



**T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**SAFRANİN VE REMAZOL BRİLLANT BLUE R'İN ADSORPSİYON  
TEKNİĞİYLE UZAKLAŞTIRILMASI İÇİN YER FISTIĞI KABUĞU VE  
YERFISTIĞI KABUĞU KÖMÜRÜNÜN ADSORBENT OLARAK  
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**Danışman: Doç. Dr. Bilal ACEMİOĞLU**

**Neslihan ŞAKALAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KAHRAMANMARAŞ  
TEMMUZ-2009**

T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI

**SAFRANIN VE REMAZOL BRİLLANT BLUE R'NİN ADSORPSİYON TEKNİĞİYLE  
UZAKLAŞTIRILMASI İÇİN YER FISTIĞI KABUĞU VE YERFISTIĞI KABUĞU  
KÖMÜRÜNÜN ADSORBENT OLARAK KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

Neslihan ŞAKALAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kod No:

Bu Tez 02 /07 / 2009 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Doç. Dr. Bilal ACEMİOĞLU  
DANIŞMAN

Prof. Dr. Mehmet TÜMER  
ÜYE

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA  
ÜYE

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Süleyman TOLUN  
Enstitü Müdürü

**Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.**

**İÇİNDEKİLER**

<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>I</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>	<b>XII</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....</b>	<b>XV</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Yerfıstığı kabuğu .....	1
1.2. Aktif kömür.....	2
1.2.1. Aktif Karbon Üretimi.....	3
1.3. Adsorpsiyon.....	4
1.3.1. Adsorpsiyon İzotermi .....	4
1.3.2. Adsorpsiyon İzoterm Eşitliklikleri.....	5
1.3.3. Adsorpsiyon Kinetiği.....	7
1.3.3.1. Yalancı Birinci Derecen Kinetik Mode.....	7
1.3.3.2. Yalancı İkinci Derecen Kinetik Mode .....	7
1.3.3.3. Partikül İçi Difüzyon Modeli.....	8
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>9</b>
<b>3. MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>12</b>
3.1. Materyal .....	12
3.1.1. Yer Fıstığı Kabuğu .....	12
3.1.2. Deneyde Kullanılan Boyar Maddeler ve Özellikleri .....	12
3.1.2.1.Kullanılan Boyar maddeler .....	12
3.1.2.2. Boyar Madde Çözeltilerinin Hazırlanması .....	13
3.1.3. Deneylerde Kullanılan Aletler .....	13
3.2. Metot.....	14
3.2.1. Yer Fıstığı Kabuğundan Kömür(Çarkol) Üretimi .....	14
3.2.2. Safranin ve Remazol Brilliant Blue Boyaları İçin Modifiye İşlemleri .....	15
3.2.2.1. Yer Fıstığı Kabuğunun Remazol Brilliant Blue İçin Modifiye İşlemi .....	15
3.2.2.2 Yer Fıstığı Kabuğundan Hazırlanan Kömürün (Çarkolün) Safranin ve Remazol Brilliant Blue Boyaları İçin Modifiye İşlemi .....	15

<b>3.2.3. Adsorpsiyon Deneyleri .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.4. Çözelti Ortamından Uzaklaştırılan Boyar Madde Miktarlarının Hesaplanması .....</b>	<b>17</b>
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1. Boyar Maddenin Sulu Çözeltiden Giderilmesi Üzerine Temas Süresinin Etkisi .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2. Adsorpsiyon Üzerine Başlangıç Boyar Madde Konsantrasyonunun Etkisi .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Adsorpsiyona Üzerine pH'nın Etkisi .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4. . Sıcaklığın Adsorpsiyona Etkisi Üzerine Ait Bulgular .....</b>	<b>37</b>
<b>4.5. Kolon Adsorpsiyon Çalışmaları.....</b>	<b>47</b>
<b>4.5.1. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safranin ve Remazol Brilliant Blue'nin Kolon Değerleri.....</b>	<b>47</b>
<b>4.6. Kinetik İncelemeler .....</b>	<b>56</b>
<b>4.7. İzoterm İncelemeleri.....</b>	<b>76</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>81</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>82</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>85</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>89</b>

**T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÖZET**

**SAFRANİN VE REMAZOL BRİLLANT BLUE R'NİN ADSORPSİYON  
TEKNİĞİYLE UZAKLAŞTIRILMASI İÇİN YER FISTIĞI KABUĞU VE  
YERFISTIĞI KABUĞU KÖMÜRÜNÜN ADSORBENT OLARAK  
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**Neslihan ŞAKALAR**

**DANIŞMAN: Doç. Dr. Bilal ACEMİOĞLU**

**Yıl : 2009, Sayfa :89**

**Jüri: Doç. Dr. Bilal ACEMİOĞLU**

**Prof. Dr. Mehmet TÜMER**

**Prof. Dr. M. Hakkı ALMA**

Bu çalışmada yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğundan üretilen kömür üzerine safranin ve remazol brillant blue R boyalarının sulu çözeltiden adsorpsiyonu araştırılmıştır. Adsorpsiyon üzerine temas süresi, çözelti konsantrasyonu, pH ve sıcaklığın etkisi incelenmiştir. Adsorpsiyonun temas süresi, konsantrasyon ve sıcaklığın artmasıyla arttığı gözlenirken, pH' nın artmasıyla azaldığı belirlenmiştir. Konsantrasyon, sıcaklık ve pH gibi incelenen tüm şartlar altında safranin ve brillant blue R' nin maksimum adsorpsiyonunun % 95 ve % 99 arasında olduğu bulunmuştur.

İzoterm incelemelerine göre, remazol brillant blue R 'nin yerfıstığı kabuğu ve kömür üzerine adsorpsiyonu Langmuir ve Freunlich izoterm modelleriyle uyumlu iken, safraninin yerfıstığı kabuğu ve kömür üzerine adsorpsiyonun ise sadece Freundlich izoterm modeline kısmen uyduğu belirlenmiştir.

Kinetik incelemelerinin sonucunda ise, safraninin yerfıstığı kabuğu üzerine adsorpsiyonu yalancı ikinci dereceden ve partikül içi difüzyon modellerine uyarken, kömür üzerine adsorpsiyonunun sadece yalancı ikinci dereceden kinetik modelle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Remazol brillant blue R'nin ise, yerfıstığı kabuğu üzerine adsorpsiyonun yalancı ikinci dereceden kinetik modelle uyumlu iken, kömür üzerine adsorpsiyonun yalancı ikinci dereceden ve partikül içi diffüzyon modellerine uyduğu belirlenmiştir.

Ayrıca, kolon adsorpsiyon çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. Kolon adsorpsiyonu üzerine, çözelti konsantrasyonu ve çözelti akış hızının etkisi incelenmiştir. Kolon üzerine safranin ve remazol brillant blue R nin adsorpsiyonunun % 98 ve % 100 arasında olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yerfıstığı kabuğu, yerfıstığı kabuğu kömürü, safranin, remazol brillant blue R, adsorpsiyon, kinetik, izoterm, kolon adsorpsiyonu.

**UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM  
INSTITUTE FOR GRADUATE STUDIES IN SCIENCE AND ENGINEERING  
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE**

**MSc THESIS**

**ABSTRACT**

**INVESTIGATION OF USE AS ADSORBENT OF PEANUT SHELL AND THE  
CHARCOK OF PEANUT SHELL FOR THE REMOVAL OF SAFRANİN AND  
REMAZOL BRİLLANT BLUE R BY ADSORPTION TECHNIQUE**

**Neslihan ŞAKALAR**

**SUPERVISOR: Assoc. Prof. Dr. Bilal ACEMİOĞLU**

**Year: 2009, Pages: 89**

**Jury: Assoc. Prof. Dr. Bilal ACEMİOĞLU  
Prof. Dr. Mehmet TÜMER  
Prof. Dr. M.Hakkı ALMA**

**In this study, the adsorption of dyes safranin and remazol brilliant blue R from aqueous solution onto peanut shell and charcoal of peanut shell was investigated. Contact time, concentration, temperature and pH on adsorption were studied. While the adsorption was increasing with increasing contact time, concentration and temperature, it was determined that it decreased with increasing pH. It was found that the adsorption was between 95-99,9% under all conditions such as concentration, temperature and pH.**

**According to isotherm studies, while the adsorption of remazol brilliant blue R on peanut shell and charcoal was in consistent with Langmuir and Freundlich models, it was determined that the adsorption of safranin on peanut shell and charcoal partially obeys the Freundlich model, only.**

**At the end of kinetic studies, while the adsorption of safranin on peanut shell obeyed the pseudo second-order and intra-particle kinetic models, it was seen that its adsorption on charcoal is in consistent with only the pseudo second-order kinetic model. While the adsorption of remazol brilliant blue R on peanut shell was in**

consistent with the pseudo second-order kinetic model, it was determined that its adsorption on charcoal obeyed the pseudo second-order and intra-particle kinetic models.

Moreover, column adsorption studies were studied. Effects at Concentration and flow rate of solution on column adsorption was studied. It was determined that the adsorption of safranin and remazol brilliant blue R on column was between 98 and 100%.

**Keywords:** Peanut shell, peanut shell charcoal, safranin, remazol brilliant blue R, adsorption, kinetics, isotherm, column adsorption.

**TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans tez çalışmamın gerçekleşmesinde, her konuda daima yakın ilgi, anlayış ve desteğini gördüğüm saygıdeğer hocam Doç. Dr. Bilal ACEMİOĞLU'na,

Kömür üretimi için Laboratuvar imkanlarını sunan bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım saygıdeğer hocam Prof. Dr. M. Hakkı ALMA'ya,

Kömür üretim aşamasında bana yardımcı olan Arş. Gör. Murat ERTAŞ'a,

DeneySEL çalışmalarda bana yardımcı olan Melike Hilal BİLİR'e, teşekkür ederim.

Bu tez çalışması 107Y043 nolu Tübitak Projesinin bir kısmını oluşturmaktadır. Desteklerinden dolayı Tübitak'a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında her türlü desteğini sağlayan yanımda olan aileme teşekkürü borç bilirim.

**Temmuz, 2009****Neslihan ŞAKALAR**

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<b>Çizelge 4.1. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>19</b>
<b>Çizelge 4.2. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>19</b>
<b>Çizelge 4.3. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>20</b>
<b>Çizelge 4.4. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....</b>	<b>21</b>
<b>Çizelge 4.5. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....</b>	<b>22</b>
<b>Çizelge 4.6. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....</b>	<b>22</b>
<b>Çizelge 4.7. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>24</b>
<b>Çizelge 4.8. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>24</b>
<b>Çizelge 4.9. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>24</b>
<b>Çizelge 4.10. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue'nun Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>26</b>
<b>Çizelge 4.11. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue'nun Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>26</b>
<b>Çizelge 4.12. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue'nun Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>27</b>

Çizelge 4.13. Farklı pH' larda Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....	29
Çizelge 4.14. Farklı pH' larda Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....	30
Çizelge 4.15. Farklı pH'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....	31
Çizelge 4.16. Farklı pH'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....	32
Çizelge 4.17. Farklı pH'larda Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....	33
Çizelge 4.18. Farklı pH'larda Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....	34
Çizelge 4.19. Farklı pH'larda Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....	35
Çizelge 4.20. Farklı pH'larda Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....	35
Çizelge 4.21. Farklı Sıcaklıklar'larda Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....	37
Çizelge 4.22. Farklı Sıcaklıklar'larda Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....	38
Çizelge 4.23. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....	40
Çizelge 4.24. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....	41
Çizelge 4.25. Farklı Sıcaklık'larda Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....	43
Çizelge 4.26. Farklı Sıcaklık'larda Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....	43
Çizelge 4.27. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....	45
Çizelge 4.28. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....	45

<b>Çizelge 4.29. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>45</b>
<b>Çizelge 4.30. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler. ....</b>	<b>47</b>
<b>Çizelge 4.31. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler. ....</b>	<b>48</b>
<b>Çizelge 4.32. Değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan safranin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonla değişimi ....</b>	<b>48</b>
<b>Çizelge 4.33. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>50</b>
<b>Çizelge 4.34. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>50</b>
<b>Çizelge 4.35. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>50</b>
<b>Çizelge 4.36. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....</b>	<b>52</b>
<b>Çizelge 4.37. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....</b>	<b>52</b>
<b>Çizelge 4.38. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler .....</b>	<b>52</b>
<b>Çizelge 4.39. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>54</b>
<b>Çizelge 4.40. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>54</b>
<b>Çizelge 4.41. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.....</b>	<b>55</b>

<b>Çizelge 4.42. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyon Kinetiğinin Parametreleri .....</b>	<b>60</b>
<b>Çizelge 4.43. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyon Kinetiğinin Parametreleri .....</b>	<b>64</b>
<b>Çizelge 4.44. Remazol Brillant Blue R'nin ModifiyeYerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyon Kinetiğinin Parametreleri.....</b>	<b>68</b>
<b>Çizelge 4.45. Remazol Brillant Blue R'nin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyon Kinetiğinin Parametreleri.....</b>	<b>72</b>

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b>Şekil 1.1. Çözeltilerden Katı Adsorpsiyonu İçin İzotermlerin Sınıflandırılması ...5</b>	
<b>Şekil 3.1. Safranin'in Molekül Formülü .....12</b>	
<b>Şekil 3.2. Aktif karbon Üretmek İçin Kullanılan Piroliz Düzenegi.....14</b>	
<b>Şekil 4.1. Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyonun Etkisi .....20</b>	
<b>Şekil 4.2. Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Adsorplanan Remazol Brilliant Blue R'nin Üzerine Konsantrasyonun Etkisi.....23</b>	
<b>Şekil 4.3. Modifiye Kömür Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyonun Etkisi.....25</b>	
<b>Şekil 4.4. Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Adsorpsiyonu Üzerine konsantrasyonun etkisi.....28</b>	
<b>Şekil 4.5. Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine pH'nın Etkisi .....30</b>	
<b>Şekil 4.6. Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin asorpsiyonu Üzerine pH'nın Etkisi.....32</b>	
<b>Şekil 4.7. Modifiye Kömür Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine pH'nın Etkisi .....34</b>	
<b>Şekil 4.8. Modifiye Kömür Tarafından Remazol Brilliant blue R'nin Adsorpsiyonu Üzerine pH'nın Etkisi.....36</b>	
<b>Şekil 4.9. Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Safraninin Adsorpsiyonun Üzerine Sıcaklığın Etkisi .....39</b>	
<b>Şekil 4.10. Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Üzerine Adsorpsiyonu Üzerine Sıcaklığın Etkisi .....42</b>	
<b>Şekil 4.11. Modifiye Kömür Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine Sıcaklığın Etkisi.....45</b>	
<b>Şekil 4.12. Modifiye Kömür Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Adsorpsiyonu Üzerine Zamana Sıcaklığın Etkisi .....46</b>	
<b>Şekil 4.13. Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Safraninin Kolon Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyonun Etkisi.....49</b>	
<b>Şekil 4.14. Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Kolon Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyon Etkisi .....51</b>	

Şekil 4.15. Modifiye kömür Tarafından Safraninin Kolon Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyonun Etkisi.....	53
Şekil 4.16 Modifiye Kömür Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Kolon Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyon Etkisi .....	55
Şekil 4.17. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı Birinci Dereceden Kinetik Grafiği. ....	56
Şekil 4.18. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Grafiği. ....	57
Şekil 4.19. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Partikül İçi Difüzyon Kinetik Grafiği.....	58
Şekil 4.20. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı Birinci Dereceden Kinetik Grafiği .....	61
Şekil 4.21. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Grafiği.....	62
Şekil 4.22. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Partikül İçi Difüzyon Kinetik Grafiği. ....	62
Şekil 4.23. Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı Birinci Dereceden Kinetik Grafiği.....	65
Şekil 4.24. Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Grafiği .....	66
Şekil 4.25. Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Partikül İçi Difüzyon Kinetik Grafiği. ....	67
Şekil 4.26. Remazol Brilliant Blue R'nin yer fıstığı kabuğu kömürü üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı Birinci Dereceden Kinetik Grafiği.....	69
Şekil 4.27. Remazol Brilliant Blue R'nin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Grafiği.....	70
Şekil 4.28. Remazol Brilliant Blue R'nin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Partikül İçi Difüzyon Kinetik Grafiği .....	71
Şekil 4.29. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Langmuir İzotermi.....	73
Şekil 4.30 Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Freunlich İzotermi.....	74

Şekil 4.31 Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Langmuir İzotermi. ....	75
Şekil 4.32. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Freunlich İzotermi. ....	76
Şekil 4.33 Remazol Brillant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Langmuir İzotermi. ....	77
Şekil 4.34. Remazol Brillant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Freundlich İzotermi. ....	78
Şekil 4.35. Remazol Brillant Blue R'nin modifiye kömür Adsorpsiyonunun Langmuir izotermi. ....	79
Şekil 4.36. Remazol Brillant Blue R'nin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Freundlich İzotermi ....	80

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

<b>b:</b>	<b>Adsorpsiyon Enerjisini İfade Eden Langmuir Sabiti</b>
<b>d/d:</b>	<b>1 dakikada Karıştırma Hızını Gösteren Birim</b>
<b>C<sub>ads</sub>:</b>	<b>Adsorplanan Boyar Maddenin Konsantrasyonu</b>
<b>C<sub>e</sub> :</b>	<b>Adsorpsiyon Sonrası Çözeltide Kalan Maddenin Konsantrasyonu (mg/L)</b>
<b>C<sub>0</sub> :</b>	<b>Boyar maddenin Başlangıç Konsantrasyonu (mg/L)</b>
<b>g:</b>	<b>Gram</b>
<b>k<sub>1</sub>:</b>	<b>Yalancı Birinci Dereceden Kinetik Modelinde Hız Sabiti (dak<sup>-1</sup>)</b>
<b>k<sub>2</sub>:</b>	<b>Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Modelinde Hız Sabiti (g/mg.min)</b>
<b>ki:</b>	<b>Partikül İçi Difüzyon Kinetik Modelinde Hız Sabiti (mg/g.min<sup>2</sup>)</b>
<b>L:</b>	<b>Litre</b>
<b>m:</b>	<b>Adsorbentin Kütlesi (g)</b>
<b>M:</b>	<b>Molarite (mol/L)</b>
<b>M<sub>A</sub>:</b>	<b>Boyar Maddenin Molekül Ağırlığı (g/mol)</b>
<b>mg:</b>	<b>Miligram</b>
<b>ml:</b>	<b>Mililitre</b>
<b>N:</b>	<b>Normalite</b>
<b>nm:</b>	<b>Nanometre</b>
<b>Q<sub>0</sub>:</b>	<b>Adsorpsiyon Kapasitesi (mg/g) dır.</b>
<b>q<sub>e</sub>:</b>	<b>Adsorbentin Birim Ağırlığı Başına Tuttuğu Madde Miktarı (mg/g)</b>
<b>ppm:</b>	<b>Litredeki Miligram Miktarı</b>
<b>R<sup>2</sup>:</b>	<b>Korelasyon Katsayısı</b>
<b>v:</b>	<b>Çalışılan Çözelti Hacmi (Litre)</b>
<b>X:</b>	<b>Adsorplanan Madde Miktarı (mg)</b>
<b>λ<sub>max</sub>:</b>	<b>Boyar Maddenin Gösterdiği Maksimum Dalga Boyu (nm)</b>
<b>% :</b>	<b>Yüzde</b>
<b>w:</b>	<b>Adsorbentin Miktarı (g)</b>
<b>μ :</b>	<b>Mikro</b>

## 1. GİRİŞ

Tekstil, kozmetik, boya, kağıt fabrikaları gibi endüstriyel atıkların neden oldukları atık sular içerdikleri boyar maddeler ile kirlilik oluşturmaktadır. Bu renkli atıklar, yüzey sularına, yeraltı su sistemlerine karışabilir ve dolayısıyla içme sularına transfer olabilir ve insan ile temas ettiğinde kanser, mutasyon ve cilt hastalıkları oluşturabilirler. İnsan sağlığını tehdit eden bu tür atık suların arıtılması, insan sağlığı ve ekolojik dengenin korunması açısından oldukça önemlidir. Bu maksatla, boyar madde ihtiva eden atık suların arıtılmasında aktif karbon adsorpsiyonu, kimyasal oksidasyon, ters ozmoz, koagülasyon, flokülasyon ve biyolojik işlemler gibi birçok yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden aktif kömür adsorpsiyonu, atık sularda bulunabilecek organik ve inorganik kirliliklerin yanı sıra boya ve pigmentlerin de arıtılması için etkili bir metot olarak göze çarpmaktadır. Ancak, pahalı olmasından dolayı aktif kömürün kullanımı Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için pek uygun değildir. Çünkü işlem ekonomik açıdan pahalıya mal olmaktadır. Bu nedenle, son zamanlarda bilim adamları tarafından, aktif kömür yerine daha ekonomik değere sahip olan kil, uçucu kül, turba, kömür (çarkol), perlit, maya ve mantar gibi biyolojik maddeler ile lignin ve selüloz ihtiva eden çeşitli lignoselülozik maddelerin adsorbent olarak kullanımı araştırılmış ve bu yönde birçok çalışmalar yapılmıştır. Odun, ağaç kabuğu, buğday, pamuk sapı, pirinç ve yer fıstığı kabuğu gibi ligno-selülozik maddeler arasında yer almaktadır. Bu maddelerden yer fıstığı kabuğu hariç diğerleri boyar maddelerin adsorpsiyon tekniği ile uzaklaştırılmasında birer adsorbent olarak kullanılmış ancak yer fıstığı kabuğunun bu amaçla kullanımına birkaç metal adsorpsiyon çalışması haricinde pek rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada yer fıstığı kabuğunun safranin ve brilliant blue R boyar maddeleri adsorplayabilmesi ve bir adsorbent olarak kullanılabilmesi ayrıca yer fıstığı kabuğundan kömür üretimi yapılarak bu kömürün de bir adsorbent olarak kullanımı düşünülmüştür. Bu nedenle yer fıstığı kabuğu ve kömür hakkında bazı bilgiler aşağıda verilmiştir.

### 1.1. Yer fıstığı Kabuğu

Yer fıstığının dünyada üretilen miktarı 18.54 milyon ton dur. Dünya üretiminin % 33'ünü Hindistan tek başına karşılarken, Çin % 26'sını, Afrika % 24'ünü, Kuzey Amerika % 10'unu ve Güney Amerika % 7'sini karşılamaktadır. Türkiye'de ise en çok % 95 oranında Akdeniz bölgesinde yetişmekte olup, ortalama 70 bin ton ürün elde edilmektedir. Yer fıstığı bitkisinin % 35 ini kabuğu oluşturmaktadır. Dolayısıyla yer fıstığı kabuğunun

ortalama olarak dünyadaki potansiyeli 6.49 milyon ton ve Türkiye'deki potansiyeli ise 24.50 bin ton dur (Çiçek, 1998).

Dünyada ve Türkiye'de önemli bir potansiyele sahip olan yerfıstığı kabuğunun kullanım alanları, son zamanlarda yapılan araştırmalar neticesinde genişlemiştir. Bu kullanım alanları; aktif karbon, sunta, kontraplak, kompozit materyal, plastik levha üretimi şeklinde sıralanabilir. Ayrıca yerfıstığı kabuğu atık olarak, yem dolgu maddesi, çimento ve gübre katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır.

Yerfıstığı kabuğunun kimyasal yapısı Çizelge 1.1'de ve Elementel analiz sonuçları ise Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Yerfıstığı Kabuğunun Kimyasal Yapısı (Wartelle ve arkadaşları, 2000).

Tanımlanan Madde	Miktar (%)
Lignin	32,8
Selüloz	45,3
Hemiselüloz	8,1
Protein	4,9
Kül	2,3

Çizelge 1.2. Yerfıstığı Kabuğunun Elementel Analiz Sonuçları \*

Madde	Miktar (%)
C	41, 53
H	5,55
N	2,13
S	0, 24

\*Elementel analiz Leco CHNS 932 elementel analiz cihazı ile yapılmıştır.

## 1.2. Aktif Kömür

Kömür genellikle karbon içerikli ve lignoselülozik türü maddelerin havasız bir ortamda yani karbondioksit veya azot gazı ortamında yüksek sıcaklıkta yanmasıyla elde edilen bir maddedir. Kömürün asit, baz veya çeşitli kimyasallar ile muamele edilmesiyle aktif kömür elde edilir.

Aktif kömür en eski adsorbentlerden biri olup, aktif karbon olarak ta adlandırılmaktadır. Aktif karbonlar toz, granül ve pelet olmak üzere değişik şekillerde üretilir. Üretilen bu aktif karbonlar insan sağlığına zararsız olup oldukça yüksek bir gözenekliliğe ve iç yüzey alanına sahiptirler.

Kirlilik oluşturan maddeler, aktif karbon yüzeyinde tutunacağından, yüzey alanının büyüklüğü kirliliklerin giderilmesinde çok etkili bir faktördür. Yüzey alanı ne kadar büyükse, adsorpsiyon merkezlerinin sayısının da o kadar büyük olduğu düşünülür.

Atık suların arıtılması için günümüzde kullanılan en iyi aktif karbonlar çeşitli kömürlerden ve doğal materyallerden elde edilmektedir. Bunlara: Taş kömürü, mangal kömürü, turba, linyit, odun, kemik, Hindistan cevizi, fındık kabuğu, pirinç kabuğu ve meyve çekirdekleri örnek verilebilir. Bu materyallerden elde edilen aktif karbonlar genellikle sert ve yoğundur. Suda bozunmadan uzun süre kullanılabilir (Ekici 2007).

Ayrıca aktif karbonlar saflaştırma işlemlerinde, hava kirliliğinin temizlenmesinde, gaz adsorpsiyon işlemlerinde ve içme sularının temizlenmesinde kullanılmaktadır. Aktif karbon üretimi ise aşağıda ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır.

### **1.2.1. Aktif Karbon Üretimi**

Aktif karbon üretimi genellikle iki farklı şekilde yapılmaktadır. Birincisi; aktif karbon üretiminde kullanılacak ham madde öncelikle asit, baz, çinko klorür, demir klorür gibi bir kimyasal madde ile çeşitli muamelelerden geçirildikten sonra bir piroliz ünitesinde reaktöre yerleştirilir. Reaktöre karbondioksit veya azot gazı vermek suretiyle reaktör 300–900 C° arasında herhangi bir sıcaklığa ayarlanarak belli bir süre aralığında karbonlaştırma yapılır. İkincisi ise; ham madde herhangi bir kimyasal muamele yapılmadan direkt olarak piroliz ünitesinde reaktöre yerleştirilir. Sıcaklık, gaz akışı ve süre gibi karbonlaştırma şartları ayarlandıktan sonra elde edilen kömür veya karbon daha sonra çeşitli kimyasal maddeler ile değişik şartlarda muamele edilerek aktifleştirilir ve aktif karbon elde edilir. Bu çalışmada boyar maddelerin adsorpsiyonunda kullanılan aktif karbon ikinci yöntemle göre elde edilmiştir ve aktif karbon üretim ünitesi Şekil 3.1.1’de gösterilmiştir. Aktif karbon üretimi ise ayrıntılı bir şekilde tezin materyal ve metod kısmında anlatılmıştır.

**1.3. Adsorpsiyon**

Atom iyon ya da moleküllerin katı yüzeyine tutunmasına ‘adsorpsiyon’, katıya (tutucu maddeye) ‘adsorbent’, katı yüzeyine tutunan maddeye ise ‘adsorbat’ denilir (Sarıkaya, 2000).

Adsorpsiyon olayı yüzeyi ilgilendiren bir olay olduğu için, bir katı veya bir sıvının yüzeyindeki konsantrasyon değişmesi olayı olarak ta tanımlanır (Choy ve ark.1999).

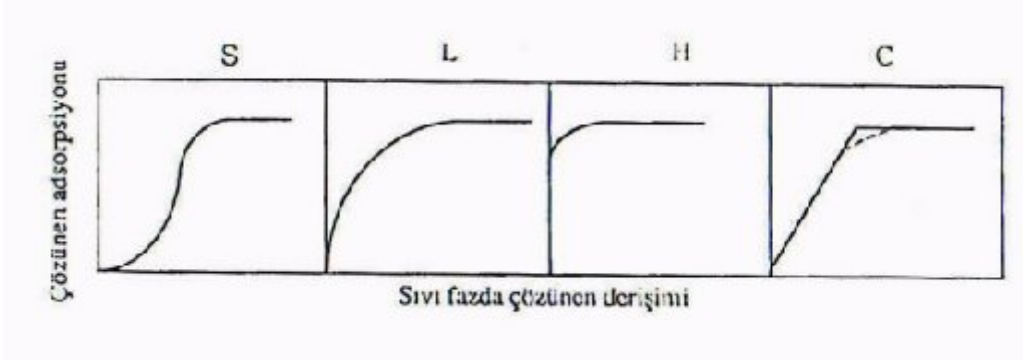
Adsorpsiyon, adsorbent ile adsorbat arasındaki etkileşime göre fiziksel ve kimyasal olmak üzere ikiye ayrılır. Adsorplayıcı madde ile adsorplanan atom, iyon ya da moleküller arasında uzun mesafeli fakat zayıf olan van der Waals çekim kuvvetleri söz konusu ise bu tür adsorpsiyona fiziksel adsorpsiyon denir. Fiziksel adsorpsiyon aynı zamanda tersinidir. Eğer adsorbent ile adsorbat molekülleri arasındaki etkileşim van der Waals etkileşimlerinden daha kuvvetli ise yani yüzeye tutunmalar kovalent bağ oluşumu gibi kuvvetli etkileşimlerle gerçekleşiyorsa bu tür adsorpsiyona kimyasal adsorpsiyon denir. Kimyasal adsorpsiyon genellikle tersinmezdir. Adsorpsiyon ısısı genellikle yüksektir. Kimyasal adsorpsiyon tek tabakalı yani monomoleküler olabildiği halde, fiziksel adsorpsiyon bir tabakalı ya da çok tabakalı (multimoleküler) olabilir (Sarıkaya, 2000). Adsorpsiyon olayı hem katı hem sıvı yüzeyinde meydana gelmekle birlikte, daha çok katı yüzeyinde olan adsorpsiyon olayları incelenmektedir (Erdik ve Sarıkaya, 1984).

**1.3.1. Adsorpsiyon İzotermi**

Sabit sıcaklıkta adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarı ile denge konsantrasyonu arasındaki (gaz adsorpsiyonu durumunda denge basıncı) bağıntıya adsorpsiyon izotermi adı verilir. Adsorpsiyon izotermi genellikle; adsorbentin kapasitesi ve adsorpsiyon enerjisi, adsorpsiyonun ne türde olduğu gibi bir takım önemli bilgilerin elde edilmesini sağlar (Kertmen 2006).

Adsorpsiyon izotermi gaz fazından ve sıvı fazdan adsorpsiyon olmak üzere değişik şekillerde gerçekleşebilir. Gaz fazı adsorpsiyon Branuer, Deming ve Teller tarafından sınıflandırılmış ve bu izotermi BDDT sınıflandırılması olarak ifade edilmiştir (Albayrak, 1990). Bu izotermi genellikle gaz fazı adsorpsiyonu için geçerli olup, bazen de çözelti fazından adsorpsiyon için uyumlu olabilmektedir.

Çözeltiden adsorpsiyon durumunda ise; genellikle aşağıdaki izoterm şekilleri görülür (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Çözeltilerden Katı Adsorpsiyonu İçin İzotermelerin Sınıflandırılması (Giles 1998).

