik boyarmaddeler</li><li>• Anyonik boyarmaddeler</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Azo boyarmaddeler</li><li>• Nitro ve Nitrozo boyar maddeler</li><li>• Polimetin boyarmaddeler</li><li>• Arilmetin boyar maddeler</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bazık boyarmaddeler</li><li>• Asidik boyarmaddeler</li><li>• Direk boyarmaddeler</li><li>• Metal kompleks boyarmaddeler</li><li>• Reaktif boyarmaddeler</li><li>• Pigment boyarmaddeler</li><li>• Sülfür boyarmaddeler</li><li>• Dispers boyarmaddeler</li><li>• Küpe boyarmaddeler</li><li>• Mordan boyarmaddeler</li></ul>

### 2.3.2. Metilen Mavisi

Kimyasal formülü ( $C_{16}H_{18}N_3SCl$ ) olan metilen mavisinin Resim 2.3.2' de ve fiziksel özellikleri Tablo 2.3.2' de gösterilmiştir [16].



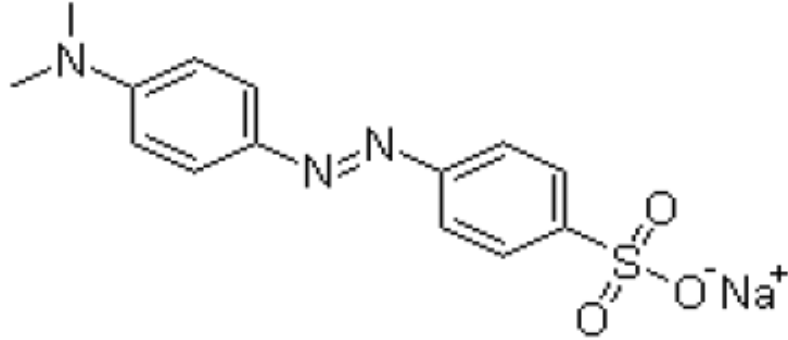
**Resim 2.3.2.** Metilen mavisini genel gösterimi [16]

**Tablo 2.3.2.** Metilen mavisini fiziksel özellikleri [16]

Sınıflandırma numarası	52015
Suda çözünürlük	%3,55
Alkolde çözünürlük	%1,48
$\lambda_{max}$	664 nm
Molekül ağırlığı	319,9 g/mol
Boya grubu	Tiyazin
iyonizasyon	Asidik

### 2.3.3. Metil Turuncusu

Kimyasal formülü ( $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ ) olan metil turuncusu Resim 2.3.3' de ve fiziksel özellikleri Tablo 2.3.3' de gösterilmiştir [16].



Resim 2.3.3. Metil turuncusu genel gösterimi [16]

Tablo 2.3.3. Metil turuncusu fiziksel özellikleri [16]

<b>Sınıflandırma numarası</b>	13025
<b>Suda çözünürlük</b>	Çok iyi
<b>Alkolde çözünürlük</b>	Çözünmez
$\lambda_{max}$	463 nm
<b>Molekül ağırlığı</b>	327,33 g/mol
<b>Boya grubu</b>	Azo
<b>iyonizasyon</b>	Bazik

### 2.4. Adsorpsiyon

Hamutoğlu ve arkadaşları (2012), adsorpsiyonu "moleküllerin temas ettikleri yüzeydeki çekme kuvvetine bağlı olarak o yüzeye birleşmesidir" olarak tanımlamışlardır [17]. Atık su arıtımında etkili bir yöntem olan adsorpsiyon yöntemi üç temel grupta incelenmektedir.

#### **2.4.1. Fiziksel Adsorpsiyon**

Fiziksel adsorpsiyonda, Van der Waals kuvvetleri olarak adlandırılan moleküller arası düşük çekim kuvvetleri yüzeye tutunmayı sağlar. Fiziksel adsorpsiyon yüzey adsorpsiyonu olarak da bilinmektedir. Sıcaklık ile ters orantılıdır. Sıcaklık artışı fiziksel adsorpsiyonu olumsuz etkilemektedir [18].

#### **2.4.2. Kimyasal Adsorpsiyon**

Yüzeyde adsorplanan madde çepere bir tabaka oluşturur. Sıcaklık arttıkça adsorpsiyon aynı ölçüde artar. Bu adsorpsiyon çeşidinde adsorplanan madde yüzeyde hareket etmez. Adsorpsiyon işlemi kimyasal bağlarla oluşur [18].

#### **2.4.3. İyonik Adsorpsiyon**

Bu adsorpsiyon çeşidinin temeli iyon yüküne dayanmaktadır. Çözeltide adsorplanacak madde yüzeyde birikir ve herhangi başka bir maddeyle birleşip yüzeyden koparlarsa iyon değişimi gerçekleşir. İyonik adsorpsiyonda iyon yüküne göre çekim kuvveti yüksektir. Bir adsorpsiyon işleminde bu üç adsorpsiyon çeşidinin bir arada gerçekleşme olasılığı da mümkündür [18].

#### **2.5. Adsorpsiyonu Etkileyen Faktörler**

Yüksek verimle adsorpsiyon işlemi gerçekleştirmek için bazı adsorpsiyon şartlarının yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu şartlara etki eden unsurlarda mevcuttur. Örneğin; yüksek sıcaklık unsuru, fiziksel adsorpsiyon işlemini olumsuz etkilerken kimyasal adsorpsiyon işlemini olumlu etkiler. Tabii adsorbanın cinsi, adsorplanan maddenin özellikleri vb. koşullar da başarılı bir adsorpsiyon için önemlidir [18].

##### **2.5.1. Karıştırma Hızı**

Düşük ve hızlı karıştırma hızından adsorpsiyon işlemi önemli derecede etkilenmektedir. Düşük hızda karıştırma sırasında adsorplanan madde yüzeye daha az temas eder ve daha az tutunur. Yüksek karıştırma hızında da adsorban yüzeyinde gerçekleşen difüzyon miktarı artacak ancak yük karıştırmadan dolayı iyon değişimi gibi olumsuz etkilerde görülecektir. Bu yüzden adsorpsiyon için uygun karıştırma hızının tespit edilmesi gerekmektedir.

### 2.5.2. pH

Adsorplanacak maddelerin iyon yüklerinin farklılık göstermesi, pH parametresini önemli kılmaktadır. Adsorpsiyon işlemi kısmen iyon yüklerinden etkilendiği için, adsorplanacak maddenin pH değerinin adsorpsiyon koşullarına göre ayarlanması gerekmektedir.

### 2.5.3. Sıcaklık

Her adsorpsiyon işlemi izoterm çalışmalarından etkilenmektedir. Sıcaklık adsorpsiyonu etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Adsorban maddelerin farklı kinetik ve termodinamik koşullara sahip olması, adsorplanan maddelerin iyon yük değişimlerinin farklı sıcaklıklarda değişim göstermesi izoterm çalışmalarını önemli kılmaktadır.

### 2.5.4. Adsorbentın Özellikleri

Küresel bir yapıya sahip adsorbanın yüzey alanı genişlediğinden, yüzeye tutunmanın bir o kadar artacağı anlamına gelmektedir. Dolayısıyla adsorbanın şekli, boyutu, teknik özelliklerinin önemli olduğu bilinmektedir.

### 2.5.5. Adsorplanan Madde ve Çözünün Özellikleri

Adsorplanan maddeler hem iyi çözümlenmeli hem de adsorban madde ile iyi bir etkileşim kurmalıdır. Sadece adsorban maddenin seçimi önemli değildir. Adsorpsiyon veriminin yüksek olması için adsorplanan maddenin de uygun özellikleri taşıması gerekmektedir.