Bu izoterm şekilleri Giles ve çalışma arkadaşları tarafından çözülden adsorpsiyon durumunda, dört ana sınıfa ayrılmıştır.

S tipi izoterme, çözücünün kuvvetle adsorplandığı, adsorbe tabakalar arasındaki çekim kuvvetlerinin büyük olduğu ve adsorplanan moleküllerin tek tabakalı olduğu hallerde rastlanır.

L tipi izoterme (Langmiur tipi izoterm), yüzeydeki merkezlere çözücünden kuvvetli bir rekabet olduğu hallerde rastlanır.

H tipi izoterme, adsorbat ile adsorbent arasında kuvvetli bir eğilimin olduğu hallerde rastlanır. Bu izoterm çözeltinin çok seyreltik olduğu hallerde elde edilir ve kimyasal adsorpsiyon söz konusudur.

C tipi izoterme ise, çözelti ile adsorbent arasında adsorbatın sabit paylaşımını gösterir ve özellikle tekstil elyafında kullanılır (Şahin, 1998).

### 1.3.2. Adsorpsiyon İzoterm Eşitliklikleri

Bilim adamları adsorpsiyonla ilgili olarak Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich, Redlich-Peterson, Harkins-Jura, Halsey ve Henderson izotermeleri gibi birçok izoterm eşitliği ortaya sürmüşlerdir. Ancak bulardan en sık kullanılanları Langmuir ve Freundlich izotermeleri olduğu için bu çalışmada elde edilen değerler Langmuir ve Freundlich izotermelerine göre yorumlanmıştır.

Langmiur adsorpsiyon izotermi aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$q_e (x/m) = Q_0 \cdot b C_e / 1+b C_e \quad (1.1)$$

bu eşitlik düzenlenirse

$$C_e / q_e (x/m) = 1 / Q_0 \cdot b + C_e / Q_0 \quad \text{şeklinde ifade edilir.} \quad (1.2)$$

Burada,  $q_e$  = Adsorbentin birim kütlesi başına adsorplanan madde miktarı (mg/g),  $x$  = Adsorplanan madde miktarı (mg),  $m$  = Adsorbentin kütlesi (g),  $C_e$  = Adsorpsiyon sonrası çözültide kalan maddenin konsantrasyonu (mg/L),  $b$  = Adsorpsiyon enerjisini ifade eden Langmuir sabiti (L/mg),  $Q_0$  = Adsorpsiyon kapasitesini ifade eden Langmuir sabiti (mg/g) dır.

Eşitlik 1.1'e göre;  $C_e$ 'ye karşı  $C_e/q_e$  değerleri grafiğe geçirilerek, grafik yardımıyla  $Q_0$  ve  $b$  sabitleri bulunur (Gündoğan ve ark. 2004, Acemioğlu ve Alma 2004).  $Q_0$  grafiğin eğiminden,  $b$  ise y eksenini kestiği noktadan hesaplanır.

Langmuir adsorpsiyon izotermi aşağıdaki karakteristik kabullere dayanır:

1. Adsorpsiyon tek tabaka ile sınırlıdır. Sadece tek tabakalı adsorpsiyon meydana gelir.
2. Adsorpsiyon lokalizedir, adsorplanan moleküller yüzey üzerinde hareket etmezler.
3. Adsorpsiyon ısısı yüzey örtünmesinden bağımsızdır.
4. Adsorplanmış moleküller arasında etkileşme yoktur.
5. Yüzey homojendir, gaz molekülleri için yüzeyin her noktasını etkinliği aynıdır (Şahin, 1998).

Freundlich adsorpsiyon izotermi aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$q_e (x/m) = k \cdot C_e^{1/n} \quad (1.3)$$

Bu denklemin lineerize hali

$$\ln q_e = \ln k + 1/n \ln C_e \quad \text{şeklinde ifade edilir.} \quad (1.4.)$$

Burada;  $q_e$  = Adsorbentin birim kütlesi başına adsorplanan madde miktarı (mg/g),  $x$ =Adsorplanan madde miktarı (mg),  $m$ =Adsorbentin kütlesi (g),  $k$ =Adsorpsiyon kapasitesini gösteren sabit,  $n$ =Adsorpsiyon şiddetini ifade eden Freundlich sabitidir. Burada;  $\ln C_e$ 'ye karşı  $\ln q_e$  değerleri grafiğe geçirilerek, grafik yardımıyla  $k$  ve  $n$  sabitleri bulunur (Gündoğan ve ark. 2004, Acemioğlu ve Alma 2004). Grafiğin eğiminden  $n$ , y eksenini kestiği noktadan  $k$  hesaplanır. Freundlich izotermi, heterojen yüzeydeki adsorpsiyona

işaret eder. Çok tabakalı adsorpsiyonun meydana geldiği durumlarda da Freunlich izotermine uygunluk görülebilir. Ayrıca yüzeyde adsorbatın rastgele adsorplandığına işaret eder. Yani belli homojenliğin olmadığı durum söz konusudur.

### 1.3.3. Adsorpsiyon Kinetiği

Adsorpsiyon prosesini karakterize eden yani, boyar maddenin adsorbent yüzeyine adsorpsiyonu esnasında ne tür bir mekanizmanın rol oynadığını belirlemek için ileri sürülen çeşitli kinetik modeller vardır. Bu modeller yalancı birinci derecen kinetik model (Pseudo first-order kinetic model), yalancı ikinci derecen kinetik model (pseudo second-order kinetic model) ve partikül içi difüzyon modeli (Intra-particle diffusion model) olmak üzere üç sınıfta incebebilir.

#### 1.3.3.1. Yalancı Birinci Derecen Kinetik Model

Yalancı birinci dereceden kinetik model Lagergren tarafından geliştirilmiştir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\log (q_e - q_t) = \log (q_e) - \frac{k_1}{2.303} t \quad (1.5)$$

Burada;  $q_e$ : Denge anında adsorbentin gramı başına adsorplanan madde miktarı (mg/g),  $q_t$ : Herhangi bir anda adsorbentin gramı başına adsorplanan madde miktarı (mg/g),  $k_1$ : Hız sabiti ( $\text{dak}^{-1}$ ),  $t$ : Temas süresidir.

Hız sabiti  $k_1$ ,  $\log (q_e - q_t) - t$ 'ye karşı çizilen grafiğin eğiminden, teorik  $q_e$  değeri ise grafiğin keşişim noktasından hesaplanır.

#### 1.3.3.2. Yalancı İkinci Derecen Kinetik Model

Yalancı ikinci dereceden kinetik model Ho tarafından geliştirilmiştir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

Bu model,

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (1.6)$$

bağıntısıyla verilir.

Burada;  $q_e$ ; Denge anında adsorbentin gramı başına adsorplanan madde miktarı (mg/g),  $q_t$ ; Herhangi bir anda adsorbentin gramı başına adsorplanan madde miktarı (mg/g),  $k_2$ ; Hız sabitidir. (g/mg. min). Başlangıç adsorpsiyon hızı ise  $h = k_2 \cdot q_e^2$  dir.

Hız sabiti  $k_2$  ve teorik  $q_e$  değeri sırasıyla  $t/q_t$ 'nin  $t$ 'ye karşı çizilen grafiğinin sırasıyla kesişim ve eğiminden hesaplanır.

### 1.3.3.3. Partikül İçi Difüzyon Modeli

Weber ve Morris tarafından geliştirilmiştir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$q_t = k_i \cdot t^{1/2} + C \quad (1.7)$$

Burada  $k_i$ ; İntraparticle difüzyon hız sabiti (mg/g. min<sup>2</sup>),  $c$ ; adsorbent ile adsorbat arasında oluşan tabakanın kalınlığı hakkında bilgi veren bir sabittir.

Hız sabiti  $k_i$ ;  $q_t$ 'nin  $t^{1/2}$  karşı çizilen grafiğinin eğiminden hesaplanır.  $C$  ise kesişim değerine eşittir.

**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Periasamy ve arkadaşları (1994), yarfıstığı kabuğu ve yarfıstığı kabuğundan aktif karbon üreterek Cd ( II) metalinin uzaklaştırılmasını kesikli metotla çalışmışlardır. Deneysel çalışmaları, pH 3,5–9,5 arasında yaparak en iyi adsorpsiyonun pH 5–9,5 arasında olduğunu görmüşlerdir. Adsorpsiyonun konsantrasyon düşükçe arttığını görmüşlerdir. Sonuç olarak ta Cd (II) ‘nin adsorpsiyonunun fıstık kabuğundan üretilen aktif karbonun, fıstık kabuğundan daha iyi kapasite gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Tuna (1996), yaptığı çalışmada Batı Karadeniz yöresinden temin edilen fındık kabuklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri tayin etikten sonra fındık kabuklarını ZnCl<sub>2</sub> ile emprenye etmiştir. Daha sonra bu fındıkkabuklarını belirli sıcaklıklara tabi tutarak CO<sub>2</sub> gazı altında karbonlaştırma işlemini gerçekleştirmiştir. 923 K’de fındık kabuklarından elde edilen aktif karbonla, metilen mavisinin 20 dakika içerisinde %80-90 oranında giderildiğini tespit etmiştir.

Nigam ve arkadaşları (2000), buğday sapı, odun, mısır midili gibi çeşitli zirai atıkları birer adsorbent olarak kullanarak, tekstil boyar maddelerinden olan Cibacron red, Remazol navy blue, Remazol red, Cibacron orange, Remazol Golden yellow, Remazol blue, Remazol Turquoise ve Remazol Blak B boyalarının uzaklaştırılmasını incelemişlerdir. Giderim üzerine başlangıç boya konsantrasyonunun etkisini belirlemek amacıyla 200–500 ppm’de deneyler yapmışlardır. Bu çalışmada, boya konsantrasyonunun artışı ile yüzde boya gideriminin azaldığını ve en yüksek yüzde giderimin 200 mg/l boya konsantrasyonunda elde edildiğini rapor etmişlerdir. Sonuçta boyar maddelerin pH=5–7 arasında %50–80 civarında uzaklaştırıldığını ve adsorbentlerin iyi bir kapasite gösterdiğini belirlemişlerdir.

Wartelle ve arkadaşları (2000), Bu çalışmada yarfıstığı kabuğu, pirinç kabuğu, mısır, şeker kamışı vb.gibi zirai atıklar kullanarak Cu<sup>+2</sup> iyonunun uzaklaştırılmasını çalışmışlardır. Çalışmada kullandıkları adsorbentlerden 200 gram alarak 4 litre 0,1 N NaOH ile 300 rpm karıştırma hızında bulamaç haline getirmişlerdir. Bu işlemleri 1 saat devam ettirdikten sonra saf suyla iyice yıkayıp 50 °C’de kurutmuşlardır. Kurutulan bu adsorbentleri 20 ml 0,6 M’lık sitrik asitle 30 dakika muamele etmişlerdir. Daha sonra 120 °C’de 90 dakika ısıtarak adsorbentleri çalışmaya hazır hale getirmişlerdir. Adsorpsiyon çalışmalarını 20 ppm’lik düşük konsantrasyonda, pH 4–8 arasında ve kesikli metotla 24

saatlik sürede yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada Cu<sup>+2</sup> iyonunu %77–90 arasında uzaklaştırıldığını tespit etmişlerdir.

Chamarthy ve arkadaşları (2001), Zirai bir atık olan yerfıstığı kabuğunu 1.0 M fosforik asitle ya da 0.6 M sitrik asitle modifiye ederek çeşitli metal iyonlarının (Cd<sup>+2</sup>, Cu<sup>+2</sup>, Ni<sup>+2</sup>, Pb<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup>) giderimi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Aynı zamanda bu çalışmalarında yerfıstığı kabuğunun yanı sıra ticari reçineleri de modifiye ederek bu reçineleri metal iyonlarının adsorpsiyonunda kullanmışlardır. Metal iyonu adsorpsiyonu çalışmalarını pH =4,6 ve 5,0 arasında normal oda sıcaklığında gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak metal iyonlarının, sitrik asit ya da fosforik asitle modifiye edilmiş yerfıstığı kabuğu tarafından çok iyi adsorplandığını görmüşlerdir.

Robinson ve arkadaşları (2001), tarımsal atık olan mısır koçanı ve arpa kabuğunu yapay tekstil boyalarının uzaklaştırılmasında kullanmışlardır. Deneyler 5 tekstil boyasının eşit karışımından oluşan sentetik atıkların 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150 ve 200 ppm boya konsantrasyonlarında yapılmıştır. Yaptıkları çalışmada konsantrasyon etkisinin, adsorbent partikül büyüklüğünün, adsorbent miktarının adsorpsiyona etki ettiğini görmüşlerdir. 100 ml'de 1 g mısır koçanı ve 1 g arpa kabuğunun 48 saatin sonunda %92 adsorpsiyon kapasitesi gösterdiklerini belirlemişlerdir.

Annadurai ve arkadaşları (2002), selüloz içerikli bazı maddeleri muz kabuğu ve portakal kabuğunu methyl orange, methylene blue, congo red, Rhodamine B, methyl violet ve amido black 10B boyalarının sulu ortamdan uzaklaştırılmasında birer adsorbent olarak kullanmışlar ve her bir boya için adsorbentlerin kapasitesini belirlemişlerdir. Boyaların giderimini 10–120 ppm konsantrasyon aralığında ve 30 C<sup>o</sup>'de çalışmışlardır. Boya gideriminin en iyi alkali pH'da gerçekleştiğini ve muz kabuğunun portakal kabuğundan daha iyi bir adsorbent olduğunu görmüşlerdir.

Gong ve arkadaşları (2005), atık sulardaki bazı katyonik ve anyonik (Methylene blue, brilliant cresyl blue, neutral red, amaranth, sunset yellow ve fast green) boyaların giderilmesi amacıyla yerfıstığı kabuğu kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Adsorpsiyon kapasitesini artırmak için çalışmada kullanılan fıstık kabuğundaki fonksiyonel gruplar (amino grup, karboksil ve hidroksil gruplar) kimyasal olarak modifiye edilmiştir. Amino gruplarını metilasyon ile karboksil gruplarını esterifikasyon ile ve hidroksil gruplarını asitilasyon yöntemiyle modifiye etmişlerdir. Sonuç olarak; katyonik boyaların giderim

kapasitesini oda sıcaklığında, 100 ppm'de ve pH= 5,0'de %85-%98 arasında tespit etmişlerdir. Anyonik boyaların giderim kapasitesini ise pH =2,0' de oda sıcaklığında %90-%98 arasında bulmuşlardır.

Gupta ve arkadaşları (2006), pirinç kabuklarından aktif karbon elde ederek Safranin T boyasının uzaklaştırılmasını çalışmışlardır. Çalışmada adsorbent olarak kullanılan kullanılan çeşitli tanecik boyutundaki pirinç kabukları yıkanıp kurutulduktan sonra asetik asitle muamele edilip tekrar yıkanmıştır. Daha sonra hidrojen peroksitle 24 saat mumele edilerek 110 C°'de vakumlu fırında 1 saat kurutulmuştur. Bu işlemlerin ardından safranin adsorpsiyonunu çalkalama tekniği ile çalışmışlardır. pH' nın sıcaklığın ve konsantrasyonun adsorpsiyona nasıl etki ettiğini incelemişlerdir. Sonuç olarak pH=6,5'de T=40C° ve  $5,0 \times 10^{-5}$  M konsantrasyonda maksimum boya giderinin %86–95 arasında olduğunu gözlemlemişlerdir.

Vural (2007), paulowina tomentosu odunundan kimyasal aktivasyon yöntemiyle aktif karbon üreterek metilen mavisi adsorpsiyonunda kullanmıştır. Aktif karbonu 400 C° de yapmıştır. Aktivasyon kimyasalı olarak  $ZnCl_2$  kullanmıştır. Adsorpsiyon çalışmalarını farklı sıcaklık (25, 35 ve 45 C°'de), pH (1 ile 13 arasında) ve konsantrasyonlarda (200 ile 1200 ppm arsında) gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak konsantrasyon, pH ve sıcaklık arttıkça adsorpsiyonun arttığını görmüştür.

**3. MATERYAL VE METOD****3.1. Materyal****3.1.1. Yerfıstığı Kabuğu**

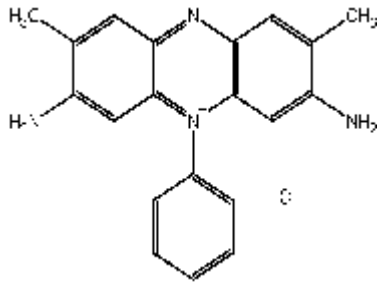
Deneylede Osmaniye’de belirli bir bölgede yetiştirilmiş yerfıstığı kabuğu kullanılmıştır.

**3.1.2. Deneylede Kullanılan Boyar Maddeler ve Özellikleri**

Deneylede kullanılan safranin boyar maddesi Carlo Erba’dan, Remazol Brillant Blue R boyar maddesi ise Kahramanmaraş Arsan Tekstil’den sağlandı.

**3.1.2.1. Kullanılan Boyar Maddeler**

a) Safranin’in molekül yapısı Şekil 3,1’de ve bazı özellikleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

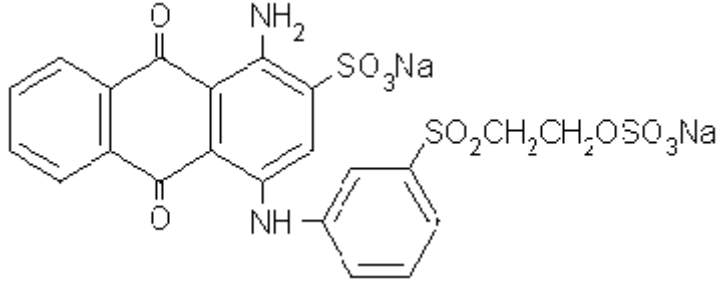


Şekil 3. 1. Safranin’in Molekül Formülü

Çizelge 3. 1. Safranin’in Fiziksel Özellikleri

Yaygın adı	Safranin
C.I. numarası	50240
C.I. ismi	Basic Red 2
Sınıfı	Safranin
Sudaki çözünürlük	%5,45
Ethonde çözünürlük	%3,41
$\lambda_{max}$	517–530
Renk	Kırmızı
Molekül ağırlığı	350.8
Molekül formülü	$C_{20}H_{19}N_4$
İyonlaşması	Bazik

b) Remazol Brillant Blue R' nin molekül yapısı 3.2' de ve bazı fiziksel özellikleri Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.



Çizelge 3.2. Remazol Brillant Blue R' nin Fiziksel Özellikleri

Yaygın adı	Remazol Brillant Blue
Diğer adı	Reaktif Blue
Sınıfı	Asidik
Etanolde çözünürlük	İyi
Sudaki çözünürlük	İyi
Renk indeks numarası	61200
$\lambda_{max}$	593
Renk	Mavi
Molekül ağırlığı	626,54
Molekül formülü	$C_{22}H_{16}N_2Na_2O_{11}S_3$

### 3.1.2.2. Boyar Madde Çözeltilerinin Hazırlanması

Boyar madde çözeltilerini hazırlamak için, öncelikle 500 veya 1000 ppm lik stok çözeltiler hazırlandı. Daha sonra istenen konsantrasyonlardaki (10, 20, 50, 75, 100 ve 150 ppm) boya çözeltileri, stok çözeltilerden seyreltme yapılarak hazırlandı. Boya çözeltilerinin pH ayarları 0,1 N NaOH ve 0,1 N HCl çözeltileri kullanılarak yapıldı.

### 3.1.3. Deneylede Kullanılan Aletler

**Spektrofotometre** (PG Instruments marka, T80 model UV-Visible spektrofotometre); Boyar maddenin maksimum dalga boyundaki absorbansını okumak için kullanıldı.

**Manyetik karıştırıcı** (WiseTis); Adsorpsiyon çalışmalarında kullanılan adsorbentin belirli bir sıcaklıkta ve belirli bir karıştırma hızında muamele edilerek hazırlanmasında kullanıldı.

**pH metre** (CPC-501); Boya çözeltilerin pH'sının ayarlanmasında kullanıldı

**Santrifüj** (Nüve marka NF 200 model); Numunelerdeki adsorbentin çöktürülmesinde kullanıldı.

**Hassas terazi** (Precisa, Series XB); Maddelerin hassas bir şekilde tartılmasında kullanıldı.

**Sıcaklık kontrollü çalkalamalı su banyosu** (Memmert); Adsorpsiyon çalışmalarının gerçekleştirilmesinde kullanıldı.

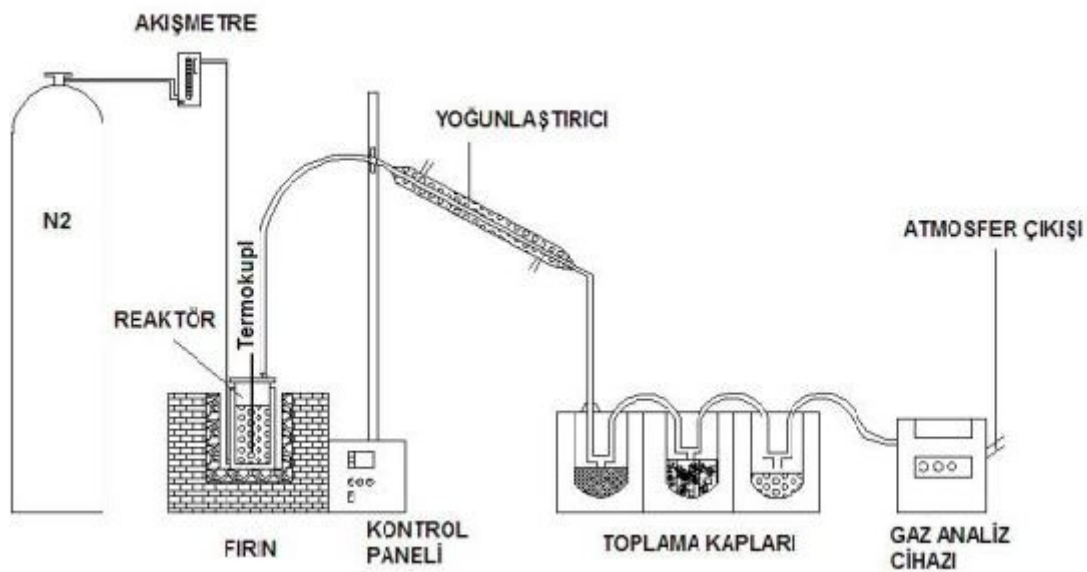
**Otomatik sarsak elek** (Retch marka, AS200 model); Yer fıstığı kabuğunu ve kömürü istenilen tanecik boyutunda elde etmek için kullanıldı.

**Mikropipet** (Microlit); Numunelerin alınmasında kullanıldı.

## 3.2. Metot

### 3.2.1. Yerfıstığı Kabuğundan Kömür (çarkol) Üretimi

Deneylerde kullanılan kömürü üretmek için kullanılan piroliz düzeneği Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



S

Şekil 3.2. Aktif Karbon Üretmek İçin Kullanılan Piroliz Düzeneği

Önceden öğütülmüş olan ham fıstık kabukları 100 mesh'lik sarsak elekten geçirildikten sonra bir miktar tartıldı. Tartılan fıstık kabuğu reaktör içine yerleştirilerek ağzı sıkıca kapatıldı. Daha sonra reaktör fırının içine yerleştirildi ve reaktöre gaz çıkış borusu takıldı. Gaz çıkış borusuna soğutucu bağlandı. Soğutucunun dışına sıvı ürün toplama kapları takılarak fırın çalıştırıldı. Fırının sıcaklığı ise 350 °C ayarlandı. Sonra azot gazı açılarak gazın akış hızı 1Nlt/saat'e ayarlandı. Daha sonra istenilen sıcaklıkta gaz çıkışı bitene kadar Piroliz işlemi 1,5 saat devam ettirildi. Proliz işlemi bittikten sonra sistem yaklaşık 3–4 saat soğumaya bırakıldı.

### **3.2.2. Safranin ve Remazol Brilliant Blue Boyaları İçin Modifiye İşlemleri**

#### **3.2.2.1. Yerfıstığı kabuğunun Remazol Brilliant Blue İçin Modifiye İşlemi**

Deneylerde kullanılan remazol brilliant blue boyasının yerfıstığı kabuğu üzerine adsorpsiyonunun çok az olduğu görüldü. Bunun nedeni ise, anyonik yapıda olan brilliant blue ile yerfıstığı kabuğunun yapısındaki OH<sup>-</sup> gruplarının birbirlerini itmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle yerfıstığı kabuğunun adsorpsiyon kapasitesini artırmak için, yerfıstığı kabuğu 0,1 N HCl ile 3-5 dakika karıştırıldı ve daha sonra süzülerek kurutuldu ve çalışmaya hazır hale getirildi.

#### **3.2.2.2 Yerfıstığı Kabuğundan Hazırlanan Kömürün Safranin ve Remazol Brilliant Blue Boyaları İçin Modifiye İşlemi**

Yerfıstığı kabuğundan üretilen kömür safranin ve remazol brilliant blue R boyalarını adsoplamayınca, 1 N NaOH kullanılarak kömürün modifiye işlemi yapıldı. Modifiye işlemi, kömür/NaOH oranı 1,0 g/20 ml (w/v) olacak şekilde magnetik karıştırıcıda 145 °C'de 8 saat süreyle reaksiyona tabii tutularak gerçekleştirildi. 8 saat sonra reaksiyon karışımı süzüldü. Süzme işlemi, reaksiyon karışımı saf su ve 0,1 N HCl ile süzüntü berraklaşana kadar yıkanarak gerçekleştirildi ve daha sonra kurutularak modiye kömür çalışmaya hazır hale getirildi.

### **3.2.3. Adsorpsiyon Deneyleri**

Adsorpsiyon deneyleri, 0,25 g fıstık kabuğu ve fıstık kabuğu kömürü üzerine 50 ml boya çözeltileri ilave edilerek 130 d/d karıştırılma hızında, sıcaklık kontrollü çalkalamalı su banyosunda gerçekleştirildi. Daha sonra belirlenen zaman aralıklarında bu karışımlardan 5'er mililitrelik numuneler alındı ve bunlar 5000 rpm'de 5 dakika santrifüjlendi. Bu numunelerin maksimum absorbanları, UV-visible spektrofotometre cihazında maksimum

dalga boyunda ( $\lambda_{\max}$ ) safranin için 517 nm'de, remazol brilliant blue R için 593 nm'de ölçüldü. Fıstık kabuğu ve fıstık kabuğu kömürü üzerine adsorplanan boyar madde miktarları, boyanın başlangıç konsantrasyonundan son konsantrasyonu çıkarılarak hesaplandı.

Adsorpsiyonun üzerine konsantrasyon, pH ve sıcaklığın temas süresinin bir fonksiyonu olarak ayrı ayrı incelendi.

Adsorpsiyon üzerine konsantrasyonun etkisini incelemek için deneyler, değişik konsantrasyonlarda 10, 20, 50, 75, 100 ve 150 ppm'lik boyar madde çözeltileri kullanılarak yapıldı. Safraninin fıstık kabuğu üzerine adsorpsiyonu 20°C'de ve pH 5'de, fıstık kabuğu kömürü üzerine adsorpsiyonu ise 40°C'de ve pH 3'de gerçekleştirildi. Remazol Brilliant Blue R'nin fıstık kabuğu üzerine adsorpsiyonu 40°C'de ve pH 3'de, fıstık kabuğu kömürü üzerine adsorpsiyonu ise 40°C'de ve pH 3'de gerçekleştirildi.

Boyar maddelerin fıstık kabuğu ve fıstık kabuğu kömürü tarafından adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisi, pH 3, 5, 7 ve 9'da çalışıldı. Deneyler; safraninin fıstık kabuğu üzerine adsorpsiyonu için 20°C'de ve 75 ppm'de, fıstık kabuğu kömürü üzerine adsorpsiyonu için ise 40°C'de ve 75 ppm'de gerçekleştirildi. Remazol Brilliant Blue R'nin fıstık kabuğu kömürü üzerine adsorpsiyonu 40°C'de ve 50 ppm'de, fıstık kabuğu kömürü üzerine adsorpsiyonu ise 40°C'de ve 50 ppm konsantrasyonda gerçekleştirildi.

Boyar maddelerin fıstık kabuğu ve fıstık kabuğu kömürü tarafından adsorpsiyonu üzerine sıcaklığın etkisi 20, 30, 40, 50 ve 60°C'de çalışıldı. Çalışılan çözelti konsantrasyonu ve pH değerleri safranin için 75 ppm ve pH 5, brilliant blue için 50 ppm ve pH 3 olarak alındı.

Kolon Adsorpsiyon deneyleri; kolon adsorpsiyonunda kullanılan safranin ve brilliant blue çözeltilerinin konsantrasyonları 10, 20, 50, 75, 100 ve 150 ppm olarak çalışıldı. Fıstık kabuğu için safranin çözeltisinin pH 5, fıstık kabuğu kömürü için pH 3, fıstık kabuğu ve fıstık kabuğu kömürü için brilliant blue çözeltilerinin pH 3 olarak çalışıldı.

Kolon Adsorpsiyon deneyleri; 2g fıstık kabuğu ve fıstık kabuğu kömürü alınarak ayrı ayrı kolona yerleştirildi, (Çap=1cm, boy 20cm). Kolon yüksekliği 10 cm olacak şekilde ayarlandı. Kolonun üst kısmına kolon besleme çözeltisini vermek üzere bir ayırma hunisi yerleştirildi. Ayırma hunisine bırakılan 50 ml boya çözeltisi oda sıcaklığında 21 ml/saat akış hızında kolona verildi. Daha sonra belirlenen zaman aralıklarında kolonun alt

kısmından belirli miktarda numuneler alındı ve daha önceki gibi spektrofotometre cihazında okumalar yapılarak adsorplanan boyar madde miktarları hesaplandı.

#### **3.2.4. Çözelti Ortamından Uzaklaştırılan Boyar Madde Miktarlarının Hesaplanması**

Çözelti ortamından uzaklaştırılan boyar madde miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanıldı.

$$q_e(x / m) = (C_0 - C_e) \cdot v / w \quad (3.1)$$

Burada;  $q_e$  = Adsorbentin birim ağırlığı başına adsorplanan boyar madde miktarı (mg/g),  $x$  = Adsorplanan boyar maddenin kütlesi (mg),  $m$  = Adsorbentin kütlesi (g),  $C_0$  = Boyar maddenin başlangıç konsantrasyonu (mg/L),  $C_e$  = Adsorpsiyon sonrası çözültide kalan boyar madde konsantrasyonu (mg/L),  $v$  = Kullanılan çözülti hacmi (L),  $w$  = Kullanılan adsorbentin miktarıdır. (g)

**4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Bu çalışmada; kullanılan yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğundan üretilen kömür adsorbent olarak kullanılarak, sulu ortamdan brillant blue ve safranin kimyasal boyar maddelerinin adsorpsiyon metodu ile giderimi ve adsorbentin adsorplama kapasitesi belirlendi. Her iki boyar maddenin sulu ortamdan uzaklaştırılmasında adsorpsiyon üzerine temas süresi, başlangıç boyar madde konsantrasyonu, sıcaklık ve pH'nın etkileri deneysel olarak incelendi.

**4.1. Boyar Maddenin Sulu Çözeltiden Giderilmesi Üzerine Temas Süresinin Etkisi**

Yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğundan üretilen kömür tarafından safranin ve brillant blue R kimyasal boyar maddelerinin sulu ortamdan adsorpsiyon metodu ile uzaklaştırılması üzerine temas süresinin etkisi; boyar madde konsantrasyonu, çözelti sıcaklığı ve pH gibi bütün deneysel parametreler çeşitli zaman aralıklarında (1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 75, 100, 120, 180, 210, 240, ve 300 dk.) incelendi. İncelenen tüm şartlar altında İlk 5 dakikada hızlı bir adsorpsiyon gözlenmiş olup, 1. dakikadan itibaren yüksek bir yüksek bir adsorpsiyon meydana gelmiş ve daha sonra sulu çözeltiden giderilen boyar madde miktarında Safranin boyar maddesi için 45. dakikaya kadar, brillant blue boyar maddesi için 60.dakikaya kadar tedrici bir artış görülmüştür. Bu dakikadan sonra adsorplanan boyar madde miktarlarında bazı durumlarda önemsenmeyecek derece azalmalar (yaklaşık olarak %1–2 civarında) görülmüştür. Bu nedenle, bu çalışmada 45. dakikalar, safranin ve, brillant blue R'nin sulu çözeltiden adsorpsiyon tekniği ile uzaklaştırılması için optimum süre olarak kabul edilmiştir.

**4.2. Adsorpsiyon Üzerine Başlangıç Boyar Madde Konsantrasyonunun Etkisi**

Başlangıç boyar madde konsantrasyonunun adsorpsiyona etkisini görmek için safranin ve brillant blue R'nin 10, 20, 50, 75,100 ve 150 ppm'lik konsantrasyonları çalışılmıştır. Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'te boyar maddelerin adsorbent üzerine adsorpsiyonunda başlangıç boyar madde konsantrasyonunun etkisine ait zamana göre elde edilen  $C_e$ ,  $C_{ads}$ ,  $q_e$  ve % adsorpsiyon değerleri verilmiştir. Yerfıstığı kabuğu yerfıstığı kabuğu kömürü tarafından safranin ve brillant blue R'nin adsorpsiyonu üzerine konsantrasyonunun etkisi zamanın bir fonksiyonu olarak sırasıyla Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfistığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	10				20			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	0,095	9,905	1,980	99,041	1,644	18,356	3,671	91,780
2	0,082	9,918	1,983	99,178	1,096	18,904	3,780	94,521
3	0,079	9,921	1,984	99,205	0,822	18,178	3,835	95,894
4	0,054	9,946	1,989	99,452	0,685	19,315	3,863	96,577
5	0,041	9,959	1,991	99,589	0,548	19,452	3,890	97,268
10	0,013	9,987	1,997	99,863	0,617	19,383	3,876	96,919
20	0,013	9,987	1,997	99,863	0,548	19,452	3,890	97,265
30	-	-	-	-	0,278	19,762	3,945	98,634
45	-	-	-	-	0,685	19,315	3,863	96,575
60	-	-	-	-	0,685	19,315	3,863	96,574

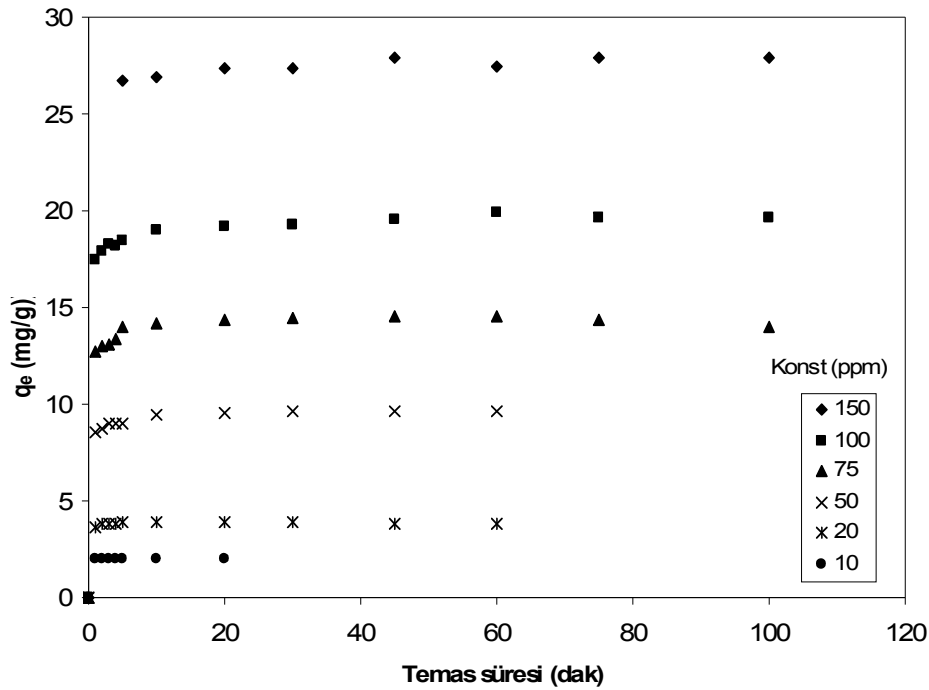
Çizelge 4.2. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfistığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	50				75			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	7,059	42,941	8,588	85,882	11,470	63,530	12,705	84,700
2	6,177	43,823	8,764	87,647	10,000	65,000	13,000	86,661
3	5,148	44,852	8,970	87,705	9,420	65,580	13,117	87,452
4	5,000	45,000	9,000	90,000	8,090	66,910	13,382	89,215
5	4,853	45,147	9,029	90,294	5,000	70,000	14,000	93,334
10	2,942	45,058	9,411	94,117	3,980	71,020	14,205	94,707
20	2,279	47,721	9,544	95,441	3,090	71,910	14,382	95,888
30	1,838	48,162	9,632	96,323	2,800	72,200	14,441	96,279
45	1,912	48,088	9,617	96,176	2,060	72,940	14,588	97,254
60	1,912	48,088	9,617	96,176	2,360	72,640	14,529	96,866
75	-	-	-	-	3,740	71,760	14,352	95,683
100	-	-	-	-	5,000	70,000	14,000	93,331

Çizelge 4.3. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	Konsantrasyon (ppm)							
	100				150			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	12,580	87,420	17,483	87,410	-	-	-	-
2	10,650	89,350	17,870	89,351	-	-	-	-
3	8,550	91,450	18,290	91,452	-	-	-	-
4	9,190	90,810	18,161	90,803	-	-	-	-
5	7,740	92,260	18,451	92,254	16,420	133,580	26,716	89,050
10	5,160	94,840	18,967	94,835	15,660	134,340	26,867	89,551
20	4,040	95,960	19,193	95,966	13,390	136,610	27,320	91,062
30	3,710	96,290	19,258	96,297	13,390	136,610	27,320	91,064
45	2,250	97,750	19,548	97,748	10,380	139,620	27,924	93,085
60	0,480	99,520	19,903	99,519	12,640	137,360	27,471	91,576
75	1,940	98,060	19,612	98,064	10,560	139,440	27,886	92,957
100	1,940	98,060	19,612	98,061	10,370	139,630	27,924	93,088

Çizelge 4.3.'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan safranin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonla değişimi Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyonun etkisi (T:40°C, pH: 5, w/v: 0,25g/50 ml)

Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş ilerleyerek 45. dakikada maksimum düzeye erişti ve 45. dakikadan sonra önemsiz sayılacak oranda azalmalar gözlemlendi ve bu nedenle 45.dakika maksimum adsorpsiyonun gözlemlendiği süre olarak kabul edildi. Ayrıca, 10 ve 20 ppm lik konsantrasyonlar için ise ilk 20 dakikada safraninin tamamının adsorplandığı gözlemlendi. Bu da düşük konsantrasyondan dolayı boyanın daha kısa sürede adsorplandığını ve daha yüksek konsantrasyonlarda ise maksimum adsorpsiyon için daha uzun süreler gerektiğini göstermektedir. 10 ve 20 ppm lik konsantrasyonlar için ilk 1. dakikada adsorpsiyonun sırasıyla 1,98 mg/g (% 99,04) ve 3,67 mg/g (91,78) olduğu gözlemlenirken 10. dakikada maksimum adsorpsiyonun sırasıyla %99,86 (1,99 mg/g) ve 3,87 mg/g (99,91) olduğu görüldü. 50, 75, 100 ve 150 ppm lik konsantrasyonlar için ise adsorpsiyon sırasıyla, ilk 1.dakikada ve 45. dakikada % 85,88–96,17, 84,70–97,25, 87,41–97,74 ve 89,05–93,08 olarak belirlendi. Ayrıca ilk dakikalardan itibaren safranin boyasının kırmızı renginin tamamen kaybolarak berraklaştığı görüldü.

Çizelge 4.4. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	10				20			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	2,696	7,304	1,460	73,040	3,841	16,159	3,230	80,790
2	0,918	9,082	1,810	90,821	2,651	17,349	3,460	86,710
3	1,754	8,246	1,640	82,460	2,471	17,529	3,500	87,620
4	0,290	9,710	1,940	97,112	1,201	18,799	3,750	93,990
5	3,531	6,469	1,290	64,680	1,471	18,529	3,700	92,620
10	0,290	9,710	1,940	97,112	1,471	18,529	3,700	92,620
20	-	-	-	-	1,830	18,160	3,630	90,801

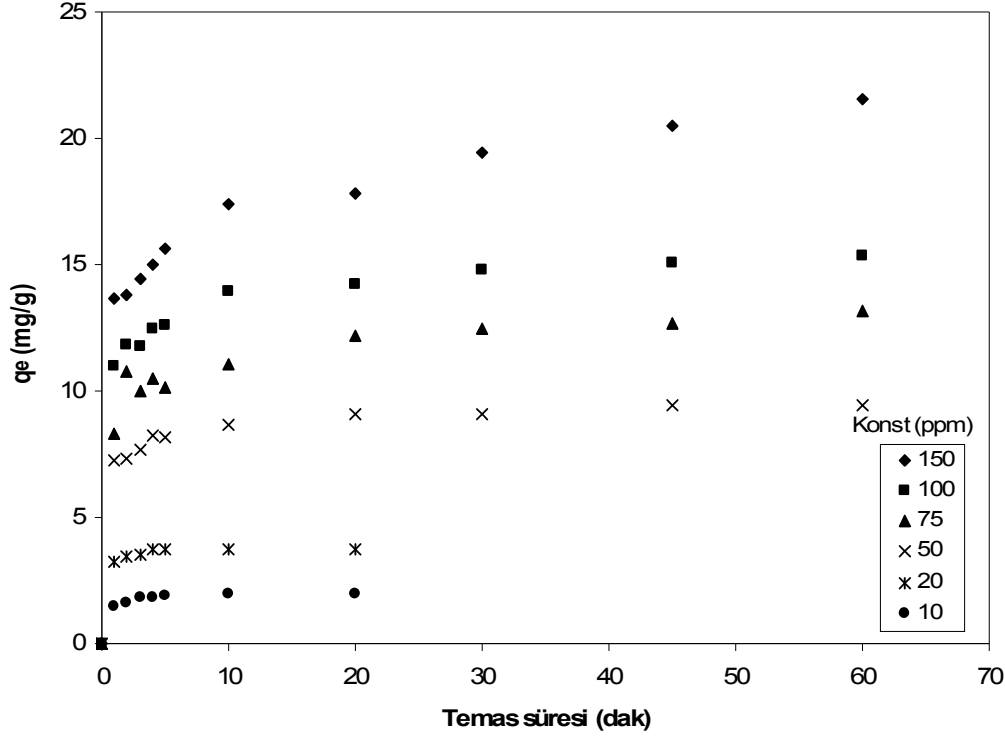
Çizelge 4.5. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	50				75			
t (dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	13,623	36,377	7,270	72,741	33,343	41,657	8,330	55,530
2	13,524	36,476	7,290	72,940	21,091	53,909	10,780	71,870
03	11,551	38,449	7,680	76,891	24,824	50,176	10,030	66,900
4	8,885	41,115	8,220	82,220	22,525	52,475	10,490	69,960
5	8,989	41,011	8,200	82,031	24,159	50,841	10,160	67,790
10	6,813	43,187	8,630	86,371	19,750	55,250	11,050	73,660
20	4,740	45,260	9,050	90,520	14,104	60,896	12,170	81,190
30	4,544	45,456	9,090	90,911	12,663	62,337	12,460	83,110
45	2,965	47,036	9,400	94,070	11,515	63,485	12,690	84,640
60	2,965	47,035	9,400	94,070	9,410	65,590	13,110	87,450
75	-	-	-	-	9,213	65,787	13,150	87,700
100	-	-	-	-	9,501	65,499	13,090	87,320

Çizelge 4.6. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	100				150			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	44,990	55,010	11,001	55,000	81,643	68,357	13,671	45,570
2	40,834	59,166	11,832	59,161	81,020	68,980	13,796	45,981
3	41,195	58,805	11,761	58,800	77,701	72,299	14,458	48,195
4	37,683	62,317	12,463	62,312	75,014	74,986	14,996	49,988
5	37,109	62,891	12,578	62,890	71,805	78,195	15,638	52,122
10	30,373	69,637	13,926	69,631	63,118	86,882	17,377	57,922
20	28,934	71,066	14,212	71,062	60,156	89,844	17,969	59,893
30	26,215	73,785	14,757	73,780	52,763	97,237	19,446	64,820
45	25,640	74,360	14,872	74,361	47,591	20,489	20,481	68,270
60	24,776	75,224	15,044	75,221	45,450	104,550	20,910	69,700
75	24,568	75,432	15,087	75,433	44,459	105,541	21,109	70,361
100	23,135	76,865	15,373	76,861	43,980	106,020	21,204	70,6805
120	21,124	78,876	15,775	78,874	43,031	106,969	21,392	71,300
150	20,192	79,808	15,961	79,801	45,217	104,793	20,598	69,862
180	20,192	79,808	15,961	79,801	42,104	107,896	21,579	71,935
210	-	-	-	-	44,275	105,725	21,144	70,482
240	-	-	-	-	42,725	107,275	21,454	71,512

Çizelge 4.6' daki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan brilliant blue R'nin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonla değişimi Şekil 4.2.' de verilmiştir.



Şekil 4.2. Modifiye Yerfistığı Kabuğu Tarafından Adsorplanan Remazol Brilliant Blue R'nin Üzerine Konsantrasyonun Etkisi (T:40°C, pH: 3, w/v: 0,25g/50 ml)

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren adsorpsiyon düzenli bir şekilde artış göstermekte ve zaman ilerledikçe adsorbent yüzeyi doygunluğa erişmektedir. Brilliant blue R nin adsorpsiyonu düşük konsantrasyonlarda kısa sürede tamamlanırken, konsantrasyonun artmasıyla adsorpsiyon daha uzun sürelerde tamamlanmaktadır. Örneğin, 10 ve 20 ppm'lik konsantrasyonlar için maksimum adsorpsiyonlar sırasıyla 10. dakikada 1,94 mg/g (%97,11) ve 3,70 mg/g (% 92,62), 50 ve 75, 100 ve 150 ppm lik konsantrasyonlar için 60.dakikada sırasıyla 9,407 mg/g (% 94,076) ve 13,11 mg/g (% 87,453), 15,96 mg/g (% 79,80) ve 20,91 mg/g (% 69,70) olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi daha düşük konsantrasyonlarda % adsorpsiyon daha yüksektir. Artan konsantrasyonla % adsorpsiyon düşmektedir.

Çizelge 4.7. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	10				20			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	0,193	9,807	1,956	98,080	0,621	19,379	3,874	96,850
2	0,215	9,785	1,956	97,841	0,503	19,497	3,899	97,471
3	0,254	9,746	1,948	97,430	0,874	19,126	3,824	95,612
4	0,232	9,768	1,957	97,661	0,546	19,454	3,890	97,270
5	0,232	9,768	1,958	97,930	0,382	19,618	3,903	98,091
10	-	-	-	-	0,559	19,441	3,888	97,211

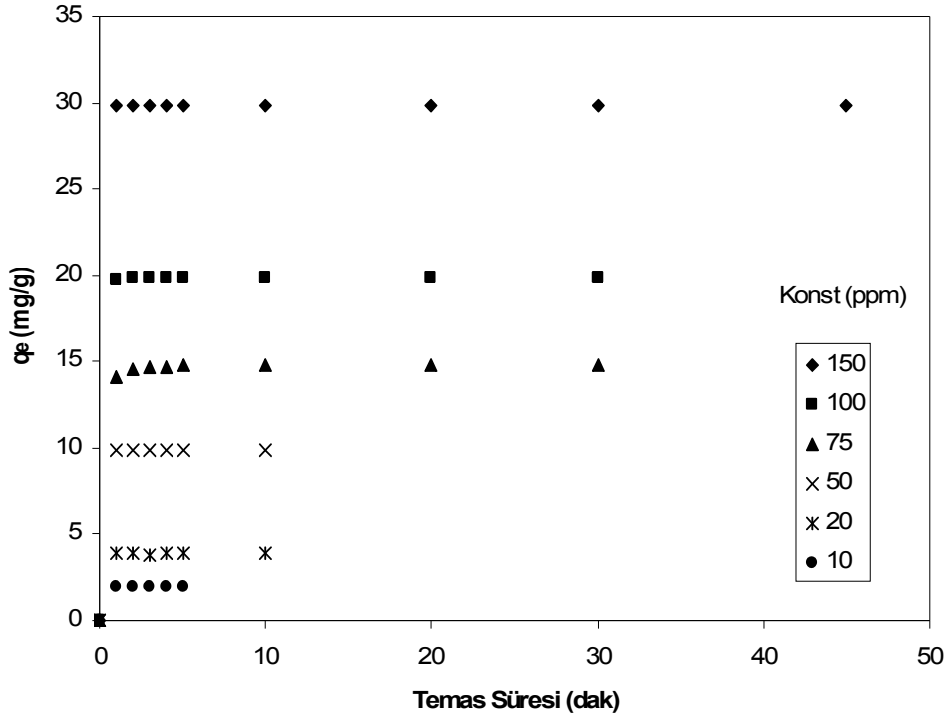
Çizelge 4.8. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	50				75			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	0,442	49,558	9,911	99,110	4,373	70,627	14,125	94,160
2	0,483	49,517	9,902	99,021	2,354	72,646	14,529	96,861
3	0,536	49,464	9,893	98,930	1,821	73,179	14,635	97,575
4	0,445	49,555	9,911	99,110	1,572	73,428	14,684	97,896
5	0,434	49,566	9,913	99,131	0,864	74,136	14,826	98,848
10	0,590	49,410	9,882	98,820	0,891	74,109	14,826	98,809
20	-	-	-	-	1,001	73,991	14,799	98,660
30	-	-	-	-	0,934	74,066	14,813	98,751

Çizelge 4.9. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	100				150			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	1,183	98,817	19,763	98,810	1,070	148,930	29,786	99,280
2	0,794	99,206	19,841	99,201	0,901	149,099	29,819	99,399
3	0,794	99,206	19,841	99,202	0,743	149,257	29,850	99,508
4	0,852	99,148	19,829	99,143	0,814	149,186	29,837	99,452
5	0,735	99,265	19,853	99,260	0,675	149,325	29,864	99,542
10	0,868	99,132	19,826	99,130	0,812	149,188	29,868	99,453
20	0,971	99,029	19,805	99,020	0,660	149,340	29,850	99,560
30	0,904	99,096	19,819	99,099	0,742	149,258	29,832	99,500

Çizelge 4,9.'daki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan safranin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonla değişimi Şekil 4,3.'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Modifiye Kömür Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine konsantrasyonun etkisi (T:40°C, pH: 3, w/v: 0,25g/50 ml)

Şekilden görüldüğü gibi modifiye kömür tarafından safraninin ilk dakikalardan itibaren yüksek bir oranda adsorplandığı ve 5. dakikada maksimum düzeye eriştiği belirlenmiştir. 10, 20, 50, 75, 100 ve 150 ppm lik konsantrasyonlar için adsorpsiyonun sırasıyla 1,95 mg/g (% 97,93), 3,90 mg/g (98,09), 9,91 mg/g (99,13) , (14,82 mg/g), (98,84), 19,85 mg/g (99,26), (29,86 mg/g) (99,54) olduğu belirlendi. Bu durum modifiye yerfistiği kabuğu kömürü ile safranin molekülleri arasında çok hızlı bir etkileşimin olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca yerfistiği kabuğunda olduğu gibi, ilk dakikalardan itibaren safranin boyasının kırmızı renginin tamamen kaybolarak berraklaştığı görüldü.

Çizelge 4.10. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue'nun Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	10				20			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	1,093	8,907	1,780	89,020	8,254	11,746	2,348	58,720
2	1,044	8,956	1,790	89,521	7,885	12,115	2,423	60,590
3	0,975	9,025	1,805	90,272	7,592	12,408	2,480	62,000
4	1,076	8,924	1,785	89,273	6,186	13,814	2,762	69,072
5	0,978	9,022	1,805	90,274	4,962	15,038	3,007	75,198
10	0,861	9,139	1,827	91,390	2,831	17,169	3,432	85,829
20	0,794	9,206	1,840	92,020	2,230	17,770	3,554	88,850
30	0,589	9,411	1,882	94,140	2,134	17,866	3,572	89,322
45	-	-	-	-	1,198	18,802	3,761	94,034
60	-	-	-	-	1,198	18,802	3,761	94,035

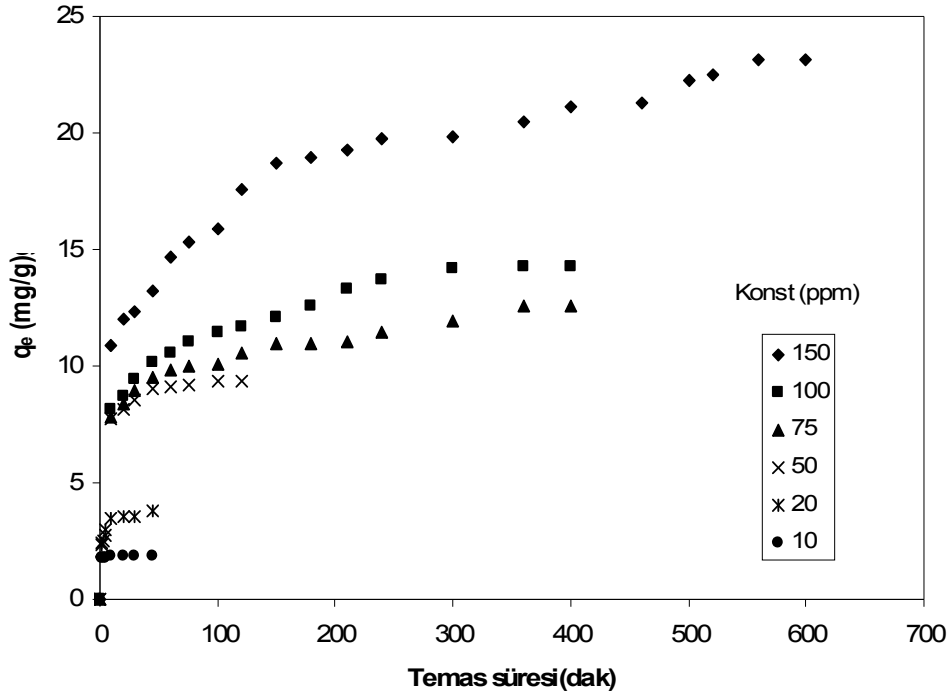
Çizelge 4.11. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue'nun Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	50				75			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
10	11,293	38,707	7,741	77,412	35,950	39,050	7,810	52,060
20	9,072	40,928	8,185	81,852	33,1000	41,900	8,380	55,861
30	7,084	42,916	8,583	85,833	35,350	44,650	8,930	59,530
45	4,785	45,215	9,043	90,431	27,250	47,750	9,550	63,660
60	4,244	45,756	9,150	91,500	25,700	49,300	9,860	65,733
75	4,165	45,835	9,167	91,671	25,050	49,950	9,990	66,609
100	3,352	46,648	9,329	93,290	24,4500	50,550	10,110	67,408
120	3,256	46,744	9,349	93,490	22,330	52,670	10,534	70,227
150	-	-	-	-	20,210	54,780	10,957	73,056
180	-	-	-	-	20,040	54,950	10,991	73,275
210	-	-	-	-	19,631	55,369	11,073	73,824
240	-	-	-	-	17,719	57,281	11,457	76,388
300	-	-	-	-	15,303	59,698	11,938	79,599
360	-	-	-	-	12,221	62,779	12,554	83,691
400	-	-	-	-	12,200	62,800	12,560	83,732

Çizelge 4.12. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue'nun Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.

Zaman t(dak)	Konsantrasyon (ppm)							
	100				150			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
10	59,154	40,846	8,169	40,841	95,760	54,240	10,848	36,160
20	56,255	43,745	8,749	43,740	89,792	60,208	12,040	40,131
30	52,652	47,348	9,469	47,342	88,374	61,626	12,325	41,082
45	49,221	50,779	10,154	50,773	83,926	66,074	13,215	44,053
60	47,013	52,987	10,597	52,982	76,793	73,207	14,640	48,806
75	44,906	55,094	11,019	55,090	73,325	76,675	15,334	51,119
100	42,558	57,442	11,489	57,440	70,561	79,439	15,886	52,958
120	41,671	58,329	11,664	58,324	62,214	87,786	17,557	58,527
150	39,480	60,520	12,104	60,525	56,299	93,701	18,741	62,474
180	36,934	63,066	12,613	63,067	55,168	94,832	18,966	63,225
210	33,452	66,548	13,309	66,545	53,562	96,438	19,287	64,294
240	31,616	68,384	13,677	68,388	51,253	98,747	19,749	65,835
300	29,205	70,795	14,158	70,797	50,640	99,360	19,872	66,241
360	28,762	71,238	14,246	71,232	47,610	102,390	20,478	68,261
400	28,750	71,250	14,250	71,250	44,221	105,779	21,155	70,512
460	-	-	-	-	43,562	106,438	21,286	70,9530
500	-	-	-	-	38,879	111,121	22,224	74,081
520	-	-	-	-	37,680	112,320	22,473	74,880
560	-	-	-	-	37,634	112,366	22,177	74,910
600	-	-	-	-	34,112	115,888	23,178	77,254
660	-	-	-	-	34,110	115,890	23,170	77,269

Çizelge 4.12'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan brilliant blue R'nin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonla değişimi Şekil 4.4.'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Yerfıstığı kabuğu kömürü Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyonun Etkisi (T:60°C, pH: 3, w/v: 0,25g/50 ml)

Şekilden de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren adsorpsiyonun düzenli bir artış gösterdiği ve zaman ilerledikçe maksimum değere ulaştığı gözlenmiştir. 10, 20 ve 50 ppm'lik düşük konsantrasyonlar için adsorpsiyon hızlı ilerlemekte ve kısa sürede maksimum değere ulaşmaktadır. 75, 100 ve 150 ppm'lik konsantrasyonlar için ise adsorpsiyonun daha yavaş ilerlediği ve daha uzun sürede maksimum seviyeye ulaştığı görülmüştür. Örneğin, 10 ppm'lik konsantrasyon için maksimum adsorpsiyonun 30. dakikada 1,88 mg/g (%94,14), 20 ppm'lik konsantrasyon için maksimum adsorpsiyonun 45. dakikada 3,76 mg/g (% 94,03), 50 ppm'lik konsantrasyon için ise maksimum adsorpsiyonun 120. dakikada 9,34 mg/g (% 93,49) olduğu görülmüştür. 75 ve 100 ppm'lik konsantrasyonlar için maksimum adsorpsiyonun 400. dakikada sırasıyla 12,56 mg/g (% 83,73) ve % 71,25 (14,25 mg/g) olduğu belirlenmiştir. 150 ppm'lik konsantrasyon için ise maksimum adsorpsiyona 600.dakikada ulaşılmıştır ve adsorpsiyonun 23,17mg/g (% 77,25) olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, modifiye kömür üzerine brillant blue R' nin adsorpsiyonunun konsantrasyon ve zamana oldukça bağımlı olduğu tespit edilmiştir.

### 4.3 Adsorpsiyon Üzerine pH'nın Etkisi

Boyar madde çözeltilerinin başlangıç pH'ları hem adsorbent hem de boyar maddenin kimyasını etkiler bu da adsorpsiyon miktarında değişmelere neden olur. . Bu nedenle yapılan bu deneysel çalışmada boyar maddelerin sulu çözeltilerden adsorpsiyon metoduyla uzaklaştırılması üzerine yapılan çalışmada; safranin, ve brilliant blue R boyar maddelerinin adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisi 3, 5, 7, ve 9 olmak üzere 4 farklı pH' da gerçekleştirilmiştir. pH'nın etkisinin incelendiği deneylere ait bulgular sırasıyla Çizelge 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12'de gösterilmiş olup  $C_e$ ,  $C_{ads}$ ,  $q_e$  (mg/g) ve % değerleri listelenmiştir. Yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğu kömürü tarafından safranin ve brilliant blue'nun adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisi zamanın bir fonksiyonu olarak sırasıyla Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8'de gösterilmiştir.

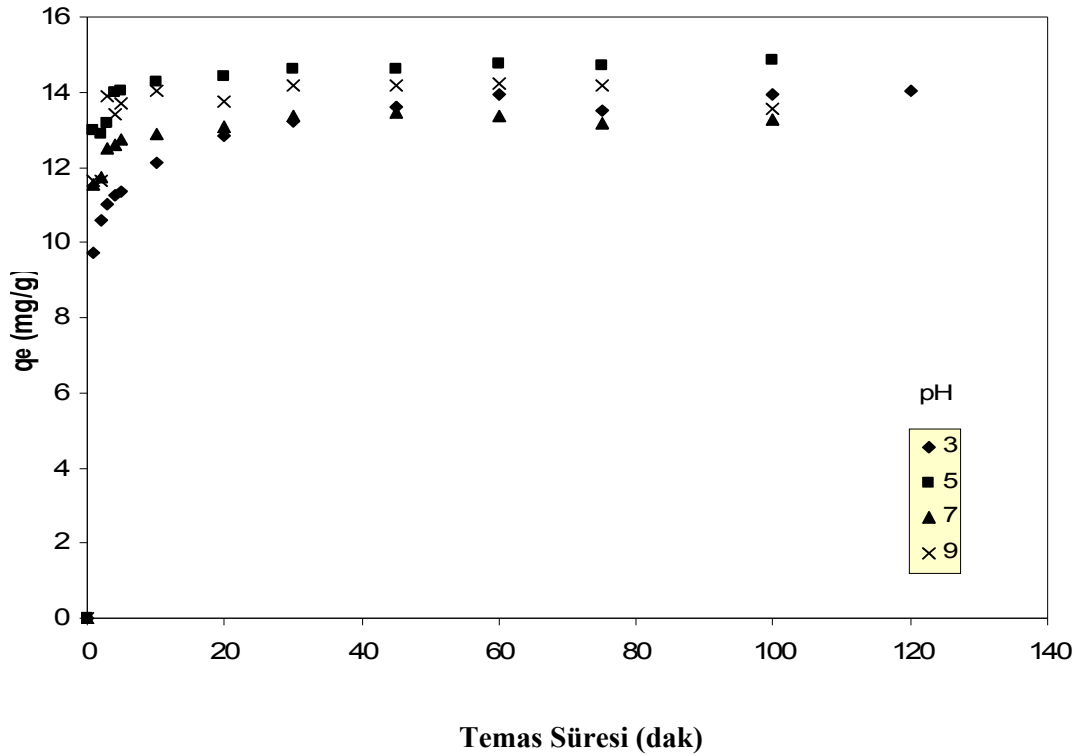
Çizelge 4.13. Farklı pH' larda Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	pH 3				pH 5			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	26,461	48,539	9,707	64,710	10,000	65,000	13,000	86,661
2	22,153	52,847	10,569	70,461	10,463	64,537	12,907	86,050
3	20,000	55,000	11,000	73,331	9,072	65,928	13,184	87,893
4	18,614	56,386	11,276	75,172	5,075	69,925	13,984	93,232
5	18,305	56,695	11,338	75,588	4,924	70,076	14,015	93,430
10	14,462	60,538	12,107	80,719	3,698	71,302	14,261	95,074
20	10,924	64,076	12,815	85,431	2,927	72,073	14,415	96,105
30	8,924	66,076	13,215	88,105	1,848	73,152	14,630	97,538
45	6,925	68,075	13,615	90,760	2,000	73,000	14,600	97,330
60	5,236	69,764	13,953	93,024	1,031	73,969	14,753	98,350
75	7,381	67,619	13,523	90,154	1,384	73,616	14,723	98,151
100	5,233	69,767	13,953	93,024	0,762	74,238	14,846	98,972
115	5,072	69,928	13,984	93,230	-	-	-	-
120	4,924	70,076	14,015	93,435	-	-	-	-

Çizelge 4.14. Farklı pH' larda Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.