## 2.6. Adsorpsiyon İzotermi

Okumuş ve Doğan, adsorpsiyon izotermi, sabit sıcaklık ve pH' da, adsorbent üzerine adsorplanan madde miktarı ( $q_e$ , mg g<sup>-1</sup>) ile çözeltide adsorplanmadan kalan madde konsantrasyonu ( $C_e$ , mg L<sup>-1</sup>) arasındaki denge durumunu ifade eden grafik olarak tanımlamışlardır [19].

### 2.6.1. Freundlich İzotermi

Türkyılmaz ve Işınkaralar, Freundlich izotermi'nin deneysel eşitlikler üzerine kurulmuş olduğunu ve düşük konsantrasyonlar için başarılı bir model olduğunu söylemektedirler [20].

$$q = (x/m) = K_f * C_e^{(1/n)}$$

$$x = C_{ads} = C_o - C_e$$

Freundlich eşitliğinin logaritmik şekli eğimi  $1/n$  ve eksenini kestiği yer  $\text{Log } K_f$  olan bir doğru denklemi şeklinde ifade edilebilir.

$$\text{Log}(x/m) = \text{Log}K_f + (1/n)\text{Log}C_e$$

Freundlich denkleminde geçen ifadeler şu şekilde tanımlanabilir.

$q = x/m$  :Dengede birim adsorplayıcı ağırlığı başına adsorplanan madde miktarı (mg/g adsorplayıcı)

$x = C_{\text{ads}}$  :Adsorplanan çözünenin derişimi (mg/L)

$C_o$  :Başlangıçta çözünen derişimi (mg/L)

$C_e$  :Dengede adsorplanmadan çözüntide kalan çözünen derişimi (mg/L)

$K_f$  :Adsorpsiyon kapasitesi

$n$  :Adsorpsiyon şiddeti

( $K_f$  ve  $n$  sıcaklığa, adsorplayıcıya ve adsorplanan maddeye bağlı sabitlerdir.)

### 2.6.2. Langmuir İzotermi

Günay ve Arkadaşları, Langmuir izotermi modeline göre adsorplanan moleküller adsorbantın yüzeyinde doygun tek bir tabaka oluşturur ve adsorplanan moleküller sabit olup adsorbant yüzeyinde hareket etmezler demişlerdir [21].

$$q = (x/m) = (a \cdot K \cdot C_e) / (1 + K \cdot C_e)$$

ve bu eşitlik ;

$$1/(x/m) = (1/aK) (1/C_e) + (1/a)$$

şeklinde doğrusallaştırılabilir. Burada;

$a$  :Yüzeyde tam bir tek tabaka oluşturmak için adsorplayıcının birim ağırlığında adsorplanan madde miktarı (mg/g)

$K$  :Adsorpsiyon net entalpisi ile ilgili bir sabit

### 3. BÖLÜM

#### MATERYAL VE YÖNTEMLER

Tezin hazırlanması kapsamında; tarımsal bir atık olan zeytin çekirdeği öğütülerek 120 mm boyutuna getirilmiştir. Daha sonra iyice karıştırılmış asetik asit ve kitozan karışımına eklenmiştir. Mikrokapsül oluşturma işlemi için NaOH, su ve metanol çözeltisine damlatma yöntemi ile damlatılmıştır. Oluşturulan mikrokapsüller saf suyla iyice yıkanarak bazikliği giderilmiştir. Daha sonra glutraldehit ve metanol çözeltisine konularak son fonksiyonlaştırma işlemi yapılmıştır. Bağlanmayan glutraldehit' i uzaklaştırmak için etanol ve saf su ile yıkama işlemi yapılmıştır. Kurutma işleminden sonra tekstil alanında atık sularda ki boyar maddelerden metilen mavisi ve metil turuncusu gideriminde kullanılmıştır. Böylece tarımsal atığın biyomalzeme olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi, atık sulardan boyar madde gideriminin incelenmesi, başlangıç konsantrasyonu, adsorban miktarı, temas süresi, pH parametreleri ve denge verilerinin incelenmesi esas alınmıştır.

#### 3.1. Kullanılan Malzemeler

##### 3.1.1. Zeytin Çekirdeği Bileşimi

Tablo 3.1.1. Zeytin çekirdeği % element bileşimi

Elementler	% Zeytin Çkrd.	%Zeytin Çkrd. NaOH	%Zeytin Çkrd. Kitozan
Potasyum	0,21	0,37	0,01
Oksijen	59,45	52,04	49,90
Karbon	38,20	45,33	39,65
Silikon	0,11	0,15	0,19
Magnezyum	0,09	0,16	0,21
Sodyum	0,20	0,35	0,79
Kalsiyum	0,01	0,15	6,30
Florin	10,87	0,01	0,01

Aydın yöresine ait zeytin çekirdekleri öğütülerek 120 mm boyutuna getirilmiştir.

Zeytin çekirdeği element bileşimi tespit edildikten sonra, öncelik olarak karbon yüzdesinin yüksek olması adsorpsiyon işleminde modifiye edilerek kullanılabilceğini öngörmektedir.

### 3.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Kullanılan kimyasal maddeler ve markaları tablo 3.1.2' de verilmiştir.

**Tablo 3.1.2.** Kullanılan kimyasal maddeler

Boyar madde	Metilen mavisi (Acrös organics)
Boyar madde	Metil turuncusu (Acrös organics)
Mikrokapsül boncuklaştırma işlemi	Kitozan (Sigma Aldrich)
Mikrokapsül boncuklaştırma işlemi	Metanol (J.T. Baker)
Kitozan ile birleştirme işlemi	Asetik asit (J.T. Baker)
Çapraz bağlama İşlemi	Etanol (J.T. Baker)
Çapraz bağlama İşlemi	Gluteraldehit (Sigma Aldrich)
Zeytin Çekirdeği yıkama İşlemi	NaOH (Sigma Aldrich)
pH ayarlama	HCl (J.T. Baker)

### 3.1.3. Kullanılan Cihazlar

Kullanılan cihazlar ve markaları tablo 3.1.3' de verilmiştir.

**Tablo 3.1.3.** Kullanılan cihazlar

UV Spektrofotometre	UV-1700, SHIMADZU
Manyetik karıştırıcı	MS-MP8 model, DAIHAN Scientific Digital Timer Function
Hassas terazi	CP224S model, SARTORIUS
pH metre	GLP22 serisi, CRISON
Öğütme cihazı	RM100 serisi, RETSCH
Ultra saf su cihazı	ULTRAPURE(TYPE 1) WATER serisi, DIRECT-Q 3 UV
SEM-EDX cihazı	BRUKER

### 3.2. Modifiye Zeytin Çekirdeğinin Elde Edilmesi

Zeytin çekirdeği öğütme işlemi tamamlandıktan sonra ilk olarak 3 g kitozan hassas terazide tartılıp, hacimce % 2' lik 150 ml asetik asit ile 20 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır.



**Resim 3.2.** Kitozan ve asetik asit çözeltisi, mikrokapsül boncuklaştırma işlemi

Homojen bir yapıda elde edilen karışım 20 saat sonunda 1,5 g zeytin çekirdeği eklenip karıştırma işlemine 3 saat devam edilmiştir. Bu sürede 200 ml su, 300 ml metanol ve 60 g NaOH çözeltisi mikrokapsül boncuklaştırma işlemi için hazırlanmıştır.



**Resim 3.2.1.** Çapraz bağlamadan önce yıkanmış mikrokapsüller ve modifiye edilmiş zeytin çekirdeği

Hazırlanan bu çözelti içerisine viskozitesi yüksek karışım 25 °C' de damlatma yöntemiyle damlatılarak mikrokapsül boncuklar oluşturuldu ve işleme karışımın tamamı

bitinceye kadar devam edildi. Mikrokapsül boncuklar 24 saat manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra saf su ile yıkanmıştır. Çapraz bağlama işlemi için 90 ml metanol ve 0,9 ml gluteraldehit çözeltisi behere alınmıştır. İçerisine mikrokapsül boncuklar eklenip 70 °C' de 6 saat kontrollü çapraz bağlama işlemi yapılmıştır. Bağlanmayan gluteraldehiti uzaklaştırmak için mikrokapsül boncuklar önce etanol sonra saf su ile yıkanıp kurutmaya bırakılmıştır.