Zaman	pH 7				pH 9			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	17,214	57,786	11,557	77,041	16,714	58,286	11,657	77,710
2	16,2253	58,775	11,754	78,362	16,714	58,286	11,657	77,711
3	12,452	62,547	12,508	83,381	5,425	69,575	13,914	92,762
4	11,966	63,038	12,606	84,041	7,853	67,147	13,428	89,524
5	11,311	63,684	12,737	84,913	6,426	68,574	13,714	91,425
10	10,493	64,509	12,901	86,016	4,712	70,288	14,057	93,717
20	9,509	65,491	13,098	87,328	6,281	68,719	13,742	91,618
30	8,197	66,803	13,360	89,077	4,000	71,000	14,200	94,669
45	7,704	67,296	13,459	89,720	4,147	70,853	14,171	94,470
60	8,195	66,805	13,360	89,071	3,852	71,148	14,228	94,855
75	9,182	65,818	13,163	87,754	4,000	71,000	14,200	94,666
100	8,681	66,319	13,2627	88,415	7,284	67,716	13,542	90,281

Çizelge 4.14.'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan safranin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak pH ile değişimi Şekil 4.5.'de verilmiştir.



Şekil 4.5 Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine pH'nın Etkisi (T=20°C, C<sub>0</sub>: 75 ppm, w/v: 0,25g/50 ml)

Yerfıstığı kabuğu tarafından safraninin adsorpsiyonu 20 °C’de 75 ppm’lik konsantrasyon için çalışıldı. En yüksek oranda adsorpsiyonun düşük konsantrasyonda meydana geldiği görüldü. 75 ppm’den küçük 10, 20 ve 50 ppm’lik konsantrasyonlar çok kısa sürelerde adsorplandığından 75 ppm’lik konsantrasyon baz alınarak pH çalışmaları yürütüldü.

Şekil 4.5. Safraninin yerfıstığı kabuğu tarafından adsorpsiyonu üzerine pH’ nın etkisini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi tüm pH larda ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlenmiş daha sonra tedrici artışlarla 45. dakikada maksimum seviyeye ulaşmıştır. En düşük adsorpsiyon pH 3’de 1.dakikada % 64,71 (9,70 mg/g) iken 45.dakikada maksimum adsorpsiyon 13,61 mg /g (% 90,76) olarak gözlendi. En fazla adsorpsiyon ise pH 5’de 1. dakikada 13,00 mg/g (% 86,66) iken 45.dakikada maksimum adsorpsiyon 14,60 mg /g (% 97,33) olarak gerçekleşti. pH 7 ve 9 daki adsorpsiyona ait veriler bu değerler arasında yer aldı. En fazla adsorpsiyonun pH 5’de olması safranin boyasının farklı pH larda iyonlaşma derecesinin farklı olmasına ve adsorbentle etkileşim derecesine atfedilebilir. Benzer bir sonuç, Crini tarafından yapılan betasiklodekstrin polimeri üzerine Asit blue 25 ve Direct red 81 boyaalarının pH etkisinde de gözlenmiştir (Crini, 2003).

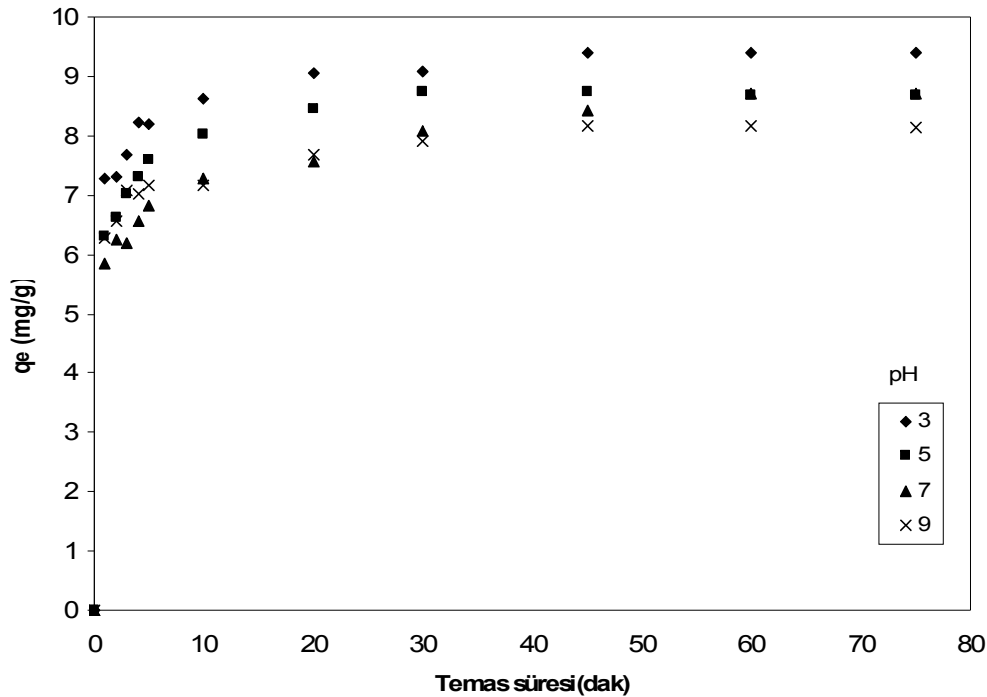
Çizelge 4.15. Farklı pH’larda Remazol Brilliant Blue R’nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	pH 3				pH 5			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	13,623	36,377	7,274	72,740	18,430	31,570	6,314	63,140
2	13,522	36,478	7,294	72,941	16,971	33,029	6,604	66,041
3	11,554	38,446	7,689	76,892	12,892	37,108	7,021	74,212
4	8,885	41,115	8,222	82,224	13,434	36,566	7,312	73,120
5	8,981	41,019	8,203	82,035	12,073	37,927	7,585	75,854
10	6,812	43,188	8,637	86,377	13,075	36,925	8,025	73,855
20	4,740	45,260	9,052	90,520	10,716	39,284	8,457	78,578
30	4,541	45,459	9,091	90,914	6,261	43,739	8,747	87,477
45	2,966	47,034	9,407	94,079	6,357	43,643	8,674	87,290
60	2,966	47,034	9,407	94,076	6,624	43,376	8,674	86,746

Çizelge 4.16. Farklı pH'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	pH 7				pH 9			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	20,844	29,156	5,831	58,310	18,694	31,300	6,261	62,612
2	18,825	31,175	6,235	62,351	17,223	32,771	6,555	65,550
3	19,112	30,888	6,177	61,771	14,574	35,426	7,084	70,844
4	17,189	32,811	6,562	65,623	14,975	35,025	7,005	70,057
5	15,937	34,063	6,812	68,123	14,182	35,818	7,162	71,628
10	13,626	36,374	7,274	72,745	14,189	35,818	7,162	71,629
20	12,178	37,822	7,564	75,648	11,544	38,451	7,691	76,914
30	9,584	40,416	8,083	80,837	10,462	39,538	7,907	79,070
45	7,945	42,055	8,410	84,109	9,181	40,819	8,162	81,621
60	6,501	43,499	8,698	86,990	9,184	40,816	8,162	81,622
75	10,352	39,648	8,674	79,291	9,283	40,717	8,142	81,420

Çizelge 4.16.'daki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan brillant blue miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak pH ile değişimi Şekil 4.6.'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Adsorpsiyonu Üzerine pH'nın Etkisi (T=40°C, C<sub>0</sub>: 50 ppm, w/v: 0,25g/50 ml)

Brillant blue R'nin modifiye fıstık kabuğu tarafından adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisi 50 ppm'lik başlangıç konsantrasyonunda ve 40°C'de çalışıldı. Yüksek oranda adsorpsiyon düşük konsantrasyonlarda meydana geldiği için pH etkisinin incelenmesinde 50 ppm'lik başlangıç konsantrasyonu baz olarak alındı. Şekilden de görüldüğü gibi düşük pH larda daha yüksek bir adsorpsiyon gözlenmiştir ve her bir pH'da ilk dakikalardan itibaren düzenli bir şekilde artan adsorpsiyon görülmüştür. 60. dakikada ise maksimum adsorpsiyona ulaşılmıştır. En fazla adsorpsiyon pH 3'de, en düşük adsorpsiyon pH 9'da görülmüştür. Yani artan pH ile adsorpsiyon azalmıştır. Bunun nedeni ise, yüksek pH'da ortama salınan fazlaca hidroksil iyonlarından dolayı adsorbent yüzeyi biraz daha negatif hale gelmekte ve negatif yüklü birillant blue nun molekülleri arasında itmeler söz konusu olabilmektedir. Bu da adsorpsiyonun azalmasına neden olabilmektedir. Örneğin, pH 3'de maksimum adsorpsiyon 9,40 mg/g (% 94,076) ve pH 9'da ise 8,16 mg/g (81,62) olarak belirlenmiştir.

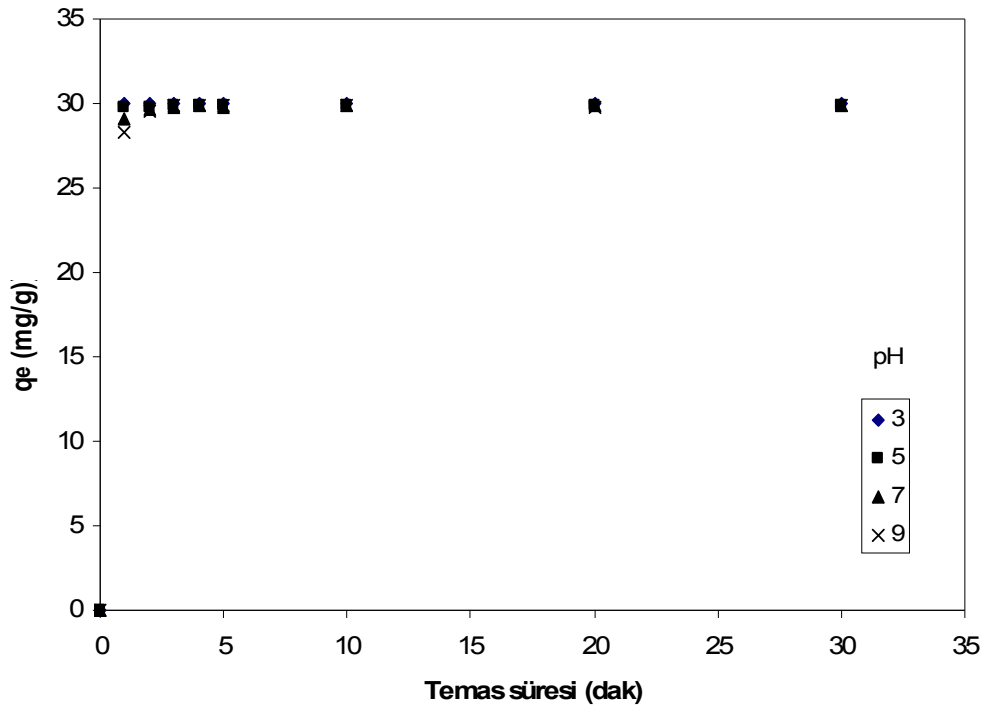
Çizelge 4.17. Farklı pH'larda Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	pH 3				pH 5			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	0,142	149,858	29,971	99,905	1,070	148,930	29,786	99,280
2	0,102	149,898	29,979	99,932	0,901	149,099	29,819	99,391
3	0,098	149,902	29,980	99,934	0,744	149,256	29,850	99,502
4	0,099	149,901	29,983	99,934	0,817	149,183	29,837	99,453
5	0,081	149,919	29,990	99,946	0,672	149,328	29,868	99,544
10	0,049	149,951	29,998	99,967	0,816	149,184	29,83	99,455
20	0,008	149,992	29,998	99,994	0,665	149,345	29,868	99,567
30	0,008	149,992	29,998	99,994	0,743	149,257	29,850	99,502

Çizelge 4.18. Farklı pH'larda Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	pH 7				pH 9			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	4,430	145,570	29,115	97,052	8,745	141,255	28,251	94,175
2	1,794	148,206	29,641	98,801	2,404	147,596	29,519	98,394
3	0,982	149,018	29,802	99,342	0,768	149,232	29,846	99,486
4	0,765	149,235	29,846	99,484	0,686	149,314	29,863	99,548
5	0,917	149,083	29,817	99,397	0,622	149,378	29,874	99,587
10	0,840	149,160	29,832	99,448	0,689	149,311	29,863	99,549
20	0,758	149,242	29,848	99,499	1,033	148,967	29,793	99,310
30	0,609	149,391	29,878	99,590	0,765	149,235	29,846	99,48

Çizelge 4.18.'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan safranin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak pH ile değişimi Şekil 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Modifiye Kömür Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine pH'nın Etkisi (T=40°C, C<sub>0</sub>: 50 ppm, w/v: 0,25g/50)

Safraninin modifiye kömür tarafından adsorpsiyonu üzerine konsantrasyon etkisinde en yüksek konsantrasyon olan 150 ppm'lik konsantrasyon için bile ilk dakikadan itibaren çok yüksek oranda adsorpsiyon gözlemlendiği için, pH etkisini incelerken de 150 ppm'lik konsantrasyon baz olarak alınmıştır ve Safraninin modifiye kömür tarafından

adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisi 40 °C'de 150 ppm'lik başlangıç konsantrasyonu için çalışmıştır. Şekil 4.7'de safraninin modifiye kömür tarafından adsorpsiyonu üzerine pH'nın etkisini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi tüm pH'larda ilk dakikalardan itibaren çok yüksek bir adsorpsiyon gözlenmiş ve 5. dakikada maksimum seviyeye ulaşmıştır. pH 3, 5, 7 ve 9 da 5. dakikalarda meydana gelen maksimum adsorpsiyonlar sırasıyla 29,99 mg/g (% 99,94), 29,86 mg/g (99,54), 99,39 29,81 mg/g (99,39) ve 29,87 mg/g (99,58) olarak belirlenmiştir. Her bir pH'da adsorplanan miktarlar çok yüksek ve birbirine çok yakın olduğu için herhangi bir pH'da çalışılması uygundur.

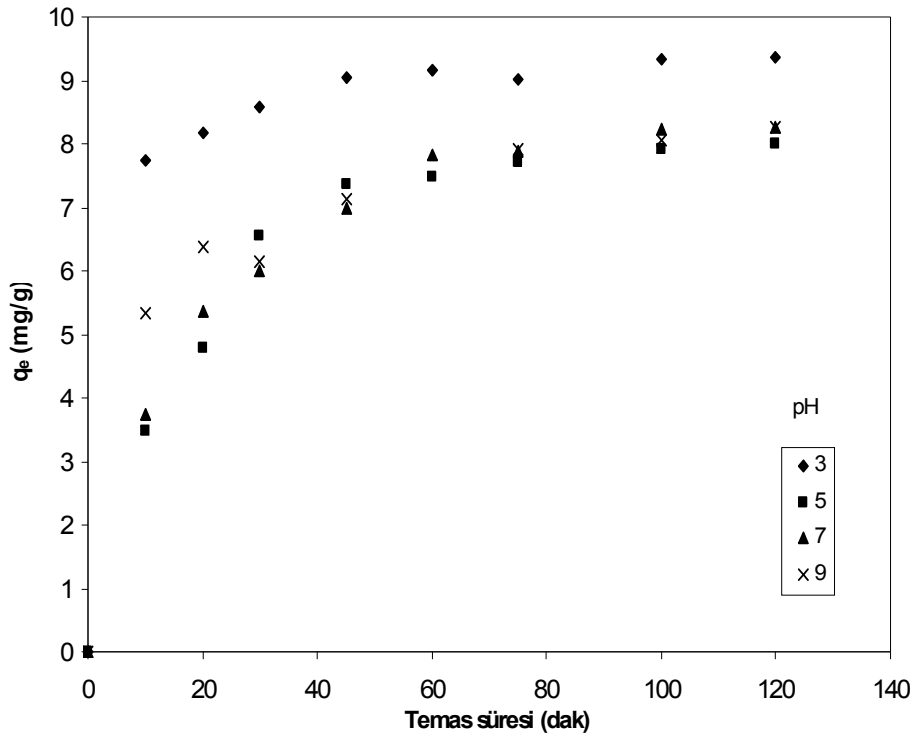
Çizelge 4.19. Farklı pH'larda Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	pH 3				pH 5			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
10	11,293	38,707	7,741	77,410	32,592	17,408	3,480	34,801
20	9,072	40,928	8,185	81,851	26,084	23,916	4,782	47,820
30	7,084	42,916	8,583	85,834	17,293	32,707	6,540	65,404
45	4,785	45,215	9,043	90,435	13,236	36,764	7,353	73,535
60	4,248	45,752	9,150	91,506	12,665	37,335	7,467	74,676
75	4,866	45,134	9,027	90,278	11,448	38,552	7,711	77,117
100	3,351	46,649	9,329	93,292	10,381	39,619	7,923	79,230
120	3,252	46,748	9,349	93,490	9,976	40,024	8,004	80,041

Çizelge 4.20. Farklı pH'larda Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	pH 7				pH 9			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
10	31,294	18,706	3,741	37,410	23,301	26,699	5,339	53,390
20	23,155	26,845	5,369	53,691	18,132	31,868	6,373	63,731
30	20,006	29,994	5,999	59,994	19,267	30,733	6,147	61,472
45	15,103	34,897	6,979	69,795	14,415	35,585	7,117	71,174
60	10,812	39,188	7,837	78,374	13,126	34,154	7,523	72,366
75	10,639	39,361	7,872	78,726	10,453	39,547	7,909	79,097
100	8,797	41,203	8,240	82,401	9,728	40,272	8,055	80,558
120	8,738	41,262	8,252	82,520	8,674	41,326	8,265	82,650

Çizelge 4.20'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan remazol brilliant blue miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak pH ile değişimi Şekil 4,8'de verilmiştir



Şekil 4.8. Modifiye Kömür Tarafından Remazol Brilliant blue R'nin Adsorpsiyonu Üzerine pH'nın Etkisi (T=60°C, C<sub>0</sub>: 50 ppm, w/v: 0,25g/50 ml)

Modifiye yerfıstığı kabuğu kömürü tarafından brillant blue R' nin adsorpsiyonu üzerine pH' nın etkisi 50 ppm' lik konsantrasyonda çalışıldı. Şekil 4.8. modifiye kömür tarafından brillant blue R' nin adsorpsiyonu üzerine pH' nın etkisini göstermektedir. Şekilden de gibi, tüm pH' larda ilk dakikalardan itibaren önemli derecede bir adsorpsiyonun meydana geldiği ve zamanın artmasıyla tedrici olarak arttığı görülmüştür. Tüm pH' larda maksimum adsorpsiyona 120. dakikada ulaşılmıştır. En fazla adsorpsiyon pH 3' te meydana gelirken daha yüksek pH' larda daha düşük adsorpsiyon gözlenmiştir. pH 5, 7 ve 9 da gözlenen maksimum adsorpsiyon değerleri pH 3' teki maksimum değerden önemli dercede az olup birbirlerine yakındır. pH 3, 5, 7 ve 9 da 120. dakikalarda gözlenen maksimum adsorpsiyonlar ise, sırasıyla 9,34 mg/g (% 93,49), 8,00 mg/g (% 80,04), 8,25 mg/g (% 82,52) ve 8,26 mg/g (% 82,65) olarak bulunmuştur. Modifiye kömür tarafından brillant blue R' nin adsorpsiyonu üzerine pH' nın önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

**4.4. Sıcaklığın Adsorpsiyona Üzerine Etkisi**

Sıcaklığın adsorpsiyona etkisi 20, 30, 40, 50 ve 60 °C’de yapılan deneysel çalışmalar ile gerçekleştirilmiştir. Safranin ve brillant blue R’nin yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğundan üretilen kömür adsorbentinin adsorpsiyonu üzerine yapılan tüm bu deneysel çalışmalardan elde edilen  $C_e$ ,  $C_{ads}$ ,  $q_e$  (mg/g) ve % değerleri sırasıyla Çizelge 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12.’de listelenmiştir.

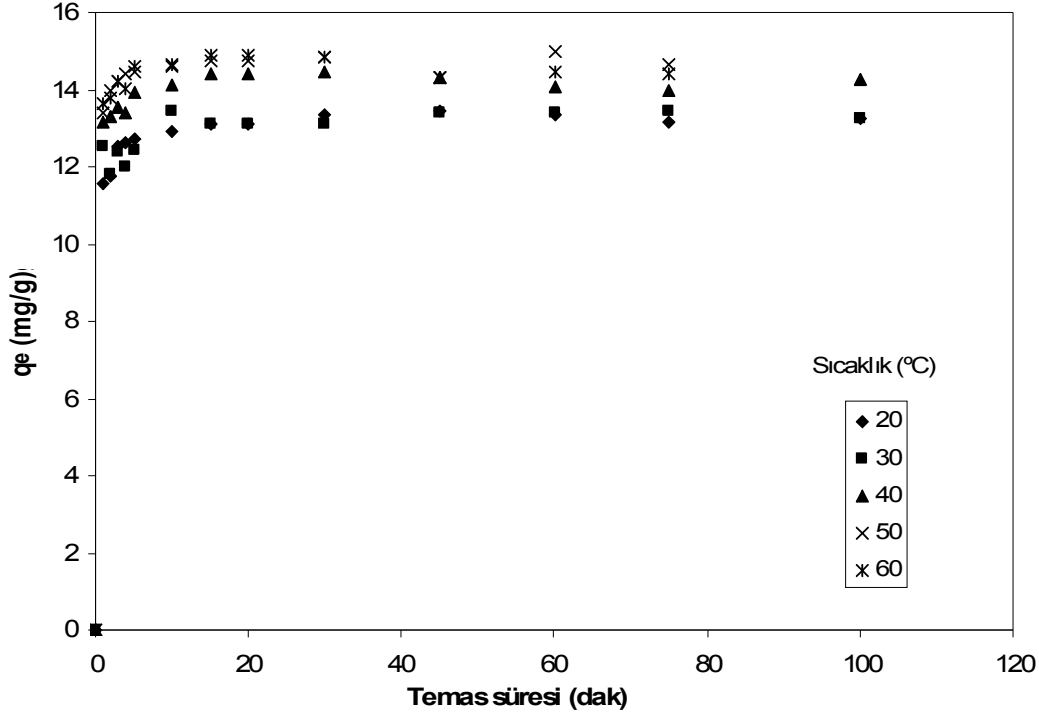
Çizelge 4.21. Farklı Sıcaklıklar’larda Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	20 °C				30 °C			
	$C_e$ (ppm)	$C_{ads}$ (ppm)	$q_e$ (mg/g)	% Ads	$C_e$ (ppm)	$C_{ads}$ (ppm)	$q_e$ (mg/g)	% Ads
1	17,214	57,786	11,557	77,040	12,452	62,548	12,508	83,380
2	16,223	58,777	11,754	78,361	15,905	59,095	11,819	78,791
3	12,455	62,545	12,508	83,382	13,114	61,886	12,377	82,512
4	11,962	63,038	12,606	84,043	14,913	60,087	12,016	80,104
5	11,319	63,681	12,737	84,914	12,786	62,214	12,442	82,955
10	10,497	64,503	12,901	86,015	7,865	67,135	13,426	89,504
20	9,506	65,494	13,098	87,326	9,341	65,659	13,131	87,547
30	9,508	66,492	13,098	87,327	9,507	65,493	13,098	87,328
45	8,593	66,407	13,360	89,070	9,348	65,652	13,131	87,549
60	7,702	67,298	13,459	89,721	8,034	66,966	13,393	89,284
75	8,191	66,809	13,360	89,074	8,032	66,968	13,393	89,280
100	9,184	65,816	13,163	87,755	7,865	67,135	13,426	89,501
120	8,685	66,315	13,262	88,410	8,857	66,143	13,229	88,193

Çizelge 4.22. Farklı Sıcaklıklarda Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	40 °C				50 °C				60 °C			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	9,214	65,786	13,156	87,701	8,060	66,940	13,388	89,257	6,868	68,132	13,626	90,840
2	8,433	66,567	13,312	88,756	5,073	69,927	13,985	93,238	5,974	69,026	13,805	92,031
3	7,345	67,655	13,531	9,204	4,022	70,978	14,194	94,629	3,885	71,115	14,223	94,824
4	7,962	67,038	13,406	89,373	2,981	72,019	14,402	96,014	4,772	70,228	14,044	93,637
5	5,467	69,533	13,906	92,704	2,684	72,316	14,462	96,411	2,089	72,911	14,582	97,218
10	4,371	70,629	14,125	94,161	1,947	73,053	14,611	97,412	1,796	73,204	14,641	97,619
20	2,964	72,036	14,406	96,042	1,345	73,655	14,731	98,200	0,592	74,408	14,880	99,203
30	2,968	72,032	14,406	96,044	0,742	74,258	14,850	99,005	0,897	74,103	14,820	98,801
45	3,816	72,184	14,437	96,255	3,431	71,569	14,313	95,426	3,435	71,565	14,313	95,420
60	3,435	71,565	14,312	95,417	0,143	74,857	14,970	99,804	2,686	72,314	14,462	96,411
75	4,681	70,319	14,062	93,758	1,794	73,206	14,641	97,614	2,989	72,011	14,402	96,010
100	5,000	70,000	14,000	93,339	8,684	66,316	13,262	88,418	8,855	66,145	13,229	88,190
120	3,750	71,250	14,250	95,001	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.22.'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan safranin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak sıcaklık ile değişimi Şekil 4.9.'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Safraninin Adsorpsiyonun Üzerine Sıcaklığın Etkisi ( $C_0$ : 50 ppm, pH: 5, w/v: 0,25g/50 ml)

Şekil 4.9 Safraninin yerfıstığı kabuğu tarafından adsorpsiyonu üzerine sıcaklığın etkisini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, konsantrasyon ve pH etkisinde olduğu gibi burada da ilk dakikalardan itibaren yüksek oranda adsorpsiyon gözlenmiş ve daha sonraki sürelerde ise 20 °C ve 50 °C için 60. dakika, 30 °C için 100. dakika, 40 °C için 45. dakika, 60 °C için ise 20. dakikada adsorpsiyon maksimum düzeye ulaşmıştır. En fazla adsorpsiyon en yüksek sıcaklık olan 60 °C'de, en düşük adsorpsiyon ise 20 °C'de gözlenmiştir. Örneğin, 60 °C'de 1. dakikada adsorpsiyon 13,62 mg/g (%90,84) iken 20. dakikada 14,88 (% 99,20) olarak tespit edilmiştir. En düşük adsorpsiyon ise 20 °C'de 1. dakikada 11,55 mg/g (% 77,04) iken 60.dakikada 13,45 mg/g (% 89,72) olarak belirlenmiştir. Burada da tüm sıcaklıklarda ilk dakikalardan itibaren yüksek oranda adsorpsiyonun meydana geldiği görülmüştür. Diğer sıcaklıklarda elde edilen adsorpsiyon ise bu değerler arasında yer almaktadır. Adsorpsiyonun yüksek sıcaklıklarda en fazla

olması olayın endotermik olarak gerçekleştiğine işaret etmektedir. Ancak sıcaklıklara göre adsorplanan miktarlar birbirine çok yakın olup sıcaklığın etkisi azdır.

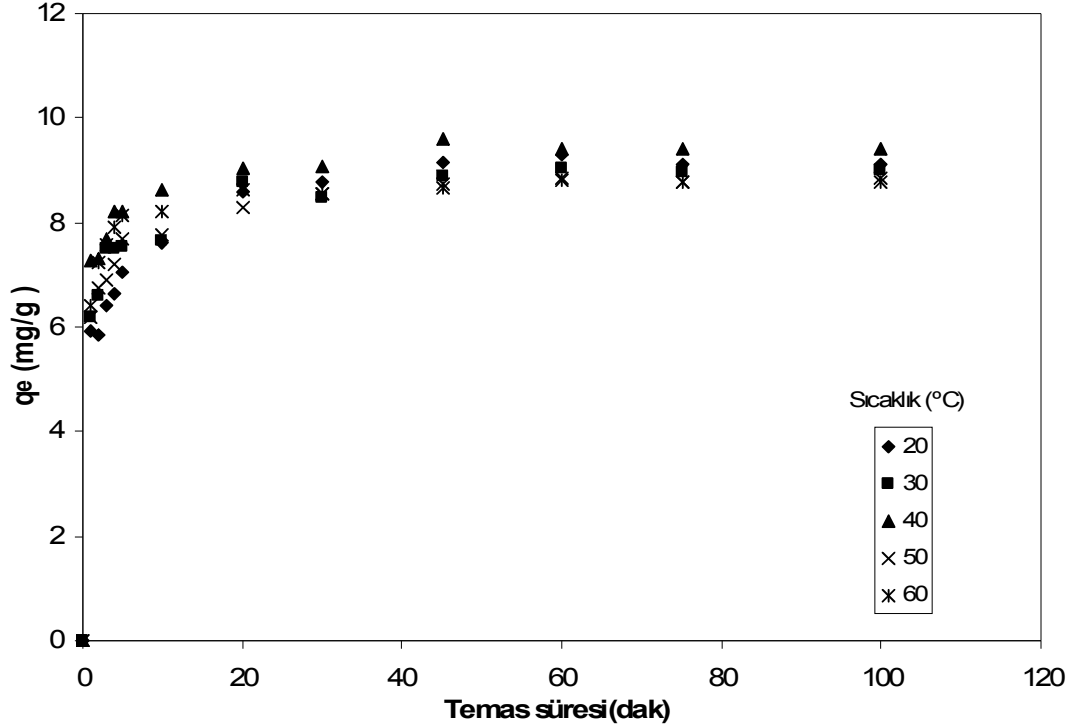
Çizelge 4.23. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	20 °C				30 °C			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	20,324	29,676	5,934	59,340	19,064	30,936	6,187	61,870
2	20,683	29,317	5,862	58,621	17,083	32,917	6,583	65,831
3	17,895	32,105	6,421	64,212	12,575	37,425	7,484	74,844
4	16,722	33,278	6,655	66,554	12,572	37,428	7,484	74,845
5	14,827	35,173	7,034	70,345	12,391	37,609	7,520	75,206
10	11,941	38,059	7,611	76,117	11,766	38,234	7,647	76,477
20	7,078	42,922	8,584	85,848	6,178	43,822	8,764	87,648
30	6,086	43,914	8,782	87,829	7,615	42,385	8,476	84,769
45	4,195	45,805	9,160	91,606	5,541	44,459	8,890	88,900
60	3,577	46,423	9,285	92,851	4,827	45,173	9,034	90,341
75	4,462	45,538	9,107	91,071	5,265	44,735	8,946	89,462
100	4,515	45,485	9,096	90,960	4,912	45,088	9,016	90,163

Çizelge 4.24. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Yerfistiği Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	40 °C					50 °C					60 °C					
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	13,625	36,375	7,274	72,740	19,152	30,848	6,199	61,690	17,891	32,109	6,421	64,217				
2	13,524	36,476	7,294	72,941	16,184	33,816	6,768	67,631	13,742	36,258	7,250	72,508				
3	11,553	38,447	7,689	76,892	15,555	34,455	6,890	68,92	12,125	37,875	7,574	75,749				
4	8,882	41,118	8,222	82,223	13,928	36,072	7,214	72,143	10,504	39,496	7,899	78,991				
5	8,981	41,019	8,203	82,034	11,497	38,503	7,701	77,014	9,337	40,663	8,133	81,334				
10	6,816	43,184	8,637	86,375	11,131	38,869	7,773	77,735	8,858	41,142	8,229	82,295				
20	4,748	45,262	9,052	90,526	8,616	41,384	8,277	82,776	6,805	43,194	8,638	86,386				
30	4,542	45,458	9,091	90,911	7,253	42,747	8,548	85,487	7,169	42,831	8,566	85,661				
45	2,965	47,037	9,407	94,072	6,358	43,642	8,728	87,288	6,623	43,377	8,674	86,742				
60	2,964	47,036	9,407	94,073	5,815	44,185	8,837	88,379	6,985	44,014	8,802	88,023				
75	2,964	47,036	9,407	94,071	6,164	43,836	8,766	87,660	5,169	43,831	8,766	87,661				
100	2,964	47,036	9,407	94,070	5,817	44,183	8,836	88,363	6,169	43,831	8,766	87,660				

Çizelge 4.24.'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan remazol brillant blue miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak sıcaklık ile değişimi Şekil 4.10.'da verilmiştir.



Şekil 4.10 Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Üzerine Adsorpsiyonu Üzerine Sıcaklığın Etkisi ( $C_0$ :50 ppm, pH:3, w/v: 0,25g/50 ml)

Brillant blue R'nin modifiye fıstık kabuğu tarafından adsorpsiyonu üzerine sıcaklığın etkisi 50 ppm lik başlangıç konsantrasyonunda ve pH 3'de çalışıldı. Şekilden de görüldüğü gibi tüm sıcaklıklarda ilk dakikalardan itibaren % 60–70 lerde bir adsorpsiyon görülmekte ve tedrici artışlarla 60. dakikada maksimuma ulaşmaktadır. 20, 30, 40, 50 ve 60 °C de gözlenen maksimum adsorpsiyonlar sırasıyla 9,2854 mg/g (% 92,854), 9,034 mg/g (90,348), 9,4076 mg/g (94,076), 8,837 mg/g (88,372) ve 8,8022 mg/g (88,022) olarak belirlenmiştir. Sıcaklıkla adsorplanan değerler birbirine yakın olmakla beraber en fazla adsorpsiyon 40 °C'de meydana gelmiştir.

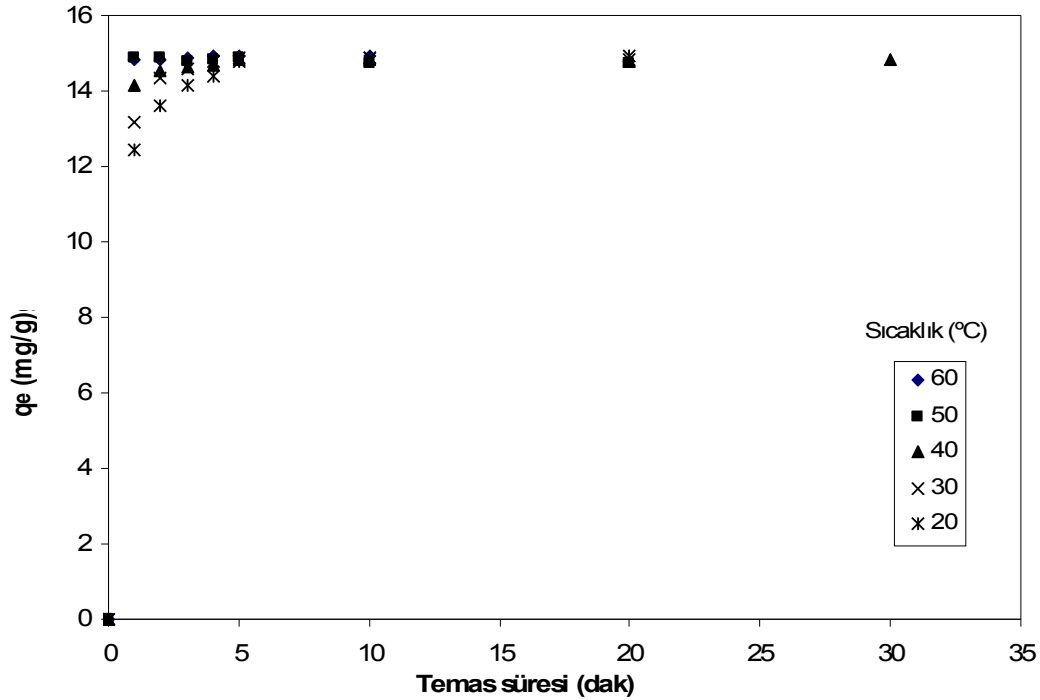
Çizelge 4.25. Farklı Sıcaklık'larda Safraninin Modifiye Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	20 °C				30 °C				40 °C			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	12,864	62,136	12,421	82,840	9,104	65,896	13,179	87,861	4,374	70,626	14,125	94,168
2	7,045	67,955	13,591	90,611	3,335	71,665	14,333	95,550	2,354	72,616	14,529	96,861
3	4,382	70,618	14,122	94,142	2,042	72,958	14,590	97,277	1,822	73,178	14,635	97,590
4	2,933	72,067	14,412	96,084	0,983	74,027	14,804	98,698	1,576	73,424	14,684	97,898
5	0,414	74,996	14,898	99,655	0,535	74,465	14,892	99,289	0,866	74,134	14,826	98,845
10	0,651	74,349	14,869	99,127	0,638	74,362	14,873	99,156	0,893	74,107	14,821	98,809
20	0,467	74,533	14,907	99,388	0,831	74,169	14,833	98,890	1,003	73,997	14,799	98,662
30	-	-	-	-	-	-	-	-	0,934	74,066	14,813	98,734

Çizelge 4.26. Farklı Sıcaklık'larda Safraninin Modifiye Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	50 °C				60 °C			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	0,664	74,336	14,866	99,101	0,774	74,226	14,845	98,720
2	0,613	74,397	14,878	99,180	0,801	74,199	14,839	98,931
3	1,010	73,990	14,798	99,634	0,692	74,308	14,860	99,0724
4	0,779	74,221	14,845	98,965	0,310	74,690	14,938	99,585
5	0,682	74,318	14,863	99,086	0,295	74,705	14,941	99,608
10	1,306	73,694	14,738	98,231	0,393	74,607	14,920	99,467
20	1,305	73,695	14,739	98,260	-	-	-	-

Çizelge 4.26.'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan safranin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak sıcaklık ile değişimi Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Modifiye Kömür Tarafından Safraninin Adsorpsiyonu Üzerine Sıcaklığın Etkisi ( $C_0$ :150 ppm, pH:3, w/V: 0,25g/50 ml)

Safraninin modifiye kömür tarafından adsorpsiyonu üzerine sıcaklığın etkisi, 150 ppm'lik konsantrasyon baz olarak alınmış ve çalışmalar pH 3'de gerçekleştirilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, sıcaklık yükseldikçe adsorpsiyon yükselmekte ve en fazla adsorpsiyon en yüksek sıcaklık olan 60 °C'de meydana gelmektedir. 20 ve 30 °C'de ilk 1. dakikada adsorpsiyon sırasıyla 12,42 mg/g (% 82,84) ve 13,17 mg/g (% 87,86) iken, 5.dakikada sırasıyla 14,89 mg/g (% 99,65) ve 14,89 (%99,28) olarak gerçekleşmiştir. Diğer taraftan 40, 50 ve 60 °C'de ilk 5.dakika içerisindeki adsorpsiyonlar birbirine çok yakındır ve maksimum adsorpsiyona 5.dakikada ulaşılmıştır. 40 ve 60°C'deki maksimum adsorpsiyonlar ise sırasıyla 14,82 mg/g (% 98,84) ile 14,94 mg/g (% 99,60) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	20 °C				30 °C			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
1	35,354	14,646	2,929	29,290	34,952	15,048	3,009	30,091
2	33,053	16,947	3,388	33,881	33,414	16,596	3,318	33,182
3	31,635	18,365	3,673	36,732	30,905	19,095	3,819	38,195
4	30,292	19,708	3,940	39,404	29,073	20,927	4,185	41,854
5	27,071	22,929	4,584	45,845	27,821	22,179	4,435	44,356
10	27,177	22,823	4,565	45,657	28,016	21,984	4,397	43,971
20	23,850	26,150	5,230	52,308	27,050	22,950	4,590	45,92
30	23,578	26,422	5,285	52,859	25,798	24,202	4,840	48,403
45	23,850	26,150	5,230	52,300	24,061	25,939	5,187	51,870
60	23,704	26,296	5,259	52,591	22,520	27,480	5,496	54,964
75	22,901	27,099	5,419	54,192	22,361	27,639	5,527	55,274
100	22,753	27,247	5,449	54,493	21,700	28,304	5,660	56,605

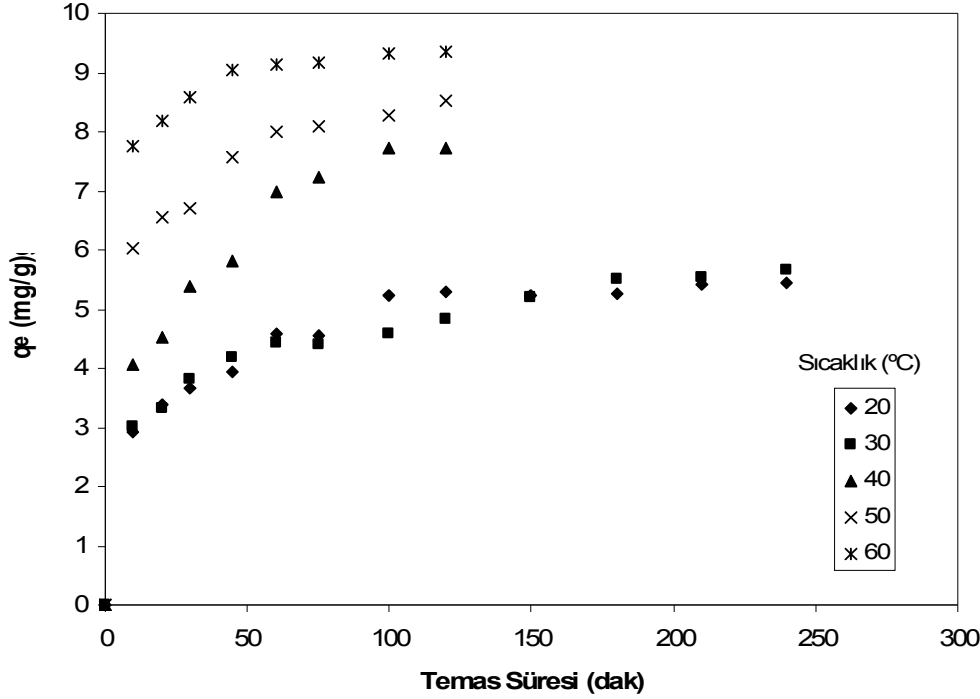
Çizelge 4.28. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	40 °C				50 °C			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
10	29,684	20,316	4,063	40,639	19,834	30,166	6,032	60,321
20	27,347	22,653	4,530	45,305	17,265	32,735	6,546	65,462
30	23,125	26,875	5,375	53,754	16,482	33,518	6,702	67,023
45	20,872	29,128	5,823	58,252	12,091	37,909	7,580	75,800
60	15,031	34,969	6,995	69,931	10,023	39,977	7,995	79,954
75	13,776	36,224	7,243	72,450	9,476	40,524	8,104	81,045
100	11,438	38,562	7,713	77,133	8,629	41,381	8,276	82,766
120	11,433	38,567	7,713	77,130	7,457	42,543	8,509	85,090

Çizelge 4.29. Farklı Sıcaklık'larda Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman t(dak)	60 °C			
	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
10	11,291	38,709	7,741	77,410
20	9,075	40,925	8,185	81,851
30	7,084	42,916	8,583	85,832
45	4,783	45,217	9,043	90,435
60	4,245	45,755	9,150	91,504
75	4,166	45,834	9,167	91,677
100	3,352	46,648	9,329	93,298
120	3,257	46,743	9,349	93,499

Çizelge 4.29.'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan remazol brillant blue miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak sıcaklık ile değişimi Şekil 4.16.'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Modifiye Kömür Tarafından Remazol Brillant Blue R'nin Adsorpsiyonu Üzerine Zamana Sıcaklığın Etkisi ( $C_0$ :50 ppm, pH:3, w/v: 0,25g/50 ml)

Modifiye kömür tarafından brillant blue R' nin adsorpsiyonu üzerine sıcaklığın etkisi 50 ppm' lik başlangıç boyar madde konsantrasyonunda ve pH 3' te çalışıldı. Şekil 4.12 modifiye kömür tarafından Remazol brillant blue R' nin adsorpsiyonu üzerine sıcaklığın etkisini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi modifiye kömür üzerine brillant blue R' nin adsorpsiyonunun sıcaklığın artmasıyla arttığı görülmüştür. Yani, adsorpsiyonun düşük sıcaklıkta daha düşük, yüksek sıcaklıkta daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, yüksek sıcaklıkta adsorpsiyon daha hızlı ve daha kısa sürede maksimum seviyeye ulaşırken, düşük sıcaklıkta daha yavaş ve daha uzun sürede maksimum seviyeye ulaşmıştır. Örneğin, 20 ve 30 °C sıcaklıklarda maksimum adsorpsiyona 240. dakikada ulaşılmıştır. 40, 50 ve 60 °C sıcaklıklarda ise maksimum adsorpsiyona 120. dakikada ulaşılmıştır. 20, 30, 40, 50 ve 60 °C de gözlenen maksimum adsorpsiyonlar sırasıyla 5,44 mg/g, (% 54,49) 5,66 mg/g (% 56,60), 7,71 mg/g (% 77,13), 8,50 mg/g(% 85,09), 9,34 mg/g (% 93,49) olarak bulunmuştur. Bu değerlere dikkat

edilirse, modifiye kömür tarafından brillant blue R' nin adsorpsiyonu üzerine sıcaklığın etkisinin önemlidir.

#### 4.5. Kolon Adsorpsiyon Çalışmaları

Kolon adsorpsiyonu için, çapı 1cm, boyu 20 cm olan camkolon kullanıldı. Kolono sırasıyla 2'şer gram fıstık kabuğu ve kömür yerleştirildi. Kolon yüksekliği 10 cm, kolonun akış hızı 21 ml/saat olacak şekilde ayarlandı. Kolonun alt ve üst kısmına cam yün konuldu. Kolonun üst kısmına ayırma hunisi yerleştirilerek 10, 20, 50, 75, 100, 150 ppm'lik çözeltilerden 50'şer ml alınarak oda sıcaklığında kolona verildi. Kolonda adsorplanan safranin ve brillant blue R'nin konsantrasyonlarının belirlenmesi için kolondan geçen çözeltiler belirli zaman aralıklarında alınarak uv-visible spektrofotometre cihazında okumalar yapıldı. Kolon adsorpsiyonu için elde edilen değerler sırasıyla Çizelge 4.13–4.16 ve Şekil 4.13–4.16'da verilmiştir.

##### 4.5.1. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safranin ve Remazol Brilliant Blue'nin Kolon Değerleri

Çizelge 4.30. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.

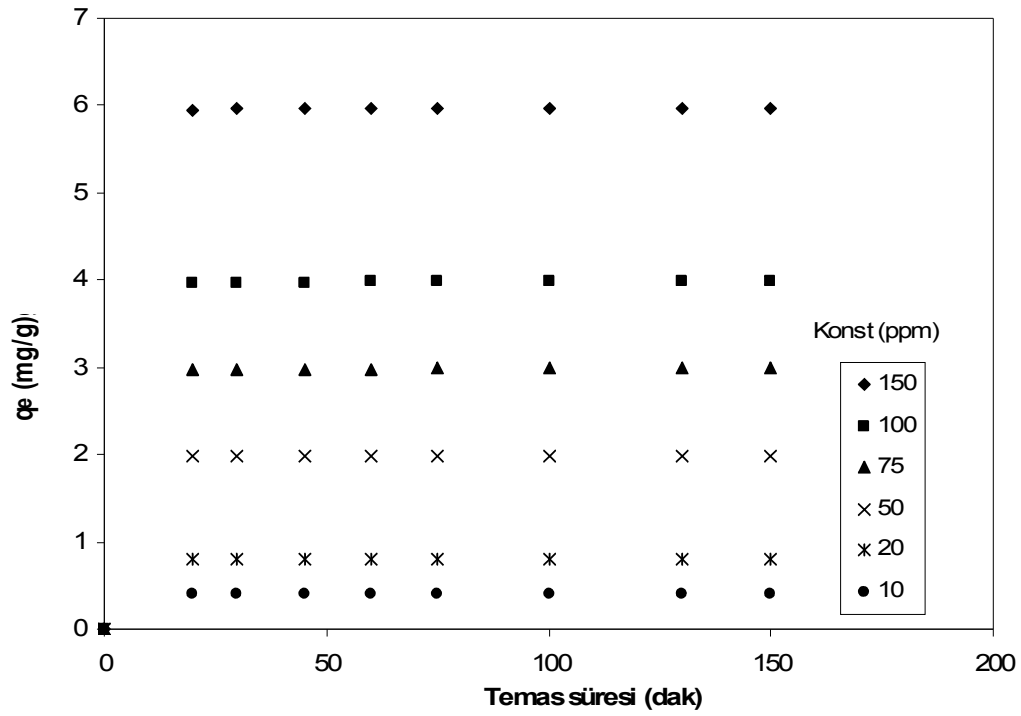
Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	10				20			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
20	0,100	9,900	0,396	99,060	0,200	19,800	0,792	99,031
30	0,070	9,930	0,397	99,391	0,130	19,870	0,794	99,360
45	0,060	9,940	0,397	99,410	0,130	19,870	0,795	99,382
60	0,050	9,950	0,398	99,512	0,110	19,890	0,795	99,482
75	0,050	9,950	0,398	99,5501	0,100	19,900	0,796	99,520
100	0,050	9,950	0,398	99,5401	0,100	19,900	0,796	99,511
130	0,050	9,950	0,398	99,570	0,100	19,900	0,796	99,543
150	0,050	9,950	0,398	99,571	0,100	19,900	0,796	99,5403

Çizelge 4.31. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	50				75			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
20	0,490	49,510	1,980	99,012	0,740	74,260	2,970	99,001
30	0,330	49,670	1,986	99,343	0,510	74,490	2,979	99,320
45	0,320	49,680	1,987	99,362	0,480	74,520	2,980	99,342
60	0,270	49,730	1,989	99,462	0,420	74,580	2,983	99,440
75	0,250	49,750	1,990	99,503	0,380	74,620	2,984	99,490
100	0,250	49,740	1,989	99,493	0,380	74,620	2,984	99,481
130	0,240	49,760	1,990	99,521	0,370	74,630	2,985	99,501
150	0,240	49,760	1,990	99,522	0,360	74,640	2,985	99,502

Çizelge 4.32. Değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan safranin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonla değişimi Şekil 4.13,'de verilmiştir.

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	100				150			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
20	1,020	98,980	3,959	98,980	1,540	148,460	5,930	98,971
30	0,680	99,310	3,972	99,310	1,040	148,960	5,950	99,301
45	0,660	99,330	3,973	99,330	1,010	148,990	5,950	99,320
60	0,560	99,430	3,977	99,430	0,860	149,140	5,961	99,421
75	0,530	99,470	3,979	99,470	0,790	149,200	5,962	99,463
100	0,530	99,470	3,978	99,470	0,810	149,210	5,960	99,461
120	0,510	99,490	3,979	99,491	0,770	149,230	5,962	99,482
150	0,510	99,490	3,979	99,492	0,770	149,230	5,960	99,480



Şekil 4.13. Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Safraninin Kolon Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyonun Etkisi

Hesaplamalar sonucunda tüm konsantrasyonlar için safraninin % 98,98 ile 99,54 arasında adsorplandığı belirlendi. Kolondan geçen ve her bir okuma için alınan tüm çözeltilerde safraninin kırmızı rengi tamamen kaybolduğu ve berraklaştığı görüldü. Kolondan geçen çözeltinin tükenme süresi ise 150 dakika olarak belirlendi. Ayrıca akış hızı iki katına çıkarılarak yani 0,70 ml/dak. (42 ml/saat)'e ayarlanarak çalışıldı ve adsorpsiyon yine % 98-99 arasında gerçekleşti. Akış hızı 0,70 ml/dak. olarak çalışıldığında kolonda çözelti birikmeleri oldu ve bu nedenle akış hızını artırmanın bir etkisinin olmayacağı düşünülerek akış hızı daha fazla artırılmadı.

Çizelge 4.33. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	10				20			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
45	0,091	9,909	0,247	99,010	0,203	19,797	0,494	98,960
75	0,103	9,897	0,247	98,940	0,221	19,779	0,494	98,891
100	0,036	9,964	0,249	99,670	0,074	19,926	0,498	99,622
120	0,062	9,938	0,248	99,380	0,135	19,865	0,496	99,330
150	0,062	9,938	0,248	99,380	0,135	19,865	0,496	99,331

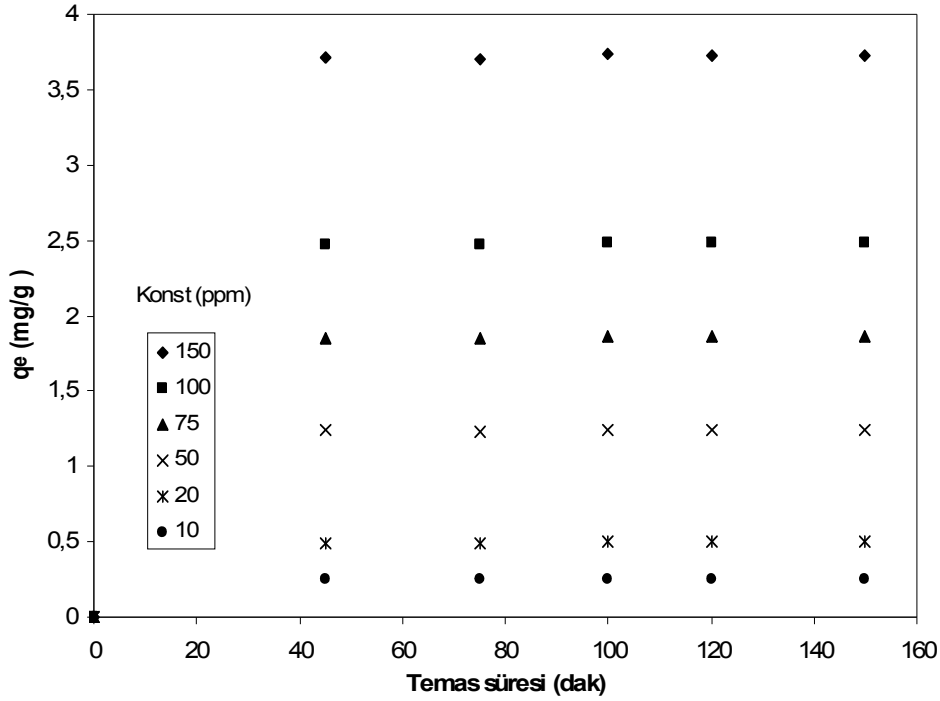
Çizelge 4.34. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	50				75			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
45	0,532	49,468	1,236	98,930	0,813	74,187	1,854	98,910
75	0,563	49,437	1,235	98,861	0,874	74,126	1,853	98,831
100	0,209	49,791	1,244	99,592	0,315	74,685	1,867	99,572
120	0,344	49,656	1,241	99,300	0,532	74,468	1,861	99,280
150	0,344	49,656	1,241	99,301	0,532	74,468	1,861	99,281

Çizelge 4.35. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler.

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	100				150			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
45	1,103	98,897	2,472	98,890	1,675	148,325	3,708	98,880
75	1,174	98,826	2,470	98,822	1,786	148,214	3,705	98,810
100	0,442	99,558	2,488	99,552	0,673	149,327	3,733	99,541
120	0,737	99,263	2,481	99,260	1,128	148,872	3,721	99,252
150	0,737	99,263	2,481	99,261	1,128	148,872	3,721	99,252

Çizelge 4.35'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan remazol brilliant blue miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonla değişimi Şekil 4.14.'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Yerfıstığı Kabuğu Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Kolon Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyon Etkisi

Kolon adsorpsiyon çalışmaları. pH 3'te ve 25°C'de çalışıldı. Hesaplamalar sonucunda tüm konsantrasyonlar için brilliant blue R'nin % 98,88 ile %100 oranlarında adsorplandığı belirlendi. Kolondan geçen ve her bir okuma için alınan tüm çözeltilerde brilliant blue R'nin mavi renginin tamamen kaybolduğu (safraninde olduğu gibi) ve berraklaştığı görüldü. Kolondan geçen çözeltinin tükenme zamanı 7 saat (420 dak) olarak belirlendi.

Çizelge 4.36. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	10				20			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
30	0,124	9,876	0,246	98,700	0,264	19,736	0,493	98,680
60	0,185	9,815	0,245	98,131	0,374	19,626	0,490	98,111
100	0,113	9,887	0,247	98,820	0,232	19,768	0,494	98,802
120	0,082	9,918	0,247	99,142	0,171	19,829	0,495	99,123
150	0,082	9,918	0,247	99,152	0,177	19,823	0,495	99,134
180	0,076	9,924	0,248	99,286	0,142	19,858	0,495	99,260
240	0,083	9,917	0,247	99,173	0,165	19,835	0,496	99,151
300	0,083	9,917	0,247	99,165	0,173	19,827	0,495	99,142

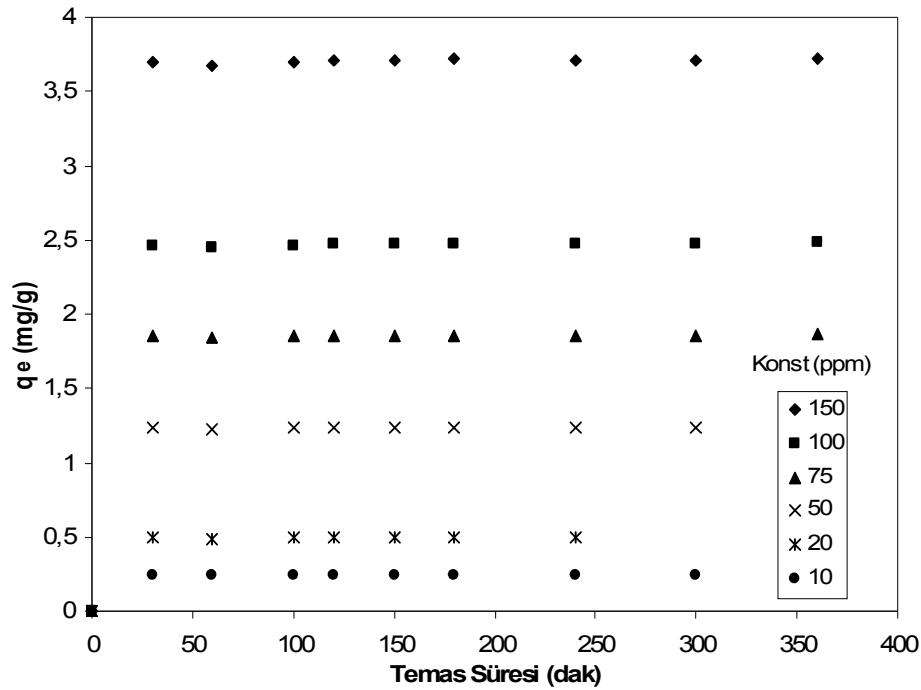
Çizelge 4.37. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	50				75			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
30	0,664	49,336	1,233	98,660	1,100	73,990	1,849	98,650
60	0,951	49,049	1,226	98,091	1,434	73,566	1,839	98,081
100	0,603	44,397	1,234	98,780	0,912	74,088	1,852	98,779
120	0,445	49,555	1,238	99,100	0,673	74,327	1,858	99,093
150	0,442	49,558	1,238	99,111	0,673	74,327	1,858	99,102
180	0,379	49,621	1,240	99,242	0,574	74,426	1,860	99,230
240	0,435	49,565	1,239	99,130	0,655	74,345	1,858	99,122
300	0,435	49,565	1,239	99,123	0,668	74,332	1,858	99,110
360	0,358	49,642	1,241	99,290	0,536	74,464	1,861	99,280

Çizelge 4.38. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Safraninin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman		100			150			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe mg/g)	% Ads
30	1,441	98,559	2,463	98,559	2,173	147,827	3,695	98,540
60	2,013	97,987	2,449	97,988	3,080	146,920	3,674	97,971
100	1,324	98,676	2,466	98,676	2,000	148,000	3,700	98,662
120	1,100	98,990	2,474	98,995	1,514	148,486	3,712	98,983
150	0,991	99,009	2,475	99,004	1,502	148,498	3,712	98,994
180	0,862	99,138	2,478	99,131	1,314	148,686	3,717	99,123
240	0,974	99,026	2,475	99,021	1,476	148,524	3,713	99,012
300	0,988	99,012	2,475	99,010	1,483	148,517	3,712	99,002
360	0,816	99,184	2,479	99,180	1,248	148,752	3,718	99,173

Çizelge 4.38.'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan safranin miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonla değişimi Şekil 4.15'de verilmiştir



Şekil 4.15. Modifiye kömür tarafından safraninin kolon adsorpsiyonu üzerine konsantrasyonun etkisi

Kolon adsorpsiyon çalışmaları. pH 3'te ve 25°C'de çalışıldı. Hesaplamalar sonucunda tüm konsantrasyonlar için safraninin % 98,88 ile %100 oranlarında adsorplandığı belirlendi. Kolondan geçen ve her bir okuma için alınan tüm çözeltilerde safraninin kırmızı renginin tamamen kaybolduğu (brillant blue R'de olduğu gibi) ve berraklaştığı görüldü. Kolondan geçen çözeltinin tükenme zamanı 15.5 saat (930 dak) olarak belirlendi.