### **3.3. Zeytin Çekirdeğini NaOH ile Yıkama İşlemi**

Başlangıçta hazırlanan öğütülmüş zeytin çekirdeğinden hassas terazide 6 g tartıldıktan sonra 0,1 M NaOH eklendi. Karışım 24 saat manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Bu süre sonrasında zeytin çekirdeği nötürleşene kadar saf su ile yıkandı. Yıkama esnasında kırmızı turnosol kağıdı kullanıldı. Belirli aralıklarla nötürleşme kontrolleri yapıldı. Daha sonra kurutma işlemi yapıldı.

### **3.4. Boyar Maddelerin Hazırlanması**

Literatür araştırmalarına göre uv fotospektrometre cihazına metil turuncusu için 463,5 nm dalga boyunda, metilen mavisi için 617,0 nm ayarlama yapılmıştır. Her iki boyar madde için ilk olarak 250 ppm stok çözelti hazırlanmıştır.

#### **3.4.1. Metilen Mavisi Çözeltisinin Hazırlanması**

Başlangıç için 250 ppm, 500 ml metilen mavisi çözeltisi hazırlamak için hassas terazide 0,125 g metilen mavisi tartılıp balon jojeye konuldu ve hacmi 500 ml' e tamamlandı. Başlangıç için 500 ml yeterli görüldü.

#### **3.4.2. Metil Turuncusu Çözeltisinin Hazırlanması**

Başlangıç için 250 ppm, 500 ml metil turuncusu çözeltisi hazırlamak için hassas terazide 0,125 g metil turuncusu tartılıp balon jojeye konuldu ve hacmi 500 ml' e tamamlandı. Başlangıç için 500 ml yeterli görüldü.



**Resim 3.4.2.** Hazırlanan stok boyar madde çözeltileri ve deney öncesi görüntüleri

### 3.5. Deneysel Çalışmalar

#### 3.5.1. Metilen Mavisi Boyar Maddesine Adsorpsiyon Etkisinin İncelenmesi

Literatür çalışmaları tamamlanıp hazırladığımız modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin boyar madde üzerindeki adsorpsiyon etkisini incelemek üzere deneysel çalışmalara başlandı.

İlk olarak önceden hazırladığımız 250 ppm, 500 ml stok metilen mavisi çözeltisinden büret yardımı ile 25 ml alınarak cam numune şişesine konuldu. Üzerine 0,1 g modifiye edilmiş zeytin çekirdeği konuldu ve manyetik karıştırıcıda 3 saat karıştırıldı. Bu süre sonunda boyar madde huni ve süzgeç kağıdı yardımıyla süzdürüldü ve UV fotospektrometre cihazı ile belirlenen dalga boyunda konsantrasyon ölçümü yapıldı.

**Tablo 3.5.1.** Adsorplanan metilen mavisi miktarı sonuç çizelgesi

Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst.	Adsorplanan Boyar Madde Konst.	% Adsorplanan Boyar madde Miktarı
20,112	12,469	261,849	241,737	92,319

Konsantrasyon ölçümü seyreltme yapılmadan 20,212 olarak bulunmuştur. Hesaplamalar için aynı cihazla stok boyar maddeninde konsantrasyon değeri okutulmuştur. Çözelti laboratuvar ortamında hazırlandığı için 250 ppm' lik metilen mavisi stok çözeltisini 1:20 oranında seyreltme sonucunda 261 ppm olarak okunmuştur. Hesaplamalar sonucunda modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin başlangıca göre adsorplama miktarı % 92,319 olarak bulunmuştur.

#### 3.5.2. Metil Turuncusu Boyar Maddesine Adsorpsiyon Etkisinin İncelenmesi

İlk olarak önceden hazırladığımız 250 ppm, 500 ml stok metil turuncusu çözeltisinden büret yardımı ile 25 ml alınarak cam numune şişesine konuldu. Üzerine 0,1 g modifiye edilmiş zeytin çekirdeği konuldu ve manyetik karıştırıcıda 3 saat karıştırıldı. Bu süre sonunda boyar madde huni ve süzgeç kağıdı yardımıyla süzdürüldü ve UV fotospektrometre cihazı ile belirlenen dalga boyunda konsantrasyon ölçümü yapıldı.

**Tablo 3.5.2.** Adsorplanan metil turuncusu miktarı sonuç çizelgesi

Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst.	Adsorplanan Boyar Madde Konst.	% Adsorplanan Boyar madde Miktarı
145,321	11,94	250,74	105,419	42,043

Konsantrasyon ölçümü 1:10 seyreltme sonucunda çıkan sonuç 11 ile çarpılarak 145,321 olarak bulunmuştur. Hesaplamalar için aynı cihazla stok boyar maddeninde konsantrasyon değeri okutulmuştur. Çözelti laboratuvar ortamında hazırlandığı için 250 ppm' lik metil turuncusu stok çözeltisini 1:20 oranında seyreltme sonucunda 250,74 ppm olarak okunmuştur. Hesaplamalar sonucunda modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin başlangıca göre adsorplama miktarı % 42,043 olarak bulunmuştur.



**Resim 3.5.2.** Metil turuncusu adsorpsiyon sonrası görüntüsü

## 4. BÖLÜM

### BULGULAR

#### 4.1. pH Etkisi

##### 4.1.1. Metilen Mavisi ve Metil Turuncusu Gideriminde pH Etkisi

pH etkisini incelemek için 25 ml 250 ppm stok metilen mavisi alınıp 0,1 gram adsorban madde eklenmiştir. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 pH değerini 0,1 M NaOH ve 0,1 M HCl çözeltileri ile ayarlanmıştır. Adsorpsiyon 120 dk sürede optimum değere ulaşmıştır. Metilen mavisi için pH 9, metil turuncusu için pH 8 optimum pH olarak bulunmuştur.

#### 4.2. Adsorban Miktarının Etkisi

##### 4.2.1. Metilen Mavisi Gideriminde Adsorban Miktarının Etkisi

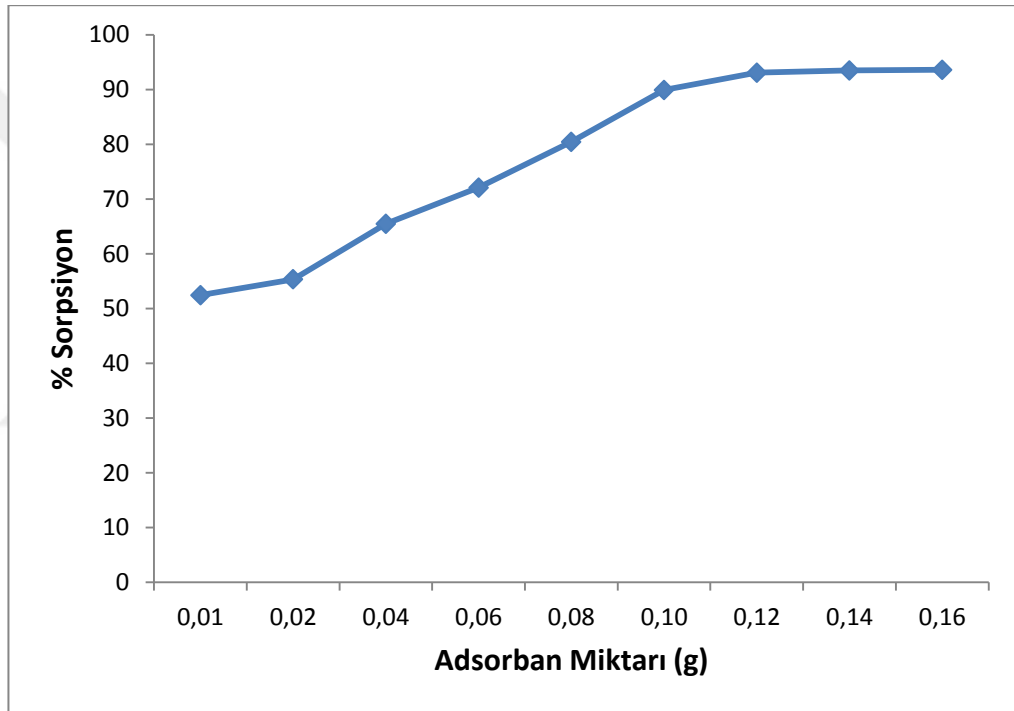
Adsorban miktarının boyar madde üzerindeki etkisini incelemek üzere, 250 ppm stok metilen mavisi çözeltilisinden 9 cam numune kabına ayrı ayrı 25 ml alındı. İçerisine farklı miktarda modifiye edilmiş zeytin çekirdeği eklendi (kullanılan miktarlar tablo 4.2.1' de sırasıyla gösterilmiştir).