Çizelge 4.39. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	10				20			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
30	0,134	9,866	0,246	98,610	0,294	19,706	0,492	98,513
60	0,060	9,930	0,248	99,381	0,145	19,855	0,496	99,282
100	0,073	9,927	0,248	99,232	0,178	19,822	0,495	99,130
120	0,042	9,958	0,248	99,533	0,116	19,884	0,497	99,431
150	0,071	9,929	0,247	99,234	0,171	19,829	0,495	99,130
180	0,095	9,905	0,248	99,075	0,203	19,797	0,494	98,972
240	0,068	9,932	0,248	99,386	0,147	19,852	0,496	99,286
300	0,056	9,944	0,248	99,457	0,124	19,876	0,496	99,359
360	0,049	9,951	0,248	99,572	0,103	19,897	0,497	99,478
400	0,035	9,965	0,249	99,630	0,091	19,909	0,497	99,537

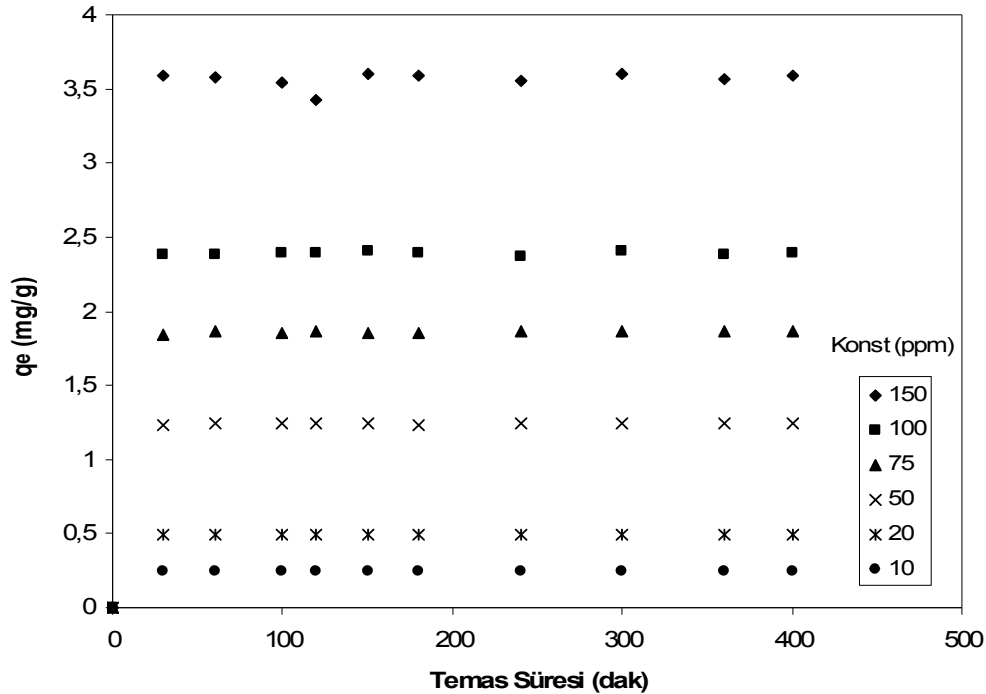
Çizelge 4.40. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Konsantrasyon (ppm)								
Zaman	50				75			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
30	0,751	49,249	1,231	98,490	1,131	73,869	1,846	98,480
60	0,363	49,637	1,240	99,269	0,562	74,448	1,861	99,259
100	0,449	49,551	1,238	99,118	0,675	74,325	1,858	99,101
120	0,292	49,708	1,242	99,416	0,444	74,556	1,863	99,402
150	0,443	49,557	1,238	99,112	0,673	74,327	1,858	99,105
180	0,525	49,475	1,236	98,951	0,798	74,212	1,855	98,946
240	0,362	49,638	1,240	99,260	0,566	74,444	1,861	99,254
300	0,336	49,664	1,241	99,334	0,507	74,493	1,862	99,323
360	0,273	49,727	1,243	99,453	0,415	74,585	1,864	99,440
400	0,240	49,740	1,243	99,512	0,373	74,627	1,865	99,507

Çizelge 4.41. Farklı Başlangıç Konsantrasyonlarında Remazol brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Kolon Adsorpsiyonunda Zamana Göre Elde Edilen Bazı Değerler

Zaman	Konsantrasyon (ppm)							
	100				150			
t(dak)	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads	Ce (ppm)	Cads (ppm)	qe (mg/g)	% Ads
30	4,674	95,326	2,383	95,320	6,850	143,150	3,586	95,499
60	4,483	95,517	2,387	95,519	6,743	143,257	3,581	95,500
100	4,256	95,744	2,393	95,748	6,100	143,900	3,542	96,308
120	4,072	95,928	2,398	95,927	5,940	144,060	3,423	95,427
150	3,951	96,049	2,401	96,046	5,950	144,05	3,601	96,039
180	4,245	95,755	2,393	95,755	6,380	143,620	3,590	95,742
240	5,132	94,868	2,371	94,864	7,721	142,279	3,556	94,854
300	3,954	96,046	2,401	96,041	5,943	144,057	3,601	96,039
360	4,785	95,215	2,380	95,212	7,182	142,818	3,570	95,200
400	4,129	95,871	2,396	95,870	6,205	143,795	3,594	95,864

Çizelge 4.41.'deki değerler dikkate alınarak, adsorbentin gramı başına adsorplanan remazol brilliant blue'nun miktarının zamanın bir fonksiyonu olarak konsantrasyonla değişimi Şekil 4.16.'da verilmiştir.

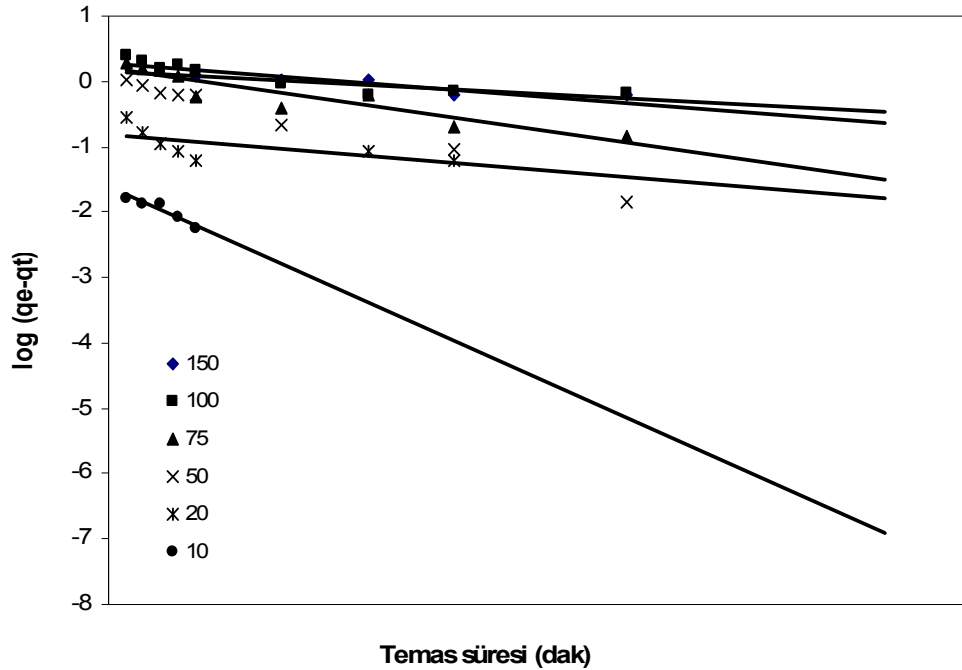


Şekil 4.16. Modifiye Kömür Tarafından Remazol Brilliant Blue R'nin Kolon Adsorpsiyonu Üzerine Konsantrasyon Etkisi

Şekilden de görüldüğü gibi, hesaplamalar sonucunda tüm konsantrasyonlar için brillant blue R' nin % 95,62 ile 99,60 arasında adsorplandığı gözlenmiştir. Kolondan geçen ve her bir okuma için alınan tüm çözeltilerde brillant blue R' nin mavi renginin tamamen kaybolduğu ve berraklaştığı görüldü. Kolondan geçen çözeltinin tükenme süresi ise 400 dakika olarak belirlendi. Ayrıca akış hızı iki katına çıkarılarak yani 0,70 ml/dak. (42 ml/saat)' e ayarlanarak çalışıldı ve adsorpsiyonun % 98–99 arasında gerçekleştiği görüldü.

#### 4.6. Kinetik İncelemeler

Yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğundan elde edilen kömür üzerine safranin ve remazol brillant blue R'nin adsorpsiyonunun kinetiği Yalancı birinci dereceden (Pseudo-first-order), Yalancı ikinci dereceden (Pseudo second-order) ve Partikül içi difüzyon (Intra-particle diffusion) modellerine göre incelendi. Safranin için, 20 °C'de ve pH 5'de elde edilen yalancı birinci dereceden kinetik grafiği şekil 4.17'de, yalancı ikinci dereceden kinetik grafiği şekil 4.18'de ve partikül içi difüzyon grafiği şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı Birinci Dereceden Kinetik Grafiği

Şekil 4.17'deki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$10 \text{ ppm için; } y=-0,1176x -1,6222 \quad R^2=0,9111$$

$$20 \text{ ppm için; } y=-0,0212x -0,8255 \quad R^2=0,4049$$

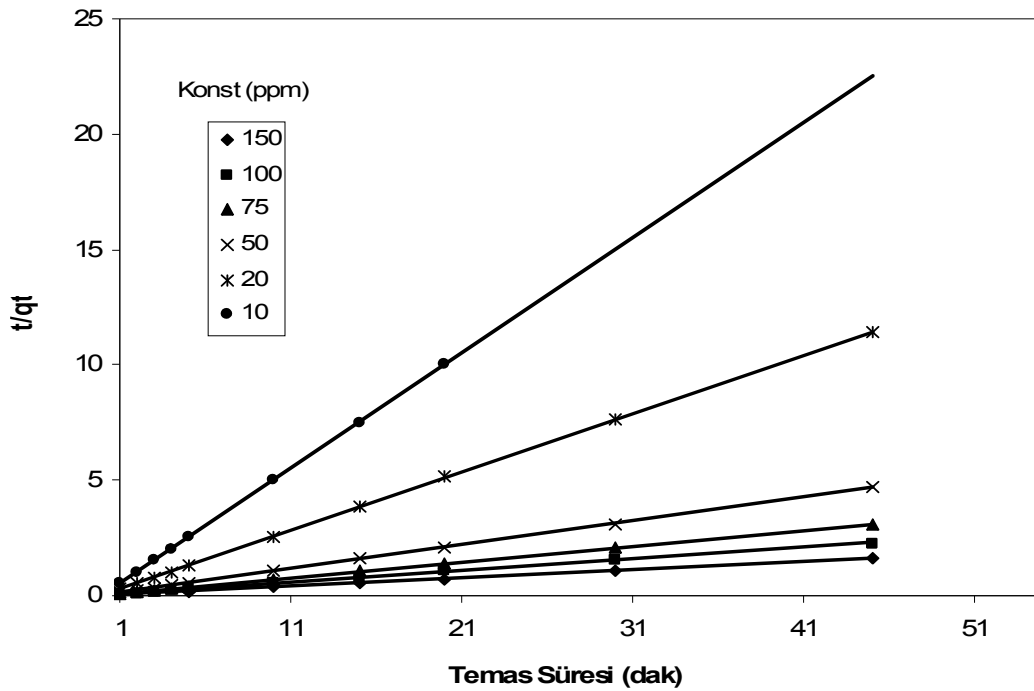
$$50 \text{ ppm için; } y=-0,0611x +0,0497 \quad R^2=0,9895$$

$$75 \text{ ppm için; } y=-0,0374x +0,1902 \quad R^2=0,8491$$

$$100 \text{ ppm için; } y=-0,0205x +0,2851 \quad R^2=0,7873$$

$$150 \text{ ppm için; } y=-0,0135x +0,1512 \quad R^2=0,8195$$

Grafikteki noktaların dağılımından ve korelasyon değerlerinin düşük olmasından dolayı, adsorpsiyonun yalancı birinci modele uymadığı gözlenmiştir. Ayrıca yalancı dereceden modele ait grafiklerin korelasyon değerleri yüksek dahi olsa, bu modele uygunluktan bahsedebilmemiz için denklemden elde edilen  $q_e$  değerinin deneysel  $q_e$  ile aynı veya birbirine çok yakın olması gerekir. Burada,  $q_e$  değerlerinde herhangi bir uyum görülmemiştir.

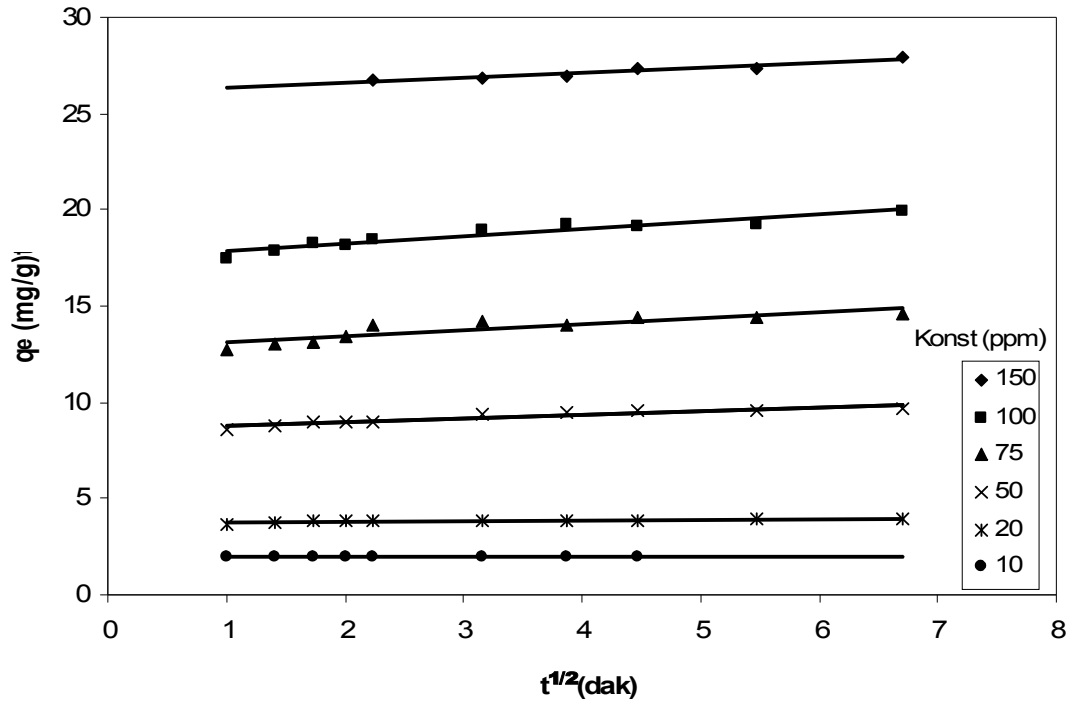


Şekil 4.18. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Grafiği

Şekil 4.18.'deki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir

10 ppm için; $y=0,5002x +0,091$	$R^2=1,0000$
20 ppm için; $y=0,2519x +0,0363$	$R^2=0,9999$
50 ppm için; $y=0,1033x +0,0275$	$R^2=0,9999$
75 ppm için; $y=0,0683x +0,0225$	$R^2=0,9999$
100 ppm için; $y=0,0504x +0,185$	$R^2=0,9996$
150 ppm için; $y=0,0356x +0,0175$	$R^2=0,9998$

Her bir grafik için  $R^2 =0,99$  daha büyük bir korelasyon değeri elde edilmiş ve ayrıca denklemden elde edilen  $q_e$  değeri ile deneysel  $q_e$  (adsorbentin gramı başına adsorplanan boyar maddenin mg/g cinsinden maksimum değeri) değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Elde edilen değerler aşağıda Çizelge 4.17' de gösterilmektedir. Bu durum adsorpsiyonun yalancı ikinci dereceden model'e uyduğunu ve yer fıstığı kabuğu ile safranin arasında kimyasal bir aktivasyonun olabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 4.19. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Partikül İçi Difüzyon Kinetik Grafiği.

Şekil 4.19'daki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir

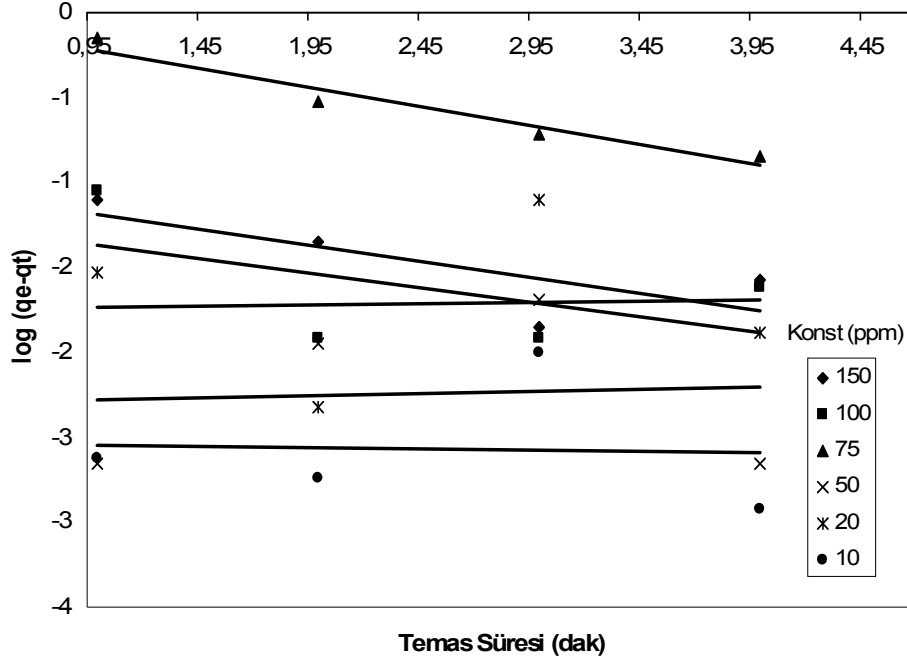
10 ppm için; $y=0,052x +1,9773$	$R^2=0,8699$
20 ppm için; $y=0,0345x +3,7658$	$R^2=0,6401$
50 ppm için; $y=0,1845x +8,6084$	$R^2=0,8616$
75 ppm için; $y=0,318x +12,76$	$R^2=0,7963$
100 ppm için; $y=0,3783x +0,1744$	$R^2=0,9001$
150 ppm için; $y=0,2634x +26,038$	$R^2=0,9162$

Grafikden görüldüğü gibi elde edilen korelasyon değerleri çok yüksek olmamakla birlikte 0,84 ile 0,92 arasında değişmektedir. Bu nedenle adsorpsiyon süreci yerfıstığı kabuğu partiküllerine difüzyon kontrollü olarak da gerçekleştiği söylenebilir.

Çizelge 4.42. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyon Kinetiğinin Parametreleri

Co ( ppm)	Yalancı birinci dereceden		Yalancı ikinci dereceden		Partikül içi difüzyon		R <sup>2</sup>	(Den) qe (mg/g)
	qe (mg/g)	k <sub>1</sub> (dak <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	qe (mg/g)	k <sub>2</sub> (g/mg.min)	R <sup>2</sup>		
10	0,02	0,27	0,9111	1,99	3,08	1,0000	0,05	1,99
20	0,14	0,04	0,4049	3,92	3,09	0,9999	0,03	3,94
50	1,12	0,14	0,9895	9,69	0,47	0,9999	0,18	9,63
75	1,54	0,08	0,8491	14,64	0,20	0,9999	0,31	14,58
100	1,92	0,04	0,7873	19,84	0,13	0,9996	0,37	19,90
150	1,41	0,03	0,8195	28,09	0,07	0,9998	0,26	27,92

Yerfıstığı kabuğu kömürü üzerine safranin kinetiği 40°C’de ve pH 3’de yalancı birinci dereceden, yalancı ikinci dereceden ve partikül içi difüzyon modellerine göre incelendi. Elde edilen grafikler sırasıyla Şekil 4.20 Şekil 4.21 ve Şekil 4.22 gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı Birinci Dereceden Kinetik Grafiği

Şekil 4.20’deki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir

$$10 \text{ ppm için; } y = -0,0158x - 2,5317 \quad R^2 = 0,0026$$

$$20 \text{ ppm için; } y = 0,0145x - 1,7451 \quad R^2 = 0,0013$$

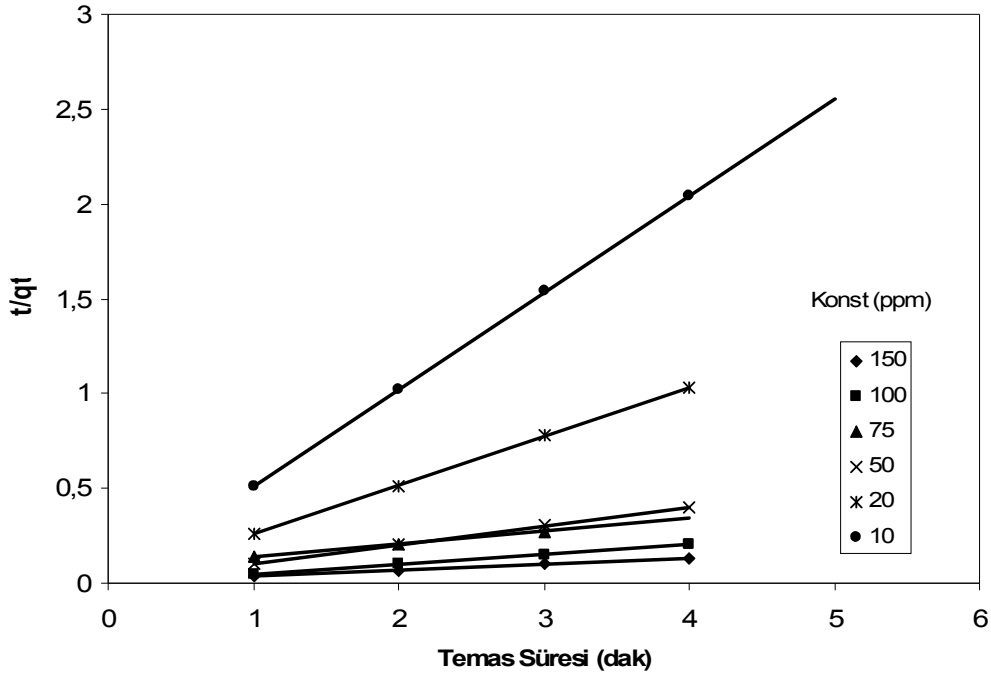
$$50 \text{ ppm için; } y = 0,256x - 2,3042 \quad R^2 = 0,0045$$

$$75 \text{ ppm için; } y = -0,2274x + 0,0068 \quad R^2 = 0,9435$$

$$100 \text{ ppm için; } y = -0,1711x - 1,1945 \quad R^2 = 0,2916$$

$$150 \text{ ppm için; } y = -0,1896x - 0,9951 \quad R^2 = 0,5989$$

Safraninin 75 ppm’lik konsantrasyonu hariç, diğer konsantrasyonlar için elde edilen korelasyon değerleri çok yüksek değildir. Teorik ve deneysel  $q_e$  değerlerinin ise birbirine uymadığı bulunmuştur. Dolayısıyla adsorpsiyonun yalancı birinci dereceden kinetik modele uymadığı görülmüştür.



Şekil 4.21. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Grafiği

Şekil 4.21'deki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$10 \text{ ppm için; } y=0,5114x+0,0005 \quad R^2=1,0000$$

$$20 \text{ ppm için; } y=0,2581x +0,0006 \quad R^2=0,9996$$

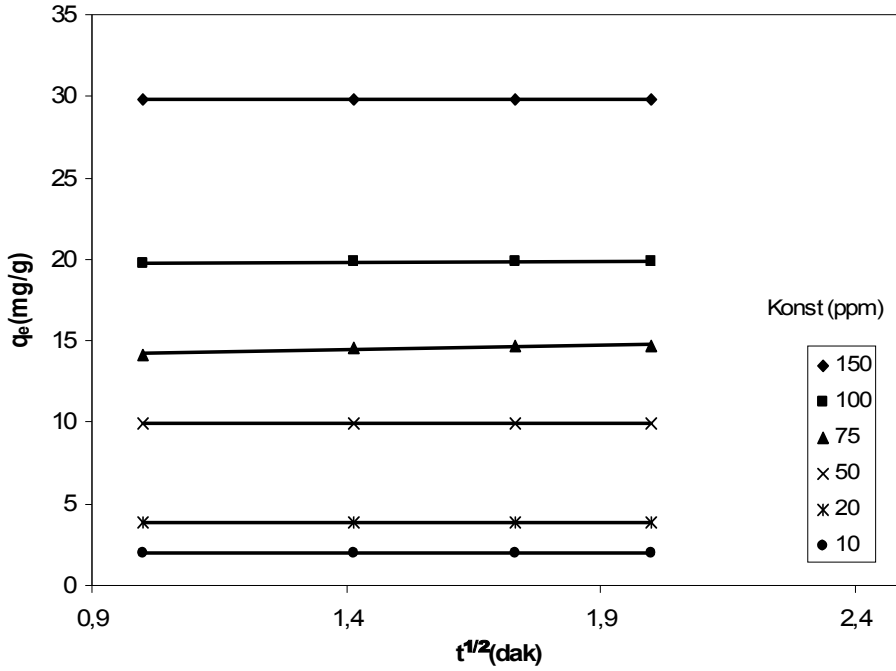
$$50 \text{ ppm için; } y=0,1009x +9E-0,5 \quad R^2=1,0000$$

$$75 \text{ ppm için; } y=0,0672x +0,0034 \quad R^2=1,0000$$

$$100 \text{ ppm için; } y=0,0504x +0,0001 \quad R^2=1,0000$$

$$150 \text{ ppm için; } y=0,0335x +8E-0,5 \quad R^2=1,0000$$

Denklemlerden de görüleceği gibi çok yüksek korelasyon değerleri elde edilmiş ve ayrıca teorik  $q_e$  ile deneysel  $q_e$ 'lerde çok yakın veya birbirinin aynısı olduğu bulunmuştur. Bu durum safranin ve yer fıstığı kabuğu kömürü arasında güçlü bir kimyasal aktivasyon olabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.22. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Partikül İçi Difüzyon Kinetik Grafiği

Şekil 4.22'deki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$10 \text{ ppm için; } y = -0,0018x + 1,9575 \quad R^2 = 0,0354$$

$$20 \text{ ppm için; } y = -0,0091x + 3,8861 \quad R^2 = 0,0137$$

$$50 \text{ ppm için; } y = -0,0043x + 9,9113 \quad R^2 = 0,0472$$

$$75 \text{ ppm için; } y = 0,5571x + 13,638 \quad R^2 = 0,8905$$

$$100 \text{ ppm için; } y = 0,0651x + 19,719 \quad R^2 = 0,5632$$

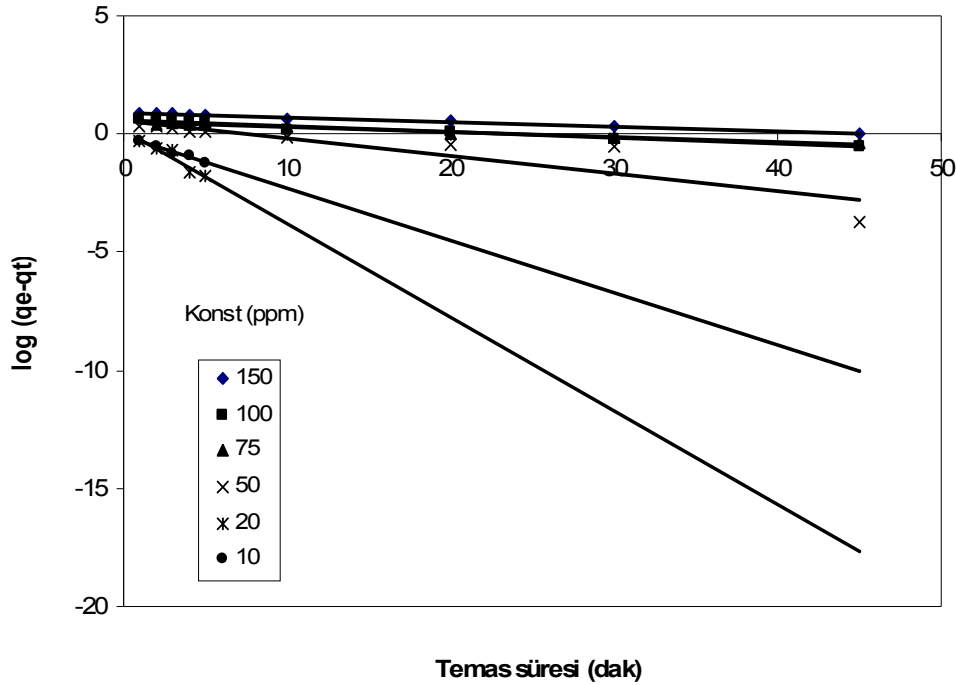
$$150 \text{ ppm için; } y = 0,0582x + 29,734 \quad R^2 = 0,8063$$

Denklemlere dikkat edildiğinde korelasyon değerlerinin çok yüksek olmadığı görülmektedir. Böylece safraninin adsorpsiyon kinetiğinin partikül içi difüzyon modeline uymadığı anlaşılmaktadır. Yani adsorpsiyon prosesi, kömür partiküllerine difüzyonu kontrollü olarak gerçekleşmemektedir.

Çizelge 4.43. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyon Kinetiğinin Parametreleri

Co (ppm)	Yalancı birinci dereceden		Yalancı ikinci dereceden		Partikül içi difüzyon		R <sup>2</sup>	(Den) qe (mg/g)
	qe (mg/g)	k <sub>1</sub> (dak <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	qe (mg/g)	k <sub>2</sub> (g/mg.min)	R <sup>2</sup>		
10	0,002	0,03	0,0026	1,95	523,05	1,0000	0,001	1,95
20	0,017	0,03	0,0013	3,87	111,02	0,9996	0,009	3,90
50	0,004	0,05	0,0045	9,91	11,31	1,0000	0,004	9,91
75	1,015	0,52	0,9435	14,88	1,32	1,0000	0,55	14,82
100	0,063	0,39	0,2916	19,84	25,40	1,0000	0,06	19,85
150	0,101	0,43	0,5989	14,02	14,02	1,0000	0,05	29,86

Modifiye yerfıstığı kabuğu üzerine Brillant Blue R için 40°C’de pH 3’de yalancı birinci dereceden, yalancı ikinci dereceden ve partikül içi difüzyon modellerine göre çizilen Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25



Şekil 4.23. Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı Birinci Dereceden Kinetik Grafiği

Şekil 4.23'deki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$10 \text{ ppm için; } y = -0,2208x - 0,0976 \quad R^2 = 0,9734$$

$$20 \text{ ppm için; } y = -0,3974x + 0,1945 \quad R^2 = 0,8972$$

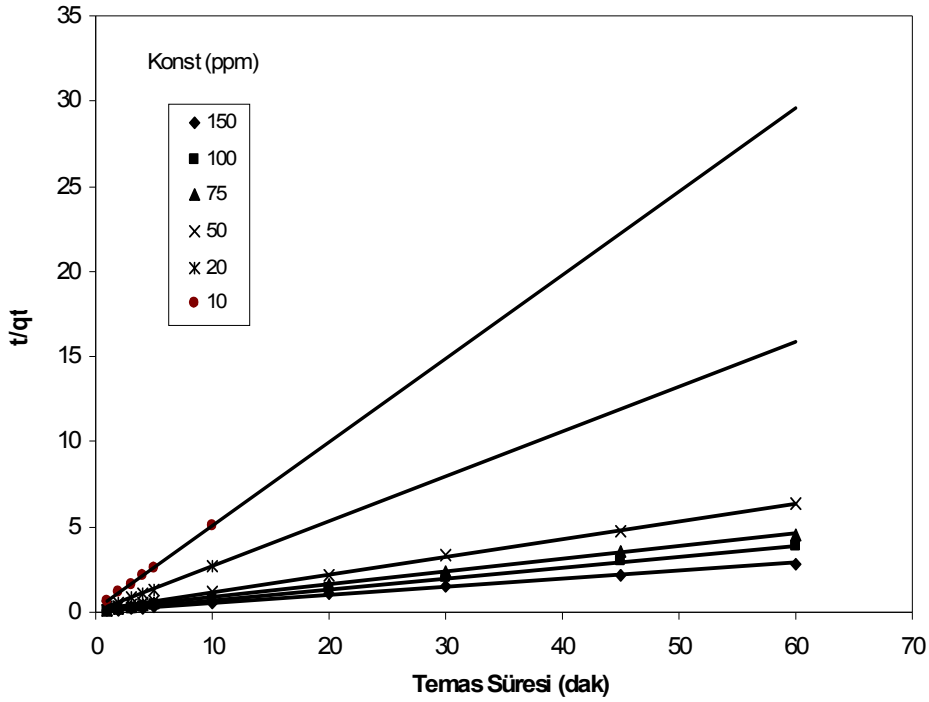
$$50 \text{ ppm için; } y = -0,0743x + 0,5771 \quad R^2 = 0,8043$$

$$75 \text{ ppm için; } y = -0,0214x + 0,5376 \quad R^2 = 0,924$$

$$100 \text{ ppm için; } y = -0,0253x + 0,58 \quad R^2 = 0,9667$$

$$150 \text{ ppm için; } y = -0,0189x + 0,8966 \quad R^2 = 0,982$$

Brillant Blue R'nin her bir konsantrasyonu için elde edilen korelasyon değerleri  $R^2 = 0,80$  ile  $0,97$  arasında değişmektedir. Bu yüksek değerlere rağmen denklemden elde edilen  $q_e$  ile deneysel bulunan  $q_e$  değerleri birbirine uymamaktadır. Dolayısıyla brilliant blue R'nin yalancı birinci dereceden kinetik model'e uymadığı görülmüştür.



Şekil 4.24. Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Grafiği

Şekil 4.24'deki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$10 \text{ ppm için; } y = -0,4906x + 0,2026 \quad R^2 = 0,9998$$

$$20 \text{ ppm için; } y = -0,2634x + 0,0458 \quad R^2 = 0,9997$$

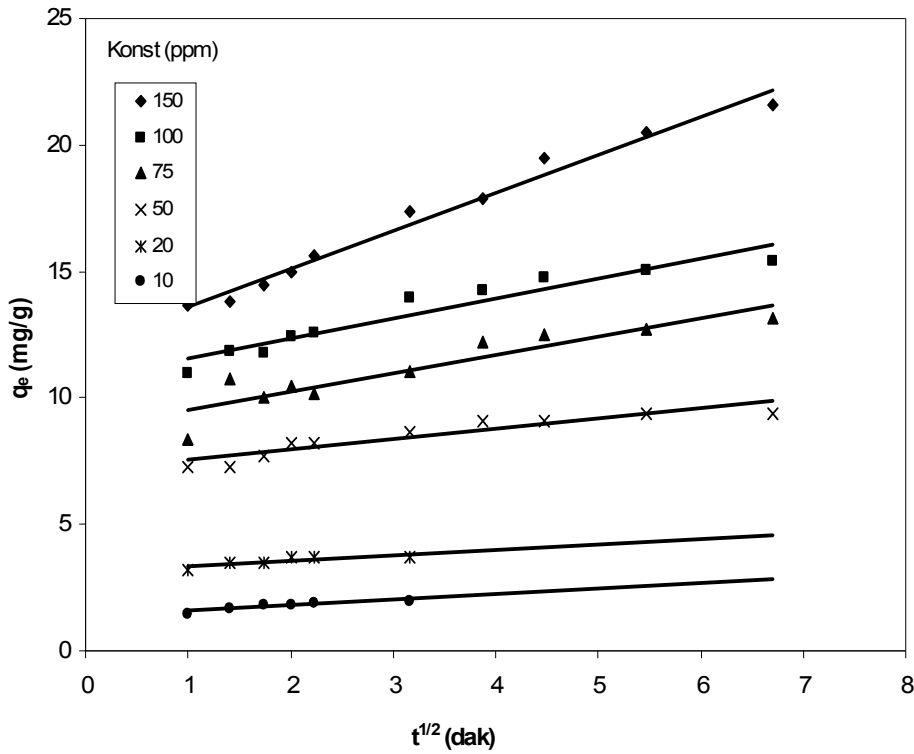
$$50 \text{ ppm için; } y = 0,1053x + 0,0767 \quad R^2 = 0,9998$$

$$75 \text{ ppm için; } y = 0,0758x + 0,0898 \quad R^2 = 0,9991$$

$$100 \text{ ppm için; } y = 0,0646x + 0,646 \quad R^2 = 0,9995$$

$$150 \text{ ppm için; } y = 0,0463x + 0,8966 \quad R^2 = 0,9964$$

Her bir grafik için çok yüksek korelasyon değeri elde edilmiş ve ayrıca teorik  $q_e$  ile deneysel  $q_e$  değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Böylece Brilliant Blue R'nin Yalancı İkinci Dereceden kinetik modeline uyduğu söylenebilir.



Şekil 4.25. Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Partikül İçi Difüzyon Kinetik Grafiği.

Şekil 4.25'deki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$10 \text{ ppm için; } y = -0,2197x + 1,346 \quad R^2 = 0,8074$$

$$20 \text{ ppm için; } y = 0,2214x + 3,1273 \quad R^2 = 0,7353$$

$$50 \text{ ppm için; } y = 0,4057x + 7,1267 \quad R^2 = 0,8747$$

$$75 \text{ ppm için; } y = 0,7214x + 8,826 \quad R^2 = 0,8379$$

$$100 \text{ ppm için; } y = 0,7917x + 10,76 \quad R^2 = 0,9210$$

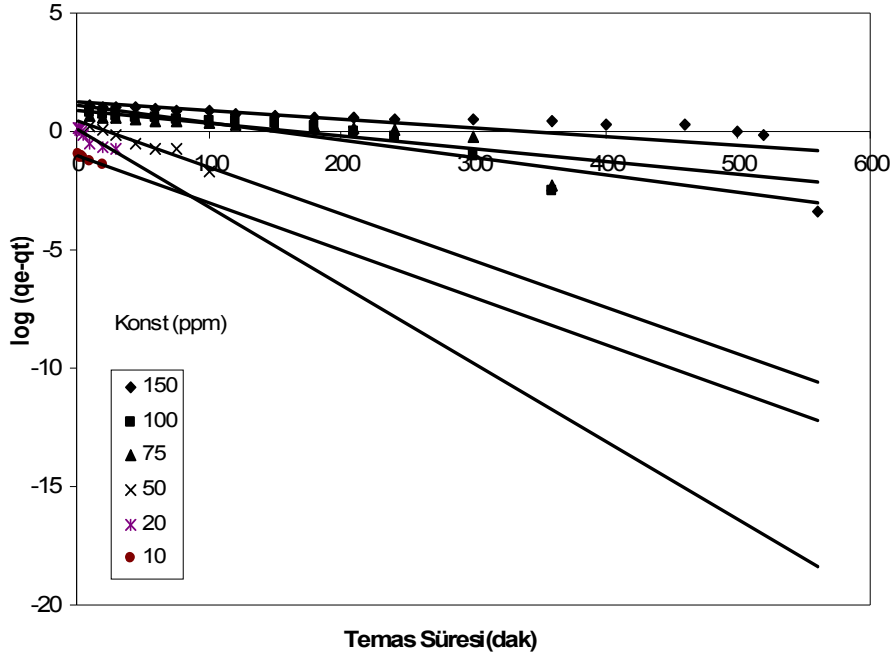
$$150 \text{ ppm için; } y = 1,4995x + 12,12 \quad R^2 = 0,9817$$

Denklemlere dikkat edildiğinde korelasyon değerleri çok düşük olmadığı görülmekte ve dolayısıyla modifiye yerfıstığı kabuğunun yalancı ikinci dereceden kinetik modeline uyduğu gibi partikül içi difüzyon modelinede kısmen uyduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.44. Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyon Kinetiğinin Parametreleri

Co (ppm)	Yalancı birinci dereceden		Yalancı ikinci dereceden		Partikül içi difüzyon		R <sup>2</sup>	(Den) qe (mg/g)
	qe (mg/g)	k <sub>1</sub> (dak <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	qe (mg/g)	k <sub>2</sub> g/mg.min	R <sup>2</sup>		
10	0,79	0,508	0,9734	2,03	1,18	0,9999	0,21	1,95
20	1,56	0,910	0,8932	3,79	1,51	0,9997	3,12	3,72
50	3,77	0,178	0,8043	9,49	0,14	0,9998	7,12	9,40
75	3,44	0,049	0,9240	13,19	0,063	0,9991	8,82	13,15
100	3,80	0,050	0,9667	15,47	0,064	0,09995	0,79	15,38
150	7,88	0,043	0,9820	21,59	0,02	0,9964	1,49	21,52

Yerfıstığı kabuğu kömürü üzerine brillant blue R'nin kinetiği 60°C'de pH =3'de, Yalancı birinci dereceden, Yalancı ikinci dereceden ve Partikül içi difüzyon modellerine göre incelendi. Elde edilen grafikler sırasıyla Şekil 4.26,Şekil 4.27 ve Şekil 4.28. gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Remazol Brilliant Blue R'nin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı Birinci Dereceden Kinetik Grafiği

Şekil 4.26'daki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$10 \text{ ppm için; } y = -0,02x - 0,09985 \quad R^2 = 0,8935$$

$$20 \text{ ppm için; } y = -0,033x + 0,1058 \quad R^2 = 0,8564$$

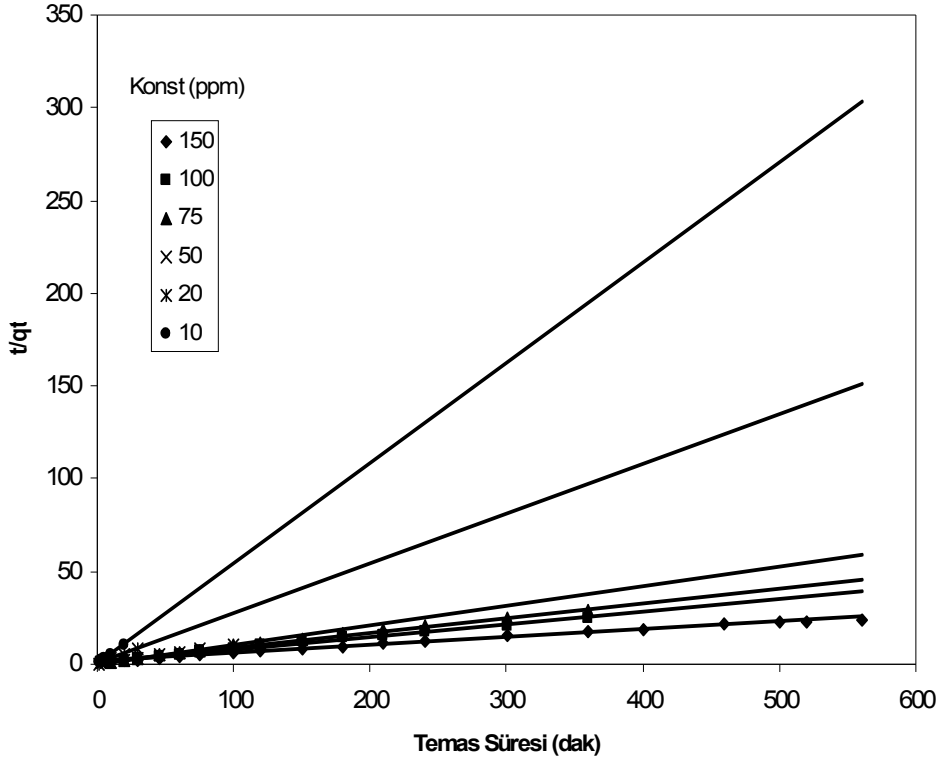
$$50 \text{ ppm için; } y = -0,0197x + 0,4568 \quad R^2 = 0,9506$$

$$75 \text{ ppm için; } y = -0,0054x + 0,8839 \quad R^2 = 0,666$$

$$100 \text{ ppm için; } y = -0,0074x + 1,11 \quad R^2 = 0,8271$$

$$150 \text{ ppm için; } y = -0,0021x + 1,0657 \quad R^2 = 0,9638$$

Brillant Blue R'nin tüm konsantrasyonları için elde edilen korelasyon değerlerinin kısmen yüksek olduğu görülmektedir. Ancak teorik  $q_e$  ile deneysel  $q_e$  değerleri uyum içinde olmadığından bu modele uygunluktan bahsedemeyiz.



Şekil 4.27. Remazol Brilliant Blue R'nin Yerfıstığı Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Yalancı İkinci Dereceden Kinetik Grafiği

Şekil 4.27'deki her bir konsantrasyon grafiği için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$10 \text{ ppm için; } y=0,5417 +0,0447 \quad R^2=1,0000$$

$$20 \text{ ppm için; } y=0,2692x +0,2901 \quad R^2=0,9992$$

$$50 \text{ ppm için; } y=0,1043x +0,3135 \quad R^2=0,9998$$

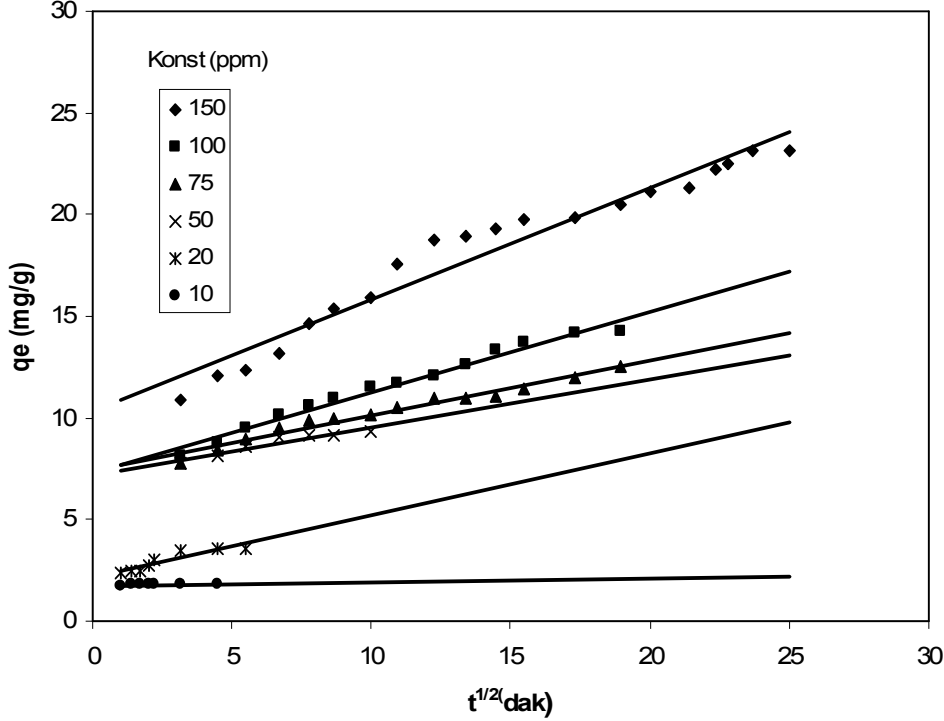
$$75 \text{ ppm için; } y=0,0798x +1,3369 \quad R^2=0,9946$$

$$100 \text{ ppm için; } y=0,0675x +1,4826 \quad R^2=0,9948$$

$$150 \text{ ppm için; } y=0,0426x +1,5408 \quad R^2=0,9949$$

Denklemlerden de görüldüğü gibi korelasyon değerlerinin  $R^2=0,99-1$  arasında değiştiği görülmekte ve dolayısıyla yerfıstığı kömürü üzerine brilliant blue'nin adsorpsiyon kinetiğinin yalancı ikinci dereceden kinetik modeline uyduğu görülmektedir. Aynı zamanda deneysel  $q_e$  ile teorik  $q_e$  değerleri ise birbirine yakın olarak bulunmuştur.

Adsorpsiyonun bu modele uyması adsorbent ile adsorbat arasında kimyasal bir etkileşim olabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 4.28. Remazol Brilliant Blue R'nin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Partikül İçi Difüzyon Kinetik Grafı

Şekil 4.28'deki her bir konsantrasyon grafığı için elde edilen denklemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

10 ppm için;	$y=0,0176x + 1,7647$	$R^2=0,8705$
20 ppm için;	$y=0,3061x + 2,1254$	$R^2=0,8584$
50 ppm için;	$y=0,2355x + 7,1881$	$R^2=0,9080$
75 ppm için;	$y=0,2692x + 7,4285$	$R^2=0,9679$
100 ppm için;	$y=0,3964x + 7,3084$	$R^2=0,9813$
150 ppm için;	$y=0,5632x + 10,168$	$R^2=0,9531$

Grafiklerden görüleceği gibi 1-600 dakikalık temas süresi aralığında elde edilen korelasyon değerleri 0,85-0,95 arasındadır. Yani korelasyon değerlerinin çok düşük olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla yerfıstığı kabuğu kömürü üzerine brilliant blue R'nin adsorpsiyon kinetiğinin partikül içi difüzyon modelinde uyduğu anlaşılmaktadır.

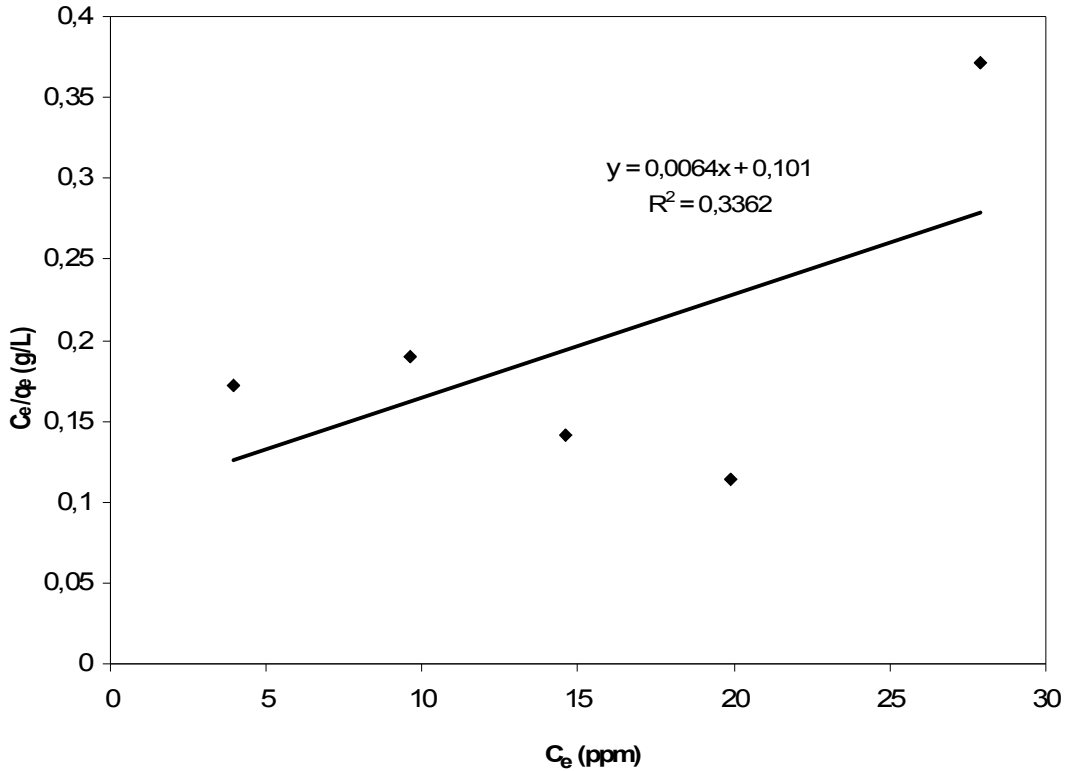
Çizelge 4.45. Remazol Brilliant Blue R'nin Verdiği Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyon Kinetiğinin Parametreleri

Co (ppm)	Yalancı birinci dereceden		Yalancı ikinci dereceden		Partikül içi difüzyon				
	qe (mg/g)	k <sub>1</sub> (dak <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	qe (mg/g)	k <sub>2</sub> (g/mg.min)	R <sup>2</sup>	k <sub>i</sub> (mg/g.min <sup>0.5</sup> )	R <sup>2</sup>	(Den) qe (mg/g)
10	0,10	0,046	0,8935	1,84	0,152	1,000	0,017	0,8705	1,88
20	1,27	0,075	0,8564	3,71	0,249	0,9992	0,306	0,8584	3,76
50	2,86	0,453	0,9506	9,58	0,034	0,9998	0,235	0,908	9,34
75	7,65	0,124	0,6660	12,53	0,004	0,9946	0,269	0,9679	12,56
100	12,88	0,017	0,8271	14,81	0,003	0,9948	0,396	0,9813	14,25
150	1,06	0,004	0,9638	23,47	0,001	0,9949	0,563	0,9531	23,17

#### 4.7. İzoterm incelemeleri

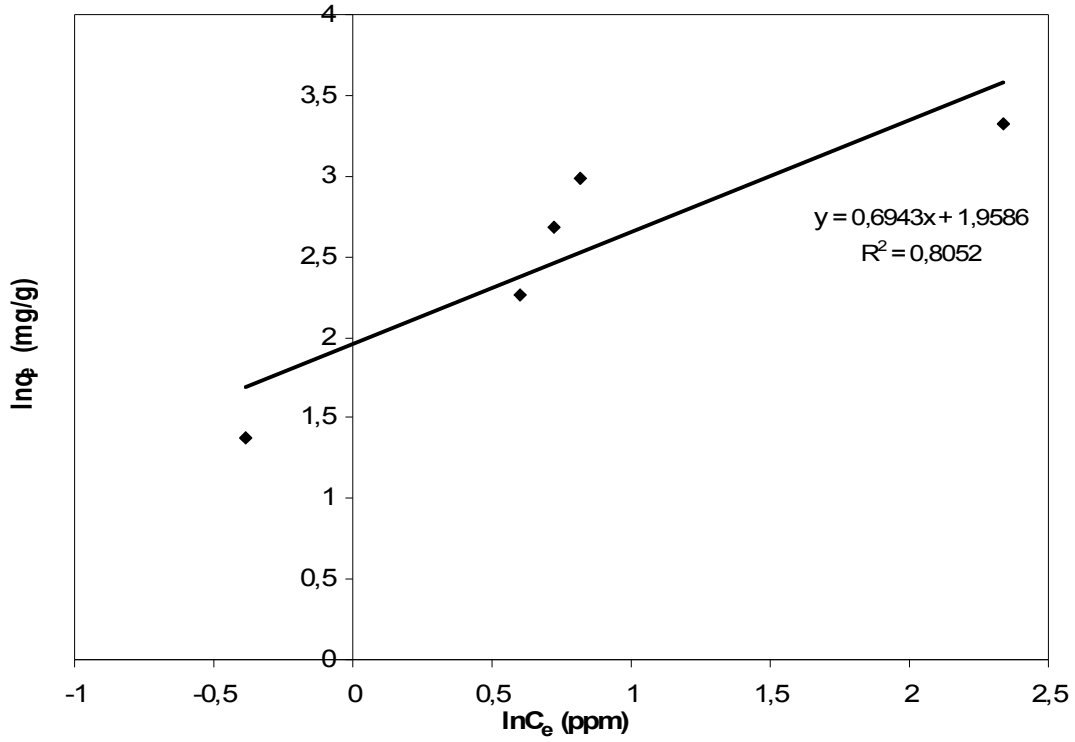
Yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğundan elde edilen kömür üzerine safranin ve brilliant blue R'nin adsorpsiyon izotermi Langmuir ve Freundlich izoterm modellerine göre incelendi.

1Safranin için, 20 °C'de ve pH 5'de Eşitlik 1.1. ve 1.2. dikkate alınarak Langmuir ve Freundlich izotermi Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.29.'da Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Langmuir izotermi.

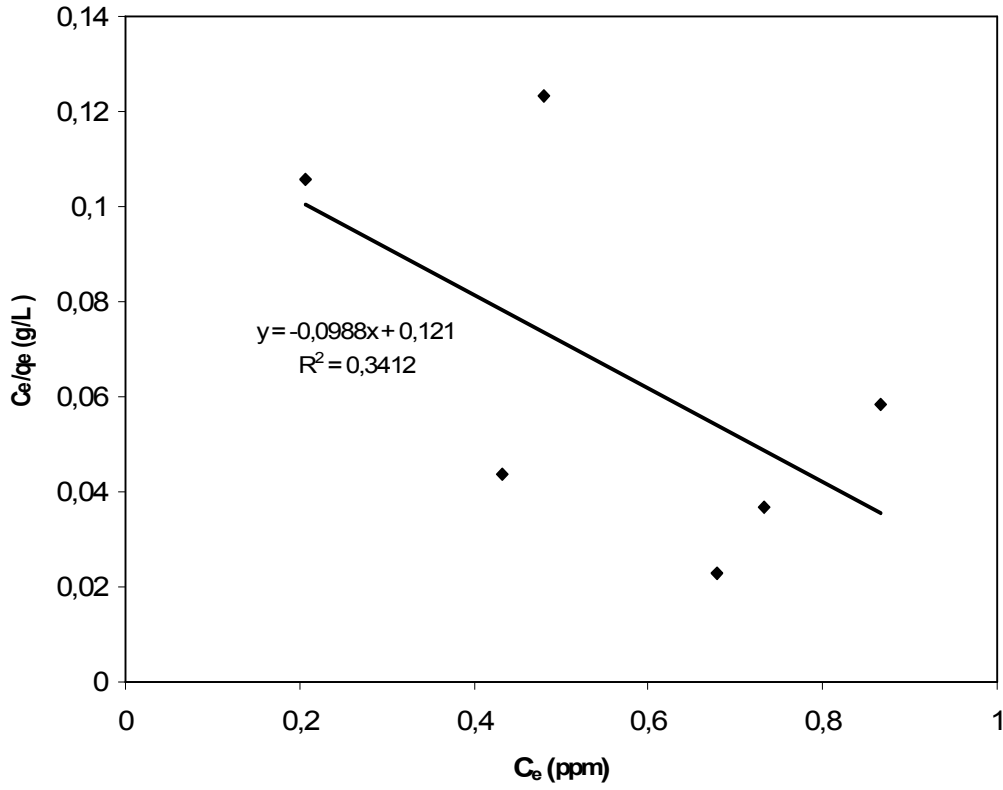
Grafikten de görüldüğü gibi korelasyon değeri çok düşük olduğu için herhangi bir uyum gözlenmemiştir. Langmuir sabitlerinden  $Q_0 = -156,25$  ve adsorpsiyon enerjisini işaret eden  $b = -0,0033$  olarak bulunmuştur.



Şekil 4.30’da Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Freunlich İzoterminin.

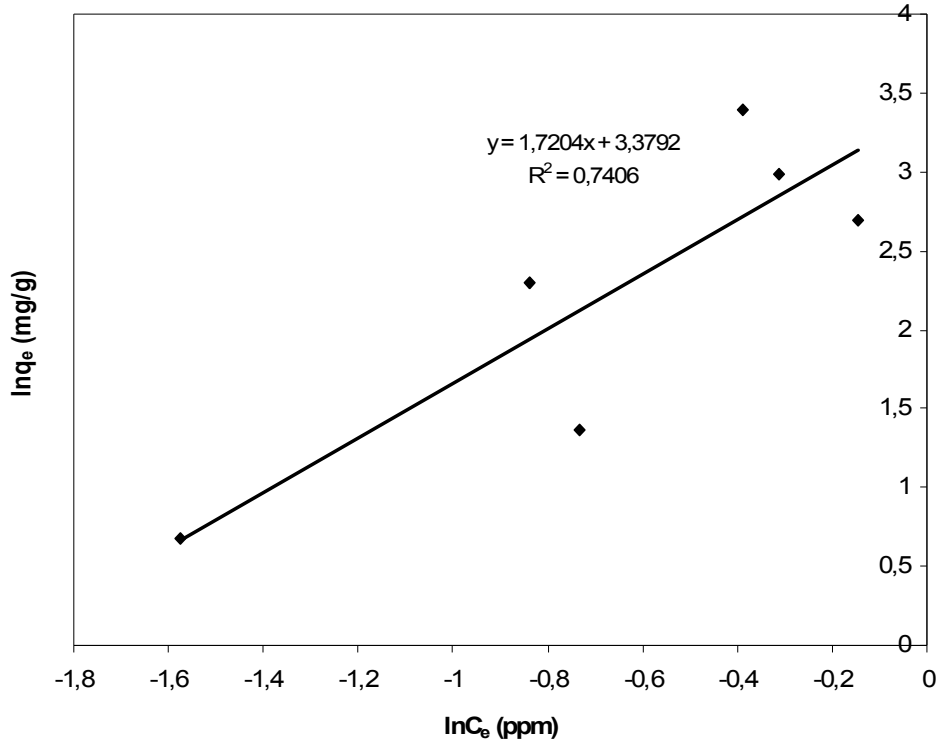
Freunlich izoterminde ise 0,80’lik bir korelasyon değeri elde edilmiştir. Bu değerde, adsorpsiyonun Freunlich izoterminin kısmen uyduğunu göstermiştir. Freunlich sabitlerinden adsorpsiyon kapasitesini ifade eden  $k = 7,089$  mg/g ve adsorpsiyon şiddetini ifade eden  $n$  değeri ise,  $n = 1,443$  g/L olarak bulunmuştur.

Yer fıstığı kabuğu kömürü üzerine safranin için 40°C’de pH 3’de Langmuir ve Freundlich izotermleri sırasıyla Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de gösterilmiştir.



Şekil 4.31’de Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Langmuir İzotermi.

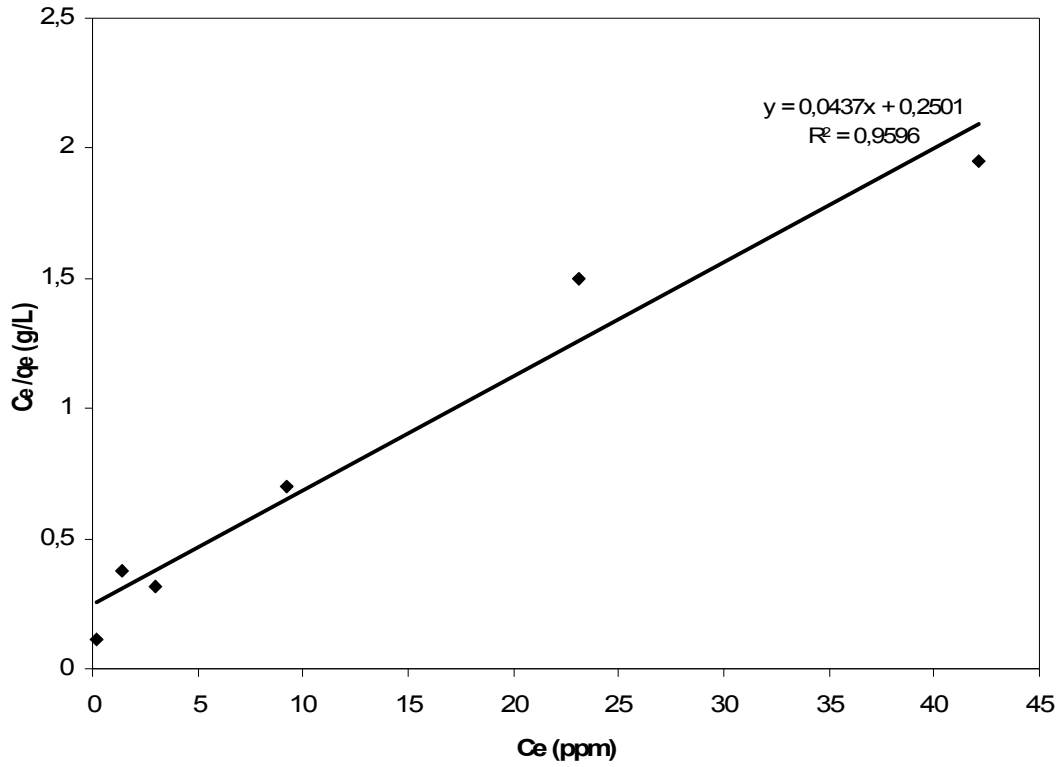
Yerfıstığı kabuğunda olduğu gibi Langmuir denklemi lineer artan bir doğru denklemi olduğu için doğru, Langmuir denkleminin tersi yönde azalan şekilde elde edilmiştir. Bu nedenle Langmuir izotermine herhangi bir uyum yoktur. Zaten  $Q_0 = -10,21$  ve  $b = -0,81$  değerleride negatif hesaplanmıştır.