**Tablo 4.2.1.** Adsorban miktarına bağlı olarak metilen mavisi giderimi sonuçları

Adsorban Miktarı (g)	Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst.	Adsorplanan Boyar Madde Konst.	% Adsorplanan Boyar madde Miktarı
0,0146	124,605	261,849	137,244	52,413
0,0218	116,98	261,849	144,869	55,325
0,0403	90,402	261,849	171,447	65,475
0,0605	73,11	261,849	188,739	72,079
0,0809	51,22	261,849	210,629	80,439
0,1004	26,413	261,849	235,436	89,912
0,1206	18,151	261,849	243,698	93,068
0,1401	17,125	261,849	244,724	93,459
0,1603	16,775	261,849	245,074	93,593

Daha sonra numuneler manyetik karıştırıcıda 3 saat karıştırılmıştır. Süzgeç kağıdından süzildükten sonra cihazda konsantrasyon okuması yapılmıştır. Cihazdan okuma yapılmadan önce seyrelme işleminin yapılması ve tekrar aynı oranda çıkan sonuçla çarpılması ve dolayısıyla seyrelme işleminin sonuca etki etmemesinden dolayı cihazdan okunan değerler seyreltme oranında çarpılarak tabloda verilmiştir.

Yüzde adsorplanan metilen mavisi miktarı hesaplandı ve adsorban miktarı arttıkça, adsorplanan boyar maddenin de artış gösterdiği görüldü. Optimum adsorban miktarını tespit etmek için adsorban miktarı ile % sorpsiyon grafiği çizildi.



Şekil 4.2.1. Metilen mavisi % Sorpsiyon- adsorban miktarı grafiği

Şekil 4.2.1'e göre adsorplanan boyar madde miktarının 0,1 g da dengeye geldiği ve bu miktardan sonra ciddi bir giderimin olmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla 0,1 g optimum adsorban miktarı olarak kabul edilmiştir.



**Resim 4.2.1.** 0,1206 g, 0,1401 g, 0,1603 g adsorban kullanılmış metilen mavisi örneği

#### 4.2.2. Metil Turuncusu Gideriminde Adsorban Miktarının Etkisi

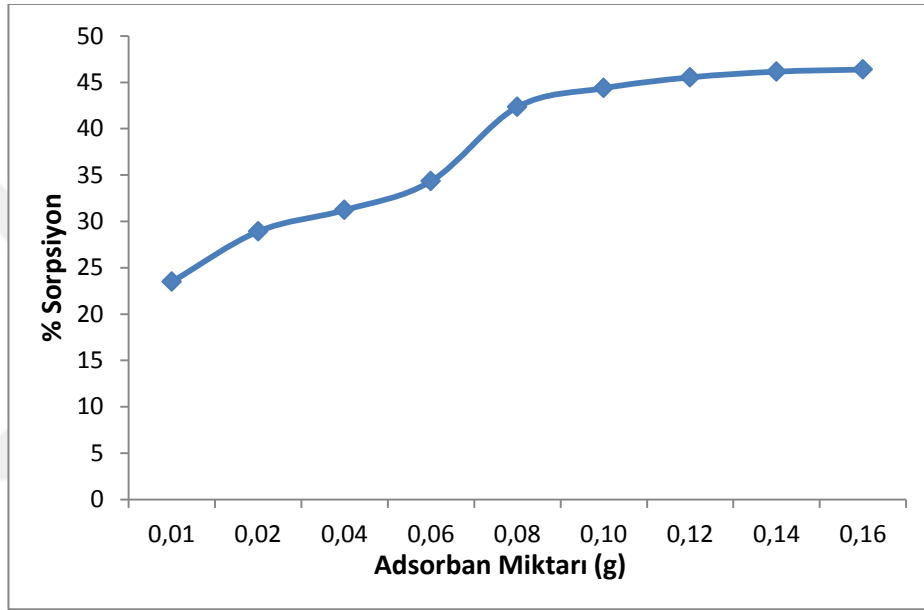
Adsorban miktarının boyar madde üzerindeki etkisini incelemek üzere, 250 ppm stok metil turuncusu çözeltisinden 9 cam numune kabına ayrı ayrı 25 ml alındı.

**Tablo 4.2.2.** Adsorban miktarına bağlı olarak metil turuncusu giderimi sonuçları

Adsorban Miktarı (g)	Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst.	Adsorplanan Boyar Madde Konst.	% Adsorplanan Boyar madde Miktarı
0,0112	191,888	250,782	58,894	23,484
0,0211	178,271	250,782	72,511	28,913
0,0421	172,499	250,782	78,283	31,215
0,0612	164,681	250,782	86,101	34,333
0,0811	144,594	250,782	106,188	42,342
0,1032	139,511	250,782	111,271	44,369
0,1204	136,587	250,782	114,195	45,535
0,1407	135,036	250,782	115,746	46,154
0,1604	134,464	250,782	116,318	46,382

İçerisine farklı miktarda modifiye edilmiş zeytin çekirdeği eklendi (kullanılan miktarlar tablo 4.2.2' de sırasıyla gösterilmiştir). Daha sonra numuneler manyetik karıştırıcıda 3 saat karıştırılmıştır. Süzgeç kağıdından süzildükten sonra cihazda konsantrasyon okuması yapılmıştır.

Yüzde adsorplanan metil turuncusu miktarı hesaplandı ve adsorban miktarı arttıkça, adsorplanan boyar maddenin de artış gösterdiği görüldü. Optimum adsorban miktarını tespit etmek için adsorban miktarı ile % sorpsiyon grafiği çizildi.



Şekil 4.2.2. Metil turuncusu % Sorpsiyon- adsorban miktarı grafiği

Şekil 4.2.2'ye göre adsorplanan boyar madde miktarının 0,1 g da dengeye geldiği ve bu miktardan sonra ciddi bir giderimin olmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla 0,1 g optimum adsorban miktarı olarak kabul edilmiştir.

### 4.3. Temas Süresi Etkisi

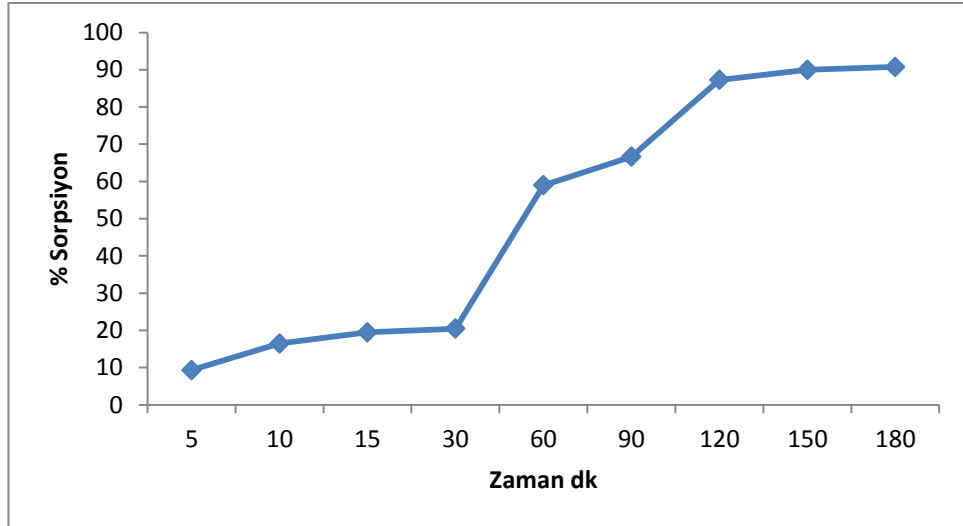
#### 4.3.1. Metilen Mavisi Gideriminde Temas Süresi Etkisi

Temas süresini incelemek üzere 250 ppm stok metilen mavisi çözeltisinden 9 adet 25 ml numune hazırlandı. Her bir numune için İçerisine 0,1 g modifiye zeytin çekirdeği eklendi. Sırasıyla 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180 dk karıştırılıp, süzildükten sonra uv fotospektrometre cihazından sonuçlar okundu.

**Tablo 4.3.1.** Adsorban temas süresi etkisi

Temas Süresi dk	Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst.	Adsorplanan Boyar Madde Konst.	% Adsorplanan Boyar madde Miktarı
5	237,387	261,849	24,462	9,342025366
10	218,684	261,849	43,165	16,48469156
15	210,871	261,849	50,978	19,46847229
30	208,254	261,849	53,595	20,46790326
60	107,446	261,849	154,403	58,96642722
90	87,403	261,849	174,446	66,62083873
120	33,334	261,849	228,515	87,26976234
150	26,223	261,849	235,626	89,98544963
180	24,267	261,849	237,582	90,73244504

Her süre sonunda sorpsiyon yüzdesi hesaplandıktan sonra % sorpsiyon ile zaman grafiği çizildi. Şekil 4.3.1'e göre 120 dk optimum süre olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.3.1.** Metilen mavisi için % Sorpsiyon- Zaman grafiği

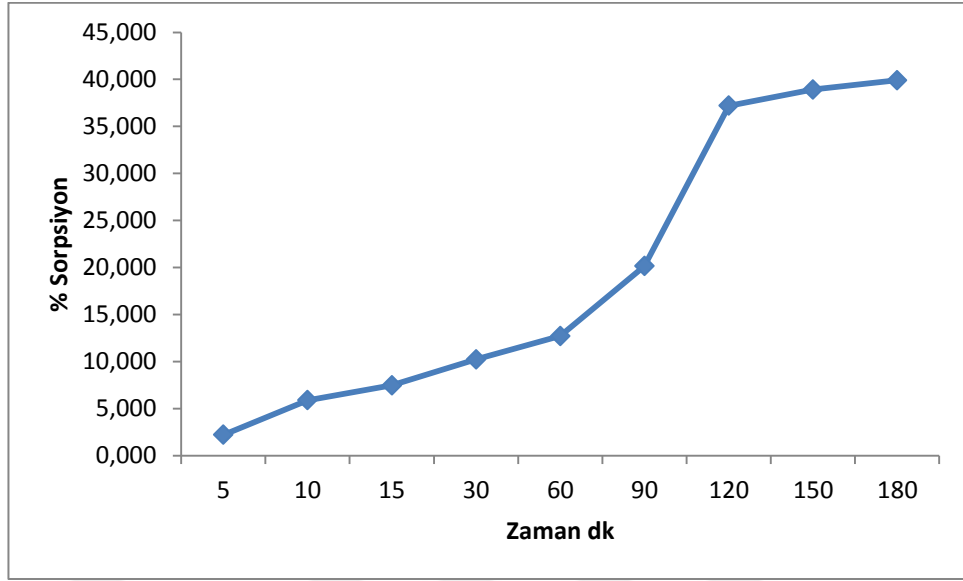
#### 4.3.2. Metil Turuncusu Gideriminde Temas Süresi Etkisi

Temas süresini incelemek üzere 250 ppm stok metil turuncusu çözeltisinden 9 adet 25 ml numune hazırlandı. Her bir numune için İçerisine 0,1 g modifiye zeytin çekirdeği eklendi. Sırasıyla 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180 dk karıştırılıp, süzöldükten sonra uv fotospektrometre cihazından sonuçlar okundu.

**Tablo 4.3.2.** Adsorban temas süresi etkisi

Temas Süresi dk	Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst.	Adsorplanan Boyar Madde Konst.	% Adsorplanan Boyar madde Miktarı
5	245,267	250,782	5,515	2,199
10	236,053	250,782	14,729	5,873
15	232,079	250,782	18,703	7,458
30	225,17	250,782	25,612	10,213
60	218,903	250,782	31,879	12,712
90	200,26	250,782	50,522	20,146
120	157,479	250,782	93,303	37,205
150	153,171	250,782	97,611	38,923
180	150,732	250,782	100,05	39,895

Her süre sonunda sorpsiyon yüzdesi hesaplandıktan sonra % sorpsiyon ile zaman grafiği çizildi. Şekil 4.3.2'e göre 120 dk optimum süre olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3.2. Metilen turuncusu için % Sorpsiyon- Zaman grafiği

#### 4.4. Konsantrasyon Değişiminin Etkisi

##### 4.4.1. Metilen Mavisi Gideriminde Konsantrasyon Değişiminin Etkisi

250 ppm stok metilen mavisi çözeltisine seyreltme işlemi uygulanarak sırası ile 50, 100, 150, 200, 250 ppm' lik 30 ml çözelti hazırlandı. Bu farklı konsantrasyonlardaki çözeltilerin her birinden 25 ml alınıp, içerisine 0,1 g modifiye zeytin çekirdeği konuldu ve 3 saat karıştırıldıktan sonra süzülüp uv fotospektrometre cihazından konsantrasyon değerleri okundu. 250 ppm' lik boyar madde % 93,097 adsorplanarak en iyi sonuç alındı.



Resim 4.4.1. Farklı konsantrasyonlardaki metilen mavisi

**Tablo 4.4.1.** Konsantrasyon değişimi etkisi, sonuçlar

Konsantrasyon(ppm)	Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst.	Adsorplanan Boyar Madde Konst.	% Adsorplanan Boyar madde Miktarı
50	45,696	56,621	10,925	19,295
100	78,286	121,072	42,786	35,339
150	91,222	159,502	68,28	42,808
200	21,35	202,571	181,221	89,460
250	18,28	264,831	246,551	93,097

#### **4.4.2. Metil Turuncusu Gideriminde Konsantrasyon Değişiminin Etkisi**

250 ppm stok metil turuncusu çözeltisine seyreltme işlemi uygulanarak sırası ile 50, 100, 150, 200, 250 ppm' lik 30 ml çözelti hazırlandı. Bu farklı konsantrasyonlardaki çözeltilerin her birinden 25 ml alınıp, içerisine 0,1 g modifiye zeytin çekirdeği konuldu ve 3 saat karıştırıldıktan sonra süzölüp uv fotospektrometre cihazından konsantrasyon değerleri okundu. 250 ppm' lik boyar madde % 45,100 adsorplanarak en iyi sonuç alındı.

**Tablo 4.4.2.** Konsantrasyon değişimi etkisi, sonuçlar

Konsantrasyon(ppm)	Boyar Madde Konst. UV	Stok Boyar Madde Konst.	Adsorplanan Boyar Madde Konst.	% Adsorplanan Boyar madde Miktarı
50	52,413	54,162	1,749	3,229
100	74,096	108,803	34,707	31,899
150	105,468	155,784	50,316	32,299
200	132,133	212,235	80,102	37,742
250	141,293	257,364	116,071	45,100

#### 4.5. İzoterm Çalışmaları

Metilen mavisi ve metil turuncusu boyar maddeleri için konsantrasyon değişimlerinin adsorban madde üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu değerlerden yola çıkarak her bir izoterm modeli için izoterm ana katsayıları hesaplanmıştır. Öncelik olarak  $R^2$  değerlerine göre kıyaslama yapılmıştır. Uygun izoterm bu değere bağlı olarak seçilmiştir. İzoterm modellerinden Langmuir için  $R^2$  değeri 0,924, Freundlich için  $R^2$  değeri 0,425 olarak bulunmuştur. Yine Langmuir izotermi için adsorpsiyon kapasitesi 34155 olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.5.** Adsorbana ait Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

Langmuir İzotermi	Langmuir İzoterm Sabitleri			Freundlich İzotermi	Freundlich İzoterm Sabitleri		
	$R^2$	$K_b$	$A_s$		$R_L$	$R^2$	k
	0,924	3805,5	34155	0,00107	0,425	0,027	0,298

Langmuir izotermine yatkınlığın bir ölçüsü de adsorpsiyon kapasitesinin yüksek olmasıdır. Adsorpsiyon enerjisi 3805,5 olarak bulunmuştur. Bu değer mutlak çekim gücünün yüksek olabileceğinin işaretidir. Dağılma sabiti 0,00107 olarak hesaplanmıştır. Bu değer sıfırdan büyük çıkması başarılı bir adsorpsiyon işleminin gerçekleştiği manasına gelir. Freundlich izoterminde adsorpsiyon kapasitesi 0,425 olarak hesaplanmıştır.  $R^2$  değerlerine tekrar bakıldığında doğrusallığa yatkınlıktan dolayı langmuir izotermimin uygunluğu açıktır.

**Tablo 4.5.1.** Adsorbana ait D-R ve Scatchard izoterm sabitleri

D-R İzotermi	D-R İzoterm Sabitleri			Scatchard İzotermi	Scatchard İzoterm Sabitleri		
	$R^2$	E	$q_m$		k	$R^2$	$k_s$
	0,9805	11,2	1,201	0,0038	0,851	3694	0,657

Dubinin ve Radushkevich izoterminin  $R^2$  değeri 0,9805 hesaplanıp, yüzeydeki potansiyel değişimi ifade etmektedir.  $k= 0,0038$  ve  $q=1,201$  olarak hesaplanmıştır.  $E=11,2$  olarak hesaplanmış ve sekizden büyük bir değer çıktığı için yüzeyde bir yük değişiminin olduğu durumunu bizlere sunmaktadır. Scatchard  $R^2$  değeri 0,851,  $q$  değeri 0,657,  $k$  değeri ise 3694 olarak bulunmuştur. Dört izoterm sonuçları neticesinde langmuir izoterminin yatkinlık ve uyumluluk göstermektedir.

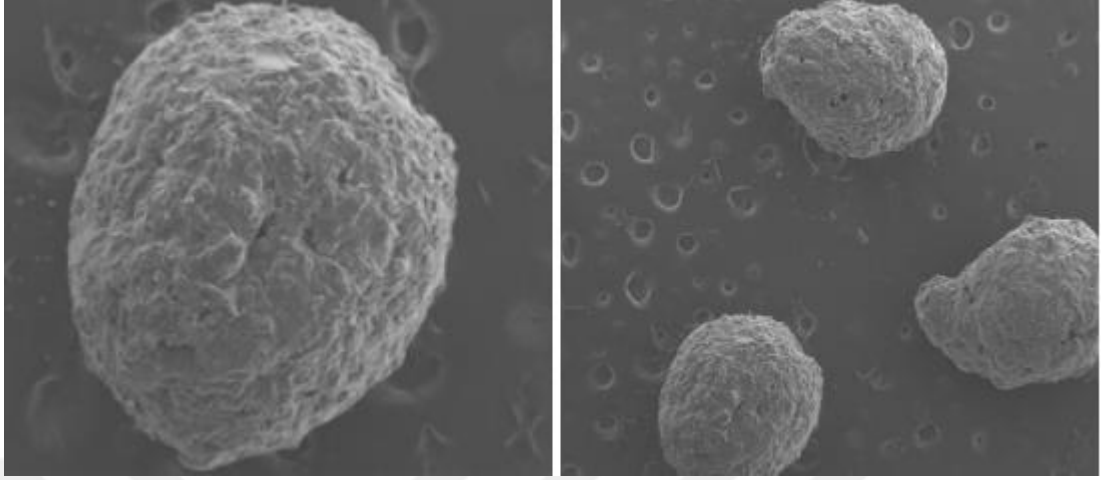
**Tablo 4.5.2.** Adsorbana ait hesaplanan kinetik sabitler

Yalancı 1.dereceden denklem sabitleri			Yalancı 2.dereceden denklem sabitleri		
$R^2$	$k_{ad}$	$Q_e$	$R^2$	$K_2$	$q_e$
0,948	-0,00138	21086,28	0,998	0,002063	35,71429

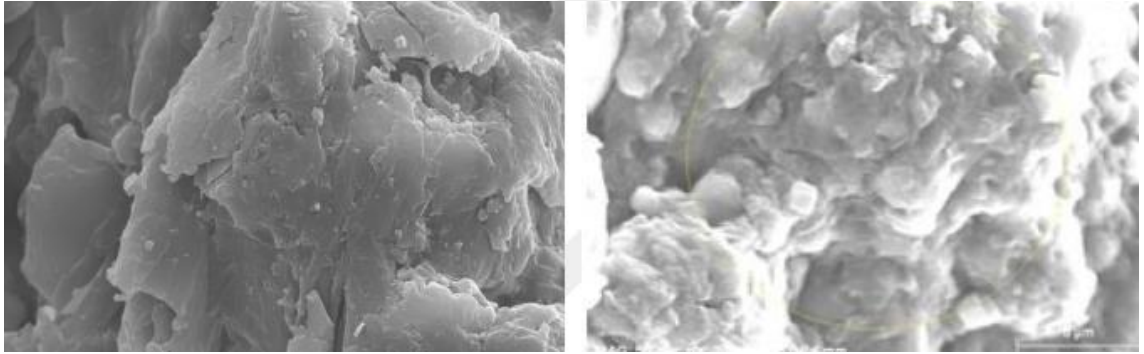
Modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin boyar madde giderimi için kinetik çalışma yapılmış ve adsorpsiyonun normal koşullarda kolay gerçekleştiği göz önünde bulundurularak hesaplanan değerler kıyaslanmıştır. Yalancı birinci dereceden denklem  $R^2$  sabiti değeri 0,948,  $q$  değeri 21086,28,  $k$  değeri ise -0,00138 olarak bulunmuştur. Yalancı ikinci dereceden denklem  $R^2$  sabiti 0,998,  $k$  değeri 0,002063,  $q$  değeri 35,71429 olarak bulunmuştur. Bu değerler ve çalışma koşulları neticesinde yalancı ikinci dereceden denkleme yatkinlık kabul edilmiştir.

#### 4.6. SEM Görüntüleri

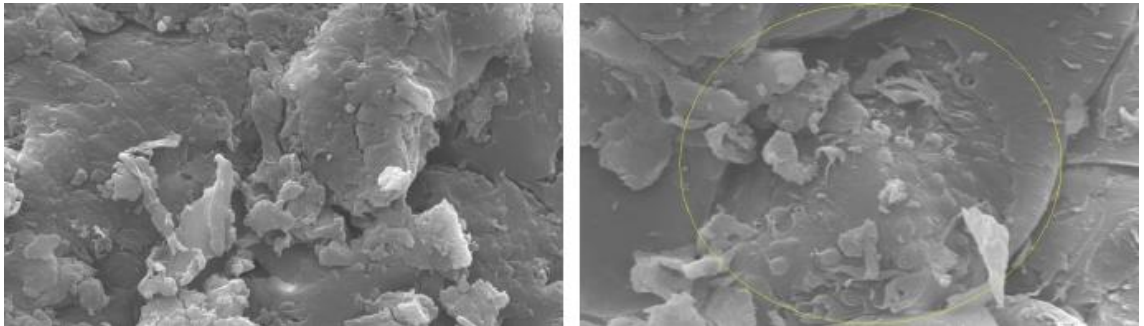
Resim 4.6' da modifiye zeytin çekirdeğinin 100  $\mu m$  ve 200  $\mu m$  boyutunda SEM görüntüleri verilmiştir. Burada yüzeydeki dağınık yaprak görüntüsünün kısmen azaldığı kitozanın yüzeye çapraz bağlandığı anlaşılmaktadır. Ayrıca Resim 4.6.2' de ham zeytin çekirdeğinin 2  $\mu m$  ve 5  $\mu m$  boyutunda sem görüntülerini görmekteyiz. Kıyaslamak gerekirse yüzeydeki yaprak görüntüsü daha dağınık ve gözenekli bir yapıya sahip olduğunu anlamaktayız.



**Resim 4.6.** 100 µm ve 200 µm boyutunda modifiye zeytin çekirdeği SEM görüntüsü



**Resim 4.6.1.** 2 µm ve 5 µm boyutunda modifiye zeytin çekirdeği SEM görüntüsü



**Resim 4.6.2.** 2 µm ve 5 µm boyutunda ham zeytin çekirdeği SEM görüntüsü

## 5. BÖLÜM

### TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen optimizasyon, % sorpsiyon ve izoterm verilerine göre verimli sonuçlar elde edilmiştir. Boyar madde gideriminde, kullandığımız metoda ve adsorbana bağlı olarak yüksek verimlilik sağlanmıştır. Bozkan, H. (2012) zeytin atığını(pirina) adsorban madde olarak kullanarak metilen mavisi boyar maddesinin giderimini incelemiş ve giderim verimini % 91 olarak bulmuştur [22]. Yaptığımız çalışmada % 93, 593 giderim sonucuna ulaşarak adsorban verimimizin daha yüksek olduğu kanaatine varılmıştır. Haji ve arkadaşları (2011), UV ışık kullanarak atık sulardan metil turuncusu giderimi için çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda metil turuncusu için giderim verimini % 26 olarak bulmuşlardır. Daha sonra H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile muamele ederek giderim verimi arttırmaya çalışmışlardır [23]. Yaptığımız çalışmada metil turuncusu giderimi için % 46,382 verime ulaşılmıştır. Kılıç ve arkadaşları (2012), yaptıkları çalışmada mobilya endüstrisi atığı olan çam talaşını, metilen mavisi, rodamin-B ve metil turuncusu içeren sulu çözeltilerinden biyosorpsiyon yöntemi ile giderilmesinde kullanmışlardır [24]. Polat ve arkadaşları (2012), çalışmalarında şarap fabrikası üzüm atığı kullanarak sulu çözeltilerden metilen mavisi gideriminde kullanmışlardır [25]. Her iki çalışma sonucunda da bu çalışmaya yakın sonuçlar elde edilmiştir. Arıtım tekniği göz önünde bulundurularak zeytin çekirdeğinin daha iyi bir adsorban olduğu anlaşılmaktadır.

- ✓ Deneysel çalışmalar sonucunda modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin iyi bir adsorban olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Kitozan ile mikrokapsül oluşturma işleminin, deneysel sonuçlara göre yüksek oranda verimlilik sağladığı anlaşılmıştır.
- ✓ Gözenek oluşturmada glutraldehit önemli bir bağlayıcıdır.
- ✓ Adsorplanan % boyar madde miktarı, metilen mavisi için % 93,593 ve metil turuncusu için % 46,382' dir.
- ✓ Bu sonuçlara göre kitozan ile modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin biyosorbent olarak kullanılabileceği ve böylece tarımsal atıkların verimli geri kazanımı sağlanmış olacaktır.

- ✓ Metilen mavisi için şekil 4.1.1'de görüldüğü üzere madde miktarının adsorbsiyon üzerindeki etkisi incelenmiş olup, adsorsiyonun 0,1 g da dengeye ulaştığı tespit edilmiştir. Bu değer Metil turuncusu için yine 0,1 g olarak bulunmuştur.

**Tablo 5.** Modifiye zeytin çekirdeği için optimum koşullar

Boyar Maddeler	Parametreler	Sonuçlar
Metilen Mavisi	Adsorban Miktarı	0,1 g
	Zaman	120 dk
	% Sorpsiyon	% 93,593
	pH	9
	Konsantrasyon	250 ppm
Metil Turuncusu	Adsorban Miktarı	0,1 g
	Zaman	120 dk
	% Sorpsiyon	% 46,382
	pH	8
	Konsantrasyon	250 ppm

- ✓ Yine optimum koşulları tespit etmek amacıyla zaman- % sorpsiyon grafikleri çizilmiş ve metilen mavisi giderimi 120 dk da dengeye ulaşmıştır. Bu değer Metil turuncusu için yine 120 dk olarak tespit edilmiştir.
- ✓ Adsorpsiyon işleminin düşük sürelerde daha az, yüksek sürelerde daha fazla gerçekleştiği görülmüştür. 120 dk sonunda adsorpsiyonun dengeye ulaştığı ve giderimin bu süreden sonra çok fazla artış göstermediği tespit edilmiştir.
- ✓ pH kontrolü boyar maddeler için yapılmış olup, metilen mavisi için pH 9,metil turuncusu için pH 8 optimum pH olarak belirlenmiştir.
- ✓ Boyar madde konsantrasyon değişimi çalışmaları yapılmış her iki boyar madde için 250 ppm çözelti konsantrasyonu tercih edilmiştir.

- ✓ Yapılan hesaplamalar neticesinde modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin yalancı 2. dereceden denkleme uygunluk gösterdiği görülmüştür.  $R^2$  değeri 0,998 olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Modifiye edilmiş zeytin çekirdeği hem Freundlich hemde langmuir izoterminine uygunluk sağlamıştır. Buradan modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin homojen bir yüzeye sahip olduğunu anlamaktayız. Langmuir izoterminin  $A_s$  (adsorpsiyon kapasitesi) değeri yüksek çıktığından modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin iyi bir verim sağladığı ispatlanmaktadır. Hesaplamalar sonucunda adsorbanın kısmen D-R izoterminine uyum sağladığı da anlaşılmaktadır.

**Tablo 5.1.** Farklı adsorbanlar için adsorplama kapasitelerinin karşılaştırılması (EMRE,2020)

Adsorban	Boyar madde	Adsorplama kapasitesi (mg/g)
<i>Argemone mexicana</i>	Rehodamine B	1,3
<i>Xanthium strumarium</i>	Rehodamine B	2,17
Fıstık kabuğu	Remazol Blue (RBBR)	16,74
Pirinç kabuğu	Acid Blue 74	14,36
Kiraz ve Kayısı çekirdeği	Disperse Yellow 211	105,71- 156,25
Ceviz ve Fındık kabuğu	Disperse Blue 106-124	2,10-1,24
<i>Xanthium Italicum</i>	Remozol Blue	1,59
Hindistan cevizi kabuğu	Malachite Green	4,8
Susam Kozası	Malachite Green	1,58

- ✓ Çalışma sonucunda bir çok veriye ve sonuca ulaşmamıza karşın, birçok çalışma konusunu da beraberinde getirmektedir. Kitozan ile mikrokapsül oluşturma yerine aljinat vb. gibi farklı kimyasallar denenebilir, ve adsorpsiyon verimi hesaplanabilir. Yine gluteraldehit yerine farklı kimyasallarla çapraz bağlama işlemi yapılabilir.
- ✓ Bu çalışma harici modifiye edilmiş zeytin çekirdeğinin metilen mavisi ve metil turuncusu dışında farklı boyar maddelerle de çalışılabileceği önerilir.
- ✓ Tablo 5.1' de farklı adsorbanlar için adsorplama kapasite değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre modifiye zeytin çekirdeğinin adsorplama kapasitesinin bir çok adsorbandan yüksek olduğu atık madde geri kazanımı ilkesine zeytin çekirdeğinin uygun ve sürdürülebilir alternatif bir biyosorbent olduğu kanısına varılmaktadır.
- ✓ Çalışmalar sonucunda, zeytin çekirdeğinin atık bir madde olması, kolay bulunabilir ve ekonomik açıdan maliyetinin düşük olması nedeniyle iyi bir adsorban olarak kullanılabilceği ve çevreye zarar veren boyar maddelerin giderimini yüksek oranda sağlayabileceği anlaşılmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, Ü., Arzum, C. Ş., " Atıksuların geri kazanılması ve yeniden kullanılması", *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 1-14, 2017.
2. Arslan, R., Tozluoğlu, A., Sertkaya, S., Fidan, H., Küçük, S., " Atık sularda boya giderimi için fonksiyonellenmiş nanoselüloz esaslı adsorbanlar", *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1), 148-160, 2021.
3. Parlayıcı, Ş., Altun, T., " Kitosan kaplı kaolin boncuklarının sulu çözeltilerden krom(VI) uzaklaştırılmasında adsorban olarak kullanımı", *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 140-151,2018.
4. Cerit A., " Atık sulardan metilen mavisi gideriminde polianilin/ceviz kabuğu atığı kompozitlerinin kullanımı", *Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(4), 1801-1815, 2021.
5. Güneş Gürdal, E., " Doğal adsorbent kullanılarak sulardan maxilon golden yellow'un renk gideriminde ortam koşullarının incelenmesi", *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 144-160, 2021.
6. Kavcı E., " Malahit yeşili boyar maddenin çam kozalağı ile adsorbsiyonunun taguchi metodu ile incelenmesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(67), 129-135, 2021.
7. Özmal, F., Duman, G., " Modifiye juglans regia L. yaprağı kullanılarak sulu çözeltilerden reaktif red 120'nin biyosorpsiyonu", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, sayı 25, 256-266, Ağustos 2021.
8. Köklü, R., Özer, Ç., " Remazol brilliant blue R (RBBR) boyar maddesinin düşük maliyetli bir adsorban olan sigara külü ile giderimi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 174-180, 2018.
9. Venkatesan, P., Manavalan, R., Valliappan, K., " Microencapsulation: A vital technique in novel drug delivery system", *Journal of Pharmaceutial Science and Research*, 1(4), 26-35, 2009.
10. Umer, H., Nigam, H., Tamboli, A.M., Nainar, M.S.M., " Microencapsulation: Process techniques and applications", *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 2(2), 474-481, 2011.
11. Eyüpoğlu, Ş., Kut, D., "Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi*, 29, 9-28, 2016.

12. Sayıt, G., " *Mikrokapsül ve lipozom teknolojisi kullanılarak kozmetik-tekstil üretimi, Ege Üniversitesi, " Yüksek lisans, İzmir, 2015.*
13. Dokuzoğlu, Z., Alkan, U., Yentürk, A., " Reaktif boyar madde içeren tekstil atıksularının ileri oksidasyonu", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 13(2), 2008.
14. Kocaer, F., O., Alkan, U., " Boyar madde içeren tekstil atıksularının arıtım alternatifleri", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1), 2002.
15. Tutak, M., Benli, H., " Bazı bitkilerden elde edilen doğal boyar maddelerin yünü boyama özelliğinin incelenmesi", *BAÜ FBE Dergisi*, 10(2), 53-59, Aralık 2008.
16. Abak, H., " *Sulu çözeltilerden metilen mavisinin fındık kabuğu yüzeyine adsorpsiyon ve adsorpsiyon kinetiği, Balıkesir Üniversitesi " Yüksek lisans, Balıkesir, 2008.*
17. Hamutoğlu, R., Dinçsoy, A., B., Cansaran Duman, D., Aras, S., " Biyosorpsiyon, adsorpsiyon, fitoremediasyon yöntemleri ve uygulamaları", *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(4), 2012.
18. Sarıkaya, Y., " Fizikokimya, 5. Baskı", *Baran Ofset, Ankara, 2004.*
19. Çelik Okumuş, Z., Doğan, T.H., " Biyodizeldeki suyun reçine ile uzaklaştırılması: Adsorpsiyon izotermi, kinetiği ve termodinamik incelemesi", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 15, 561-570, Mart 2019.
20. Türkyılmaz, A., Işınkaralar, K., " Sulu çözeltilerden aktif karbon üzerine adsorpsiyon ile antibiyotiklerin (tetrasiklin ve penisilin g) giderimi", *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(3), 943-951, 2020.
21. Günay, A., Dikmen, S., Ersoy, B., Evcin, A., " Bazik mavi-16 boyar maddesinin kil üzerine adsorpsiyonu", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 29-38, Haziran 2014.
22. Bozkan, H., "Azo boyalarının zeytin atığı (pirina) kullanılarak adsorpsiyon metodu ile giderimi ", *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2012.*
23. Haji, S., Benstaali, B., Al-Bastaki, N., "Degradation of methyl orange by UV/H2O2 advanced oxidation process" , *Chemical Engineering Journal*, Pages 134-139, 2011.
24. Kılıç, M., Özsin, G., Pütün, E., Pütün, A., "Mobilya endüstrisi atığının alternatif adsorban olarak değerlendirilmesi ", *Onuncu Ulusal Kimya Mühendisleri Kongresi 3-6 Eylül 2012*, Koç Üniversitesi, İstanbul, 2012.
25. Polat, S., Kılıç, M., Pütün, A., Pütün, E., *Onuncu ulusal kimya mühendisliği kongresi, Koç Üniversitesi, Eylül 2012.*

26. Abdeen, M.M., (2015), Adsorption of Mn (II) ,on on polyvinyl alcohol/chitosan dry blending from aqueous solution. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 3, 1-9.
27. Abdel, N.T., Hefny. A.F., El-Chaghaby, (2007), Removal of lead from aqueous solution using low cost abundantly available adsorbents. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 4(1), 67-73.
28. Akpomie, K.G., Folasegun, A., (2016), Acid-modified montmorillonite for sorption of heavy metals from automobile effluent. *beni-suef university journal of basic and applied sciences*, 5(1), 1-12.
29. Al-Qahtani, K.M., (2016), Water purification using different waste fruit cortexes for the removal of heavy metals. *Journal of Taibah university for Science*, 10(5), 700-708.
30. Al-Shahrani, S.S., (2014), Treatment of wastewater contaminated with cobalt using Saudi activated bentonite. *Alexandria Engineering Journal*, 53(1), 205-211.
31. Ali, M.E., (2016), Synthesis and adsorption properties of chitosan-CDTA-GO nanocomposite for removal of hexavalent chromium from aqueous solutions, *Arabian Journal of Chemistry*, King Saud University, Egypt.
32. Alloway, B.J., (2013), Sources of heavy metals and metalloids in soils Heavy metals in soils (pp. 11-50): Springer.
33. Alyüz, V. (2005). Low-cost adsorbents used in heavy metal contaminated waste water treatment. *Sigma*, 3.
34. Apak, E., Jagtoyen. M., Akar, A., Ekinçi, E. ve Derbyshire, F., 1996, Yeniköy Ağaçlı Kömüründen Kimyasal ve Termal Yöntemlerle Aktif Karbon Üretimi, UKMK-2. Bildiri Kitabı, İstanbul.
35. Arslan, H., (2009), Yerfıstığı Kabuğunun Lindan Ve Metabolitlerinin Sulu Çözeltilerden Giderilmesinde Kullanımının Araştırılması. (Doktora Tezi), Mersin Üniversitesi.