Şekil 4.32. Safraninin Yerfıstığı Kabuğu Kömürü Üzerine Adsorpsiyonunun Freunlich İzotermi.

Freunlich izoterminde ise 0,74'lük bir korelasyon değeri elde edilmiştir. Elde edilen bu değer de Freunlich izoterminde kısmen uyduğunu göstermiştir. Freunlich sabitlerinden adsorpsiyon kapasitesini ifade eden  $k = 29,34$  mg/g ve adsorpsiyon şiddetini ifade eden  $n$  değeri ise,  $n = 0,58$  g/L olarak bulunmuştur.

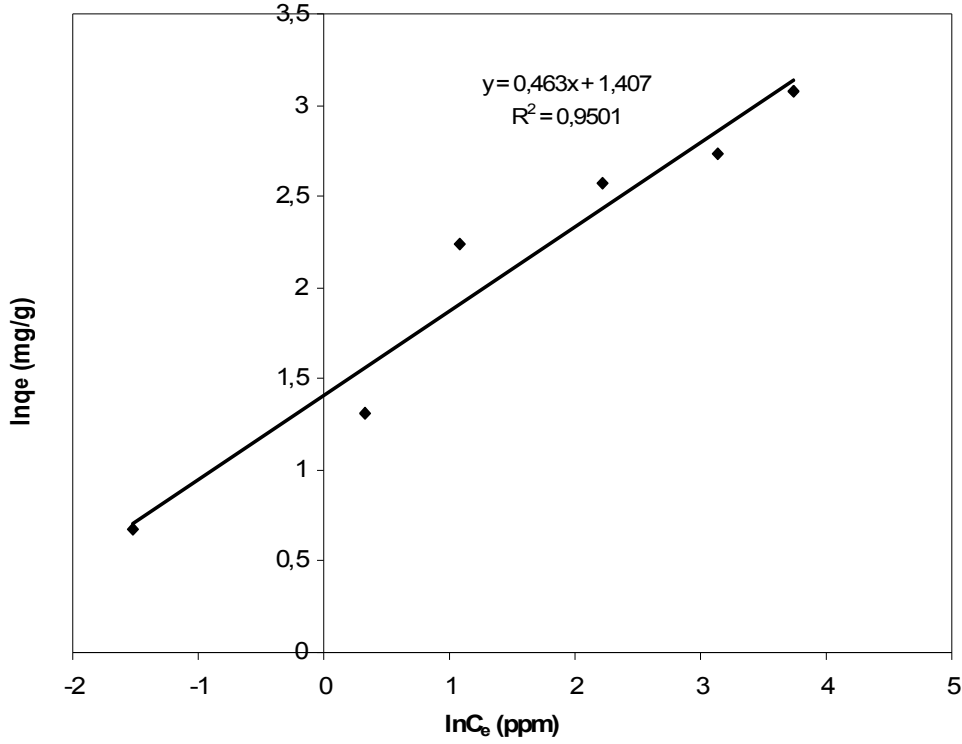
Modifiye yerfıstığı kabuğu üzerine brillant blue R için 40°C'de pH 3'de Langmuir ve Freundlich izotermi sırasıyla Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'de gösterilmiştir.



Şekil 4.33 Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Yerfıstığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Langmuir İzotermi.

Grafikte de görüldüğü gibi Langmuir izotermine 0,95'lik bir korelasyon değeri ile uyum gözlenmiştir. Langmuir sabitlerinden adsorpsiyon kapasitesi işaret eden  $Q_0 = 22,88$  mg/g ve adsorpsiyon enerjisini işaret eden  $b = 0,17$  L/mg olarak bulunmuştur.

Adsorpsiyonun yüksek korelasyon değeri ile Langmuir'e uyum göstermesi yüzeyin homojen olduğuna işaret etmektedir.

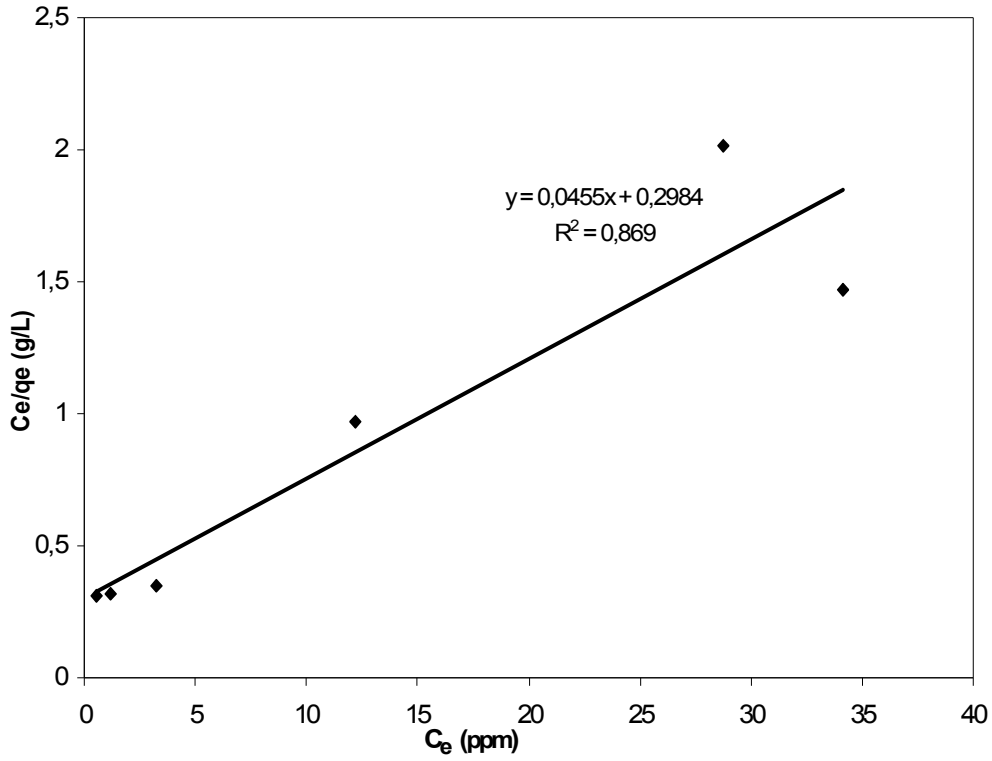


Şekil 4.34. Remazol Brillant Blue R'nin Modifiye Yerfistığı Kabuğu Üzerine Adsorpsiyonunun Freundlich İzoterminin.

Freundlich izoterminde ise 0,95'lik bir korelasyon değeri ile uyum gözlenmiştir. Freundlich sabitlerinden adsorpsiyon kapasitesini ifade eden  $k=4,08$  mg/g ve adsorpsiyon şiddetini ifade eden  $n$  değeri ise  $n= 2,15$  g/L olarak bulunmuştur.

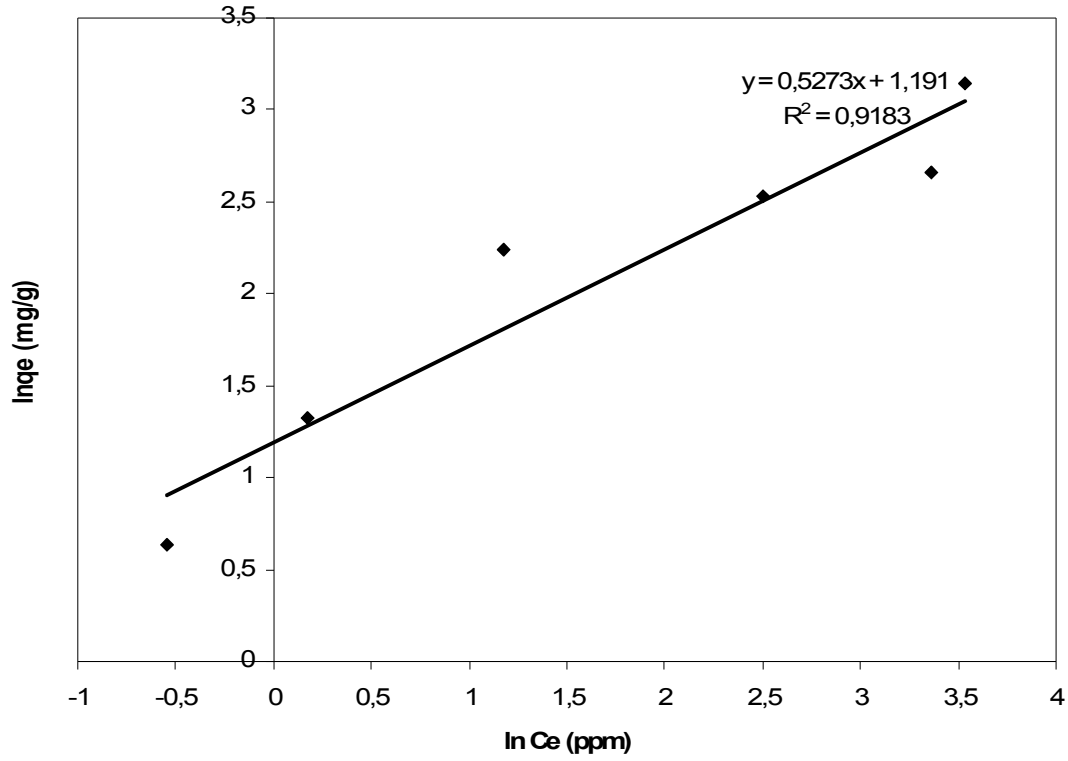
Adsorpsiyonun yüksek korelasyonla Freundlich'e uyması brillant blue R'nin modifiye yerfistığı kabuğu yüzeyine monolayer olarak (tek tabaka halinde) adsorplandığına işaret etmektedir.

Yerfistığı kabuğu kömürü üzerine Brillant Blue R için 60°C'de pH 3'de Langmuir ve Freundlich izotermleri sırasıyla Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



Şekil 4.35. Remazol Brilliant Blue R'nin Modifiye Kömür Üzerine Adsorpsiyonunun Langmuir İzotermi

Grafikte de görüldüğü gibi Langmuir izotermine 0,86'lık bir korelasyon değeri ile kısmen uyum gözlenmiştir. Langmuir sabitlerinden adsorpsiyon kapasitesi  $Q_0 = 21,97$  mg/g ve adsorpsiyon enerjisini işaret eden  $b = 0,15$  L/mg olarak bulunmuştur.



Şekil 4.36. Remazol Brilliant Blue R'nin Kömür Üzerine Adsorpsiyonunun Freundlich izoterminin

Freundlich izoterminde ise 0,91'lik bir korelasyon değeri ile uyum gözlenmiştir. Freundlich sabitlerinden adsorpsiyon kapasitesini ifade eden  $k=3,29$  mg/g ve adsorpsiyon şiddetini ifade eden  $n= 1,89$  g/L olarak bulunmuştur.

**5. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğu kömürü, sulu çözeltiden safranin ve remazol brillant blue R boyaalarının adsorpsiyonu için birer adsorbent olarak kullanılmıştır. Adsorpsiyon kesikli ve kolon sisteminde gerçekleştirilmiştir. Kesikli sistemde adsorpsiyonun üzerine temas süresi, çözelti konsantrasyonu, pH ve sıcaklığın etkisi incelenmiş ve deneyler sonucunda adsorpsiyonun başlangıç boyar madde konsantrasyonu, sıcaklık ve çözelti pH sıندان etkilendiği görülmüştür. Kesikli sistemde maksimum adsorpsiyonun % 95 ve 99 arasında olduğu gözlenmiştir. Kolon sisteminde ise adsorpsiyon üzerine çözelti konsantrasyonun ve çözelti akış hızının etkisi incelenmiş ve maksimum adsorpsiyonun % 98 ve 100 arasında olduğu gözlenmiştir.

İzoterm incelemelerine göre, remazol brillant blue R'nin yerfıstığı kabuğu ve kömürü üzerine adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izoterm modellerine uyduğu, safraninin yerfıstığı kabuğu ve kömür üzerine adsorpsiyonun ise sadece Freundlich izoterm modeline kısmen uyduğu belirlenmiştir.

Kinetik incelemelere göre ise, safraninin yerfıstığı kabuğu üzerine adsorpsiyonunu yalancı ikinci dereceden ve partikül içi difüzyon modellerine uyduğu, kömür üzerine adsorpsiyonunun ise sadece yalancı ikinci dereceden kinetik modeline uyduğu gözlenmiştir.

Remazol brillant blue R'nin yerfıstığı kabuğu üzerine adsorpsiyonu ise yalancı ikinci dereceden kinetik modele uyarken, kömür üzerine adsorpsiyonun yalancı ikinci dereceden ve partikül içi difüzyon modellerine uyduğu belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışma sonucunda ekonomik değeri olamayan yerfıstığı kabuğunun ve yerfıstığı kabuğundan üretilen kömürün boyar madde kirliliklerinin sulu ortamdan uzaklaştırılmasında birer adsorbent olarak kullanılabilceği kanaatine varılmıştır.

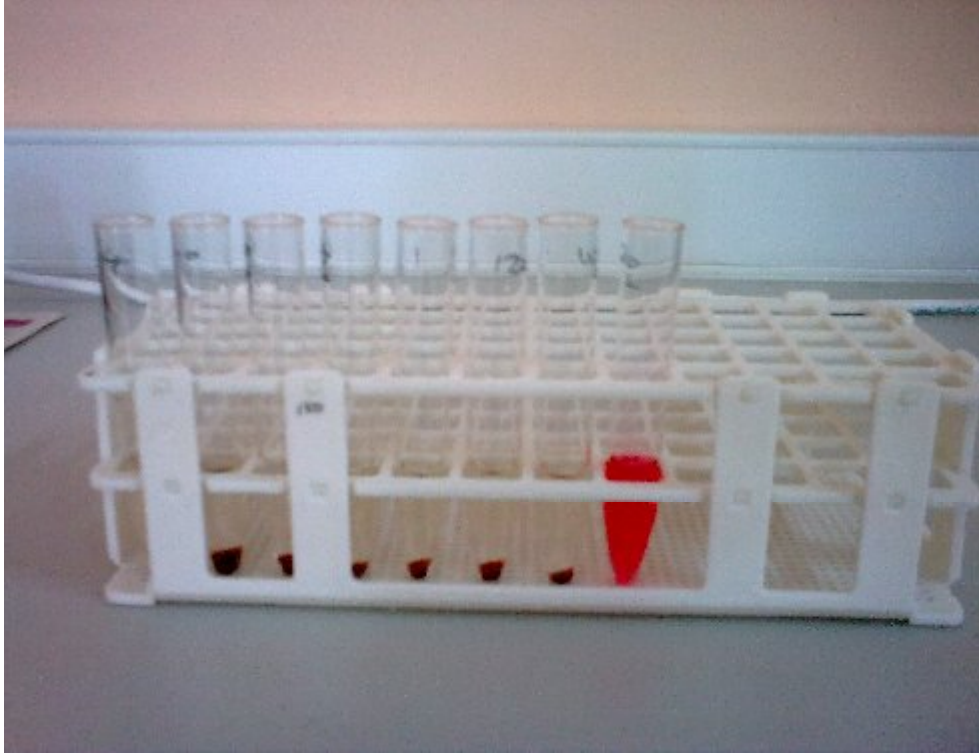
Araştırmacılar tarafından yerfıstığı kabuğu ve yerfıstığı kabuğundan üretilen kömür üzerine başka boyar maddelerin ve metal iyonlarının adsorpsiyon çalışmaları da yapılabilir.

**KAYNAKLAR**

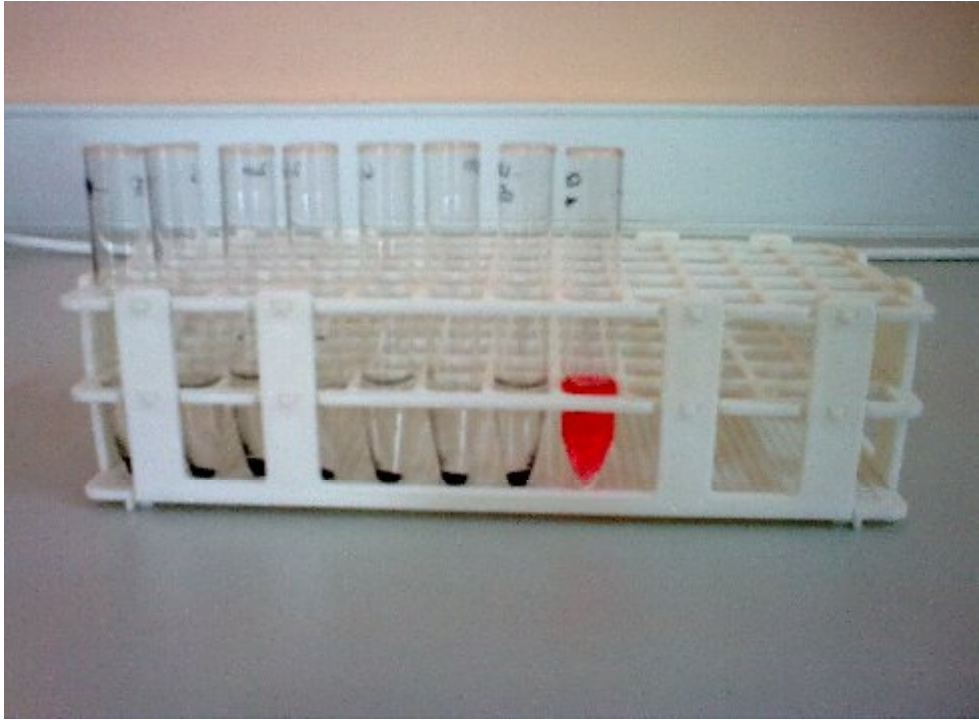
- ALBAYRAK, F.1990. Killerde Ağır Metal Adsorpsiyonlarının İncelenmesi ve Çözümlenmiş Adsorpsiyon Yöntemiyle Yüzey Alanının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- CHAMARTHY, S., W SEO,C., MARSHALL,W. 2001. Adsorption of selected toxic metals by modified peanut shells.Journal of Chemical Tecnology and Biotechnology, 76:593-597.
- CHOY,K.K.H., MCKAY,G., PORTER, J.F.,1999. Sorption of acid dyes from effluents using activated carbon, Resour.Conserv.Recy.,27:57-71
- DEMİRBAŞ, Ö. 2001. Viktorya Mavisinin Perlit Yüzeyine Adsorpsiyonu. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- EKİCİ, H.S. 2007.Kayıslı Çekirdeğinden Elde Edilen Aktif Karbonla Sulardan Fosfat ve Bakır(II) Giderimi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- ERDİK, E., SARIKAYA,Y.,1984. Temel Üniversite Kimyası , Cilt 1, Hacettepe Taş Kitapçılık. Ltd.şti. Ankara
- GUPTA,V., MITTAL,A., JAIN,R.,MATHUR,M., SIKARWAR,S. 2006. Adsorption of Safranin-T from wastewater using waste materials activated carbon and activated rice husks.Science direct. Journal of colloid and interface,303:80-86.
- GÜNDOĞAN, R., ACEMİOĞLU, B., ALMA, M.H., CEBE, M.2006. Adsorption of Cr(III), Ni(II), Zn(II), Co(II) Ions onto Phenolated Wood Resin. Journal of Applied Polymer Science, 101:2838-2846
- GONG,R., SUN,Y., CHEN.J., LIU.H.,YANG,C., 2005.Effect of chemical modification on dye adsorption capacity of peanut hull.Dyes and Pigments,67:175-181
- KADIRVALU,K., PALANIVAL, M., KAPLANA, R., REJESVARI,S.,2000.Activated Carbon from an Agricultural by – Product,for the Treatment of Dyeing Industry Wastewater,Bioresource Tecnology,74:263-265
- KANAT, F. 2007. Borlu Fenol Formaldehit Reçinesi ile Boyar Maddelerin Adsorpsiyon Kapasitesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş
- KARA,S.,AYDINER,C.,DEMİRBAŞ,E.,KOBYA,M.,DİZGE,N.,2006. Modeling the effects of adsorbent dose and particle size on the adsorption of reactive textile dyes by fly ash, Science direct Desalination,212:282-293
- KHARE, S.K., PANDAY, R. M., and SINGH, V.,1988. Removal of basic dye (crystal violet) from water using wollastonite as adsorbents, Environ.Technol.Letts.,9:1163-1172

- NIGAM, P., G. ARMOUR, G. BANAT, I.M., SINGH, D., MARCHANT R. 2000 Physical removal of textile dyes from effluents and solid-state fermentation of dye-adsorbed agricultural residues, *Bioresource Technology*, 72 : 219–226.
- PANDAY, K. K., PRASAD, G., SINGH, V. N. 1985. Copper (II) removal from aqueous solution by fly ash, *Water Res.* 19- 869.
- PERIASAMY, K., NAVASIVAYAM, C. 1994. Process Development for Removal and Recovery of Cadmium from Wastewater by a Low-Cost Adsorbent: Adsorption Rates and Equilibrium Studies, *Ind.Eng. Chem*, 317–320
- RODRÍGUEZ-REINOSO, F., 1989. Process for the preparation of activated carbon, *European Patent* 329 251
- RODRÍGUEZ-REINOSO, F., 1986. Preparation and characterisation of activated carbon. In: *Proceeding of The NATO Advanced Study Institute on carbon and coal gasification*,
- SARIKAYA, Y. 2000. *Fizikokimya*. 3. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara, 1185.
- ŞEKER, A.F. 2007. *Tekstil endüstrisinde kullanılan çeşitli boyar maddelerin Aktif karbon ile gideriminin incelenmesi*. Yüksek lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze
- ŞENGÜL, F., 1989. Endüstriyel atık suların özellikleri ve araştırılması. 9 Eylül Üni. Müh. Mim. Fak. Basım Ünitesi., İzmir., 244–247.
- TUNA, M. 1996. *Batı Karadeniz Yöresi Fındık Kabuklarının Aktif Karbon Olarak Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- TÜNAY, O., 1996a. *Endüstriyel Kirlenme Kontrolü*, İ.T.Ü. Yayınları, İstanbul.
- TÜNAY, O., 1996b. *Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler*, 1. Baskı, İ.T.Ü. Basımevi, İstanbul.
- HU, Q.H., QIAO S.Z., HAGHSERESHT, F., WILSON, M.A., and LU, G.Q., 2005. Adsorption Study for Removal of Basic Red Dye Using Bentonite , *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45.33–738
- ÖZKAN, D. 2008. *Karbonlaştırılmış ve aktive edilmiş pamuk sapı ile sulu ortamdan organik boyaların giderilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa
- VURAL, N. 2007. *Paulownia ağaç odununun ZnCl<sub>2</sub> aktivasyonu ile aktifleştirilmiş karbon üretimi*. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- WARTELLE, L.H, MARSHALL, W.E. 2000. Citric acid modified agricultural by-products as copper ion adsorbents, *Advance in Enviromental Resarch*, 4: 1–7

**EKLER**



Ek Şekil 1. Adsorpsiyon Çalışması Sonrası Rengi Açılan Safranin Boyası



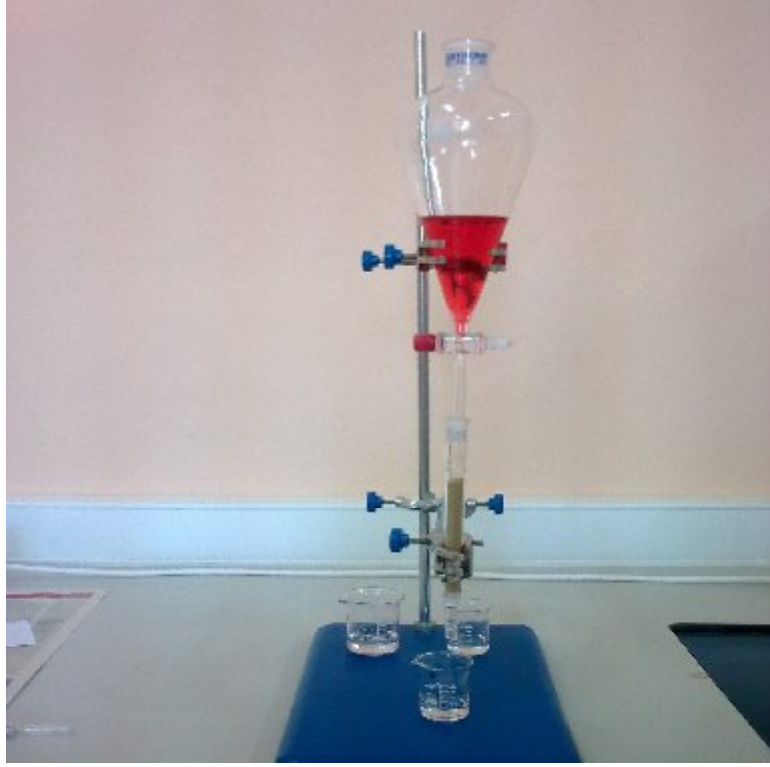
Ek Şekil 2. Adsorpsiyon Çalışması Sonrası Rengi Açılan Safranin Boyası



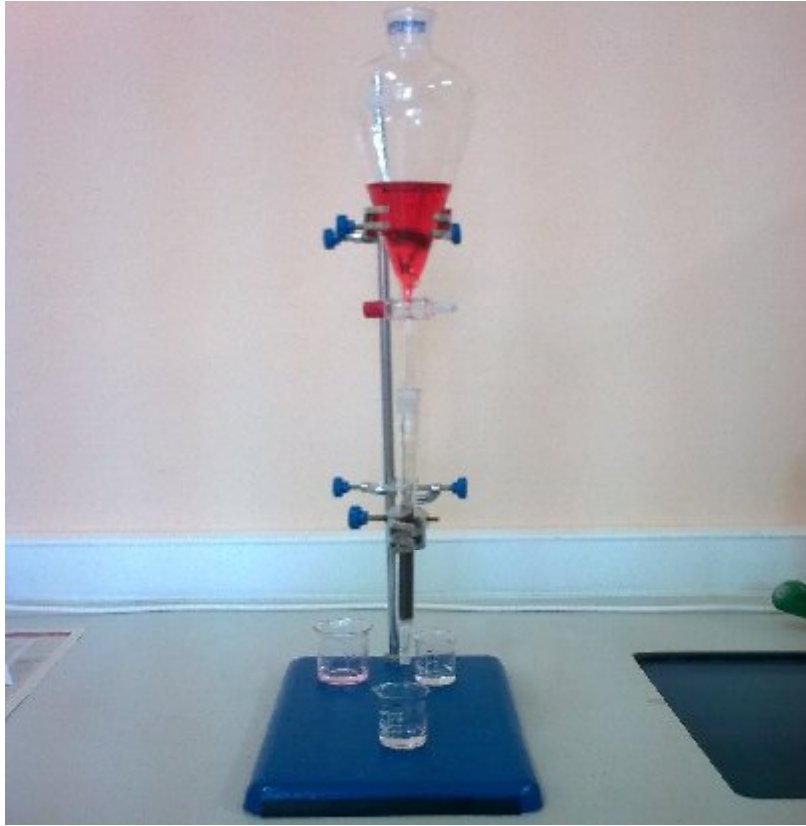
Ek Şekil 3. Adsorpsiyon Çalışması Sonrası Rengi Açılan Remazol Brilliant Blue Boyası



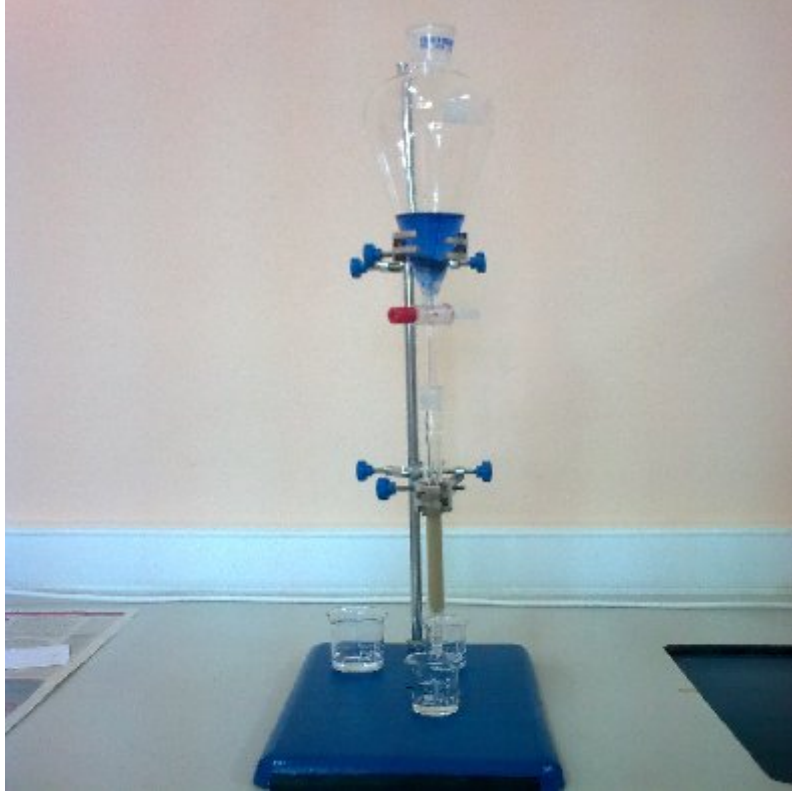
Ek Şekil 4. Adsorpsiyon Çalışması Sonrası Rengi Açılan Remazol Brilliant Blue Boyası



Ek Şekil 5. Kolon Adsorpsiyon Çalışması Sonrası Rengi Açılan Safranin Boyası



Ek Şekil 6. Kolon Adsorpsiyon Çalışması Sonrası Rengi Açılan Safranin Boyası



Ek Şekil 7. Kolon Adsorpsiyon Çalışması Sonrası Rengi Açılan Remazol Brilliant Blue Boyası



Ek Şekil 8. Kolon Adsorpsiyon Çalışması sonrası Rengi Açılan Remazol Brilliant Blue Boyası

**ÖZGEÇMİŞ**

1984 yılında Kahramanmaraş Elbistan’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Elbistan’ da tamamlamıştır. 2002 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümünde lisans eğitimini başlamıştır. 2007 yılında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı.