



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**BAZI ORGANİK VE İNORGANİK MADDELERİN  
AKTİF KARBON VE MAĞNETİK ADSORBENTLER ÜZERİNDE  
ADSORPSİYONU**

**Özge ÖZGEN  
Mühendislik Fakültesi Kimya Anabilim Dalı  
Fiziksel Kimya Programı**

**Danışman  
Prof. Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU**

**Haziran, 2011**

**İSTANBUL**



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**BAZI ORGANİK VE İNORGANİK MADDELERİN  
AKTİF KARBON VE MAĞNETİK ADSORBENTLER ÜZERİNDE  
ADSORPSİYONU**

**Özge ÖZGEN  
Mühendislik Fakültesi Kimya Anabilim Dalı  
Fiziksel Kimya Programı**

**Danışman  
Prof. Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU**


**Haziran, 2011**

**İSTANBUL**

Bu çalışma 22/06/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Anabilim Dalı Fiziksel Kimya Programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Danışman

  
Prof. Dr. Mehmet MAHRAMANLIOĞLU  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi

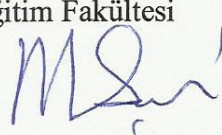
Jüri

  
Prof. Dr. Mustafa L. BERKEM  
Marmara Üniversitesi  
Fen Edebiyat Fakültesi

Jüri

  
Prof. Dr. İrfan KIZILCIKLI  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi

Jüri

  
Prof. Dr. Musa ŞAHİN  
Marmara Üniversitesi  
Atatürk Eğitim Fakültesi

Jüri

  
Doç. Dr. Sinem GÖKTÜRK  
Marmara Üniversitesi  
Eczacılık Fakültesi

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği'nin 2673 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmamda ve akademik çalışmalarında desteğini gördüğüm değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Mahramanlioğlu'na, çalışma için maddi destek sağlayan İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne, manyetizasyon ölçümlerini yapmam için olanak sağlayan İTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Orhan Kamer'e, zeta potansiyeli ölçümlerini yapmam için olanak sağlayan İ.Ü. Kimya Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. İsmail Boz hocama ve yardımcı olan Araştırma Görevlisi Dr. Mehtap Şafak Boroğlu'na, yardımları için arkadaşlarım Elif Çalışkan, Selman İleriş Yılmaz ve Muhammad Zahoor'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bütün eğitim hayatım boyunca bana gösterdikleri manevi, maddi destekleri ve sabırlarından dolayı çok değerli anneme, babama, kardeşime ve teyzeme, çalışmalarımın yoğun olduğu son döneminde manevi desteğiyle hep yanımda olan nişanlıma çok teşekkür ederim.

Özge ÖZGEN

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1.GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1 ORGANİK VE İNORGANİK KİRLETİCİLER.....	3
2.1.1 Pestisitler.....	3
2.1.2 Yüzey Aktif Maddeler.....	5
2.1.3 Cr <sup>+6</sup> İyonu.....	8
2.1.4 Florür İyonu.....	8
2.2 ADSORBENTLER VE MAĞNETİK ADSORBENTLER.....	9
2.2.1 Aktif Karbon.....	10
2.2.1 Mağnetik Adsorbentler.....	10
2.3 ADSORPSİYON.....	18
2.3.1 Adsorpsiyon Çeşitleri.....	18
2.3.1.1 Fiziksel Adsorpsiyon.....	18
2.3.1.2 Kimyasal Adsorpsiyon.....	19
2.3.2 Adsorpsiyon İzotermi.....	19
2.3.2.1 Freundlich İzotermi.....	20
2.3.2.2 Langmuir İzotermi.....	21
2.3.2.3 Giles İzotermi.....	21
2.3.3 Adsorpsiyon Kinetiği.....	23
2.3.4 Adsorpsiyon Termodinamiği.....	24
2.4 KANTİTATİF ANALİZ.....	25
2.4.1 UV Görünür Bölge Spektroskopisi.....	25
2.4.2 Damla Ağırlığı Metodu.....	26
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	29
3.1 KİMYASAL MADDELER.....	29
3.2 CİHAZLAR.....	29
3.3 ADSORBENTLER.....	30
3.3.1 Aktif Karbonlar.....	30
3.3.2 Mağnetik Karbonlar.....	30
3.4 DENEYLERİN YAPILIŞI.....	32
3.4.1 Demiroksit Üretimi.....	33
3.4.2 Mağnetik Adsorbent Üretimi.....	34
3.4.3 Adsorbentlerin Yapı Analizleri.....	34
3.4.3.1 XRD Analizleri.....	35
3.4.3.2 Mağnetizasyon Ölçümleri.....	35
3.4.3.3 Yüzey Alanı ve Gözenek Hacmi Ölçümleri.....	35
3.4.3.4 Zeta Potansiyeli Ölçümleri.....	35
3.4.3.5 Yüzey Fonksiyonel Gruplarının Belirlenmesi.....	35
3.4.4 Adsorpsiyon Çalışmaları.....	36
3.4.4.1 Adsorpsiyon Kinetiği.....	37
3.4.4.2 Adsorpsiyon İzotermi.....	37
3.4.4.3 pH Etkisi.....	37

3.4.4.4 Sıcaklık Etkisi.....	38
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 ADSORBENTLERİN YAPI ANALİZLERİ.....</b>	<b>39</b>
4.1.1 XRD Analizleri.....	46
4.1.2 Mağnetizasyon Ölçümleri.....	46
4.1.3 Yüzey Alanı ve Gözenek Hacmi Ölçümleri.....	50
4.1.4 Zeta Potansiyeli Ölçümleri.....	52
4.1.5 Yüzey Fonksiyonel Gruplarının Belirlenmesi.....	53
4.1.5.1 FTIR Analizi.....	53
4.1.5.2 Boehm Titrasyonu.....	61
<b>4.2 ADSORPSİYON ÇALIŞMALARI.....</b>	<b>61</b>
<b>4.2.1 2,4-D.....</b>	<b>62</b>
4.2.1.1 2,4-D Adsorpsiyon Kinetiği.....	62
4.2.1.2 2,4-D Adsorpsiyon İzotermi.....	68
4.2.1.3 2,4-D Adsorpsiyona pH Etkisi.....	73
4.2.1.4 2,4-D Adsorpsiyona Sıcaklık Etkisi.....	75
<b>4.2.2 Tiram.....</b>	<b>76</b>
4.2.2.1 Tiram Adsorpsiyon Kinetiği.....	76
4.2.2.2 Tiram Adsorpsiyon İzotermi.....	82
4.2.2.3 Tiram Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	88
4.2.2.4 Tiram Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi.....	90
<b>4.2.3 Linuron.....</b>	<b>91</b>
4.2.3.1 Linuron Adsorpsiyon Kinetiği.....	91
4.2.3.2 Linuron Adsorpsiyon İzotermi.....	95
4.2.3.3 Linuron Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	98
4.2.3.4 Linuron Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi.....	99
<b>4.2.4 Triton X-100.....</b>	<b>100</b>
4.2.4.1 Triton X-100 Adsorpsiyon Kinetiği.....	100
4.2.4.2 Triton X-100 Adsorpsiyon İzotermi.....	106
4.2.4.3 Triton X-100 Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	113
4.2.4.4 Triton X-100 Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi.....	114
<b>4.2.5 Sodyum Dodesil Sülfat (SDS).....</b>	<b>115</b>
4.2.5.1 SDS Adsorpsiyon Kinetiği.....	115
4.2.5.2 SDS Adsorpsiyon İzotermi.....	119
4.2.5.3 SDS Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	122
4.2.5.4 SDS Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi.....	123
<b>4.2.6 Cr<sup>+6</sup> İyonu.....</b>	<b>124</b>
4.2.6.1 Cr <sup>+6</sup> İyonu Adsorpsiyon Kinetiği.....	124
4.2.6.2 Cr <sup>+6</sup> İyonu Adsorpsiyon İzotermi.....	128
4.2.6.3 Cr <sup>+6</sup> İyonu Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	130
<b>4.2.7 F<sup>-</sup> İyonu.....</b>	<b>131</b>
4.2.7.1 F <sup>-</sup> İyonu Adsorpsiyon Kinetiği.....	131
4.2.7.2 F <sup>-</sup> İyonu Adsorpsiyon İzotermi.....	135
4.2.7.3 F <sup>-</sup> İyonu Adsorpsiyonuna pH Etkisi.....	138
4.2.7.4 F <sup>-</sup> İyonu Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi.....	139
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>	<b>141</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>155</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>166</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>175</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: 2,4-D'nin molekül formülü.....	3
Şekil 2.2	: Tiramın molekül formülü.....	4
Şekil 2.3	: Linuronun molekül formülü.....	4
Şekil 2.4	: Tipik bir misel yapısı.....	6
Şekil 2.5	: Triton X-100'ün molekül formülü .....	7
Şekil 2.6	: SDS'nin molekül formülü .....	8
Şekil 2.7	: Adsorbentin tipik gözenek yapısı .....	10
Şekil 2.8	: Gazların katılar üzerine adsorpsiyonunda görülen beş genel izoterm tipi.....	15
Şekil 2.9	: Çözeltilerden adsorpsiyonda en sık görülen adsorpsiyon izotermi.....	17
Şekil 2.10	: Giles sınıflandırmasındaki izoterm tipleri.....	17
Şekil 4.1	: Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$ olarak üretilen demiroksitin (F2) XRD grafiği.....	39
Şekil 4.2	: Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$ olarak üretilen demiroksitin (FN2-2) XRD grafiği.....	40
Şekil 4.3	: Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$ olarak üretilen demiroksitin (F1) XRD grafiği .....	40
Şekil 4.4	: Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$ olarak üretilen demiroksitin (FN2-1) XRD grafiği.....	41
Şekil 4.5	: Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-A(1:3)) XRD grafiği.....	41
Şekil 4.6	: Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-A(1:3)) XRD grafiği.....	42
Şekil 4.7	: Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-A(1:3)) XRD grafiği.....	42
Şekil 4.8	: Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-A(1:3)) XRD grafiği.....	43
Şekil 4.9	: Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-A(1:1)) XRD grafiği.....	43
Şekil 4.10	: Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-A(1:1)) XRD grafiği.....	44
Şekil 4.11	: Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-A(1:1)) XRD grafiği.....	44
Şekil 4.12	: Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-A(1:1)) XRD grafiği.....	45
Şekil 4.13	: A aktif karbonunun FTIR grafiği.....	53
Şekil 4.14	: B aktif karbonunun FTIR grafiği.....	54
Şekil 4.15	: C aktif karbonunun FTIR grafiği.....	54
Şekil 4.16	: F2-A(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	55
Şekil 4.17	: FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	55
Şekil 4.18	: F1-A(1:3) .mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	56

<b>Şekil 4.19</b> : FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	<b>56</b>
<b>Şekil 4.20</b> : F2-B(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	<b>57</b>
<b>Şekil 4.21</b> : FN2-2-B(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	<b>57</b>
<b>Şekil 4.22</b> : F1-B(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	<b>58</b>
<b>Şekil 4.23</b> : FN2-1-B(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	<b>58</b>
<b>Şekil 4.24</b> : F2-C(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	<b>59</b>
<b>Şekil 4.25</b> : FN2-2-C(1:3) aktif karbonunun FTIR grafiği.....	<b>59</b>
<b>Şekil 4.26</b> : F1-C(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	<b>60</b>
<b>Şekil 4.27</b> : FN2-1-C(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği.....	<b>60</b>
<b>Şekil 4.28</b> : A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonunda konsantrasyonunun zamanla değişimi .....	<b>61</b>
<b>Şekil 4.29</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonunda konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	<b>62</b>
<b>Şekil 4.30</b> : A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu .....	<b>63</b>
<b>Şekil 4.31</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu .....	<b>64</b>
<b>Şekil 4.32</b> : F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu .....	<b>64</b>
<b>Şekil 4.33</b> : FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>64</b>
<b>Şekil 4.34</b> : FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu .....	<b>65</b>
<b>Şekil 4.35</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu .....	<b>65</b>
<b>Şekil 4.36</b> : F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu .....	<b>65</b>
<b>Şekil 4.37</b> : FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu .....	<b>65</b>
<b>Şekil 4.38</b> : FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu .....	<b>66</b>
<b>Şekil 4.39</b> : A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden dereceden hız grafiği.....	<b>66</b>
<b>Şekil 4.40</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	<b>67</b>
<b>Şekil 4.41</b> : A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	<b>68</b>
<b>Şekil 4.42</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	<b>68</b>
<b>Şekil 4.43</b> : A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	<b>69</b>
<b>Şekil 4.44</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	<b>69</b>
<b>Şekil 4.45</b> : A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>69</b>
<b>Şekil 4.46</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>70</b>
<b>Şekil 4.47</b> : F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>70</b>
<b>Şekil 4.48</b> : FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>70</b>
<b>Şekil 4.49</b> : FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>71</b>

<b>Şekil 4.50</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>71</b>
<b>Şekil 4.51</b> : F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>71</b>
<b>Şekil 4.52</b> : F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>72</b>
<b>Şekil 4.53</b> : FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>72</b>
<b>Şekil 4.54</b> : A aktif karbonu üzerine 2,4-D adsorpsiyonuna pH'in etkisi grafiği.....	<b>74</b>
<b>Şekil 4.55</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D adsorpsiyonuna pH'in etkisi grafiği.....	<b>74</b>
<b>Şekil 4.56</b> : A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	<b>75</b>
<b>Şekil 4.57</b> : F2-A(1:3) aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	<b>75</b>
<b>Şekil 4.58</b> : A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişimi.....	<b>76</b>
<b>Şekil 4.59</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişimi.....	<b>77</b>
<b>Şekil 4.60</b> : A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>77</b>
<b>Şekil 4.61</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>78</b>
<b>Şekil 4.62</b> : F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>78</b>
<b>Şekil 4.63</b> : FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>78</b>
<b>Şekil 4.64</b> : FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>79</b>
<b>Şekil 4.65</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>79</b>
<b>Şekil 4.66</b> : F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>79</b>
<b>Şekil 4.67</b> : FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>80</b>
<b>Şekil 4.68</b> : FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	<b>80</b>
<b>Şekil 4.69</b> : A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	<b>81</b>
<b>Şekil 4.70</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	<b>83</b>
<b>Şekil 4.71</b> : A aktif karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	<b>83</b>
<b>Şekil 4.72</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	<b>83</b>
<b>Şekil 4.73</b> : A aktif karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	<b>83</b>
<b>Şekil 4.74</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	<b>84</b>
<b>Şekil 4.75</b> : A aktif karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>84</b>

<b>Şekil 4.76</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>84</b>
<b>Şekil 4.77</b> : F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>85</b>
<b>Şekil 4.78</b> : FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>85</b>
<b>Şekil 4.79</b> : FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>85</b>
<b>Şekil 4.80</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>86</b>
<b>Şekil 4.81</b> : F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>86</b>
<b>Şekil 4.82</b> : FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>86</b>
<b>Şekil 4.83</b> : FN2-1-A(1:1) mağnetik aktif karbonu üzerinde tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>87</b>
<b>Şekil 4.84</b> : A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği.....	<b>89</b>
<b>Şekil 4.85</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği.....	<b>89</b>
<b>Şekil 4.86</b> : A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	<b>90</b>
<b>Şekil 4.87</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	<b>90</b>
<b>Şekil 4.88</b> : A aktif karbonu üzerine linuron adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği .....	<b>91</b>
<b>Şekil 4.89</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği .....	<b>92</b>
<b>Şekil 4.90</b> : A aktif karbonu üzerine linuron adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	<b>92</b>
<b>Şekil 4.91</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği .....	<b>93</b>
<b>Şekil 4.92</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	<b>93</b>
<b>Şekil 4.93</b> : A aktif karbonu üzerine linuronun adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	<b>94</b>
<b>Şekil 4.94</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuronun adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	<b>94</b>
<b>Şekil 4.95</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine linuronun adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	<b>94</b>
<b>Şekil 4.96</b> : A aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	<b>95</b>
<b>Şekil 4.97</b> : F2-A(1:3) mağnetik aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	<b>96</b>
<b>Şekil 4.98</b> : A aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	<b>96</b>
<b>Şekil 4.99</b> : F2-A(1:3) mağnetik aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	<b>96</b>
<b>Şekil 4.100</b> : A aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>97</b>
<b>Şekil 4.101</b> : F2-A(1:3) mağnetik aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>97</b>

<b>Şekil 4.102</b> : F2-A(1:1) mağnetik aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	97
<b>Şekil 4.103</b> : A aktif karbonu üzerine linuron adsorpsiyonuna pH'n etkisi grafiği.....	98
<b>Şekil 4.104</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonuna pH'n etkisi grafiği.....	99
<b>Şekil 4.105</b> : A aktif karbonu üzerine linuron adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	99
<b>Şekil 4.106</b> : F2-A(1:3) aktif karbonu üzerine linuron adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	100
<b>Şekil 4.107</b> : A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği.....	101
<b>Şekil 4.108</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği.....	101
<b>Şekil 4.109</b> : A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	102
<b>Şekil 4.110</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	102
<b>Şekil 4.111</b> : F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	102
<b>Şekil 4.112</b> : FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	103
<b>Şekil 4.113</b> : FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	103
<b>Şekil 4.114</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	103
<b>Şekil 4.115</b> : F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	104
<b>Şekil 4.116</b> : FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	104
<b>Şekil 4.117</b> : FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu.....	104
<b>Şekil 4.118</b> : A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	105
<b>Şekil 4.119</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	105
<b>Şekil 4.120</b> : A aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	107
<b>Şekil 4.121</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	107
<b>Şekil 4.122</b> : A aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	107
<b>Şekil 4.123</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	108
<b>Şekil 4.124</b> : A aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	108
<b>Şekil 4.125</b> : F2-A(1:3) mağnetik aktif karbonu üzerinde triton X-100'un adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	108
<b>Şekil 4.126</b> : F1-A(1:3) mağnetik aktif karbonu üzerinde triton X-100'un adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	109
<b>Şekil 4.127</b> : FN2-2-A(1:3) mağnetik aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	109

<b>Şekil 4.128</b> : FN2-1-A(1:3) mağnetik aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>109</b>
<b>Şekil 4.129</b> : F2-A(1:1) mağnetik aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>110</b>
<b>Şekil 4.130</b> : F1-A(1:1) mağnetik aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>110</b>
<b>Şekil 4.131</b> : FN2-2-A(1:1) mağnetik aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>110</b>
<b>Şekil 4.132</b> : FN2-1-A(1:1) mağnetik aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>111</b>
<b>Şekil 4.133</b> : A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği.....	<b>113</b>
<b>Şekil 4.134</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği.....	<b>113</b>
<b>Şekil 4.135</b> : A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	<b>114</b>
<b>Şekil 4.136</b> : F2-A(1:3) aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	<b>114</b>
<b>Şekil 4.137</b> : A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği .....	<b>115</b>
<b>Şekil 4.138</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği.....	<b>116</b>
<b>Şekil 4.139</b> : A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	<b>116</b>
<b>Şekil 4.140</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	<b>117</b>
<b>Şekil 4.141</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği .....	<b>117</b>
<b>Şekil 4.142</b> : A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	<b>118</b>
<b>Şekil 4.143</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	<b>118</b>
<b>Şekil 4.144</b> : A aktif karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	<b>119</b>
<b>Şekil 4.145</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	<b>119</b>
<b>Şekil 4.146</b> : A aktif karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	<b>120</b>
<b>Şekil 4.147</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği .....	<b>120</b>
<b>Şekil 4.148</b> : A aktif karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>120</b>
<b>Şekil 4.149</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>121</b>
<b>Şekil 4.150</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	<b>121</b>
<b>Şekil 4.151</b> : A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği.....	<b>122</b>
<b>Şekil 4.152</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği.....	<b>122</b>
<b>Şekil 4.153</b> : A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	<b>123</b>

<b>Şekil 4.154</b> : F2-A(1:3) aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için lnK-1/T grafiği.....	123
<b>Şekil 4.155</b> : A aktif karbonu üzerine Cr <sup>+6</sup> iyonunun adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği.....	124
<b>Şekil 4.156</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine Cr <sup>+6</sup> iyonunun adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği.....	125
<b>Şekil 4.157</b> : A aktif karbonu üzerine Cr <sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği .....	125
<b>Şekil 4.158</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine Cr <sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği .....	126
<b>Şekil 4.159</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine Cr <sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği .....	126
<b>Şekil 4.160</b> : A aktif karbonu üzerine Cr <sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	127
<b>Şekil 4.161</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine Cr <sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği.....	127
<b>Şekil 4.162</b> : A aktif karbonu üzerinde Cr <sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	128
<b>Şekil 4.163</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde Cr <sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	129
<b>Şekil 4.164</b> : A aktif karbonu üzerine Cr <sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği.....	130
<b>Şekil 4.165</b> : F2-A(1:3) aktif karbonu üzerine Cr <sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği.....	130
<b>Şekil 4.166</b> : A aktif karbonu üzerine F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği.....	131
<b>Şekil 4.167</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği.....	132
<b>Şekil 4.168</b> : A aktif karbonu üzerine F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	132
<b>Şekil 4.169</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	133
<b>Şekil 4.170</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu grafiği.....	133
<b>Şekil 4.171</b> : A aktif karbonu üzerine F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Lagergren birinci dereceden hız grafiği.....	134
<b>Şekil 4.172</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Lagergren birinci dereceden hız grafiği.....	134
<b>Şekil 4.173</b> : A aktif karbonu üzerinde F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	135
<b>Şekil 4.174</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği.....	136
<b>Şekil 4.175</b> : A aktif karbonu üzerinde F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği .....	136
<b>Şekil 4.176</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği.....	136
<b>Şekil 4.177</b> : A aktif karbonu üzerinde F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	137
<b>Şekil 4.178</b> : F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	137
<b>Şekil 4.179</b> : F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde F <sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği.....	137

<b>Şekil 4.180</b> : A aktif karbonu üzerine $F^-$ iyonu adsorpsiyonuna pH'n etkisi grafiği.....	<b>138</b>
<b>Şekil 4.181</b> : F2-A(1:3) aktif karbonu üzerine $F^-$ iyonu adsorpsiyonuna pH'n etkisi grafiği.....	<b>139</b>
<b>Şekil 4.182</b> : A aktif karbonu üzerine $F^-$ iyonu adsorpsiyonu için $\ln K-1/T$ grafiği.....	<b>139</b>
<b>Şekil 4.183</b> : F2-A(1:3) aktif karbonu üzerine $F^-$ iyonu adsorpsiyonu için $\ln K-1/T$ grafiği.....	<b>140</b>
<b>Şekil A.1</b> : Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-B(1:3)) XRD grafiği.....	<b>170</b>
<b>Şekil A.2</b> : Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-B(1:3)) XRD grafiği.....	<b>170</b>
<b>Şekil A.3</b> : Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-B(1:3)) XRD grafiği.....	<b>171</b>
<b>Şekil A.4</b> : Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-B(1:3)) XRD grafiği.....	<b>171</b>
<b>Şekil A.5</b> : Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-B(1:1)) XRD grafiği.....	<b>172</b>
<b>Şekil A.6</b> : Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-B(1:1)) XRD grafiği.....	<b>172</b>
<b>Şekil A.7</b> : Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-B(1:1)) XRD grafiği.....	<b>173</b>
<b>Şekil A.8</b> : Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-B(1:1)) XRD grafiği.....	<b>173</b>
<b>Şekil A.9</b> : Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-C(1:3)) XRD grafiği.....	<b>174</b>
<b>Şekil A.10</b> : Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-C(1:3)) XRD grafiği.....	<b>174</b>
<b>Şekil A.11</b> : Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-C(1:3)) XRD grafiği.....	<b>175</b>
<b>Şekil A.12</b> : Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-C(1:3)) XRD grafiği.....	<b>175</b>
<b>Şekil A.13</b> : Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-C(1:1)) XRD grafiği.....	<b>176</b>
<b>Şekil A.14</b> : Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-C(1:1)) XRD grafiği.....	<b>176</b>
<b>Şekil A.15</b> : Hava ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-C(1:1)) XRD grafiği.....	<b>177</b>

<b>Şekil A.16</b>	: Azot ortamında $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$ ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-C(1:1)) XRD grafiği.....	<b>177</b>
-------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 4.1</b>	: Demiroksitlerin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri.....	<b>46</b>
<b>Tablo 4.2</b>	: A karbonundan üretilen mağnetik adsorbentlerin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri.....	<b>47</b>
<b>Tablo 4.3</b>	: B karbonundan üretilen mağnetik adsorbentlerin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri.....	<b>48</b>
<b>Tablo 4.4</b>	: C karbonundan üretilen mağnetik adsorbentlerin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri.....	<b>49</b>
<b>Tablo 4.5</b>	: Demiroksitlerin yüzey alanları ve gözenek hacimleri.....	<b>50</b>
<b>Tablo 4.6</b>	: A karbonu ve A karbonundan üretilen mağnetik karbonların yüzey alanları ve gözenek hacimleri.....	<b>50</b>
<b>Tablo 4.7</b>	: B karbonu ve B karbonundan üretilen mağnetik karbonların yüzey alanları ve gözenek hacimleri.....	<b>51</b>
<b>Tablo 4.8</b>	: C karbonu ve C karbonundan üretilen mağnetik karbonların yüzey alanları ve gözenek hacimleri.....	<b>52</b>
<b>Tablo 4.9</b>	: Aktif karbon ve mağnetik karbonların Boehm titrasyonu sonuçları.....	<b>61</b>
<b>Tablo 4.10</b>	: 2,4-D'nin aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri.....	<b>67</b>
<b>Tablo 4.11</b>	: 2,4-D'nin aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>73</b>
<b>Tablo 4.12</b>	: 2,4-D'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri.....	<b>76</b>
<b>Tablo 4.13</b>	: Tiramın aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitlerive yalancı ikinci dereceden hız sabitleri.....	<b>82</b>
<b>Tablo 4.14</b>	: Tiramın A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>87</b>
<b>Tablo 4.15</b>	: Tiramın B aktif karbonu ve B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>88</b>
<b>Tablo 4.16</b>	: Tiramın C aktif karbonu ve C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>88</b>
<b>Tablo 4.17</b>	: Tiramın A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri.....	<b>91</b>
<b>Tablo 4.18</b>	: Linuronun aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri.....	<b>95</b>
<b>Tablo 4.19</b>	: Linuronun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>98</b>
<b>Tablo 4.20</b>	: Linuronun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri.....	<b>100</b>

<b>Tablo 4.21</b> : Triton X-100'ün A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri.....	<b>106</b>
<b>Tablo 4.22</b> : Triton X-100'ün A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>111</b>
<b>Tablo 4.23</b> : Triton X-100'ün B aktif karbonu ve B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>112</b>
<b>Tablo 4.24</b> : Triton X-100'ün C aktif karbonu ve C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>112</b>
<b>Tablo 4.25</b> : Triton X-100'ün A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri.....	<b>115</b>
<b>Tablo 4.26</b> : SDS'nin aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri.....	<b>118</b>
<b>Tablo 4.27</b> : SDS'nin A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>121</b>
<b>Tablo 4.28</b> : SDS'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri .....	<b>124</b>
<b>Tablo 4.29</b> : Cr <sup>+6</sup> iyonunun aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri.....	<b>128</b>
<b>Tablo 4.30</b> : Cr <sup>+6</sup> iyonunun aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>129</b>
<b>Tablo 4.31</b> : F <sup>-</sup> iyonunun aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve Lagergren birinci dereceden hız sabitleri.....	<b>135</b>
<b>Tablo 4.32</b> : F <sup>-</sup> iyonunun aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri.....	<b>138</b>
<b>Tablo 4.33</b> : F <sup>-</sup> iyonunun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri .....	<b>140</b>

## SEMBOL LİSTESİ

<b>A</b>	: Lignin kaynaklı aktif karbon
<b>A</b>	: Absorbans
<b>ATR</b>	: Attenuated Total Reflectance
<b>a</b>	: Absorptivite katsayısı
<b>b</b>	: Langmuir izoterm sabiti ( $Lmg^{-1}$ )
<b>B</b>	: Buharla aktifleştirilmiş turba kökenli aktif karbon
<b>C</b>	: Buharla aktifleştirilmiş ve asitle yıkanmış turba kökenli aktif karbon
<b>C</b>	: Denge konsantrasyonu ( $mgL^{-1}$ )
<b>C<sub>0</sub></b>	: Başlangıç konsantrasyonu ( $mgL^{-1}$ )
<b>d</b>	: Işın demetinin geçtiği ölçüm kabının kalınlığı (cm)
<b>dak</b>	: dakika
<b>2,4-D</b>	: 2,4-diklorofenoksi asetik asit
<b>ΔH°</b>	: Standart entalpi değişimi ( $Jmol^{-1}$ )
<b>ΔG°</b>	: Standart serbest enerji değişimi ( $Jmol^{-1}$ )
<b>ΔS°</b>	: Standart entropi değişimi ( $Jmol^{-1}K^{-1}$ )
<b>ε</b>	: Molar absorptivite katsayısı ( $Lcm^{-1}mol^{-1}$ )
<b>FTIR</b>	: Fourier Transform InfraRed
<b>g</b>	: Yerçekimi ivmesi
<b>H</b>	: Mağnetik alan (Oe)
<b>I<sub>0</sub></b>	: Gelen ışık şiddeti
<b>I</b>	: Geçen ışık şiddeti
<b>k</b>	: Freundlich izoterm sabiti
<b>K<sub>d</sub></b>	: Dağılım katsayısı
<b>k<sub>i</sub></b>	: Tanecik içi difüzyon sabiti ( $mgg^{-1}dak^{-0.5}$ )
<b>k<sub>a</sub></b>	: Lagergren hız sabiti ( $dak^{-1}$ )
<b>k<sub>2</sub></b>	: Yalancı ikinci dereceden hız sabiti ( $dakg/mg$ )
<b>KMK</b>	: Kritik misel konsantrasyonu
<b>m</b>	: Adsorbent miktarı (g)
<b>m</b>	: sıvının bir damlasının kütlesi (g)
<b>m<sub>0</sub></b>	: suyun bir damlasının kütlesi (g)
<b>M</b>	: Spesifik doyumluk mağnetizasyon değeri, ( $JT^{-1}kg^{-1}$ )
<b>M</b>	: Molarite
<b>mg</b>	: damla ağırlığı, g
<b>MR</b>	: Manyetik rezonans
<b>MRI</b>	: Manyetik rezonans şiddeti
<b>n</b>	: Freundlich izoterm sabiti
<b>N</b>	: Normalite
<b>γ</b>	: Sıvının yüzey gerilimi ( $dincm^{-1}$ )
<b>γ<sub>0</sub></b>	: Suyun yüzey gerilimi ( $dincm^{-1}$ )
<b>pH<sub>pzc</sub></b>	: Sıfır yük nokta pH değeri
<b>q</b>	: Belli zamanda birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan adsorbat miktarı ( $mgg^{-1}$ )
<b>q<sub>e</sub></b>	: Denge de birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan adsorbat miktarı ( $mgg^{-1}$ )
<b>Q<sub>0</sub></b>	: Langmuir izoterm sabiti ( $mgg^{-1}$ )
<b>R</b>	: Gaz sabiti ( $kJ K^{-1}mol^{-1}$ )
<b>R<sup>2</sup></b>	: Korelasyon katsayısı
<b>r</b>	: damlanın oluşturduğu kapiler tüpün yarıçapı, cm

<b>rpm</b>	: dakikadaki dönüş sayısı
<b>SDS</b>	: Sodyum dodesil sülfat
<b>SPION</b>	: Süperparamağnetik demiroksit tanecikleri
<b>t</b>	: Zaman (dak)
<b>T</b>	: Mutlak sıcaklık (K)
<b>T</b>	: Geçirgenlik
<b>TPR</b>	: Sıcaklık Programlı İndirgeme
<b>UV</b>	: Ultraviyole
<b>VSM</b>	: Titreşimli Örnek Mağnetometresi
<b>XRD</b>	: X-Işını kırınımı
<b>YAM</b>	: Yüzey aktif maddeler

## ÖZET

### BAZI ORGANİK VE İNORGANİK MADDELERİN AKTİF KARBON VE MAĞNETİK ADSORBENTLER ÜZERİNDE ADSORPSİYONU

Organik maddelerden pestisitler, yüzey aktif maddeler, inorganik maddelerden  $F^-$  ve  $Cr^{6+}$  iyonları yüksek toksik etkileri nedeniyle çok düşük dozlarda bile çevreye zarar vermektedirler. Organik ve inorganik bileşiklerin sulardan uzaklaştırılmasında en yaygın kullanılan proses adsorpsiyon prosesidir. Arıtma tesislerinde en yaygın kullanılan adsorbent yüksek yüzey alanı ve gözenek hacmine sahip olan aktif karbondur. Arıtma tesislerinde kullanılan karıştırmalı adsorpsiyon proseslerinde, sulardan adsorbentin ayrılma işlemi uzun zaman alması nedeniyle problem oluşturmaktadır. Mağnetik hale getirilmiş adsorbentler, mağnetik alan uygulanarak çok kısa zamanda arıtma havuzlarından uzaklaştırılabilmektedir.

Bu çalışmada, çeşitli aktif karbonlardan mağnetik karbonlar üretildi. Ayrıca aynı üretim koşullarında saf demir oksitler elde edildi. Çeşitli yüzey aktif maddeler (sodyum dodesil sülfat (SDS), triton X-100), çeşitli pestisitler (2,4-diklorofenoksi asetik asit (2,4-D), tiram, linuron),  $Cr^{6+}$  ve  $F^-$  iyonlarının mağnetik karbonlar üzerinde adsorpsiyonu çalışıldı.

Mağnetik karbonların yapılarının aydınlatılması için, saf demir oksitler ve mağnetik karbonların XRD analizleri, mağnetizasyon ölçümleri, yüzey alanı, mikrogözenek ve toplam gözenek hacmi ölçümleri gerçekleştirildi; aktif karbon ve mağnetik karbonların zeta potansiyelleri ölçüldü. Yüzey fonksiyonel grupların belirlenmesi için FTIR ve Boehm analizleri yapıldı.

Mağnetik karbonlar ve demir oksitlerin XRD grafiklerinde, mağnetik özelliğe sahip  $Fe_3O_4$  (magnetit) ve  $\gamma-Fe_2O_3$  (maghemit) bulundu. Mağnetizasyon ölçüm sonuçları, spesifik doygunluk mağnetizasyon değerinin, mağnetik karbondaki demir oksit oranıyla arttığını gösterdi. Spesifik doygunluk mağnetizasyon değerinin, yüksek aktif karbon içerikli mağnetik karbonlarda, hava ortamında üretilen mağnetik karbonlarda ve  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranının yüksek olduğu mağnetik karbonlarda düşük olduğu görüldü.

Yüzey alanı ve gözenek hacmi ölçüm sonuçları, demiroksitin mağnetik karbonların yüzey alanını, mikrogözenek ve toplam gözenek hacmini azalttığını gösterdi.

FTIR ve Boehm analizleri aktif karbon ve mağnetik karbonların asidik yüzey fonksiyonel gruplarına sahip olduğunu ve mağnetik karbon üretim yönteminin yüzey fonksiyonel gruplarını etkilemediğini gösterdi.

Adsorpsiyon kinetiğinin  $F^-$  iyonu için Lagergren birinci dereceden hız eşitliğine, diğer kirleticiler için yalancı ikinci dereceden hız denklemine uyduğu bulundu. Herbir adsorbent ve kirletici için adsorpsiyon kinetiği hız sabitleri ve tanecik içi difüzyon sabitleri hesaplandı. Dengeye gelme süreleri bulundu.

Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri hesaplandı. Adsorpsiyon kapasitesinin, herbir kirletici için mağnetik karbondaki demiroksit oranının artmasıyla azaldığı görüldü. Ayrıca, hava ortamında üretilen mağnetik karbonların ve  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı yüksek olan mağnetik karbonların adsorpsiyon kapasitelerinin yüksek olduğu bulundu.

Ortam pH'sı arttıkça SDS, linuron, 2,4-D, tiram,  $Cr^{6+}$  ve  $F^{-}$  iyonu adsorpsiyonlarının azaldığı, triton X-100 adsorpsiyonunun ise değişmediği bulundu.

Çeşitli sıcaklıklarda adsorpsiyon termodinamiği çalışıldı. Standart serbest enerji değişimi ( $\Delta G^0$ ), standart entalpi değişimi ( $\Delta H^0$ ) ve standart entropi değişimi ( $\Delta S^0$ ) termodinamik parametreleri hesaplandı. Çeşitli adsorbentler üzerine adsorpsiyonun 2,4-D, tiram, linuron ve triton X-100 kirleticileri için sıcaklıkla azaldığı,  $F^{-}$  iyonu için ise sıcaklıkla arttığı görüldü. Adsorpsiyonun 2,4-D, tiram, linuron ve triton X-100 kirleticileri için egzotermik ve düzensiz;  $F^{-}$  iyonu için endotermik ve düzenli; tüm kirleticiler için kendiliğinden olduğu görüldü.

## SUMMARY

### ADSORPTION OF SOME ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES ON ACTIVATED CARBON AND MAGNETIC ADSORBENTS

Organic pollutants such as pesticides, surface active agents, inorganic pollutants such as  $F^-$  and  $Cr^{6+}$  ions with very small dosages damage the environment due to their high toxic effects. Adsorption process is the most common process in order to removal organic and inorganic pollutants from the aqueous effluents. Activated carbon is the most widely used adsorbent in treatment systems since it has a great surface area and a pore volume. The stirred adsorption process used in treatment systems, separation of the adsorbent from water was a problem due to taking a long time. Magnetic adsorbents can be separated from treatment pools in a short time applying magnetic field.

In this study, magnetic carbons were produced from several activated carbons. And also, pure iron oxides were produced in the same reaction conditions. The adsorption of several pesticides (2,4-dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D), thiram, linuron), surface active agents (sodium dodecyl sulphate (SDS), triton X-100),  $F^-$  and  $Cr^{6+}$  ions on the magnetic carbons was studied.

In order to characterize the structures of magnetic carbons, XRD analysis of magnetic carbons and pure iron oxides, measurements of magnetization, surface area, micropore and total pore volumes were carried out; zeta potentials of activated carbons and magnetic carbons were measured. FTIR and Boehm analysis were carried out in order to determine surface functional groups.

$Fe_3O_4$  (magnetite) and  $\gamma-Fe_2O_3$  (maghemite) which have magnetic properties were found in the XRD spectrums of iron oxides and magnetic carbons. Magnetization measurements showed that specific saturation magnetization value increases with iron oxide ratio in the magnetic carbons. It was seen that specific saturation magnetization value was low for magnetic carbons with high activated carbon ratio; magnetic carbons produced in the air and magnetic carbons with high  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  ratio.

Surface area and pore volume measurements showed that iron oxide decreased the surface area, micropore and total pore volumes of magnetic carbons.

FTIR and Boehm analysis showed that activated carbons and magnetic carbons have acidic surface functional groups and magnetic carbon production process did not affect the surface functional groups.

It was found that adsorption kinetic data were fitted to the Lagergren first order rate equation for  $F^-$  ions and pseudo-second order rate equation for other pollutants. Adsorption kinetic rate constants and intraparticle diffusion constants for each adsorbent and pollutant were calculated. Equilibrium times were found.

Langmuir and Freundlich isotherm constants were calculated. It was seen that adsorption capacity for each pollutant decreased with increasing iron oxide ratio in the magnetic carbon. In also, it was found that adsorption capacities were high for magnetic carbons produced in the air environment and magnetic carbons with high  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  ratio.

It was found that as the pH increased the adsorptions of SDS, linuron, 2,4-D, thiram,  $\text{Cr}^{6+}$  and  $\text{F}^-$  ions decreased, and also the adsorption of triton X-100 did not change.

Adsorption thermodynamic was studied at several temperatures. Standard free energy change ( $\Delta G^0$ ), standard enthalpy change ( $\Delta H^0$ ) and standard entropy change ( $\Delta S^0$ ) thermodynamic parameters were calculated. It was found that the adsorption on the several adsorbents was decreased with temperature for 2,4-D, thiram, linuron and triton X-100 while increasing for  $\text{F}^-$  ions. It was seen that adsorption is exothermic and uniform for 2,4-D, thiram, linuron and triton X-100 pollutants while endothermic and nonuniform for  $\text{F}^-$  ions and spontaneous for all pollutants.

## 1. GİRİŞ

Arıtma tesislerinde kullanılan adsorpsiyon prosesleri sabit yataklı sistemlerde ya da karıştırmalı sistemlerde yapılmaktadır. Adsorpsiyon prosesinde en çok kullanılan adsorbent yüksek yüzey alanı ve gelişmiş gözenek yapıları nedeniyle aktif karbondur.

Bir adsorpsiyon sisteminde adsorpsiyon verimine, adsorbentin yüzey alanı ve gözenek yapısı, tanecik büyüklüğü, adsorbentin yüzey özellikleri, adsorplanan maddenin kimyasal özelliği ve ortamın pH'sı gibi faktörler etki etmektedir. Adsorbentin tanecik büyüklüğü aynı zamanda adsorbentin yüzey alanına da etki etmektedir. Aynı gözenek yapısına sahip olan iki adsorbentin yüzey alanları kıyaslanırsa tanecik büyüklüğü küçük olan adsorbentin yüzey alanı daha büyüktür (Chang ve diğ., 2006; Gupta ve diğ., 2006; Haghseresht ve Whittaker, 1999).

Sabit yataklı sistemlerde adsorbentin tanecik büyüklüğü 0,5 mm'den küçük olursa basınç düşmesine neden olmakta bu da kütle transfer etkinliğini dolayısıyla adsorpsiyon kapasitesini olumsuz etkilemektedir (Chang ve diğ., 2006). Karıştırmalı sistemlerde küçük tanecikler kullanıldığında daha iyi bir kütle transfer etkinliği sağlanarak ve verim artmaktadır (Chen ve diğ., 2004; Peng ve diğ., 2005). Karıştırmalı sistemin bu özellik açısından sabit yataklı sistemlere üstünlüğü vardır. Karıştırmalı sistemlerin sabit yataklı sistemlere göre bir dezavantajı, adsorpsiyon prosesi bittikten sonra çökme için beklenilmesi ve bu nedenle zaman kaybedilmesidir. Zaman kaybını önlemek amacıyla, araştırmacılar dışarıdan bir güç uygulayarak ortamdan kirlilikleri uzaklaştırmış, adsorbentleri çok kısa bir zamanda almak için mağnetik adsorbentleri geliştirmişlerdir. Mağnetik adsorbentlerin kullanıldığı arıtma havuzlarında adsorpsiyon prosesi sonrası uygulanan mağnetik alan ile adsorbentler, arıtma havuzundaki sudan kısa bir zamanda alınabilmektedir. Mağnetik adsorbentlerin bu avantajı çeşitli araştırmacıların bu konuyu çalışmasına neden olmuştur (Altıntaş ve diğ., 2007; Banerjee ve Chen, 2007; Chang ve diğ., 2006; Chen ve Shunnian, 2004; Huang ve diğ., 2006; Jeon ve diğ., 2007; Li ve diğ., 2008; Moriguchi ve diğ., 2005; Nah ve diğ., 2006; Oliveira ve diğ., 2002;

Oliveira ve diğ., 2003; Oliveira ve diğ., 2004; Pankhurst ve diğ., 2003; Peng ve diğ., 2005; Peng ve diğ., 2006; Perez ve diğ., 1998; Safarikovaa ve diğ., 2007; Sheha ve El-Zahhar, 2008; Sheha ve Metwally, 2007; Vaughan ve Reed, 2005; Zhang ve diğ., 2007).

Ŗimdiye kadar yapılan çalışmaların kapsamlı olmaması ve konuyu bütünü ile ele almaması bu konu ile ilgili literatürün en büyük eksikliğidir. Bir adsorbentinin kapasitesinin ne kadar iyi olduğunun anlaşılması için adsorbentin mümkün olduğu kadar değişik türde kirletici maddeler kullanılarak denenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, arıtma havuzlarında adsorpsiyon prosesi sonrası uygulanan mağnetik alan ile arıtma havuzundaki sudan kısa bir zamanda ayrılabilen çeşitli kaynaklı mağnetik adsorbentler üretmek, mağnetik adsorbentlerin yapılarını aydınlatmak ve bu mağnetik adsorbentlerle sodyum dodesil sülfat (SDS), triton X-100 (yüzey aktif maddeler), 2,4-D, tiram, linuron (pestisitler) organik kirletici, Cr<sup>6+</sup> ve F<sup>-</sup> iyonları inorganik kirletici maddelerin adsorpsiyonunu zaman, konsantrasyon, pH ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak incelemektir.

## 2. GENEL KISIMLAR

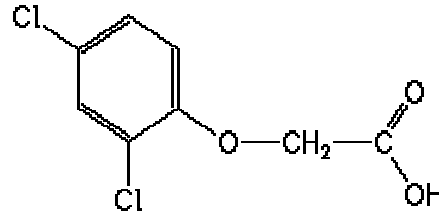
### 2.1 ORGANİK VE İNORGANİK KİRLİTİCİLER

Pestisitler, yüzey aktif maddeler gibi organik kirleticiler,  $\text{Cr}^{6+}$  ve  $\text{F}^-$  iyonu gibi inorganik kimyasallar tarım uygulamaları sonrasında, endüstriyel ve evsel atıkların çevre sularına verilmesi, kanalizasyon suları, depo sızıntılarıyla suya, toprağa karışması sonucunda, bitki, sebze ve meyvelerin yapısına, besin zinciriyle memelilerin metabolizmasına geçebilirler. Toksik etkileri nedeniyle çevre sağlığını tehdit eden organik ve inorganik kirleticilerin sulara karışması, kirlilik kaynaklarının tespit edilmesindeki zorluk nedeniyle önlenememektedir (Ayar ve diğ., 2008; Filipe ve diğ., 2009; Gonzales-Pradaz ve diğ., 1997; Gonzales-Pradaz ve diğ., 1999; Gupta ve diğ., 2006; Hameed ve diğ., 2009; Kang ve diğ., 2002; Mahramanlioglu ve diğ., 2000; Mahramanlioglu ve diğ., 2003; Kizilickli ve Mahramanlioglu, 2002; Misirli ve diğ., 2004; Aksu ve Kabasakal, 2010; Salman ve Hameed, 2010; Sharma ve diğ., 2003; Xi ve diğ., 2010; Zahoor, 2010)

#### 2.1.1 Pestisitler

Pestisitler, tarım koruma ilaçları olarak, ürünün gelişmesini etkileyen yabancı bitkilerin, otların giderilmesinde, bitkilerin gelişmesinde düzenleyici olarak ve haşerelere karşı kullanılan klorlu hidrokarbonlardır. 2,4 diklorofenoksiasetik asit (2,4-D), tiram ve linuron en yaygın kullanılan pestisitlerdir.

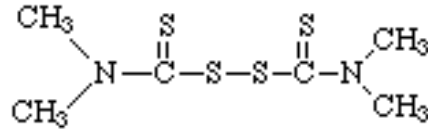
Genel adı 2,4-D olan 2,4 diklorofenoksiasetik asit, ester, amin, ve tuzun farklı türevleri şeklinde çözünebilen ve uçucu fenolik kokulu beyaz toz şeklinde, molekül ağırlığı  $221,04 \text{ g mol}^{-1}$  olup açık kimyasal formülü Şekil 2.1’de verilmiştir (Anon., 2011a).



Şekil 2.1 2,4-D'nin molekül formülü

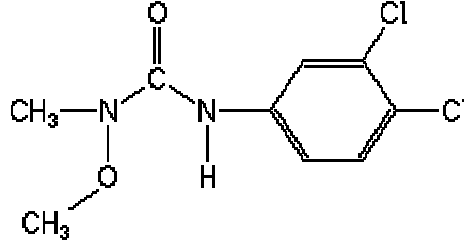
Deri ve solunum yoluyla organizmaya alınıp zehirlenmeye neden olmaktadır. Solunum yoluyla alındığında, baş dönmesi, göğüste yanma ve öksürüğe, deri yoluyla alındığında ise sinir ve kas sistemi, karaciğer ve böbrekte kalıcı hasara neden olmaktadır. Zehirlenme belirtileri, baş ağrısı ve dönmesi, yorgunluk, iştahsızlık, mide bulantısı, kusma, göz, burun ve deride yanma ve tansiyon yükselmesidir (Anon., 2011a).

Tiram bitki, meyve ve sebzelerde dezenfektan olarak ve depodaki bazı ürünlerin haşerelerden korunması için kullanılan bir pestisittir. Solunum ve sindirim yolu ile zehirlenmeye neden olmaktadır. Akut zehirlenme belirtileri, baş ağrısı, baş dönmesi, yüksek tansiyon, boğazda yanma, gözde kızarma, burunda akıntı, yorgunluk ve ishal v.b sindirim sistemi hastalıklarıdır. Kronik zehirlenme belirtileri ise, uyuşukluk, hareket ve konuşma bozukluğudur (Filipe ve diğ., 2009; Filipe ve diğ., 2010; Misirli ve diğ., 2004; Sharma ve diğ., 2003; Zahoor ve diğ., 2010; Anon., 2011). Kimyasal adı tetrametilthiuram disülfid ( $C_6H_{12}N_2S_4$ ) olan tiram, kendine has kokusu ile beyaz veya renkli kristal yapılı, molekül ağırlığı  $240.43 \text{ g mol}^{-1}$  olup kimyasal açık formülü Şekil 2.2’de verilmiştir (Anon., 2011a).



Şekil 2.2 Tiramın molekül formülü

Linuron ise yaygınca patates, havuç, soğan, ayçiçeği ve birçok yapraklı sebze, soğan köklü bitkilerin üretiminde kullanılan bir pestisit olup istenmeyen bitkilerin giderilmesinde linuronun fotosentez inhibitörü özelliğinden faydalanılır. İstenmeyen bitkilerin fotosentezini engeller. Linuron, memeliler için düşük toksisiteye sahiptir (Gonzales-Pradas ve diğ., 1997; Gonzales-Pradas ve diğ., 1999; El Imache ve diğ., 2009; Rodriguez-Cruz ve diğ., 2008; Wrzosek ve diğ., 2011; Alila ve diğ., 2010; Anon., 2011a). Suda iyi, alifatik karbonlarda az, etanol ve aromatiklerde orta derecede çözünen, kimyasal adı 3-(3,4-diklorofenil)-1,1 metilenüre ve molekül ağırlığı  $249,09 \text{ g mol}^{-1}$  olan linuronun kimyasal açık formülü Şekil 2.3 ‘te verilmiştir (Anon., 2011a).



Şekil 2.3 Linuronun molekül formülü

### 2.1.2 Yüzey Aktif Maddeler

Yüzey aktif madde (YAM)'ler, suyu seven hidrofilik bir baş grup ve yağı seven lipofilik bir kuyruktan oluşan amfifilik (hem hidrofilik hem de hidrofobik yapıda) moleküllerdir. YAM'lerin özellikleri baş ve kuyruğunun yapısına bağlıdır. Hidrofilik grupları anyonik, katyonik, zwitterik ya da noniyonik olabilir. Hidrofobik kuyruk genellikle zincirde 10 ve 20 karbon atomuna sahip, doymuş, doymamış, lineer, dallanmış, alifatik ve/veya aromatik bir veya daha fazla hidrokarbon zincirine sahip olabilir (Levine, 1995; Lodhia ve diğ., 2010).

YAM'ler, yüzey/arayüzeyde toplanarak yüzey gerilimini düşüren, serbest enerjiyi arttıran maddelerdir. Yüzey, iki fazdan birinin gaz (hava) olduğu sistem, arayüzey ise fazları katı-katı, katı-sıvı ve sıvı-sıvı olan sistemlerdir. Arayüzey serbest enerjisi, arayüzeyin meydana gelmesi için gerekli olan minimum iştir. Yüzey gerilim ise birim alandaki arayüzey serbest enerjisini arttırmak veya birim alanda o arayüzeyi oluşturmak veya genişletmek için gerekli minimum iştir. Bir sistemdeki fazların yapısının birbirine benzerliği ölçüsünde, yüzey veya arayüzey gerilimi düşüktür (Berkem ve diğ., 1994).

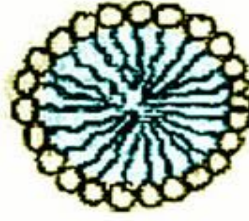
YAM'ler genellikle doğrusal bir molekül olup çözücüye seven (liyofil) grup ve çözücüye sevmeyen (liyofob) grup olmak üzere iki kısımdan oluşur. YAM'lerin içinde bulunduğu çözücü su ise YAM'lerin kısımları hidrofil-hidrofob; yağ ise liyofil-liyofob olarak adlandırılır.

YAM'ler hidrofil grubun özelliğine göre, anyonik, katyonik, iyonik olmayan (noniyonik) ve amfoterik olmak üzere dört başlıkta sınıflandırılır. Yüzey aktif maddelerin sulu çözeltilerinde konsantrasyonun artmasıyla yüzey gerilim, osmotik basınç, elektrik iletkenlik, bulanıklık vb. özellikleri değişir. Konsantrasyon arttıkça serbest enerji artar, belli bir konsantrasyon değerinde YAM moleküllerinin hidrofilik kısımları yüzeye, hidrofobik kısımları çözücüye doğru yönelir, serbest enerji dengesi

oluşur. Bu konsantrasyon değerinin üzerindeki konsantrasyonlarda, YAM molekülleri çözelti içinde termodinamik olarak kararlı hal almak için kümeleşerek misel adı verilen kolloidal yapılar oluştururlar (Tanford, 1973; Levine, 1995).

Miseller, YAM'lerin polaritasine ve moleküler geometrisine göre çift tabaka, kabarcık, ters miseller şeklinde olabilirler. Misel oluşumunun başladığı YAM konsantrasyonuna "kritik misel konsantrasyonu (KMK)" denir. KMK'da tekli YAM moleküllerinin sayısı değişmez, çoklu YAM moleküllerinin sayısı yani misel oluşumu artar. Her YAM'nin KMK'sı değişiktir (Tanford, 1973).

Sulu çözelti içinde oluşan miselde YAM'nin hidrofobik kuyruk grubu misel merkezinde toplanır, hidrofilik baş grubu ise miselin dışındadır. Tipik bir misel yapısı Şekil 2.4'te verilmiştir (Tanford, 1973).



**Şekil 2.4** Tipik bir misel yapısı

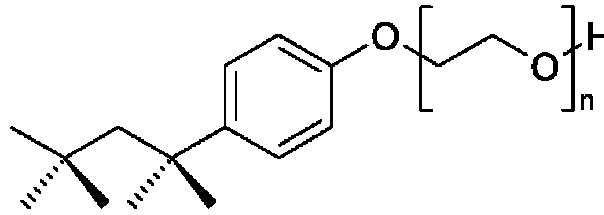
KMK'ya hidrokarbon zincirin uzunluğu ve yapısı, polar baş grup yapısı, katkı maddeleri, sıcaklık ve basınç etki eder. Hidrokarbon zincirin uzunluğu arttıkça KMK azalır. YAM adsorpsiyon kapasiteleri hidrofobik kuyruk uzunluğu azaldıkça artar. Bir çalışmada çeşitli hidrofobik kuyruk uzunluklarına sahip YAM'lerin aktif karbon üzerine yapılan adsorpsiyonunda adsorpsiyon kapasitelerinin azalan hidrofobik kuyruk uzunluğu yönünde Triton X-305 < Triton X-165 < Triton X-114 < Triton X-100 arttığı, en yüksek adsorbent kapasitesine en uzun hidrofobik kuyruğa sahip Triton X-100'ün sahip olduğu bulunmuştur (Bai ve diğ., 2010). Hidrofobik kuyruk uzunluğunun azalmasıyla adsorpsiyon kapasitesindeki artış, YAM'nin KMK'sının artmasıyla ilişkilendirilebilir.

YAM'deki iyonik grup sayısı arttıkça, KMK artar. Tuz konsantrasyonu arttıkça, misel boyutunun büyümesine neden olur. İyonik YAM'de sıcaklık arttıkça, KMK artar. İyonik olmayan YAM'de ise sıcaklığın artmasıyla KMK azalır. Sıcaklık arttıkça YAM'nin hidrofilik baş grubunun dehidratasyonu sonucunda, bulanıklaşma olur. YAM çözeltisi belli bir sıcaklığın üzerine ısıtıldığında çözelti bulanıklaşır. YAM'nin bulanıklaşmaya

başladığı sıcaklık noktasına “bulutlanma noktası” denir. Bulutlanma noktasının üzerinde misel kümeleri meydana gelir. YAM'nin bulutlanma noktası YAM'nin hidrofobikliği arttıkça artar. Basıncın belli bir değere kadar artışının KMK'yı arttırdığı, bu değerden sonra ise azalttığı saptanmıştır (Tanford, 1973).

YAM'lerden Triton X-100 ve SDS, endüstriyel ve bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmakta olup toprağa ve çevre sularına karıştıklarında insan ve çevre sağlığına zarar verirler. YAM'lerin sulardan ve toprak, sedimentler ve killer üzerine adsorpsiyonuyla ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır (Guangzi ve diğ., 2009; Fainarman ve diğ., 2009; Muherei ve diğ., 2009; Porcel ve diğ., 2001).

Triton X-100 (polietilen glikol ter-oktil fenil eter) evsel ve endüstriyel temizlik malzemelerinde, deterjan, dezenfektan yağ çözücü olarak, emülgatör, köpük azaltıcı, yağ giderici olarak kullanılmaktadır (Rodriguez ve diğ., 1997; Romero-Cano ve diğ., 2000; Porcel ve diğ., 2001). Suda iyi çözünür. Düz zincirli hidrokarbonlarda ve petrolde çözünemez. Genel formülü  $C_{14}H_{22}O(C_2H_4O)_n$  olan molekülde “n” yaklaşık 9,5 kabul edilmektedir. Molekül ağırlığı  $625 \text{ g mol}^{-1}$ , KMK'sı ise  $0,15 \text{ g L}^{-1}$ 'dir (Cotoruelo ve diğ., 2009; Rodriguez ve diğ., 2005; Zdziennicka ve diğ., 2009; Romero-Cano ve diğ., 2000). Triton X-100'ün molekül yapısı Şekil 2.5'te verilmiştir.



**Şekil 2.5** Triton X-100'ün molekül formülü

SDS, temizlik ve hijyen ürünlerinde ve merhemlerin üretiminde hammadde olarak kullanılan anyonik bir YAM'dir. Yağ lekelerinin çıkartılmasında güçlü bir YAM'dir. SDS, başlıca kimya endüstrisinde, motor yağı çözücüleri, zemin temizleyicileri, araba temizlik malzemeleri, diş macunu, şampuan, tıraş ve banyo köpüklerinde olmak üzere birçok endüstriyel temizlik ürünlerinde hammadde olarak kullanılmaktadır. Molekül formülü  $NaC_{12}H_{25}SO_4$  ve molekül ağırlığı  $288,4 \text{ g mol}^{-1}$ , KMK'sı  $2,38 \text{ g L}^{-1}$ 'dir (Rodriguez ve diğ., 2005). SDS'nin molekül yapısı Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6 SDS'nin molekül formülü

### 2.1.3 Cr<sup>+6</sup> İyonu

Krom erime noktası 1857 °C ve çok sert bir metal olup, çelik, elektrokaplama, dericilik, metal ve maden endüstrisinde kullanılmaktadır. Krom, çeşitli endüstri atık sularında Cr<sup>3+</sup> ve Cr<sup>6+</sup> iyonu olarak bulunmaktadır. Cr<sup>3+</sup> canlılarda gerekli bir iyon olup, memelilerde glukoz ve yağ metabolizmasında gereklidir. Cr<sup>6+</sup> iyonu biyolojik sistemlerde toksik etkiye sahip olup, organizmaya alındığında astım, bronşit, akciğer ve deri hastalıklarına neden olmaktadır.

Cr<sup>6+</sup> iyonu suda çok iyi hidroliz olur. 500 mg L<sup>-1</sup>'den düşük konsantrasyonlarındaki çözeltilerinde hakim olan Cr<sup>6+</sup> iyonu türleri HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup> ve CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> türleridir. HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup> ve CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iyonları arasındaki denge reaksiyonu (2.1)'de verilmiştir. Asidik pH<3 koşullarında Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>, HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cr<sub>3</sub>O<sub>10</sub><sup>2-</sup> ve Cr<sub>4</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> türleri, pH=3-6 aralığında HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup> türü, pH>8'de ise CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> türü kararlı haldedir. 50mg L<sup>-1</sup>'den yüksek konsantrasyonlarda ise Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> türü hakimdir (Mor ve diğ., 2007; Mahramanlioglu ve diğ., 2001; Anandkumar ve diğ., 2009).



### 2.1.4 Florür İyonu

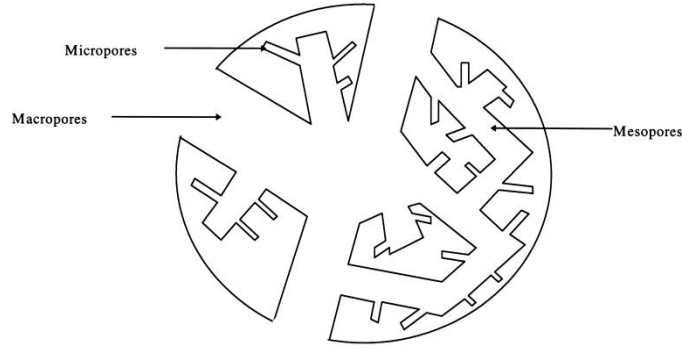
Flor elementi, yüksek reaktivitesi nedeniyle doğada organik ve inorganik maddelerle reaksiyona girerek oluşturduğu florür bileşikleri halinde bulunur. Flor ve bileşikleri, cam endüstrisinde aşındırıcı olarak, buzdolabı, klima gibi havalandırma ve soğutma sistemlerinde, kozmetik endüstrisinde deodorant, diş macunu gibi ürünlerde, ileri teknoloji endüstrisinde yarı iletkenlerin ve entegre devrelerin üretiminde, teflon endüstrisinde kullanılmaktadır (Mahramanlioglu ve diğ., 2002). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından içme sularında maksimum izin verilebilir florür (F<sup>-</sup>) iyonu konsantrasyonu 0,5-1,5 mgL<sup>-1</sup> olarak kabul edilmektedir (Bahaumik ve diğ., 2011; Karthikeyan ve diğ., 2011; Medellin-Castillo ve diğ., 2007). F<sup>-</sup> iyonu sağlığa faydalı

olmasının yanında  $1,5-4,0 \text{ mgL}^{-1}$ 'nin üzerindeki dozlarda dişlerde siyah ya da koyu renkteki leke oluşumu (florozis hastalığı),  $4-10 \text{ mgL}^{-1}$ 'nin üzerindeki dozlarda ise iskelet ve kemik sisteminde önemli derecede bozukluklar meydana gelmektedir (Mohapatra ve diğ., 2009; Medellin-Castillo ve diğ., 2007). Endüstri atık sularında bulunan  $\text{F}^-$  iyonunun çevre sularına karışmadan uzaklaştırılması, iyon değişimi, kimyasal çöktürme ve adsorpsiyon gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemlerin arasında adsorpsiyon yöntemi, sadece florür iyonu için değil genelde tüm kirleticilerin uzaklaştırılması için verimli olmasının yanında, diğer yöntemlere göre düşük maliyetinden dolayı tercih edilmektedir (Abe ve diğ., 2004; Alagumuthu ve Rajan, 2010; Ayoob ve Gupta, 2008; Bahaumik ve diğ., 2011; Chen ve diğ., 2011; Deng ve diğ., 2011; Fan ve diğ., 2003; Gogoi ve Bariah, 2008; Jagtab ve diğ., 2009; Mohapatra ve diğ., 2009; Tor, 2006).

## 2.2. ADSORBENTLER VE MAĞNETİK ADSORBENTLER

Adsorbentler, gözenekli yapıya sahiptir. Katıların içinde veya görünen yüzeyinde bulunan boşluk, oyuk, kanal ve çatlaklara genel olarak “gözenek” ya da “por” denir. Katının bir gramındaki gözeneklerin toplam hacmine “ölgül gözenek hacmi”, bu gözeneklerdeki duvarların toplam yüzeyine ise “ölgül yüzey alanı” denir. Gözenekler küçüldükçe, duvar sayısı arttığından ölgül yüzey alanı da artmaktadır. Bir adsorbentin adsorplama gücü, kimyasal yapısının yanında, ölgül yüzey alanı, ölgül gözenek hacmi ve gözenek boyut dağılımına bağlı olarak değişmektedir. Adsorbentler, makro, mezo ve mikrogözeneklerden oluşurlar (Berkem ve diğ., 1994; Rouquerol ve diğ., 1999; Stoeckli ve Centeno, 2005). IUPAC'a göre, çapları  $50 \text{ nm}$ 'nin üstünde olan gözenekler makrogözenek,  $2-50 \text{ nm}$  arasında değişen gözenekler mezogözenek,  $2 \text{ nm}$ 'den küçük gözenekler ise mikrogözenekler olarak adlandırılır (Schouten ve diğ., 2007).

Adsorbentlerin gözenek yapısı Şekil 2.7’de verilmiştir.



**Şekil 2.7** Adsorbentin tipik gözenek yapısı

Mezogözenekler ve mikrogözenekler adsorpsiyonda adsorbent iç yüzeyindeki en önemli kısım, makrogözenekler ise mikrogözeneklere doğru hızlı bir difüzyon için iletici olarak gereklidirler. Mikro, mezo ve makrogözeneklerin oranları, adsorbentin ham maddesine ve uygulanan aktifleştirme işlemine bağlı olarak değişir (Gergova ve diğ., 1994; Guo ve diğ., 2002; Guo ve Lua, 2003; Ryu ve diğ., 1998).

Adsorpsiyon ile su arıtımında en çok kullanılan adsorbentler, aktif karbon, alumina, silikajel, fuller toprağı, bazik makropöröz iyon değiştirici reçineler ve aktif silikadır. Bunların yanında, ağaç kabuğu, mısır koçanı, ayçiçeği kabukları, mangal kömürü, aktifleştirilmiş kil gibi daha ucuz hammaddelerden üretilen adsorbentler de kullanılmaktadır. Bu adsorbentler, ağır metaller, pestisitler, yüzey aktif maddeler, fosfat, sülfatlar gibi inorganik ve organik kirleticileri adsorplayabilmektedirler.

### 2.2.1 Aktif Karbon

Aktif karbon, yapısında karbon içeren maddelerin kimyasal ya da termal aktifleştirilmesi sonucu farklı gözenek sayısı, gözenek hacmi ve yüzey alanına sahip, adsorplama kapasitesi yüksek olan modifiye edilmiş karbonlardır.

Karbon, doğada elmas ve grafit olmak üzere iki tane kristalize allotropu şeklinde bulunur. Elmas en sert ve en kararlı yapıdaki maddedir. Elmasın, bağ elektronları atomları arasında sabittir. Grafit, karbon atomları arasında çifte bağ içerir ve karbon

atomları birbirine zayıf Van der Waals kuvvetleri ile bağlıdır ve çifte bağ içerirler (Berkem ve diğ., 1994).

Aktifleştirme işleminde grafit kristal yapısındaki karbon bağlarının kırılmasıyla, grafit kristallerinin gelişigüzel sıralandığı aktif karbonlar elde edilir. Aktif karbon eldesinde kullanılan yüzey alanları genelde 10-15 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> olan hammaddelerden, aktifleştirme işlemiyle oldukça yüksek yüzey alanına sahip aktif karbonlar elde edilmektedir. Arıtma proseslerinde genellikle yüzey alanı yaklaşık 1000 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> olan aktif karbonlar tercih edilir. Bir aktif karbonun yüzey alanı 5-3000 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> değer aralığında değişiklik gösterebilir.

Aktif karbon, kömür ve odun, linyit, turba ve her çeşit tenörlü kömür, çürümüş bitkiler gibi fosil maddelerden, petrol fraksiyonları, kok ve endüstriyel atıklardan araba lastikleri, hindistan cevizi kabuğu, fındık kabuğu, pirinç kabuğu, şeftali kabuğu, zeytin çekirdeği gibi karbon içerikli her maddeden üretilebilir (Rouquerol ve diğ., 1999; Stoeckli ve Centeno, 2005).

Karbon içerikli hammaddelerden aktif karbon elde edilmesinde, kimyasal, termal ve su buharıyla aktifleştirme işlemleri kullanılır (Gergova ve diğ., 1994; Guo ve Lua, 2002; Guo ve Lua, 2003).

Kimyasal aktifleştirme işleminde, karbon içerikli hammadde, fosforik asit, nitrik asit, sülfürik asit, çinko-klorür, hidroksitler, karbonatlar ve alkali metalleri gibi inorganik kimyasal madde ile karıştırılır.

Termal aktifleştirme işleminde, hammadde azot atmosferinde yüksek sıcaklıklarda karbonlaştırılır. Buna “piroliz” denir. Piroliz sonrasında, karbonca zengin katı maddeyle birlikte hidrojenca zengin uçucu bileşikler meydana gelir. Pirolizde, ilk olarak metilen, oksijen ve aromatik bileşikler arasındaki en az kararlı -S- kükürt köprülerinin kırılmasıyla uçucu radikal bileşikler, ikinci olarak uçucu ya da uçucu olmayan radikal bileşiklerin birbirleriyle polimerizasyon ve kondensasyon reaksiyonları yapmasıyla karbonca zengin katı tanecikler oluşur.

Su buharıyla aktifleştirme, aktif karbon gözeneklerinde adsorplanan uçucu bileşiklerin desorpsiyonuyla, toplam gözenek hacminin ve spesifik yüzey alanının artırılması amaçlanır.

Aktif karbon yüzeyinde başlıca karboksilik gruplar, fenolik gruplar, kinon tipi karbonil gruplar, laktanlar, laktonlar, siklik peroksitler, eter tipi oksijenler, azot ve halojenler bulunur. Asidik yüzey özelliğindeki karbonlar, yüksek oksijen içerikli, bazik yüzey özellikli karbonlar ise düşük oksijen içeriklidirler. Asidik karakterli karbonlar, kation değiştirici, bazik karakterli karbonlar ise anyon değiştirici özelliktedirler. Karboksilik yüzey grupları, karbonun negatif yüzey yüküne sahip olmasını sağlamaktadır (Boehm, 1994; Bandosz ve diğ., 1992; Bandosz ve diğ., 1999; Haghseresht ve diğ., 2002).

Yüksek yüzey alanı ve gözenekli yapısı sebebiyle gazları ve sulara dağılan ya da çözünen kimyasal bileşikleri etkili bir şekilde adsorplayabilen aktif karbonlar, yüzeylerinde bazı iyon ya da bileşiklerin tutturulması ya da aktif karbonun demiroksitin etrafında bir yüzey tabaka oluşturularak kaplanması gibi yöntemlerle modifiye edilip daha fonksiyonel hale dönüştürülebilmektedir (Yin ve diğ., 2007; Lodhia ve diğ., 2010; Laurent ve diğ., 2008).

### **2.2.2 Mağnetik Adsorbentler**

Çevresel problemlerin çözülmesi için, mağnetik tanecik teknolojisi uygulaması, son yıllarda çok dikkat çekmektedir. Mağnetik adsorbentler/tanecikler, su ya da gaz ortamlarından kirliliklerin adsorplanmasında kullanılabilen ve adsorpsiyon sonrasında, basit bir mağnetik prosesle ortamdan ayrılabilir. Bu teknolojinin örnekleri olarak, atık suyun koagülasyonunun hızlandırılması için mağnetik parçacıkların; süttten radyonükleidlerin uzaklaştırılması için, magnetit kaplı fonksiyonel olan reçine benzeri bir polimerin; organik boyar maddelerin adsorpsiyonu için poli-(oksi-2,6-dimetil-1,4-fenilen) ve petrol sızıntısı ıslah çalışmalarında polimer kaplı mağnetik taneciklerin kullanımı verilebilir (Oliveira ve diğ., 2002; Oliveira ve diğ., 2003; Oroliova ve diğ., 2009; Safarikova ve diğ., 2008; Chen ve diğ., 2009; Chang ve Chen, 2005; Chang ve diğ., 2006; Gong ve diğ., 2009; Zargar ve diğ., 2009; Xing ve diğ., 2009; Mahramanlioglu ve diğ., 2010; Dong ve diğ., 2010; Feng ve diğ., 2010; Genc-Fuhrman ve diğ., 2008; Hu ve Lo., 2005; Hou ve diğ., 2011; Huang ve

Chen, 2006; Ishiwata ve diğ., 2010; Lin ve diğ., 2011a; Lin ve diğ., 2011b; Nassar, 2010; Nguyen ve diğ., 2011; Panneersel ve diğ., 2011; Ren ve diğ., 2008; Rosas ve diğ., 2010; Safarik ve Safarikova, 2007; Safarik ve Safarikova, 2010; Safarikova ve diğ., 2005; Singh ve diğ., 2011; Smeonidis ve diğ., 2011; Sun ve diğ., 2010; Vaughan ve Reed, 2005; Zhao ve diğ., 2010).

Mağnetik taneciklerden ayrıca tıp alanında, organizmadaki dokunun istenen hedef bölgesine (örn., tümörlü bölge) ilaç ajanlarının taşınmasında, Manyetik Resonans (MR) görüntüsünün şiddetinin arttırılmasında faydalanılmaktadır (Kuznetsow ve diğ., 1999; Lodhia ve diğ., 2010). MR görüntü şiddetinin (MRI) arttırılmasında süperparamağnetik olduklarından dolayı demiroksit nanotanecikleri kullanılmaktadır. Biyouyumlu, toksik olmayan ve mağnetik olan süperparamağnetik demir oksit taneciklerinin (SPION) ilaç, protein, enzim, antikör ve diğ.er moleküler hedef hücrelere bağlanması beklenir. Çok çeşitli demiroksit nanotanecikleri vardır. Başlıca demiroksit nanotanecikleri maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), mağnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ve hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )'tir. Bu nano demiroksit taneciklerinin arasında biyouyumlu olması nedeniyle en önemlisi mağnetittir (Lodhia ve diğ., 2010).

Mağnetik nanotaneciklerin üretim prensibi, demiroksit taneciklerinin genellikle organik madde olmak üzere bir yüzey tabakasıyla kaplanmasıdır. Yüzey tabaka, çekirdeği korumak ve kararlı olmasını sağlamak amacıyla çekirdek ve çevre arasında engel oluşturur. Mağnetik özelliği nedeniyle nanotaneciklerin yapısında çekirdek madde olarak kullanılan demiroksit kararlı bir yapıda değildir, oksitlenerek nanotaneciğın fiziksel özelliklerini değiştirebilir. Çekirdek etrafındaki yüzey tabakası reaktivite, çözünürlük ve arayüzey etkileşimlerini sağlar. SPION'ların doygunluk mağnetizasyon değerlerinin yüksek olması, mağnetik hassasiyetinin arttırılması sonucunda güçlü MRI sinyallerinin elde edilmesine yol açmaktadır. SPION'ların tipik doygunluk mağnetizasyon değerleri  $30\text{-}90 \text{ emug}^{-1}$  arasında değişmektedir (Lodhia ve diğ., 2010).

Mağnetik taneciklerin mağnetizasyon değerlerini etkileyen başlıca faktörler, tanecik büyüklüğü, tanecikler arasındaki boşluklar ve demiroksitin kristal yapısıdır. Mağnetik taneciklerde en yüksek doygunluk mağnetizasyon değerlerinin  $6\text{-}20 \text{ nm}$  tanecik boyut aralığında görüldüğü bildirilmiştir. Silika yüzey tabakasından oluşmuş bir mağnetik tanecikte ise, silikanın boşluklu yapısıyla her bir mağnetit taneciğının bağımsızca hareket etmesini sağlayarak mağnetizasyonu arttırdığı bildirilmiştir (Lodhia ve diğ., 2010; Jun ve diğ., 2005).

Mağnetik nanotaneceklerinin üretiminde, kimyasal çöktürme, sınırlı ortam reaksiyonları ve yüksek sıcaklık metotlarından faydalanılmaktadır (Laurent ve diğ., 2008; Lodhia ve diğ., 2010; Perez ve diğ., 1998).

#### *Kimyasal Çöktürme*

Kimyasal çöktürme işleminde prensip, mağnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ya da maghemitin ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ),  $\text{Fe}^{3+}$  ya da  $\text{Fe}^{2+}$  tuzlarının karıştırılmasıyla (2.2) reaksiyonuna göre pH 8-14 aralığında oluşturulmasıdır. Çöken mağnetit siyah renklidir (Laurent ve diğ., 2008).



Kimyasal çökme öncesinde, oksidasyonla mağnetik taneciklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri etkilenebilmektedir. Demiroksit ya da mağnetitin oksidasyonu maghemitin oluşması anlamına gelir. Oksidasyonun önlenmesi amacıyla reaksiyonun azot gazı ortamında gerçekleştirilmesi uygundur (Lodhia ve diğ., 2010). Medikal görüntüleme ile ilgili yapılan bir çalışmada mağnetizasyon değerlerinin mağnetit ve maghemit için sırasıyla 92 ve 78 emug<sup>-1</sup> olarak bulunduğu bildirilmiştir (Corot ve diğ., 2006). Kimyasal çöktürme prosesinin avantajı, büyük miktarlarda sentezlerin gerçekleştirilebilmesidir. Kimyasal çöktürmede homojen tanecik boyutunun sağlanabilmesinde pH, sıcaklık,  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranı faktörleri önem taşımaktadır. Mağnetik taneciklerin eldesi için kimyasal çöktürme prosesi alkali ortamda yapılır. Bir çalışmada, ortam pH'sının ve/veya  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranının artmasıyla tanecik boyutunun azaldığı bildirilmiştir (Lodhia ve diğ., 2010). Diğer bir çalışmada,  $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$  oranının tanecik boyutu, yapısı ve mağnetik özelliklerine etkisi çalışılmış, düşük  $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$  oranlarında (<0,3) götit oluşumu,  $0,3<\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}<0,5$  aralığında ise 4 nm ve daha büyük boyutta mağnetit oluşumu görülmüştür (Jolivet, 1992). Bir çalışmada tekil dağılmış mağnetitin tanecik boyutunun 4-12 nm aralığında olduğu bildirilmiştir (Jun ve diğ., 2005). Babes ve diğ., (1999)'nin yaptıkları çalışmada uygun tanecik boyutunun dolayısıyla mağnetizasyonun eldesinde  $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$  oranının önemini vurgulamıştır. Yüksek  $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$  oranı ( $0,4<\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}<0,6$ ) aralığında literatürle uygun, özellikle tıp alanında yapılan MRI çalışmalarında uygun kabul edilen homojen tekil dağılımlı büyük boyutlu nanotaneceklerinin oluştuğu bildirilmiştir (Laurent ve diğ., 2008; Lodhia ve diğ., 2010; Jolivet ve diğ., 1992; Jiang ve diğ., 2004). Alkali ortamda pH azaldıkça tanecik boyutunun büyümeye devam ederek daha büyük tanecikler meydana getirdiği

görülmüştür (Jiang ve diğ., 2004; Vayssieres ve diğ., 1998). Alkali ortamda artan pH ile düşük mağnetizasyon değerlerinin eldesinin, mağnetik tanecik boyutunun azalmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Laurent ve diğ., 2008).

Sitrik asit, aminoasit, dimerkaptosüksinik asit ilavesi ile kristal çekirdeğinin gelişimini engelleyerek tanecik boyutunun azalmasına neden olmaktadır (Bee ve diğ., 1995). Dekstran, karbodekstran ve silika gibi polimer yüzeyi kompleks maddelerinin demiroksit çekirdeğine bağlanıp tek tabaka oluşturarak nanotaneciğin suda çözünürlüğü artan, tekli dağılan tanecikli yapıdaki ve mağnetit çekirdeğinin kararlı olduğu nanotaneciklerinin elde edildiği bildirilmiştir (Laurent ve diğ., 2008; Lodhia ve diğ., 2010).

#### *Sınırlı Ortam Reaksiyonları*

Sınırlı ortam reaksiyonlarıyla nanotanecik elde edilmesinde, yüzey aktif maddeler ve dendrimerler kullanılmaktadır. YAM'ler, lipofilik (yağı seven) ve hidrofilik (suyu seven) kısımlarından dolayı amfifilik (hem su, hem yağı seven) bir yapıda olduklarından suda misel denilen silindirik, küre ve çift tabaka gibi çeşitli şekillerde bulunabilirler. YAM molekülündeki karbon sayısına göre çeşitli uzunluklarda olabilen hidrofobik/lipofilik kuyruk kısmı ve çeşitli yük ve büyüklüklerde olabilen hidrofilik baş kısmı miselin şeklini etkileyebilir. Bunun dışında, ortamın pH, sıcaklık ve konsantrasyonu son miselin son şeklini etkileyebilir (Laurent ve diğ., 2008; Lodhia ve diğ., 2010).

Sınırlı ortam reaksiyonları ile nanotanecik elde edilmesinde, demiroksit çekirdeği yüzey aktif madde ile kaplanır. Demiroksit çekirdeğinin YAM ile kararlılığı sağlanır. YAM'nin hidrofilik baş kısmı demiroksit çekirdeğine, hidrofobik kısmı ise dış ortama yönlenerak ters miseller oluşur. Ters miseller ancak oldukça yüksek su miktarlarında çözünebilirler. Suda çözünebilirliklerinin kontrol edilebilmesi, ters misellerin nanotanecik üretiminde kullanılabilir olmalarını sağlamaktadır. Misel yapısı, nanotaneciğin boyutunun kontrolünü sağlar. Nanotaneciklerin çeşitliliği, YAM ve çözücü ortam türünün, miktarının, ortam pH ve sıcaklığının değiştirilmesiyle sağlanabilmektedir. Örnek olarak, sıcaklık ve YAM konsantrasyonunun değiştirilmesiyle tanecik çapları 3.7-116 nm aralığında değişen tanecik boyutlu demir dodesil sülfat ( $\text{Fe}(\text{DS})_2$ ) miselleri elde edilmiştir. Artan YAM ve sıcaklıklarda daha düzenli, kararlı kristal yapıda nanotaneciklerin elde edildiği bilinmektedir (Laurent ve diğ., 2008; Lodhia ve diğ., 2010).

Dendrimerler, yapısında azot gibi bir başlangıç atomu ve küresel dallanmış zincirleri içeren makromoleküllerdir. Bir başlangıç çekirdek, bu çekirdeğe bağlı tekrar eden molekül iç tabaka ve dış tabaka olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Dendrimerler demiroksit ile kaplandığında magnetodendrimerler oluşur. Karboksilatlı poliamidoamin dendrimerleri, demiroksit nanotaneçiklerinin kaplanarak kararlı hale getirilmesinde kullanılırlar. Mağnetodendrimer en çok MRI ile hücrelerin taşınmasının görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Dendrimerler varlığında yüksek pH ve sıcaklıkta  $Fe^{+2}$ 'nin oksidasyonu, yüksek kararlılıkta ve suda çözünebilir magnetodendrimerlerin oluşumuna neden olmaktadır (Laurent ve diğ., 2008; Lodhia ve diğ., 2010).

#### *Yüksek Sıcaklık Reaksiyonları*

Bu yöntemde, demir komplekslerinin yapıları, YAM ve organik çözücülerle bozular. Bu yöntemde yüksek sıcaklık ve organik çözücünün yapısı uygun taneçik boyut ve dağılımına sahip yüksek kristal kararlılıktaki nanotaneçiklerin oluşturulmasında önemlidir.  $Fe^{+3}$  asetilasetonatin 265 °C'de fenil eter, alkol, oleik asit, oleilamin içinde bozulmasıyla 4 nm çapında demiroksit nanotaneçikleri üretildiği;  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 'nun sodyum oleatla reaksiyonu sonucunda elde edilen demir-oleat kompleksinin 1-oktadecene ( $\alpha$ -Olefin C18) içinde yavaşça 320 °C'ye ısıtılması ve 30 dak 320 °C'de tutulmasıyla tekli dağılan demiroksit nanotaneçiklerinin üretildiği bildirilmiştir (Laurent ve diğ., 2008; Lodhia ve diğ., 2010).

Mağnetik taneçiklerin elde edilmesinde kullanılan en basit ve verimli kimyasal metot kimyasal çöktürmedir (Laurent ve diğ., 2008; Lodhia ve diğ., 2010; Perez ve diğ., 1998). Mağnetik adsorbent olan mağnetik karbonların eldesi, kimyasal çöktürme prensibine dayanır. Mağnetik adsorbent eldesinin yapıldığı birçok çalışmada, belli konsantrasyondaki  $FeCl_3$  ve  $FeSO_4$  çözeltileri 70 °C sabit sıcaklıkta karıştırılmakta, belli konsantrasyondaki alkali maddenin damla damla ilavesiyle alkali ortam sağlandıktan sonra başlangıç maddesi adsorbent ilave edilmekte, 70 °C sabit sıcaklıkta damla damla belli hacimdeki alkalinin ilavesine devam edilerek çöken demiroksitin aktif karbon yüzey tabakasıyla kaplanması sağlanmaktadır. Elde edilen mağnetik adsorbent pH'sı 6-7 olana kadar yıkandıktan ve çöktürüldükten sonra dekantasyonla berrak fazdan ayrılmakta ve kurutulmaktadır (Oliveira ve diğ., 2002; Oliveira ve diğ., 2003; Oroliova ve diğ., 2009; Safarikova ve diğ., 2008; Chen ve diğ., 2009; Gong ve diğ., 2009; Zargar

ve diğ., 2009; Xing ve diğ., 2009; Mahramanlioglu ve diğ., 2010; Afkhami ve diğ., 2010; Ai ve diğ., 2010).

Mağnetik karbonların mağnetizasyon ölçümlerinde Titreşimli Örnek Mağnetometresi (VSM) kullanılmaktadır. Titreşimli Örnek Mağnetometresi ile örneklerin mağnetikliği “spesifik doygunluk mağnetizasyon değeri” cinsinden ölçülmektedir. Mağnetik alan, H (Oe) ve mağnetizasyon, M ( $JT^{-1}kg^{-1}$ ) veya M (emug<sup>-1</sup>) arasında çizilen mağnetizasyon grafiklerinde, dengenin bir başka deyişle doygunluğun meydana geldiği mağnetizasyon noktası maddenin “spesifik doygunluk mağnetizasyon değeri”dir. VSM’de standart madde olarak nikel kullanılır.

### 2.3 ADSORPSİYON

Bir katının ya da bir sıvının sınır yüzeyindeki konsantrasyon değişmesine “adsorpsiyon” denir. Adsorpsiyon bir başka deyişle, bir maddenin katının ya da sıvının yüzeyinde ya da iç yüzeyinde birikmesidir. Konsantrasyonun artması halinde buna “pozitif adsorpsiyon”, azalması halinde ise “negatif adsorpsiyon” denir (Berkem ve diğ., 1994).

Yüzeyinde adsorplayan maddeye “adsorbent” ya da “adsorplayıcı madde”, adsorbent yüzeyinde tutunan maddeye “adsorbat” ya da “adsorplanan madde”, adsorplanan maddelerin yüzeyden ayrılmasına “desorpsiyon” denir (Berkem ve diğ., 1994).

Bir adsorbent tarafından bazı maddelerin az, bazılarının çok adsorplanması ya da hiç adsorplanmaması adsorpsiyonun “seçimsel” bir olay olduğunu gösterir.

Adsorpsiyonu etkileyen faktörler, adsorbentin kimyasal ve fiziksel yapısı (yüzey alanı ve gözenekliliği), polaritesi; adsorbatın kimyasal yapısı, molekül büyüklüğü, çözünürlüğü, polaritesi, konsantrasyon ya da basıncı, ortamın sıcaklığı ve pH’ıdır. Adsorbentin gözeneklerinin çapı küçüldükçe, yüzey alanları ve adsorplama kapasiteleri artar. Adsorplama kapasitesi, adsorbente uygulanmış olan aktifleştirme işlemleriyle de değişmektedir. Belli bir basınç altında içinden su buharı geçirilmiş ve ısıtılmış karbonun, işlem görmemiş karbona göre adsorplama kapasitesi yüksektir. Adsorbatın molekül büyüklüğü arttıkça, adsorbent içine difüzyon hızı azalmaktadır. Çözünürlüğü ya da iyonlaşma eğilimi yüksek olan adsorbatların, adsorbent yerine çözücüye ilgisinin

yüksek olmasından dolayı adsorpsiyon kapasitesi düşüktür. Karmaşık bileşik yapısındaki maddelerin iyonlaşma kabiliyeti daha az olduğundan, adsorpsiyon eğilimleri yüksektir. Genellikle, nötral bileşiklerin adsorpsiyonu, yüklü bileşiklere göre daha fazladır. Apolar karakterli hidrofobik bileşikler, apolar karakterli aktif karbon üzerinde daha kuvvetli adsorplanır. Sülfatlı alkilbenzenler gibi hem hidrofobik hem de hidrofilik grup içeren organik bileşiklerin adsorpsiyonunda, molekülün hidrofobik kısmı yüzeyde, hidrofilik kısmı ise çözültide kalma eğilimi gösterir. Apolar karakterli aktif karbon üzerine asit ve bazların adsorpsiyonu ortamın pH'ına göre değişir. Genellikle sulu ortamdaki organik kirlenmelerinin adsorpsiyonu pH'ın azalmasıyla artar. Adsorpsiyon sıcaklıkla endotermik ya da egzotermik olarak değişir (Berkem ve diğ., 1994; Levine, 1995).

### 2.3.1 Adsorpsiyon Çeşitleri

Adsorpsiyon fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon olmak üzere iki çeşit halinde incelenir.

#### 2.3.1.1 Fiziksel Adsorpsiyon

Adsorbat ve adsorbent arasında kimyasal reaksiyonun olmadığı adsorpsiyona “fiziksel adsorpsiyon” denir. Adsorbent ve adsorbat molekülleri arasında zayıf Van der Waals kuvvetleri, dipol-dipol ve dispersiyon etkileşimleri ve hidrojen bağı oluşumu vardır. Hidrojen bağları, dipol-dipol etkileşimin özel bir halidir. Molekül içinde kısmi pozitif yüküne sahip olan hidrojen atomu ile başka bir moleküldeki kısmi negatif yüklü atomun birbirini çekmesiyle oluşan zayıf bağlar, hidrojen bağlarıdır. Sürekli dipol olmayan iki nötral molekül birbirlerini zayıf polarizasyon ile çekerler (Berkem ve diğ., 1994; Levine, 1995).

Fiziksel adsorpsiyonda, adsorbat madde adsorbentle arasındaki zayıf Van der Waals kuvvetleri nedeniyle sıvı ise konsantrasyonun gaz ise basıncının azalmasıyla adsorbentten ayrılabilir. Bu sebeple fiziksel adsorpsiyona “Van der Waals adsorpsiyonu”, “tersinir (reversibl) adsorpsiyon” da denir. Fiziksel adsorpsiyon adsorbentin tüm yüzeyinde gerçekleşir (Berkem ve diğ., 1994).

Fiziksel adsorpsiyonda, adsorpsiyon ısı  $-4 \text{ kJmol}^{-1}$  ile  $-40 \text{ kJmol}^{-1}$  arasındadır ve adsorpsiyon tek tabakalı (monomoleküler) ya da çok tabakalı (multimoleküler) şekilde gerçekleşir (Berkem ve diğ., 1994; Levine, 1995).

### 2.3.1.2 Kimyasal Adsorpsiyon

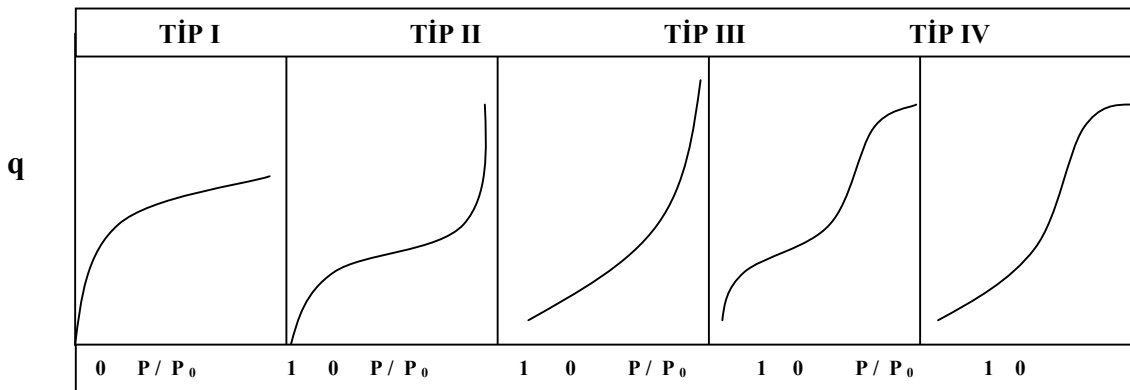
Adsorbent ile adsorbat molekülleri arasında kovalent kimyasal bağların oluştuğu adsorpsiyona “kimyasal adsorpsiyon” denir. Adsorbent ile adsorbat arasında denge hali yoktur. Örnek olarak, karbonun bir gazı adsorplamasının yanında indirgemesiyle adsorbat konsantrasyonu dengeye gelmez. Bu nedenle, kimyasal adsorpsiyona, “geri dönüşümsüz”, ya da “tersinmez (irreversibl) adsorpsiyon” da denir. Adsorplanan moleküllerin adsorbent yüzeyinden serbest hale geçebilmesi için çok yüksek sıcaklık gerekir (Berkem ve diğ., 1994).

Kimyasal adsorpsiyonda, adsorpsiyon ısısı genellikle  $-40 \text{ kJmol}^{-1}$  ile  $-200 \text{ kJmol}^{-1}$  arasında değişip daha yüksek olabilir. Kimyasal adsorpsiyonda adsorbent yüzeyinde yalnızca tek tabakalı (monomoleküler) adsorpsiyon olur. Kimyasal adsorpsiyon, adsorbentin sadece belli yüzey bölgelerinde yoğun şekilde gerçekleşebilir (Berkem ve diğ., 1994; Levine, 1995).

### 2.3.2 Adsorpsiyon İzotermi

Adsorbent ile dengede bulunan sıvı ya da gaz haldeki adsorbatın sabit sıcaklıkta konsantrasyonu ya da basıncının adsorplandığı miktarı ile arasında çizilen grafiğe “adsorpsiyon izotermi” denir (Berkem ve diğ., 1994; Levine, 1995).

Gazların katılar tarafından adsorpsiyonunda görülen beş genel izoterm tipi Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.8 Gazların katılar üzerine adsorpsiyonunda görülen beş genel izoterm tipi

Tip I izoterminde, adsorbent gözeneklerinin dar olduğu ve yüzey üzerinde tek bir moleküler tabaka bulunur, grafikte bir adsorplanan madde sınır değerine ya da doygunluğa ulaşıldığını gösteren plato gözlenir, genellikle kimyasal adsorpsiyonda görülür.

Tip II izotermi, çok tabakalı fiziksel adsorpsiyonda görülür. Çok geniş gözenek dağılımına sahip olan adsorbentlerde görülür. İzotermin ilk dönüm noktasında tek bir tabakanın adsorpsiyonu tamamlanmış olur, bir doygunluk değeri oluşmaz, tek tabaka madde adsorpsiyonundan sonra artan tabakalar şeklinde adsorpsiyon gözlenebilir.

Tip III izotermi zayıf adsorbat-adsorbent etkileşiminin olduğu adsorpsiyonda görülebilir. Bu tip izotermde, adsorplanan madde adsorbent yüzeyinde kümeleşir, tek tabaka halinde toplanmaz.

Tip IV izotermi mezogözenekleri fazla olan adsorbentlerin adsorpsiyonunda görülür. Tip V izotermi ise, mikro ve mezo gözenekleri fazla olan adsorbentlerde görülür. Tip V izotermde yüksek bağıl basınçlarda bir plato gözlenir.

### 2.3.2.1 Freundlich İzotermi

Freundlich izoterminde, birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan sıvı madde miktarı konsantrasyonla, gaz madde miktarı ise basınçla artar ve belli bir konsantrasyon ya da basınç denge değerine ulaşılır. Freundlich izotermi eşitliği (2.3)'te verilmiştir.

$$q = k C^n \quad (2.3)$$

(2.3)'ün logaritmasının alınmasıyla elde edilen doğrusallaştırılmış Freundlich eşitliği (2.4)'te verilmiştir.

$$\ln q = \ln k + n \ln C \quad (2.4)$$

C : denge konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )

q : birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan adsorbat miktarı ( $\text{mg g}^{-1}$ )

k ve n : Freundlich izoterm sabitleri

x ekseninde  $\ln C$  ile y ekseninde  $\ln q$  değerleri arasında çizilen doğrunun eğiminden “n” kesiminden ise “k” Freundlich izoterm sabitleri bulunur (Berkem ve diğ., 1994; Levine, 1995).

### 2.3.2.2 Langmuir İzotermi

Langmuir izotermine göre, adsorpsiyonda dinamik bir denge vardır, belli bir zaman aralığında adsorplanan madde miktarı ile desorplanan madde miktarı birbirine eşittir. Langmuir izotermine uygunluk, adsorpsiyonun tek tabakalı olduğunu ifade eder. Adsorpsiyon hızı katının örtülmemiş yüzeyi ile, desorpsiyon hızı da daha önce bir tek moleküler tabaka ile örtülmüş yüzey ile orantılıdır. Adsorplanmış moleküller dissosiyeye değildir; dissosiyeye halinde teori genelleştirilebilir. Langmuir izotermi eşitliği (2.5)'te verilmiştir.

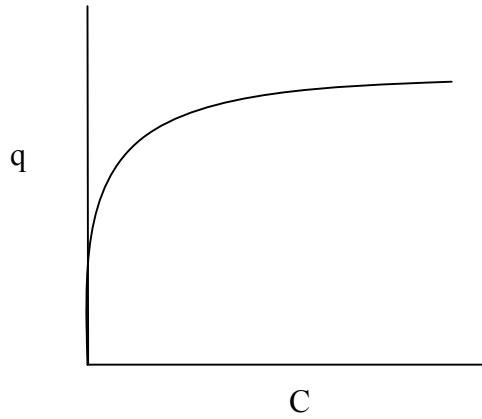
$$C/q = 1/Q_0 b + C/Q_0 \quad (2.5)$$

C : denge konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ )  
 $Q_0$  : Langmuir izoterm sabiti ( $\text{mg g}^{-1}$ )  
 b : Langmuir izoterm sabiti ( $\text{L mg}^{-1}$ )

x ekseninde C, y ekseninde C/q eğerleri konularak çizilen doğrunun eğimi  $1/Q_0$ ' ı, ordinatı kestiği nokta  $1/Q_0 b$ 'yi verir.  $Q_0$  ve b adsorbent adsorplama kapasitesi hakkında bilgi verir (Berkem ve diğ., 1994; Levine, 1995).

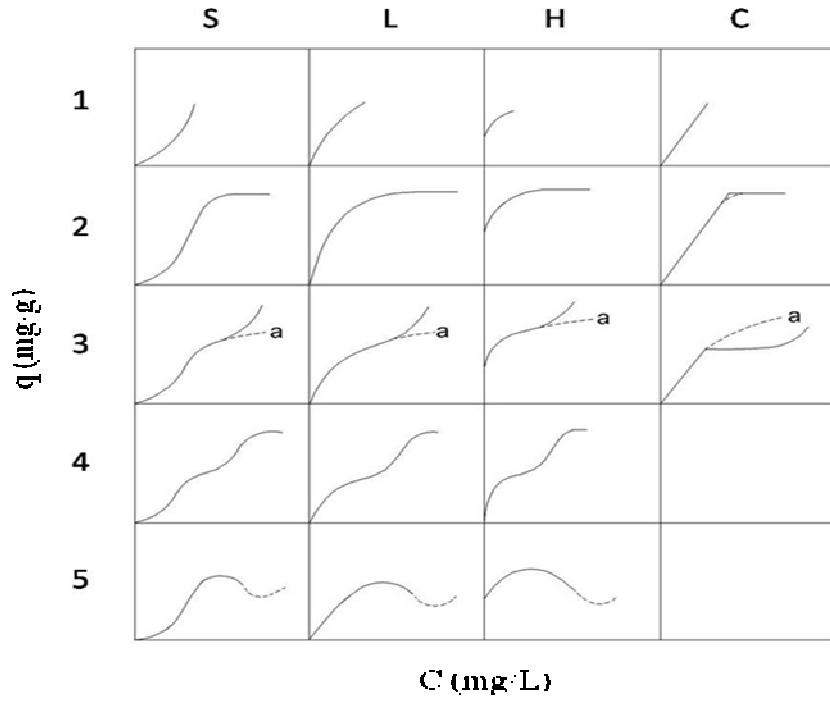
### 2.3.2.3 Giles İzotermi

Çözeltilerden adsorpsiyonda, adsorbent kapasitelerini belirlemek amacıyla en çok görülen adsorpsiyon izotermi grafiği Şekil 2.9'da verilmiştir (Giles ve Smith, 1974).



**Şekil 2.9** Çözeltilerden adsorpsiyonda en sık görülen adsorpsiyon izotermi (C: denge konsantrasyonu, q: birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan madde miktarı)

Giles ve Smith (1974) adsorpsiyon izotermelerini başlangıç eğimlerine ve şekillerine göre, S, L, H ve C tipleri ve bunların alt grupları olarak dört çeşitle sınıflandırmıştır. Giles sınıflandırmasındaki izoterm tipleri Şekil 2.10'da verilmiştir.



**Şekil 2.10** Giles sınıflandırmasındaki izoterm tipleri

S- tipi adsorpsiyonda, adsorbat molekülleri arasındaki çekim kuvvetleri adsorbat ve adsorban arasındaki çekim kuvvetine neredeyse eşittir. Bu durumda, birbirine bağlanarak birlikte bir yapı oluşturan adsorbat moleküllerinin yüzeydeki adsorpsiyonu, tek başına bir adsorbat molekülünün adsorpsiyonundan kararlıdır. S-tipinde, izoterm başlangıç eğimi, konsantrasyonla artar. Adsorbat molekülleri arasındaki çekim kuvveti kuvvetli ise, adsorbat monofonksiyonel ise yani bir aromatik ya da 5' ten fazla C atomu olan alifatik yapıya ve tek bir bağlanma noktasına sahip ise S tipi izoterm görülür.

L ve H tipi adsorpsiyonda, adsorbat ve adsorbent molekülleri arasında oldukça güçlü çekme kuvveti, adsorbat molekülleri arasında ise çok zayıf çekme kuvveti vardır. Bu tip adsorpsiyonda, birbirine bağlanarak birleşik bir yapı oluşturan adsorbat moleküllerinin yüzeydeki adsorpsiyonu ile tek başına bir adsorbat molekülünün adsorpsiyonunun kararlılıkları birbirine eşittir. H ve L tipinde adsorbat molekülleri adsorbente yüksek afinite gösterir.

L- tipinde, artan konsantrasyonla birlikte, adsorbat moleküllerinin adsorbent yüzeyinde boş alanlar bulması zorlaşır, başlangıç eğimi çözeltideki madde konsantrasyonu ile sabit bir azalma gösterir. L-tipinde, izoterm konsantrasyon eksenine konkavdır . H- tipi,

L- tipi izotermin aşırı uç şeklidir. Çok seyreltik çözeltilerde bile, adsorbent ile adsorbat arasında çok yüksek afinite görülür. Yüksek afinite, adsorbent ile adsorbat arasındaki spesifik etkileşim veya Van der Waals kuvvetleriyle gerçekleşir. H tipi izoterimde, başlangıç eğimi çok büyüktür.

C-tipi izoterimde, eğim konsantrasyona bağlı değildir ve maksimum adsorpsiyona kadar sabit kalır. C tipi adsorpsiyonda, adsorpsiyon için gerekli yüzey alanı adsorplanan madde miktarıyla doğru orantılı olarak artar.

Giles izotermelerinde, 1 numaralı alt grup adsorbat tek tabakasının henüz tamamlanmadığını, 2 ve 2'nin üzerindeki alt gruplardaki dönüm noktasının sonundaki düzlük, adsorbat tek tabakasının tamamlandığını, bunu takiben meydana gelen artış ikinci bir adsorbat tabakasının oluştuğunu (alt grup 3), ikinci tabakadan sonra oluşan düzlük ise bu tabakanın da tamamlandığını (alt grup 4) gösterir. Adsorpsiyon sırasında, üçüncü ya da üçün üzerinde adsorbat tabakalarının oluşup tamamlanmasıyla 5 ve 6 numaralı alt grup izotermelerine uygunluk düşünülebilir ancak pratikte böyle durumlara sık rastlanmamaktadır. İkinci adsorbat tabakası, adsorbat moleküllerinin adsorbent yüzeyinde kalan boşluklara diğer adsorbat molekülleriyle çekilmesiyle oluşur. İkinci ya da ikinin üzerinde oluşan diğer adsorbat molekülleri tabakalarına adsorbentin çekim kuvveti gittikçe azalır. Bu tabakaların oluşma olasılığı ve adsorpsiyon enerjileri düşüktür.

### 2.3.3 Adsorpsiyon Kinetiği

Adsorpsiyon kinetiği adsorpsiyon mekanizmasının aydınlatılması için önemlidir. Adsorbatın adsorbent üzerine adsorpsiyon hızı, adsorbatın adsorbent yüzeyine bağlanma yeteneğine ve adsorbatın adsorbent gözeneklerindeki difüzyonuna bağlıdır. Adsorbatın adsorbent gözenekleri içindeki difüzyonu “tanecik içi difüzyon” olarak ifade edilir. Kirleticilerin sulu ortamdan adsorpsiyonla uzaklaştırılmasının açıklanmasında Lagergren birinci dereceden hız denklemi ve yalancı ikinci dereceden hız denkleminde yararlanılır (Mahramanlioglu ve diğ., 2000; Mahramanlioglu ve diğ., 2001; Mahramanlioglu ve diğ., 2002; Mahramanlioglu ve diğ., 2003; Misirli ve diğ., 2004; Gupta ve diğ., 2006; Mahramanlioglu ve diğ., 2010; Zahoor, 2010; Salman ve Hameed, 2010).

Adsorpsiyon mekanizması, sırasıyla adsorbatın çözültiden adsorbent yüzeyine film difüzyonu, adsorbatın adsorbent gözenekleri içinde difüzyonu (tanecik içi difüzyonu) ve adsorbatın adsorbentin iç kısımlarındaki sitelere adsorpsiyonu olarak üç aşamada gerçekleşir. Üçüncü aşama çok hızlıdır ve hız kontrol basamağını ilgilendirmez (Mahramanlioglu ve diğ., 2000; Mahramanlioglu ve diğ., 2001; Mahramanlioglu ve diğ., 2002; Mahramanlioglu ve diğ., 2003; Misirli ve diğ., 2004; Mahramanlioglu ve diğ., 2010).

Tanecik içi difüzyonu eşitliği (2.6)'da verilmiştir.

$$q = k_i t^{0.5} \quad (2.6)$$

$q$  : t zamanda birim miktar adsorbent üzerine adsorplanan madde miktarı,  $\text{mg g}^{-1}$   
 $k_i$  : Tanecik içi difüzyon katsayısı,  $\text{mg g}^{-1} \text{s}^{-0.5}$

Lagergren birinci dereceden hız eşitliği (2.7)'de verilmiştir.

$$\ln (q_e - q) = \ln q_e - k_a t \quad (2.7)$$

$q_e$  : dengede birim miktar adsorbent tarafından adsorplanan adsorbat miktarı,  $\text{mg g}^{-1}$   
 $q$  : t zamanda birim miktar adsorbent üzerine adsorplanan madde miktarı,  $\text{mg g}^{-1}$   
 $k_a$  : Lagergren hız sabiti

Yalancı ikinci dereceden hız denklemi (2.8)'de verilmiştir.

$$t/q = 1/(k_2 q_e^2) + (1/q_e) t \quad (2.8)$$

$q_e$  : dengede adsorplanan adsorbat miktarı,  $\text{mg g}^{-1}$   
 $q$  : t zamanda birim miktar adsorbent üzerine adsorplanan madde miktarı,  $\text{mg g}^{-1}$   
 $k_2$  : yalancı ikinci dereceden hız sabiti,  $\text{mg g}^{-1} \text{dak}^{-1}$

### 2.3.4 Adsorpsiyon Termodinamiği

Adsorpsiyon prosesi termodinamiği, adsorpsiyon sırasındaki serbest entalpi değişimi ( $\Delta H^0$ ), entropi değişimi ( $\Delta S^0$ ), serbest enerji değişimi ( $\Delta G^0$ ) termodinamik parametreleri ile incelenir (Berkem ve diğ., 1994; Levine, 1995). Termodinamik parametrelerin hesaplanmasında kullanılan sıcaklıkla değişen dağılım katsayısı ( $K_d$ )'nin eşitliği (2.9)'da verilmiştir.

$$K_d : (C_0 - C)/C \quad (2.9)$$

$C_0$ : adsorbatın başlangıç konsantrasyonu  
 $C$  : adsorbatın denge konsantrasyonu

Termodinamik parametrelerden  $\Delta G^0$ 'nin eşitlikleri (2.10) ve (2.11)'de,  $(\Delta H^0)$  ve  $\Delta S^0$ 'nin bulunması için gerekli olan Van't Hoff eşitliği (2.12) ve (2.13)'te verilmiştir. Bu eşitliklerdeki R gaz sabiti ( $\text{kJ K}^{-1}\text{mol}^{-1}$ ), T ise mutlak sıcaklık (K) değeridir.

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 \quad (2.10)$$

$$-\Delta G^0 = RT \ln K_d \quad (2.11)$$

$$RT \ln K_d = -\Delta H^0 + T\Delta S^0 \quad (2.12)$$

$$\ln K_d = \frac{-\Delta H^0}{RT} + \frac{\Delta S^0}{R} \quad (\text{Van't Hoff eşitliği}) \quad (2.13)$$

(2.13)'e göre  $\ln K_d$  ile  $1/T$  arasında çizilen grafiğin eğiminden,  $-\Delta H^0/R$ , kesiminden ise  $\Delta S^0/R$  bulunur.

Adsorpsiyon ısısı olarak da bahsedilen  $\Delta H^0$ 'nin negatif olması adsorpsiyonun egzotermik olduğunu gösterir. Negatif  $\Delta G^0$  değeri, prosesin kendiliginden (spontan) olduğunu, negatif  $\Delta S^0$  değeri ise, düzenli adsorpsiyonu, bir başka deyişle adsorplanan adsorbata adsorbent yüzeyinde hareketinin kısıtlandığını gösterir (Mahramanlioğlu ve diğ., 2000; Mahramanlioglu ve diğ., 2001; Mahramanlioglu ve diğ., 2002; Mahramanlioglu ve diğ., 2003; Misirli ve diğ., 2004; Mahramanlioglu ve diğ., 2010).

## 2.4 KANTİTATİF ANALİZ

### 2.4.1 UV Görünür Bölge Spektroskopisi

$I_0$  şiddetinde paralel bir ışın demeti d kalınlığında, C konsantrasyonunda absorplayıcı bir tabakadan geçerse, gelen ışının gücü veya şiddeti azalır (Younes, 2007).

Absorbans ( $A$ ), gelen ışık şiddetinin ( $I_0$ ), geçen ışık şiddetine ( $I$ ) oranının logaritmasıdır (2.14). Geçirgenlik ( $T$ ), geçen ışık şiddetinin, gelen ışık şiddetine oranıdır (2.15). % geçirgenlik olarak ifade edilir. Absorbans ve geçirgenlik ters orantılıdır (Younes, 2007).

$$A = -\log T = \log I_0 / I \quad (2.14)$$

$$T = I / I_0 \quad (2.15)$$

Geçirgenlik arttıkça absorbans azalır. Absorbansın birimi yoktur. Ölçüm kabının kalınlığı “ $d$ ” ve ölçülen konsantrasyonla “ $C$ ” doğru orantılıdır. Buradan Lambert-Beer kanunu şöyle gösterilir (Younes, 2007).

$$A = \epsilon d C \quad (2.16)$$

Birim konsantrasyonda, birim kalınlıktaki numunenin absorbansına “absorptivite katsayısı ( $a$ )” denir. Çözeltinin konsantrasyonu molarite ( $\text{molL}^{-1}$ ) cinsinden ise absorptiviteye “molar absorptivite katsayısı ( $\epsilon$ )” denir (Birimi, çözelti genişliği  $\text{cm}$  ve konsantrasyon  $\text{molL}^{-1}$  cinsinden alındığında  $\text{L cm}^{-1}\text{mol}$  olarak kabul edilir).  $a$  veya  $\epsilon$  her madde ve her dalga boyuna göre değiştiğinden  $A$  ve  $T$  de dalga boyuna bağlı olarak değişir. (2.16) ile ifade edilen kanuna “Lambert-Beer Kanunu” denir. Absorbans ölçümlerinde Lambert-Beer Kanunu esas alınır. Bu kanuna göre  $A$  ve  $C$  arasındaki ilişki lineerdir (Younes, 2007).

Lambert-Beer Kanunu, 0,01 M'dan seyreltik çözeltiler için geçerlidir. Yüksek konsantrasyonlarda, absorplayıcı türlerin çözücü ile kimyasal reaksiyona girmesi ve kullanılan ışığın monokromatik olmaması durumunda, Lambert-Beer Kanunu'ndan sapma gözlenir (Younes, 2007).

#### 2.4.2 Damla Ağırlığı Metodu

Damla ağırlığı metoduyla, yüzey gerilimi ölçülür. Sıvı yüzeyinde birim uzunluğu gergin tutan kuvvete “yüzey gerilim” denir. Birimi,  $\text{din cm}^{-1}$  ‘dir. Sıvının yüzeyini birim miktar arttırmak için gerekli olan işe de “yüzey enerjisi” denir. Birimi  $\text{erg/cm}^2$ ’dir. Yüzey gerilimiyle sıvı molekülleri bir arada tutulmaya çalışılır. Yüzey gerilimi, sıvı ile gaz arasında ise yüzey gerilim olarak adlandırılır. İki sıvı arasındaki gerilime ise “arayüzey gerilimi” denir (Berkem ve diğ., 1994).

Sıvı molekülleri arasındaki net kuvvetler sıfırdır. Yüzeydeki sıvı molekülleri ise sıvı içerisine doğru çekilir, böylece sıvı yüzeyi daralır. Yüzey gerilim, kapilerite ile incelenebilir. Kapilerite, kapiler tüplerde sıvının yükselmesi veya alçalmasına denir. Kapilerite, kohezyon ve adezyon kuvvetleri ile ilgilidir. Sıvı moleküllerinin kendi arasındaki çekim kuvvetine “kohezyon kuvveti”, sıvı ile kapiler tüp arasındaki çekim kuvvetine “adezyon kuvveti” denir (Berkem ve diğ., 1994; Levine, 1995).

Kohezyon kuvvetleri, adezyon kuvvetlerinden büyükse sıvı, kapiler tüpü ıslatmaz (civa ve cam gibi), kapiler tüpteki sıvıda alçalma görülür. Yüzey gerilim sıvıyı aşağıya doğru çeker. Adezyon kuvvetleri kohezyon kuvvetlerinden büyükse, sıvı kapiler tüp yüzeyini ıslatır (su ve cam gibi), kapiler tüpteki sıvıda yükselme görülür. Yüzey gerilim sıcaklık arttıkça azalır (Berkem ve diğ., 1994).

Yüzey gerilimini ölçen damla ağırlığı yönteminde, camdan yapılmış olan stalagmometre cihazı kullanılır. Stalagmometre, yüzey gerilimi ölçülecek sıvının konulduğu hane ve damlatıldığı kapiler tüp olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Damlayı kapiler tüpün ucunda tutan kuvvet, damlanın yüzey alanı boyunca gösterdiği yüzey gerilimidir. Damlanın kapiler tüpten tam koptuğu anda ağırlığı yüzey gerilim kuvvetine eşittir (2.17). Bir başka deyişle, damla yüzey gerilimini yendiğinde kapiler tüpten düşer. Tek bir damlanın ağırlığını ölçmek zor olduğundan, belli hacimdeki damlaların sayısı ve toplam kütlesi bulunup, tek bir damla ağırlığı hesaplanır.

$$m g = 2 \pi r \gamma \quad (2.17)$$

$m g$  : damla ağırlığı, g  
 $\gamma$  : sıvının yüzey gerilimi,  $\text{din cm}^{-1}$   
 $\pi$  : pi sayısı, 3.14  
 $r$  : damlanın oluştuğu kapiler tüpün yarıçapı, cm

Yüzey gerilimi ölçümünde (2.17)'de  $r$ 'yi ölçmek çok zor olduğundan, bağıl yöntemle başvurulur. Önce, yüzey gerilimi ( $\gamma_0$ ) bilinen belli hacimdeki sıvının (su) damlası sayılıp, tartılır, tek bir damlasının ağırlığı ( $m_0$ ) bulunur, Daha sonra yüzey gerilimi ( $\gamma$ ) ölçülecek olan belli hacimdeki sıvının damlası sayılıp, tartılır, tek bir damlasının ağırlığı ( $m$ ) bulunur. (2.18)'den yüzey gerilimi bulunur.

$$\gamma = (\gamma_0 / m_0) m \quad (2.18)$$

$\gamma_0$  : suyun yüzey gerilimi,  $\text{dincm}^{-1}$   
 $\gamma$  : sıvının yüzey gerilimi,  $\text{dincm}^{-1}$   
 $m_0$  : suyun bir damlasının kütlesi, g  
 $m$  : sıvının bir damlasının kütlesi, g

Kantitatif analizde, belli konsantrasyonlardaki YAM çözeltilerinin yüzey gerilimleri ölçülür, ölçülen yüzey gerilimi değerleri ile çözelti konsantrasyonları arasında çizilen standart eğri denkleminde bilinmeyen konsantrasyon değeri bulunur.

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1 KİMYASAL MADDELER

- 2,4-D Merck firmasından temin edilmiştir (Katalog no:S30124 014).
- Tiram Fluka firmasından temin edilmiştir (Katalog no: 45689 Lot 6284X).
- Linuron Fluka firmasından temin edilmiştir (Katalog no: 36141 Lot 5320X).
- Triton X-100 Merck firmasından temin edilmiştir (Katalog no: K39413203 845).
- SDS Merck firmasından temin edilmiştir (Katalog no:K39167434 843).
- NaF LCheMa firmasından temin edilmiştir (Katalog no:30248, 30365 0499).
- $K_2Cr_2O_7$ , Panreac firmasından temin edilmiştir (Katalog no: 141500).
- $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  Merck firmasından temin edilmiştir (Katalog no: B856243647).
- $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  Merck firmasından temin edilmiştir (Katalog no: A795965642).
- Aktif karbonlar Fluka firmasından temin edilmiştir.  
A aktif karbonu: Activated Charcoal Norit, Darco G 60, (Katalog no: 51100).  
B aktif karbonu: Activated Charcoal (Katalog no: 93067).  
C aktif karbonu: Activated Charcoal Norit, W 35, (Katalog no: 72343).
- NaOH, Fluka firmasından temin edilmiştir (Katalog no: 71692, 386031/11099).
- HCl, Merck firmasından temin edilmiştir (Katalog no: 1.00319.2500).
- Isolab marka cam malzemeler kullanılmıştır.

#### 3.2 CİHAZLAR

- Tartımlar için Radwag Was 220/X model hassas terazi kullanılmıştır.
- pH ölçümleri Thermo Orion 720A+ pH cihazı ile yapılmıştır.
- Spektroskopik ölçümler, Thermo Electron Corporation Helios  $\gamma$  UV- Görünür Bölge Spektroskopi cihazı ile yapılmıştır.
- $F^-$  iyonu ölçümleri için Orion 720 A marka flormetre cihazı kullanılmıştır.
- Saf su, Elektromag Water Distillation Apparatus M3 cihazı ile elde edilmiştir.
- Santrifüj için Elektromag marka M 4818 model santrifüj cihazı kullanılmıştır.
- Chiltern HS31 model ve Termal marka ısıtıcılı mağnetik karıştırıcı kullanılmıştır.

- Nüve ST 402 model termostatlı çalkalayıcı kullanılmıştır.
- Mağnetik karbonlar, aktif karbonlar ve demiroksitlerin X-Işını Toz Kırınımı (X-Ray Powder Diffractometer) ölçümleri için Rigaku D/Max-2200/PC marka XRD Cihazı kullanılmıştır.
- Mağnetik karbonlar, aktif karbonların FTIR ölçümleri için Perkin Elmer Precisely Spectrum One marka FTIR Spectrum Cihazı kullanılmıştır.
- Yüzey Alanı ve Gözenek Hacmi ölçümleri için ASAP marka yüzey alanı ölçüm cihazı kullanılmıştır.
- Zeta potansiyeli ölçümleri için BIC Brookhaven Instrument 90 Plus Zetametre kullanılmıştır.
- Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) ölçümleri Perkin Elmer marka AAS ile yapılmıştır.
- Mağnetizasyon Ölçümleri Titreşen Örnek Mağnetometresi (Vibrating Sample Magnetometer, VSM) ile gerçekleştirilmiştir.

### 3.3 ADSORBENTLER

#### 3.3.1 Aktif Karbonlar

Bu çalışmada pestisitler, yüzey aktif maddeler,  $Cr^{6+}$  ve  $F^{-}$  iyonu adsorpsiyonu için adsorbent olarak lignin kaynaklı aktif karbon (A), turba kaynaklı buharla aktifleştirilmiş ve asitle yıkanmış aktif karbon (B), turba kaynaklı buharla aktifleştirilmiş aktif karbon (C) olmak üzere toz formda üç çeşit aktif karbon kullanılmıştır. Aktif karbonlar,  $110^{\circ}C$ 'deki etüvde 3 saat kurutulduktan sonra kapalı kaplarda saklanmıştır.

#### 3.3.2 Mağnetik Karbonlar

Mağnetik karbon eldesinde önem taşıyan demiroksit:aktif karbon oranının pratikte tespiti için öncelikle istenen koşullarda demiroksitler elde edilmiştir. Çalışmada hava ve azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 ve 1 olan 4 çeşit demiroksit üretilmiştir.

Çalışmada kullanılan 3 çeşit aktif karbondan hava ve azot ortamında, demiroksit: aktif karbon oranları 1:1 ve 1:3; ve  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranları 2 ve 1 olan 24 çeşit mağnetik karbon üretilmiştir. Çalışmada üretilen mağnetik karbonların isimleri aşağıdaki gibi kısaltılmıştır:

**F2-A(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında A karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F1-A(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında A karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F2-A(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında A karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F1-A(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında A karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-2-A(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında A karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-1-A(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında A karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-2-A(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında A karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-1-A(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında A karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F2-B(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F1-B(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F2-B(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F1-B(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-2-B(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-1-B(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-2-B(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-1-B(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit:aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F2-C(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında C karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F1-C(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında C karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F2-C(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında C karbonundan üretilen mağnetik karbon

**F1-C(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit:aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında C karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-2-C(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında C karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-1-C(1:3):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında C karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-2-C(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında C karbonundan üretilen mağnetik karbon

**FN2-1-C(1:1):**  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında C karbonundan üretilen mağnetik karbon

### 3.4 DENEYLERİN YAPILIŞI

Mağnetik karbonlar, alkali ortamda ve sabit 70 °C sıcaklıkta çöken demir oksitin aktif karbon yüzey tabakasıyla kaplanmasıyla üretilmiştir. Bu çalışmada, mağnetik karbon üretiminde üç farklı kaynaktaki A, B, C aktif karbonları kullanılmıŐ ve havanın/azotun,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranının, demiroksit:aktif karbon oranının mağnetik karbona etkisinin incelendiği üç farklı yöntem gerçekteŐirilmifitir.  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 ve 1 olarak, demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 ve 1:3 olarak çalıŐılmıŐtir.

Başlangıç maddesi olarak üç farklı aktif karbondan, hava ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2, demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olan; hava ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1, demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olan; azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2, demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olan; azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1, demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olan 24 çeşit mağnetik karbon üretilmiştir.

Mağnetik karbon üretiminde kullanılan A, B ve C aktif karbonları 0,1 mm elek boyunun altına elenmiş, 105<sup>0</sup>C'deki etüvde 8 saat kurutulmuş ve ağızları kapalı kaplarda saklanmıştır.

Mağnetik karbon üretiminde gerekli olan demiroksit miktarını tespit etmek amacıyla, hava ortamında Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2 ve Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1 olan; azot ortamında Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2 ve Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1 olan dört çeşit demiroksit üretilmiştir.

Elde edilen mağnetik karbonların yapılarının aydınlatılması için XRD'leri çekilmiş mağnetizasyon ölçümleri yapılmış; yüzey alanları ve zeta potansiyelleri ölçülmüştür. Yüzey fonksiyonel grupları hakkında bilgi edinmek amacıyla A, B ve C aktif karbonlarının ve bazı mağnetik karbonların FTIR spektrumları çekilmiş ve Boehm titrasyonları yapılmıştır.

Aktif karbonlar ve üretilen çeşitli mağnetik karbonlar üzerine 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100, SDS ve F<sup>-</sup> iyonlarının adsorpsiyonu zamanın, konsantrasyonun, pH'nın ve sıcaklığın; Cr<sup>6+</sup> iyonunun adsorpsiyonu ise zamanın, konsantrasyonun ve pH'nın fonksiyonu olarak incelenmiştir.

Deneyle ve ölçümler paralelli yapılmış ve ölçüm sonuçları ortalama değerler olarak verilmiştir.

#### 4.1 Demiroksit Üretimi

Hava ortamında Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2 olan demiroksit üretimi için belli konsantrasyonlardaki FeCl<sub>3</sub> (200 ml, 28 mmol) ve FeSO<sub>4</sub> (200 ml, 14 mmol) çözeltileri beher içinde ağız kapatılarak ısıtıcılı mağnetik karıştırıcıda belli bir karıştırma hızında karıştırılarak 70<sup>0</sup>C'ye ısıtılmaya başlanmıştır. 70<sup>0</sup>C sabit sıcaklıkta 5 M NaOH çözeltilisinden saniyede bir damla olacak şekilde 100 mL ilave edilmiştir. NaOH ilavesi bittikten sonra, 70<sup>0</sup>C sabit sıcaklıkta 1 saat karıştırmaya devam edilmiştir. 1 saat karıştırma işlemi bittikten sonra, demir oksitin çökmesi için beklenmiş, çöken demir oksit dekantasyonla berrak fazdan ayrılmıştır. Demir oksit elde etme işlemi boyunca, belli hızda sürekli karıştırma yapılmış ve sıcaklık 70<sup>0</sup>C'de sabit tutulmuştur. Elde edilen demir oksit, etüvde 105<sup>0</sup>C'de 8 saat kurutulduktan sonra tartılmıştır.

Bu yöntemin ayrıca  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olan  $FeCl_3$  ve  $FeSO_4$  çözelti karışımıyla hava ortamında;  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 ve  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olan  $FeCl_3$  ve  $FeSO_4$  çözelti karışımıyla azot ortamında yapılmasıyla 4 çeşit demiroksit elde edilmiştir.

### 3.4.2 Mağnetik Adsorbent Üretimi

Mağnetik adsorbent olan mağnetik karbon üretimi için ( $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$ ) belli konsantrasyonlardaki  $FeCl_3$  (200 ml, 28 mmol) ve  $FeSO_4$  çözeltileri (200 ml, 14 mmol) beher içinde ağzı kapatılarak ısıtıcılı mağnetik karıştırıcıda belli bir karıştırma hızında karıştırılmış ve  $70\text{ }^{\circ}C$ 'ye ısıtmaya başlanmıştır.  $70\text{ }^{\circ}C$  sabit sıcaklıkta 100 mL 5 M NaOH çözeltisinden saniyede bir damla olacak şekilde damlatılmaya başlanmış, belli miktar NaOH ilavesi sonrasında, üretilen mağnetik karbonun demiroksit:aktif karbon oranına uygun miktardaki aktif karbon eklenmiş ve NaOH ilavesine  $70\text{ }^{\circ}C$  sabit sıcaklıkta devam edilmiştir. 100 mL NaOH ilavesi bittikten sonra,  $70\text{ }^{\circ}C$  sabit sıcaklıkta 1 saat karıştırmaya devam edilmiş, sonrasında mağnetik karbonun çökmesi için beklenmiş, çöken mağnetik aktif karbon dekantasyonla berrak fazdan ayrılmıştır. Mağnetik karbon elde etme işlemi boyunca, sıcaklık  $70\text{ }^{\circ}C$ 'de sabit tutularak sürekli karıştırma yapılmıştır. Berrak fazda AAS ile toplam demir analizi yaptırılmış ve berrak fazda demir iyonu bulunmamıştır.

Berrak fazdan dekantasyonla ayrılan mağnetik karbon, berrak faz pH: 6-7 olana kadar destile suyla yıkanmış, sonrasında berrak fazdan dekantasyonla ayrılmıştır. Elde edilen mağnetik aktif karbon,  $105\text{ }^{\circ}C$ 'deki etüvde kurutulmuş, ağzı kapalı kaplarda saklanmıştır.

Bu yöntemin ayrıca,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 ve  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olan  $FeCl_3$  ve  $FeSO_4$  çözelti karışımlarıyla hava ortamında 1:1 ve 1:3 demiroksit:aktif karbon oranlarında;  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 ve  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olan  $FeCl_3$  ve  $FeSO_4$  çözelti karışımıyla azot ortamında 1:1 ve 1:3 demiroksit:aktif karbon oranlarında gerçekleştirilmesiyle mağnetik karbonlar üretilmiştir.

### 3.4.3 Adsorbentlerin Yapı Analizleri

Adsorbentlerin yapılarının aydınlatılması için, XRD, mağnetizasyon ölçümleri, yüzey alanı ölçümleri, zeta potansiyeli, FTIR ölçümleri ve Boehm titrasyonları gerçekleştirilmiştir.

#### 3.4.3.1 XRD Analizleri

XRD çekimi öncesinde mağnetik karbonlar ve demiroksitler havanda öğütüldükten sonra 0,1 mm elek boyutu altına elenmiş, yarım saat 105 °C'deki etüvde kurutulduktan sonra kapalı kaplara konulmuştur. Demiroksitler ve mağnetik karbonların XRD çekimleri İstanbul Üniversitesi İleri Analizler Laboratuvarı (İAL)'nda Rigaku D/Max-2200/PC XRD Cihazı ile yapılmıştır. Maddenin X-Işını Kırınım Deseni verilerinin Jade 6.5 yazılım programında bulunan, PDF kart numaralarına sahip yaklaşık 120.000 civarında madde ile karşılaştırılmasıyla Kalitatif Mineral Analizi yapılmıştır.

#### 3.4.3.2 Mağnetizasyon Ölçümleri

Mağnetik karbonların ve demiroksitlerin ilk olarak, mağnet tarafından çekilmesi görsel olarak test edilmiş; daha sonra mağnetizasyon ölçümleri İTÜ Fizik Mühendisliği Bölümü'nde Titreşimli Örnek Mağnetometresi (Vibrating Sample Magnetometer, VSM) cihazı ile yapılmıştır.

#### 3.4.3.3 Yüzey Alanı ve Gözenek Hacmi Ölçümleri

Mağnetik karbonların ve demiroksitlerin yüzey alanı ve gözenek hacmi ölçümleri İTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü'nde ASAP cihazı ile ölçülmüştür.

#### 3.4.3.4 Zeta Potansiyeli Ölçümleri

Mağnetik karbonların ve aktif karbonların zeta potansiyeli ölçümleri İÜ Kimya Mühendisliği Bölümü'nde BIC Brookhaven Zetametre ile ölçülmüş, sıfır yük noktaları belirlenmiştir.

#### 3.4.3.5 Yüzey Fonksiyonel Gruplarının Belirlenmesi

Adsorbentlerin yüzey fonksiyonel gruplarının belirlenmesi, enstrümental olarak FTIR spektrofotometresiyle ve kimyasal yöntem olan Boehm titrasyonuyla gerçekleştirilmiştir.

#### FTIR Analizi

Aktif karbonların ve bu aktif karbonlardan üretilmiş olan  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranları 1 ve 2; demiroksit:aktif karbon oranları 1:3 olarak azot ve hava olmak üzere iki farklı ortamda üretilmiş olan mağnetik karbonların yüzey fonksiyonel gruplarının belirlenmesi için İAL'de Perkin Elmer Precisely Spectrum One FTIR Spektrum Cihazında ATR (Attenuated Total Reflectance) metodu kullanılarak 400-4000  $cm^{-1}$  aralığında FTIR spektrumları çekilmiştir.

### *Boehm Titrasyonu*

Aktif karbonlar ve bu mağnetik karbonlardan  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2, demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 ve hava ortamında üretilmiş olan mağnetik karbonların yüzeyindeki asidik ve bazik fonksiyonel grupları kimyasal yöntem olan Boehm titrasyonu ile belirlenmiştir.

Boehm titrasyonu için, 0,05 N  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ , NaOH ve HCl çözeltileri hazırlanmış, bu çözeltilerden 50 mL içeren şişelere 1 g aktif karbon ilave edildikten sonra oda sıcaklığında 24 saat çalkalanmıştır. Çalkalama sonrası santrifüj yapılmış, pipetle her birinden 5 ml berrak faz çekilmiş, aşırı baz ya da aşırı asit, fenolftalein varlığında HCl ya da NaOH ile titre edilmiştir. Elde edilen sarfiyatlar kullanılarak, aktif karbon yüzeyindeki fonksiyonel grupların miktarı miliekiivalent (mek) cinsinden hesaplanmıştır.

### **3.4.4 Adsorpsiyon Çalışmaları**

Kesikli olarak gerçekleştirilen adsorpsiyon çalışmasında ilk olarak pestisit (2,4-D, tiram, linuron), YAM (triton X-100, SDS),  $Cr^{6+}$  ve  $F^-$  iyonu çözeltileri UV spektrofotometresinde 200-600 nm dalga boyu aralığında taranarak kirleticiler için maksimum absorbans değerini veren dalga boyu tespit edilmiştir.

Çalışmada denge konsantrasyon (C) değerlerinin belirlenmesi amacıyla pestisitler ve YAM'lerden triton X-100 kirleticisi için UV spektrofotometresi, SDS için damla ağırlığı metodu,  $Cr^{6+}$  iyonu için AAS;  $F^-$  iyonu için flormetre kullanılmıştır.

Çalışmada, bidestile su kullanılarak hazırlanan kirletici maddelerin stok çözeltilerinden seyreltme yöntemiyle çeşitli konsantrasyonlardaki çözeltileri hazırlanmış, 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100 için konsantrasyon ile absorbans; SDS için konsantrasyon ile yüzey gerilimi;  $F^-$  iyonu için konsantrasyon ile elektrot potansiyeli arasında çizilen standart eğri grafiklerinden standart eğri denklemleri elde edilmiştir.

Adsorpsiyon işleminde, belli ortam koşullarında, belli miktardaki adsorbentler üzerine ilave edilen belli hacimdeki kirletici madde çözeltileri su banyolu çalkalayıcıda dengeye gelene kadar belli bir süre çalkalanmış, çalkalama sonrası 5 dak 5000 rpm'de santrifüj edilmiş ve kirletici madde berrak fazları elde edilmiştir. Kirletici maddelerden 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100 maddelerinin santrifüj sonrası elde edilen berrak fazlarının UV spektrofotometrik yöntemle absorbansları, SDS için damla sayımı yöntemiyle yüzey gerilimleri,  $F^-$  iyonu için flormetre ile elektrot potansiyelleri,  $Cr^{6+}$  iyonu için atomik

absorpsiyon spektrofotometresiyle absorbans değerleri ölçülmüş, her bir kirletici madde için C değerleri standart eğri denklemlerinden bulunmuştur.

Adsorpsiyon zamanın, konsantrasyonun, pH'nın ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak incelenmiştir.

#### 3.4.4.1 Adsorpsiyon Kinetiği

Şilifli erlenlere tartılan belli miktardaki adsorbentler üzerine, belli konsantrasyonlardaki kirletici madde çözeltilerinden belli hacimlerde ilave edilmiş ve oda sıcaklığında, su banyolu çalkalayıcıda dengeye gelene kadar çalkalanmıştır. Karışımlardan belli zaman aralıklarında alınan numuneler, 5 dak 5000 rpm'de santrifüj yapıldıktan sonra C değerleri kirletici maddenin türüne uygun olan analiz yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve herbir kirletici için C değerinin değişmediği zaman, denge süresi olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, tanecik içi difüzyonu ve Lagergren birinci dereceden hız eşitliği ya da yalancı ikinci dereceden hız eşitliği sabitleri bulunmuştur.

#### 3.4.4.2 Adsorpsiyon İzotermi

Şilifli erlenlere konulan çeşitli konsantrasyonlarda ve belli hacimdeki kirletici madde çözeltileri, içlerine belli miktar adsorbent tartıldıktan sonra, oda sıcaklığındaki su banyolu çalkalayıcıda dengeye gelme süreleri kadar çalkalanmıştır. Dengeye gelindiğinde, kirletici-adsorbent karışımlarının 5 dak 5000 rpm'de yapılan santrifüjleri sonrasında elde edilen berrak fazın kirletici türüne göre absorbans, yüzey gerilimi ve elektrot potansiyeli değerleri uygun analiz yöntemleri ile ölçülmüş, hesaplanan C değerleri yardımıyla Freundlich, Langmuir ve Giles izotermi çizilmiştir.

#### 3.4.4.3 pH Etkisi

Adsorpsiyona ortam pH'nın etkisini incelemek amacıyla, sabit konsantrasyonda, çeşitli pH'larda çözeltiler hazırlanmış ve belli miktar adsorbent ile belli hacimde kirletici madde çözeltisinde oda sıcaklığındaki adsorpsiyonu çalışılmıştır.

Çözeltilerin pH'ları 0,01 M HCl ve 0,01 M NaOH çözeltileriyle pH-metrede ayarlanmıştır. Her biri farklı pH ve sabit konsantrasyonda belli hacimde kirletici madde çözeltilerini içeren şilifli erlenler, içlerine belli miktarda adsorbent tartıldıktan sonra, oda sıcaklığına ayarlanmış su banyolu çalkalayıcıda dengeye gelene kadar çalkalanmıştır. Dengeye geldikten sonra, santrifüj yapılmış ve kirleticiye göre uygun yöntemle, absorbans, yüzey gerilim veya elektrot potansiyeli değerleri ölçülmüştür.

#### 3.4.4.4 Sıcaklık Etkisi

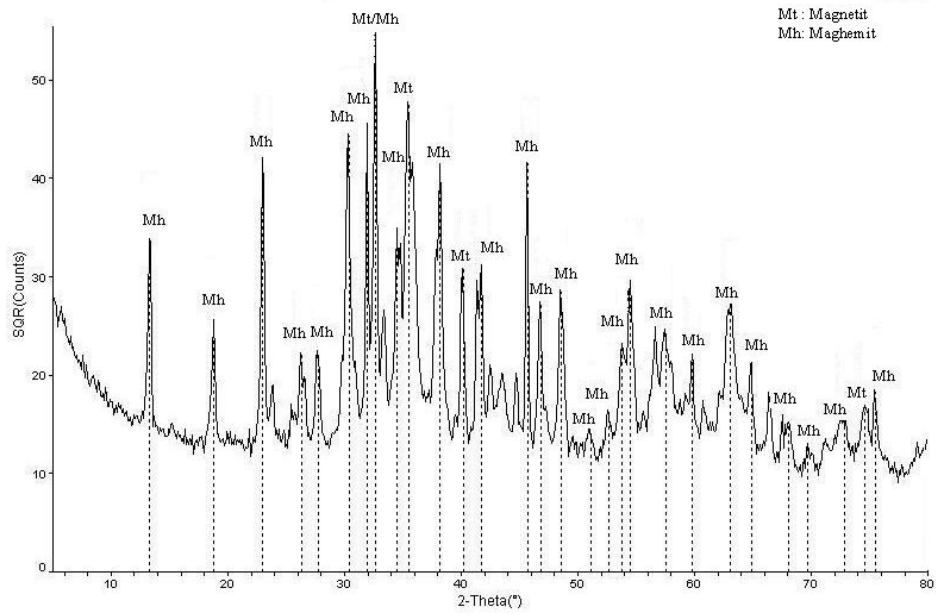
Kirleticilerin adsorpsiyonunun sıcaklıkla ilişkisini ortaya koymak ve adsorpsiyonu termodinamik olarak incelemek için, sıcaklıklardaki adsorpsiyonu çalışılmıştır. Sabit konsantrasyonda belli hacimde kirletici madde çözeltisi içeren şilifli erlenler, içlerine belli miktar adsorbent tartıldıktan sonra, 20, 30, 40 ve 50 °C'deki su banyolu çalkalayıcıda dengeye gelene kadar çalkalanmıştır. Dengeye geldikten sonra, santrifüj yapılmış ve kirleticiye göre uygun yöntemle, absorbans değerleri, yüzey gerilim değeri, elektrot potansiyeli değerleri ölçülmüş ve kirletici maddelerin 20, 30, 40 ve 50 °C'deki dağılım katsayıları bulunmuş, adsorpsiyon entalpisi ( $\Delta H^0$ ), adsorpsiyon entropisi ( $\Delta S^0$ ), ve 20, 30, 40 ve 50 °C'deki serbest enerji ( $\Delta G^0$ ) değerleri hesaplanmıştır.

## 4. BULGULAR

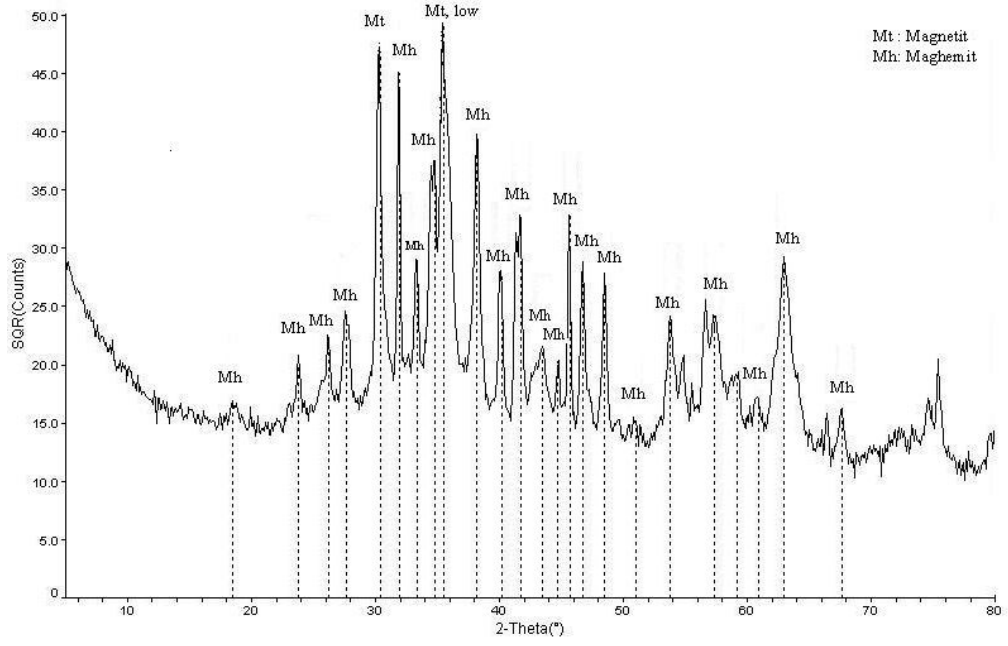
### 4.1 ADSORBENTLERİN YAPI ANALİZLERİ

#### 4.1.1 XRD Analizleri

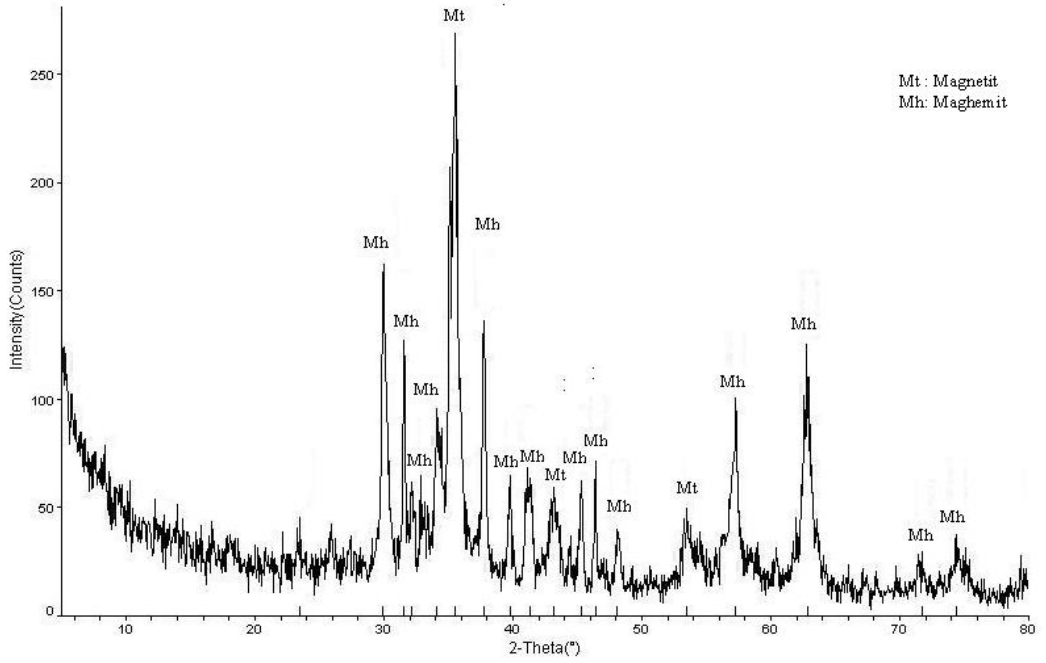
Mağnetik karbonların üretimi dışında, havada ve azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranı 2 (F2 ve FN2-2) ve  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranı 1 (F1 ve FN2-1) olarak elde edilen demir oksitlerin XRD grafikleri Şekil 4.1- 4.4'de verilmiştir. Şekil 4.1- 4.4'deki farklı atmosfer ve  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranlarında üretilen demiroksitlerin grafiklerinden magnetit ve maghemit piklerinin olduğu bulunmuştur.



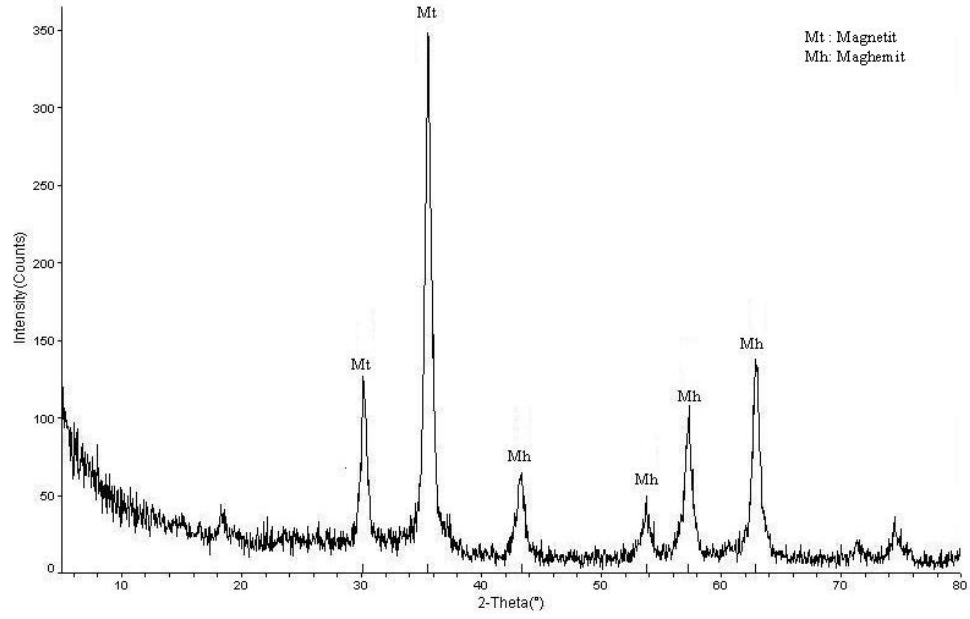
Şekil 4.1 Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  olarak üretilen demiroksitin (F2) XRD grafiği



Şekil 4.2 Azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  olarak üretilen demeroksite (FN2-2) XRD grafiği

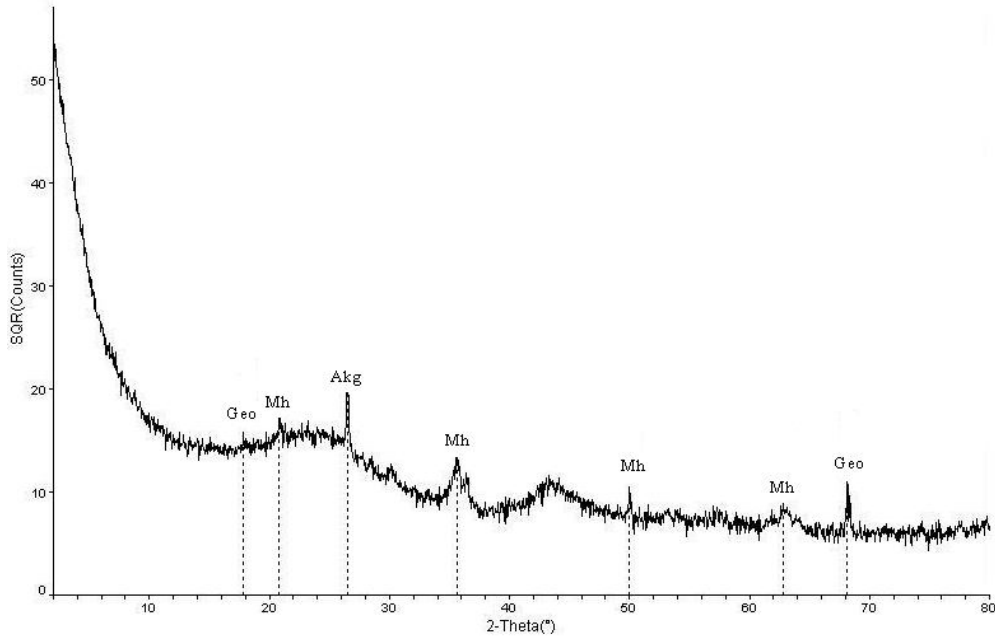


Şekil 4.3 Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  olarak üretilen demeroksite (F1) XRD grafiği

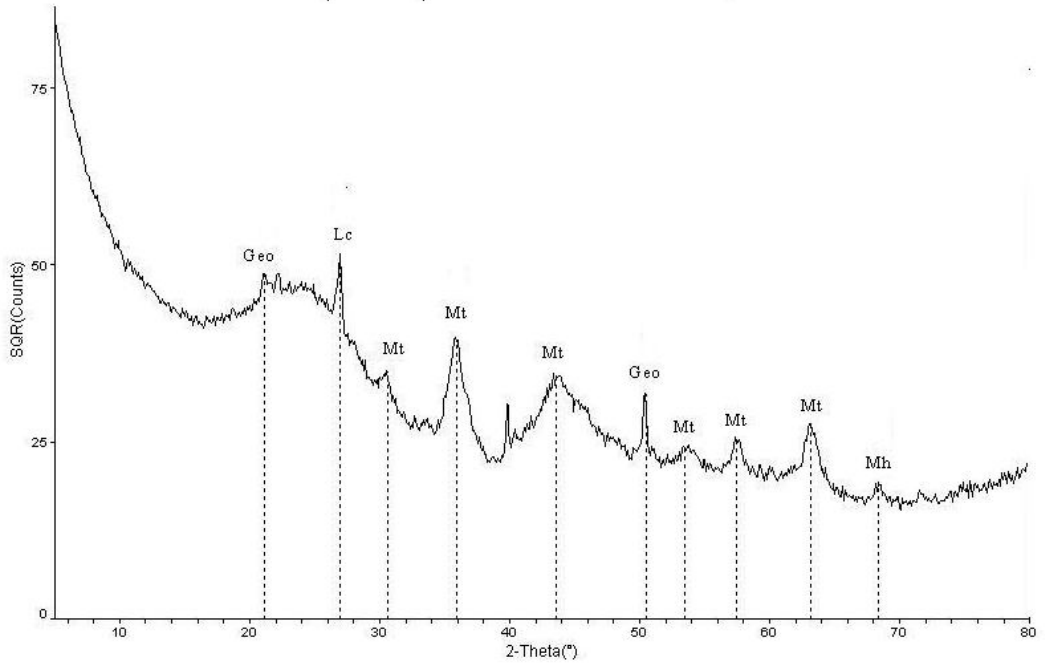


**Şekil 4.4** Azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$  olarak üretilen demiroksitin (FN2-1) XRD grafiği

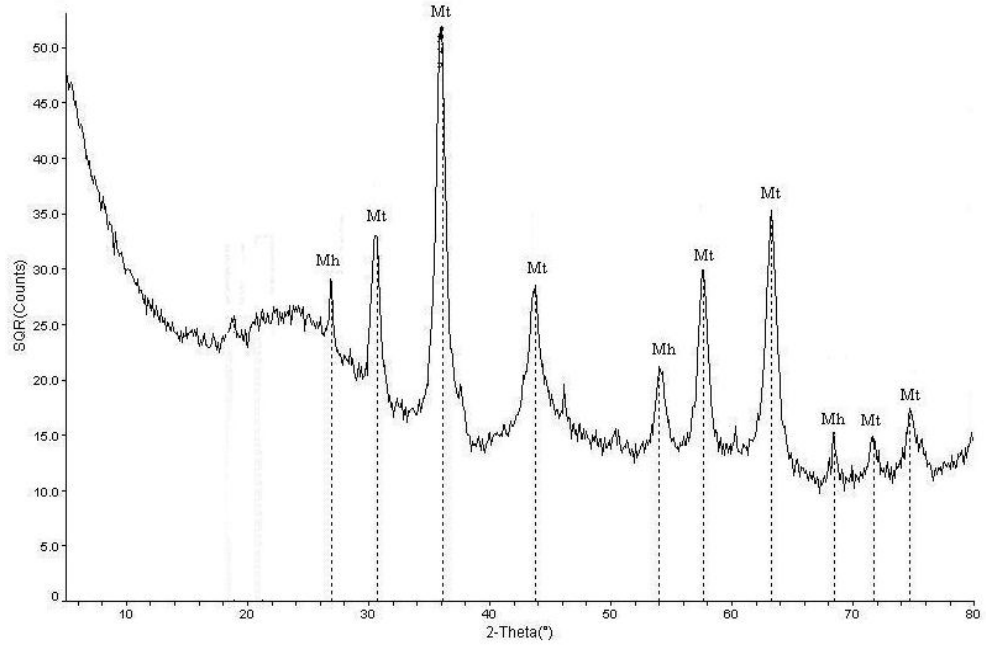
Havada ve azot ortamında,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranları 2 ve 1; demiroksit:aktif karbon oranları 1:1 ve 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların XRD grafikleri Şekil 4.5- 4.12'de verilmiştir. B ve C aktif karbonlarından üretilen mağnetik karbonların XRD grafikleri ise Ekler Şekil A.1-A.16'da verilmiştir.



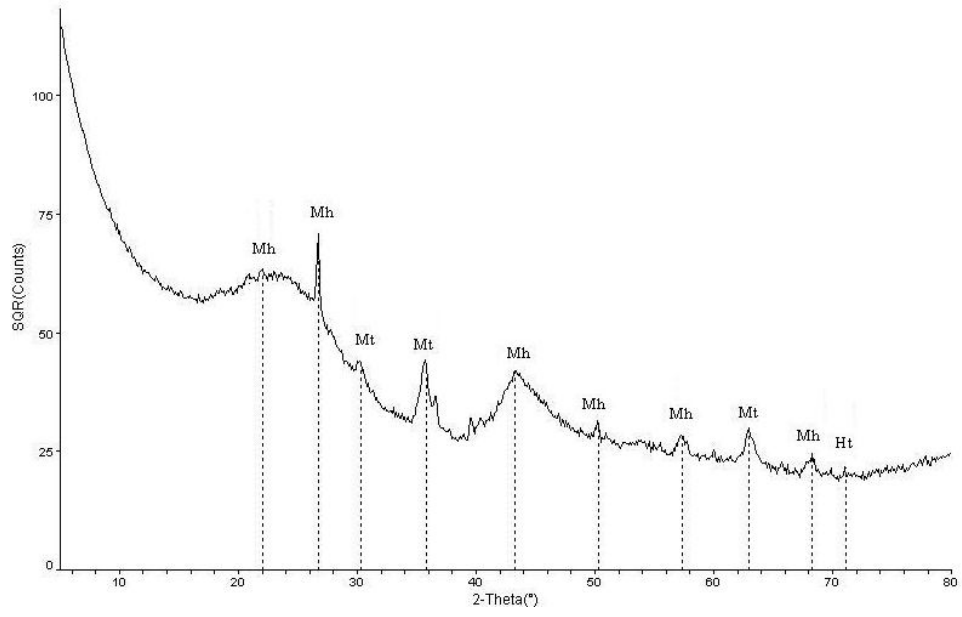
**Şekil 4.5** Hava ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-A(1:3)) XRD grafiği



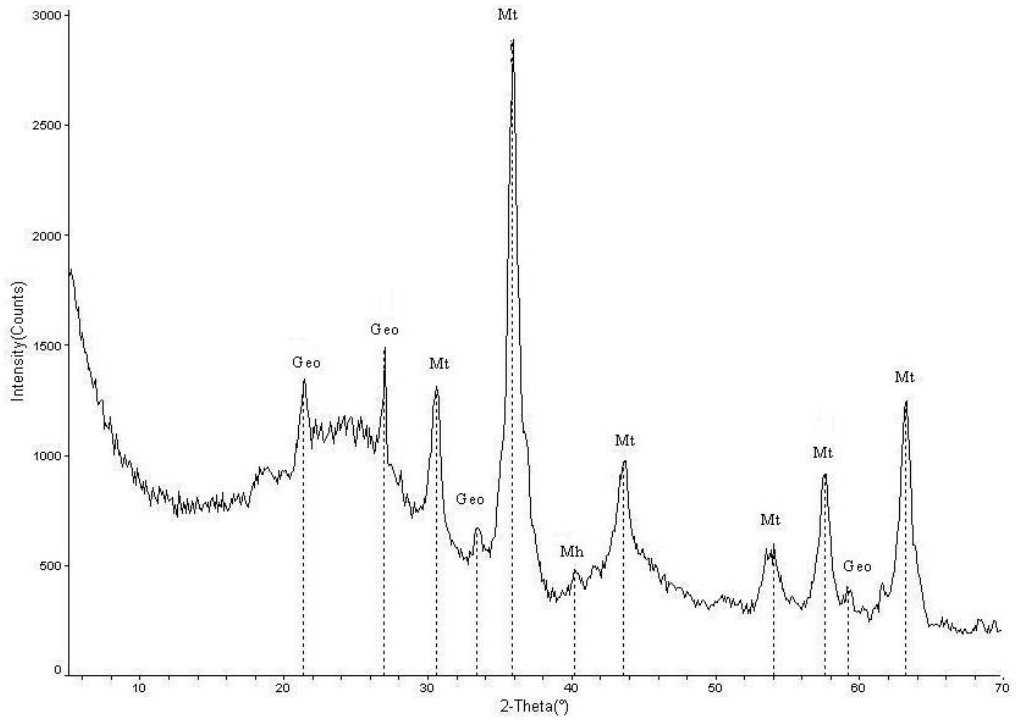
**Şekil 4.6** Azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-A(1:3)) XRD grafiği



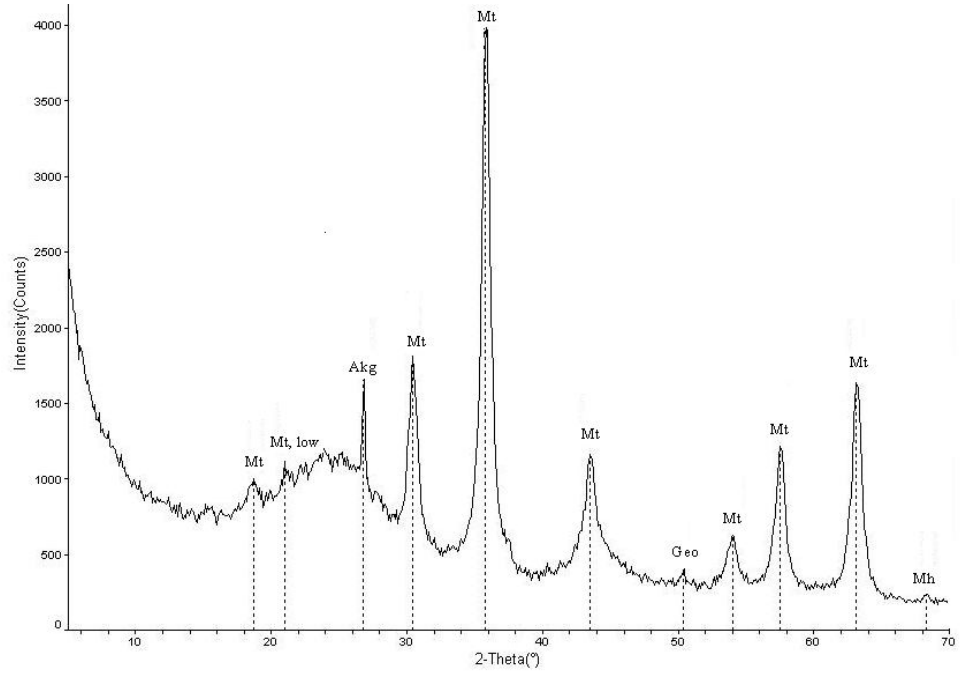
**Şekil 4.7** Hava ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-A(1:3)) XRD grafiği



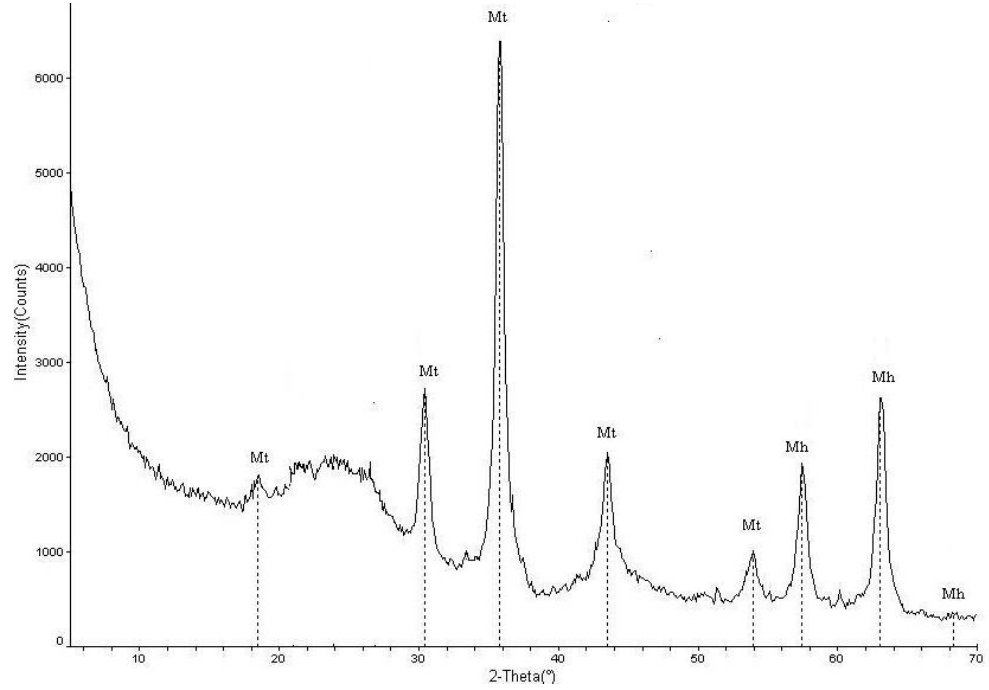
**Şekil 4.8** Azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-A(1:3)) XRD grafiği



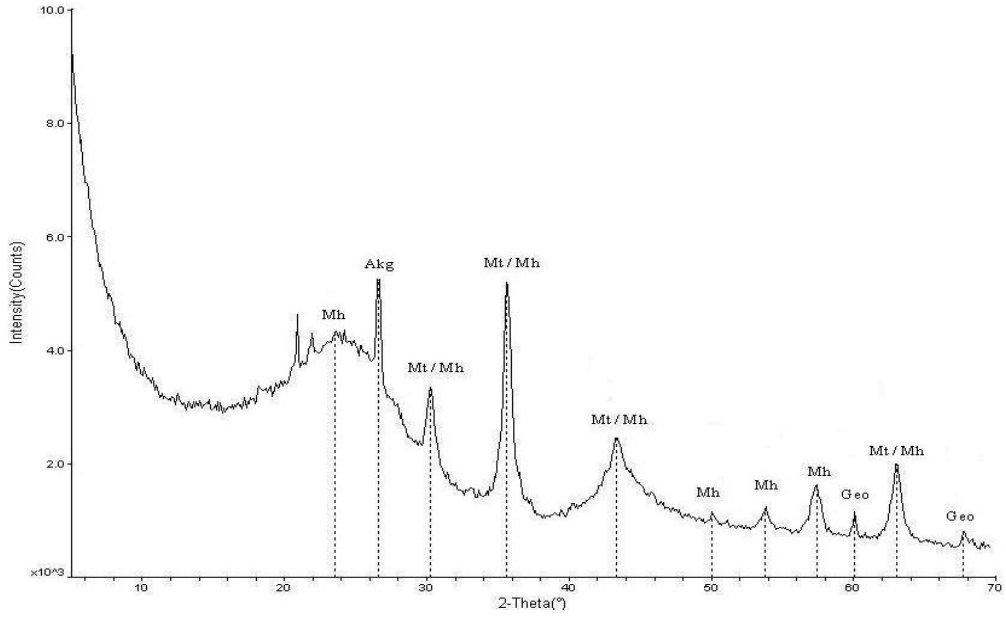
**Şekil 4.9** Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-A(1:1)) XRD grafiği



**Şekil 4.10** Azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-A(1:1)) XRD grafiği



**Şekil 4.11** Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-A(1:1)) XRD grafiği



**Şekil 4.12** Azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-A(1:1)) XRD grafiği

Farklı atmosfer ortamında (hava ve azot gazı) ve farklı  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  ve demiroksit:aktif karbon oranlarında A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların XRD grafiklerinde (Şekil 4.5-4.12) magnetit, maghemit, hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ), gotit ( $\alpha-FeO(OH)$ ), lepidokrokite ve akaganeit türü demiroksitler bulunmuştur. Grafikler birbirleriyle kıyaslandığında genel olarak, azotlu ortamda üretilen mağnetik karbonların hava ortamında üretilenlere göre;  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$  olan mağnetik karbonların  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$  olan mağnetik karbonlara göre; demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olan mağnetik karbonların demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olanlara göre daha yüksek mağnetiklik gösteren demiroksit türlerine sahip olduğu görülmüştür. Örnek olarak,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$  ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olarak azot ortamında üretilen FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonunun XRD grafiğinde (Şekil 4.10) maghemit, magnetit, gotit, akaganeit pikleri görülürken, diğer özellikleri aynı olmak üzere, hava ortamında üretilen F2-A(1:1) mağnetik karbonunda (Şekil 4.9) ise magnetit, maghemit ve gotit pikleri;  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$  ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olan F1-A(1:1) mağnetik karbonunda (Şekil 4.11) magnetit ve maghemit pikleri;  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$  olan F2-A(1:3) mağnetik karbonunda (Şekil 4.5) ise maghemit, gotit ve akaganeit pikleri; görülmüştür. B ve C aktif karbonundan farklı atmosfer ortamlarında,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  ve demiroksit:aktif karbon oranlarında üretilen mağnetik karbonların XRD grafiklerinde (Şekil A.1-A.8 ve Şekil A.8-A.16)'de görülen durum benzerdir.

Magnetit ve maghemit yüksek mağnetik özelliğe sahip iken, hematit, götit, akaganeit ve lepidokrokrit mağnetik olmayan demir oksitlerdir (Oliveira ve diğ., 2002; Perez ve diğ., 1998). Bu çalışmada, aktif karbonlara mağnetik özellik kazandıran başlıca demiroksit türleri olan magnetit ve maghemit pikleri, üretilen mağnetik karbonların XRD grafiklerinde bulunmuştur.

#### 4.1.2 Mağnetizasyon Ölçümleri

Üretilen mağnetik karbonların ve demiroksitlerin mağnet tarafından çekildiği görölmüş, mağnetizasyon ölçümleri Titreşimli Örnek Mağnetometresi (VSM) ile adsorbentlerin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin bulunmasıyla nicel olarak belirlenmiştir.

Havada ve azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranları 2 ve 1 olarak elde edilen demir oksitlerin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1** Demiroksitlerin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri

Demir oksitler	Spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri ( $J T^{-1} kg^{-1}$ )
<b>F2</b>	56,3
<b>F1</b>	58,9
<b>FN2-2</b>	59,9
<b>FN2-1</b>	61,5

**F2** :  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2, hava ortamında üretilen demiroksit  
**F1** :  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1, hava ortamında üretilen demiroksit  
**FN2-2** :  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2, azot ortamında üretilen demiroksit  
**FN2-1** :  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1, azot ortamında üretilen demiroksit

Tablo 4.1’e bakıldığında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olan demiroksitlerin,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 olan demiroksitlere göre daha yüksek mağnetikliğe sahip olduğu görölmüştür. Örnek olarak, F1’in spesifik doygunluk mağnetizasyon değeri F2’ninkinden; FN2-1’in spesifik doygunluk mağnetizasyon değeri FN2-2’ninkinden yüksektir. Azot ortamında üretilen demiroksitlerin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin hava ortamında üretilenlerinkinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Örnek olarak, FN2-2’nin spesifik doygunluk mağnetizasyon değeri F2’ninkinden; FN2-1’in spesifik doygunluk mağnetizasyon değeri F1’inkinden yüksektir.

Havada ve azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranları 2 ve 1, demiroksit:aktif karbon oranları 1:1 ve 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik doğgunluk mağnetizasyon değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.2** A karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik doğgunluk mağnetizasyon değerleri

Mağnetik karbonlar	Spesifik doğgunluk mağnetizasyon değerleri ( $J T^{-1} kg^{-1}$ )
<b>F2-A(1:3)</b>	7,54
<b>F1-A(1:3)</b>	8,39
<b>FN2-2-A(1:3)</b>	8,74
<b>FN2-1-A(1:3)</b>	9,29
<b>F2-A(1:1)</b>	14,6
<b>F1-A(1:1)</b>	15,8
<b>FN2-2-A(1:1)</b>	15,9
<b>FN2-1-A(1:1)</b>	16,5

**F2-A(1:3)**:  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında A karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
**F1-A(1:3)**:  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında A karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
**F2-A(1:1)**:  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında A karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
**F1-A(1:1)**:  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında A karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
**FN2-2-A(1:3)**:  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında A karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon,  
**FN2-1-A(1:3)**:  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında A karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon,  
**FN2-2-A(1:1)**:  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında A karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon,  
**FN2-1-A(1:1)**:  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında A karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon

Tablo 4.2’deki A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik mağnetizasyon değerlerine bakıldığında,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olan mağnetik karbonların spesifik doğgunluk mağnetizasyon değerlerinin  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 olan mağnetik karbonlarınkine göre; azot ortamında üretilen mağnetik karbonlarınkilerin hava ortamında üretilenlerinkine göre; demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olan mağnetik karbonlarınkilerin demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olanlarınkine göre daha yüksek olduğu görölmüştür.

Havada ve azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranları 2 ve 1, demiroksit:aktif karbon oranları 1:1 ve 1:3 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik doğgunluk mağnetizasyon değerleri Tablo 4.3’te verilmiştir.

**Tablo 4.3** B karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri

Mağnetik karbonlar	Spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri (J T <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )
<b>F2-B(1:3)</b>	7,66
<b>F1-B(1:3)</b>	9,04
<b>FN2-2-B(1:3)</b>	9,44
<b>FN2-1-B(1:3)</b>	11,4
<b>F2-B(1:1)</b>	14,8
<b>F1-B(1:1)</b>	16,0
<b>FN2-2-B(1:1)</b>	16,5
<b>FN2-1-B(1:1)</b>	18,2

**F2-B(1:3):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
**F1-B(1:3):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
**F2-B(1:1):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
**F1-B(1:1):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
**FN2-2-B(1:3):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon,  
**FN2-1-B(1:3):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon,  
**FN2-2-B(1:1):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon,  
**FN2-1-B(1:1):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon

Tablo 4.3'deki B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik mağnetizasyon değerlerine bakıldığında, Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1 olan mağnetik karbonların spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2 olan mağnetik karbonlarınkine göre; azot ortamında üretilen mağnetik karbonlarınkilerin hava ortamında üretilenlerinkine göre; demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olan mağnetik karbonlarınkilerin demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olanlarınkine göre daha yüksek olduğu görölmüştür.

Havada ve azot ortamında Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranları 2 ve 1, demiroksit:aktif karbon oranları 1:1 ve 1:3 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

**Tablo 4.4** C karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri

Mağnetik karbonlar	Spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri (J T <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )
F2-C(1:3)	8,19
F1-C(1:3)	9,42
FN2-2-C(1:3)	9,84
FN2-1-C(1:3)	11,4
F2-C(1:1)	15,0
F1-C(1:1)	16,4
FN2-2-C(1:1)	17,9
FN2-1-C(1:1)	18,4

F2-C(1:3): Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında C karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
F1-C(1:3): Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında C karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
F2-C(1:1): Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında C karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
F1-C(1:1): Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında C karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon  
FN2-2-C(1:3): Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında C karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon , FN2-1-C(1:3): Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında C karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon, FN2-2-C(1:1): Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında C karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon, FN2-1-C(1:1): Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında C karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon

Tablo 4.4'te C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik mağnetizasyon değerlerine bakıldığında, Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1 olan mağnetik karbonların spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2 olan mağnetik karbonlarınkine göre; azot ortamında üretilen mağnetik karbonlarınkilerin hava ortamında üretilenlerinkine göre; demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olan mağnetik karbonlarınkilerin demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olanlarınkine göre daha yüksek olduğu görölmüştür.

### 4.1.3 Yüzeysel Alan ve Gözenek Hacmi Ölçümleri

Bu çalışmada üretilen demiroksitlerin, A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen manyetik karbonların yüzeysel alanları ve gözenek hacimleri Tablo 4.5-4.6'da verilmiştir.

**Tablo 4.5** Demiroksitlerin yüzeysel alanları ve gözenek hacimleri

Demir oksitler	Yüzeysel Alanı ( $m^2 g^{-1}$ )	Mikro gözenek hacmi ( $cm^3 g^{-1}$ )	Toplam gözenek hacmi ( $cm^3 g^{-1}$ )
F2	76,59	0,000117	0,2654
F1	75,51	0,000113	0,2641
FN2-2	74,52	0,000112	0,2635
FN2-1	73,56	0,000110	0,2630

F2 :  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2, hava ortamında üretilen demiroksit, F1 :  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1, hava ortamında üretilen demiroksit  
FN2-2 :  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2, azot ortamında üretilen demiroksit, FN2-1 :  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1, azot ortamında üretilen demiroksit

**Tablo 4.6** A karbonu ve A karbonundan üretilen manyetik karbonların yüzeysel alanları ve gözenek hacimleri

Adsorbentler	Yüzeysel Alanı ( $m^2 g^{-1}$ )	Mikro gözenek hacmi ( $cm^3 g^{-1}$ )	Toplam gözenek hacmi ( $cm^3 g^{-1}$ )
A	1440	0,2935	0,775
F2-A(1:3)	940	0,2488	0,691
F1-A(1:3)	927	0,2483	0,685
FN2-2-A(1:3)	914	0,2481	0,673
FN2-1-A(1:3)	903	0,2292	0,660
F2-A(1:1)	771	0,2018	0,594
F1-A(1:1)	765	0,2005	0,589
FN2-2-A(1:1)	750	0,1952	0,578
FN2-1-A(1:1)	740	0,1875	0,569

A : Lignin kaynaklı aktif karbon, F2-A(1:3):  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında A karbonundan üretilen manyetik aktif karbon, F1-A(1:3):  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında A karbonundan üretilen manyetik aktif karbon, F2-A(1:1):  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında A karbonundan üretilen manyetik aktif karbon, F1-A(1:1):  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında A karbonundan üretilen manyetik aktif karbon, FN2-2-A(1:3):  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında A karbonundan üretilen manyetik aktif karbon , FN2-1-A(1:3):  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında A karbonundan üretilen manyetik aktif karbon, FN2-2-A(1:1):  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında A karbonundan üretilen manyetik aktif karbon , FN2-1-A(1:1):  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında A karbonundan üretilen manyetik aktif karbon

B aktif karbonu ve B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların yüzey alanı ve gözenek hacimleri Tablo 4.7’de verilmiştir.

**Tablo 4.7** B karbonu ve B karbonundan üretilen mağnetik karbonların yüzey alanları ve gözenek hacimleri

Adsorbentler	Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Mikro gözenek hacmi (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	Toplam gözenek hacmi (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )
<b>B</b>	1233	0,2713	0,730
<b>F2-B(1:3)</b>	805	0,2235	0,652
<b>F1-B(1:3)</b>	794	0,2201	0,642
<b>FN2-2-B(1:3)</b>	783	0,2185	0,638
<b>FN2-1-B(1:3)</b>	770	0,2072	0,622
<b>F2-B(1:1)</b>	661	0,1925	0,592
<b>F1-B(1:1)</b>	650	0,1875	0,580
<b>FN2-2-B(1:1)</b>	640	0,1792	0,568
<b>FN2-1-B(1:1)</b>	630	0,1655	0,559

**B:** Turba kaynaklı buharla aktifleştirilmiş ve asitle yıkanmış aktif karbon, **F2-B(1:3):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon, **F1-B(1:3):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon, **F2-B(1:1):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon, **F1-B(1:1):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon, **FN2-2-B(1:3):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon, **FN2-1-B(1:3):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon, **FN2-2-B(1:1):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon, **FN2-1-B(1:1):** Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında B karbonundan üretilen mağnetik aktif karbon

C aktif karbonu ve C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların yüzey alanı ve gözenek hacimleri Tablo 4.8’de verilmiştir.

**Tablo 4.8** C karbonu ve C karbonundan üretilen mağnetik karbonların yüzey alanları ve gözenek hacimleri

Adsorbentler	Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Mikro gözenek hacmi (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	Toplam gözenek hacmi (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )
C	1012	0,2015	0,713
F2-C(1:3)	661	0,1544	0,551
F1-C(1:3)	650	0,1495	0,548
FN2-2-C(1:3)	641	0,1375	0,532
FN2-1-C(1:3)	630	0,1282	0,620
F2-C(1:1)	540	0,1129	0,610
F1-C(1:1)	530	0,1093	0,602
FN2-2-C(1:1)	520	0,1012	0,599
FN2-1-C(1:1)	512	0,0995	0,587

C : Turba kaynaklı buharla aktifleştirilmiş aktif karbon, **F2-C(1:3)**: Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında C karbonundan üretilen magnetik aktif karbon, **F1-C(1:3)**: Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan hava ortamında C karbonundan üretilen magnetik aktif karbon, **F2-C(1:1)**: Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında C karbonundan üretilen magnetik aktif karbon, **F1-C(1:1)**: Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan hava ortamında C karbonundan üretilen magnetik aktif karbon, **FN2-2-C(1:3)**: Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit:aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında C karbonundan üretilen magnetik aktif karbon, **FN2-1-C(1:3)**: Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:3 olan azot ortamında C karbonundan üretilen magnetik aktif karbon, **FN2-2-C(1:1)**: Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 2; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında C karbonundan üretilen magnetik aktif karbon, **FN2-1-C(1:1)**: Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1; demir oksit: aktif karbon oranı 1:1 olan azot ortamında C karbonundan üretilen magnetik aktif karbon

#### 4.1.4 Zeta Potansiyeli Ölçümleri

Aktif karbonların ve üretilen mağnetik karbonların çeşitli pH değerlerindeki zeta potansiyelleri ölçülmüş, pH ile zeta potansiyeli arasında çizilen grafikte, eğrinin x eksenini kestiği noktadaki pH değeri olan sıfır yük nokta pH değeri (pH<sub>pzc</sub>) belirlenmiş, aktif karbonlar ve bunlardan üretilen mağnetik karbonların pH<sub>pzc</sub> değerlerinin birbirinden farklı olmadığı görülmüştür. Aktif karbonların ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonların pH<sub>pzc</sub> değerlerinin 6,5-7,5 civarında olduğu bulunmuştur.

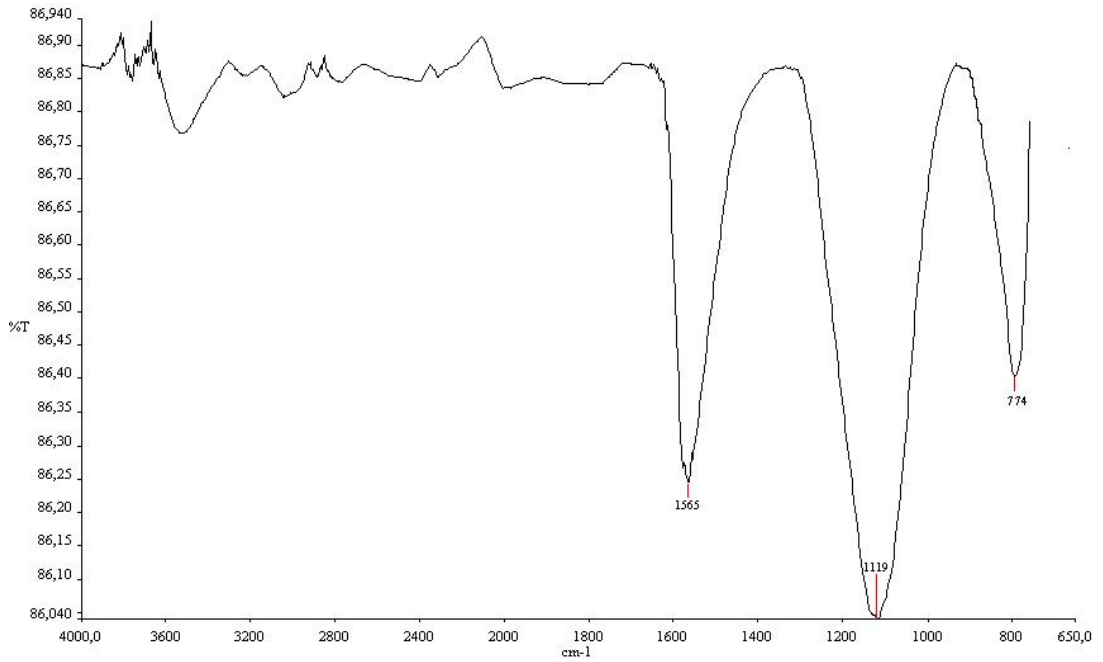
#### 4.1.5 Yüzey Fonksiyonel Gruplarının Belirlenmesi

Aktif karbonların ve üretilen mağnetik karbonların yüzeyindeki fonksiyonel grupların belirlenmesi, enstrümental olarak FTIR spektrofotometresiyle ve kimyasal yöntem olan Boehm titrasyonuyla gerçekleştirilmiştir.

##### 4.1.5.1 FTIR Analizi

Aktif karbonların ve üretilen mağnetik karbonların yüzey fonksiyonel grupları enstrümental olarak FTIR spektrofotometresiyle belirlenmiştir. Spektrumlar İAL'de Perkin Elmer Precisely Spectrum One FTIR Spektrum Cihazı kullanılarak ATR (Attenuated total reflectance) metodu ile 400 - 4000  $\text{cm}^{-1}$  aralığında çekilmiştir.

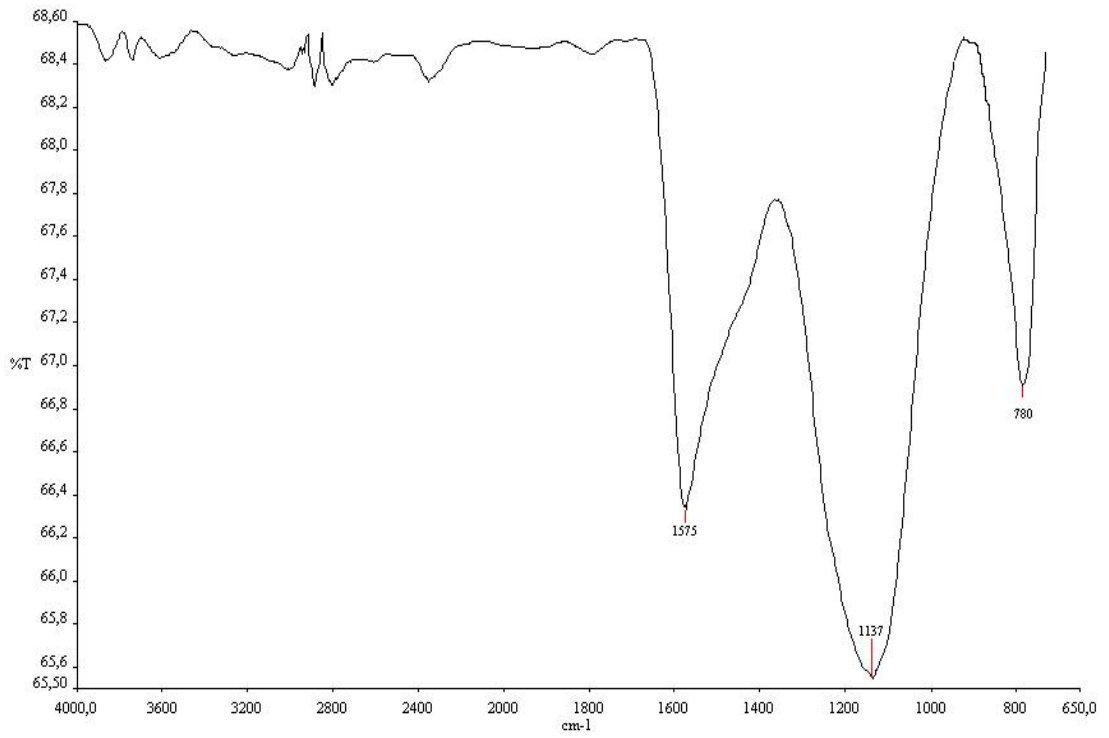
A, B ve C aktif karbonunun ve bu aktif karbonlardan hava ve azot ortamında farklı  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranlarında üretilen bazı mağnetik karbonların ATR yöntemiyle çekilen FTIR spektrumları Şekil 4.13-4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.13 A aktif karbonunun FTIR grafiği



Şekil 4.14 B aktif karbonunun FTIR grafiği

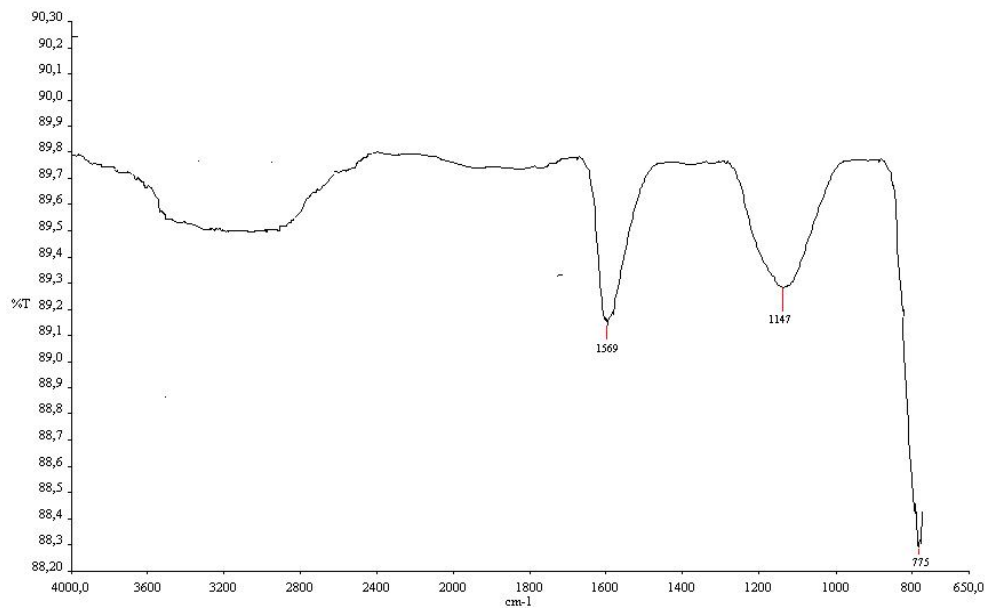


Şekil 4.15 C aktif karbonunun FTIR grafiği

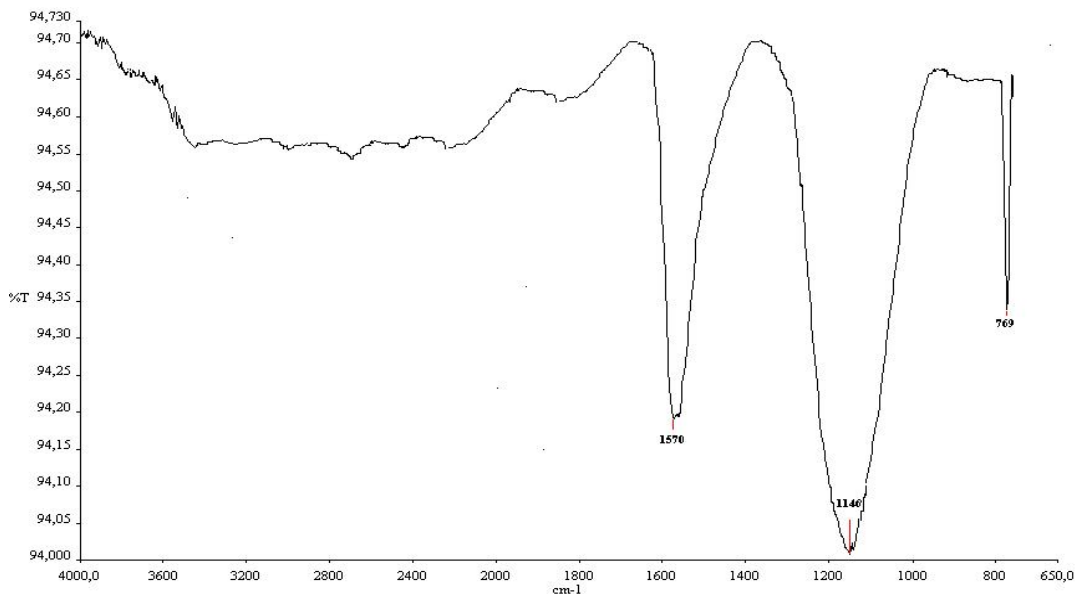
FTIR spektrumlarında, A karbonu için  $1565\text{ cm}^{-1}$ ,  $1119\text{ cm}^{-1}$  ve  $774\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında (Şekil 4.13), B karbonu için  $1574\text{ cm}^{-1}$ ,  $1123\text{ cm}^{-1}$  ve  $765\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında (Şekil 4.14), C karbonu için ise  $1575\text{ cm}^{-1}$ ,  $1137\text{ cm}^{-1}$  ve  $780\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında (Şekil 4.15) kuvvetli absorpsiyon pikleri bulunmuştur. FTIR spektrumunda  $1550\text{-}1610\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığındaki absorpsiyon pikleri karboksilik asit,  $1050\text{-}1170\text{ cm}^{-1}$  dalga

sayısı aralığında görülen absorpsiyon pikleri akrilik anhidritler, 750-810  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında görülen absorpsiyon pikleri ise m-disubstitue gruplarının aktif karbon yüzeyinde bulunduğunu göstermektedir. Ölçüm sonuçlarından, üç çeşit aktif karbonun yapısının asidik karakterde olduğu görülmektedir.

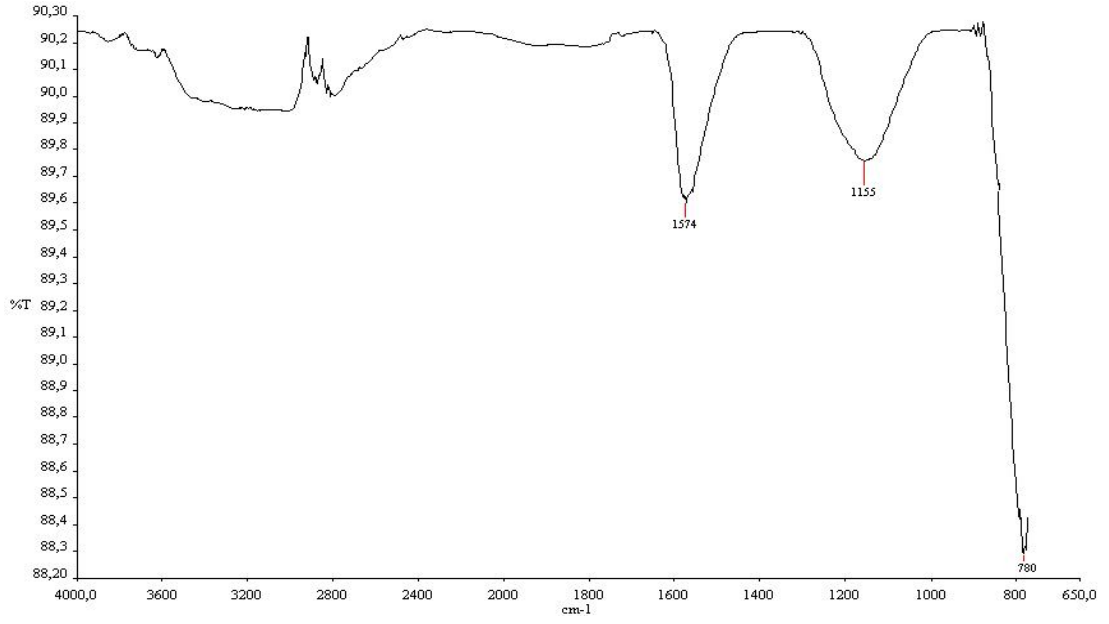
A, B ve C karbonundan elde edilen demiroksit:aktif karbon oranları 1:3 olan mağnetik aktif karbonların ATR metoduyla çekilen FTIR spektrumları Şekil 4.16-4.27'de verilmiştir.



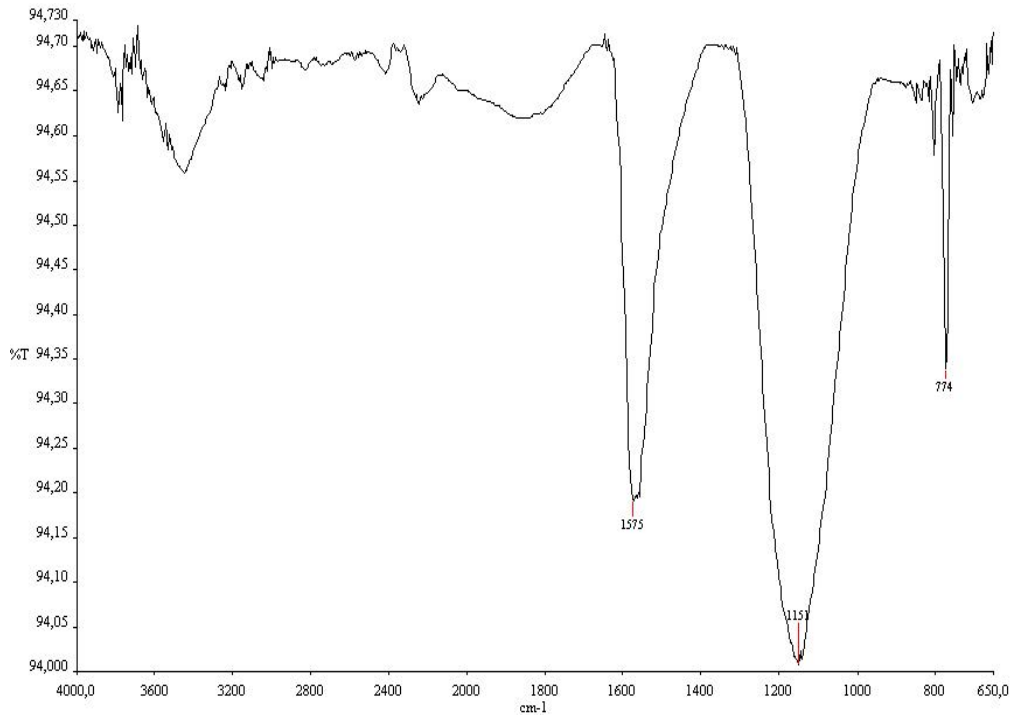
Şekil 4.16 F2-A(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



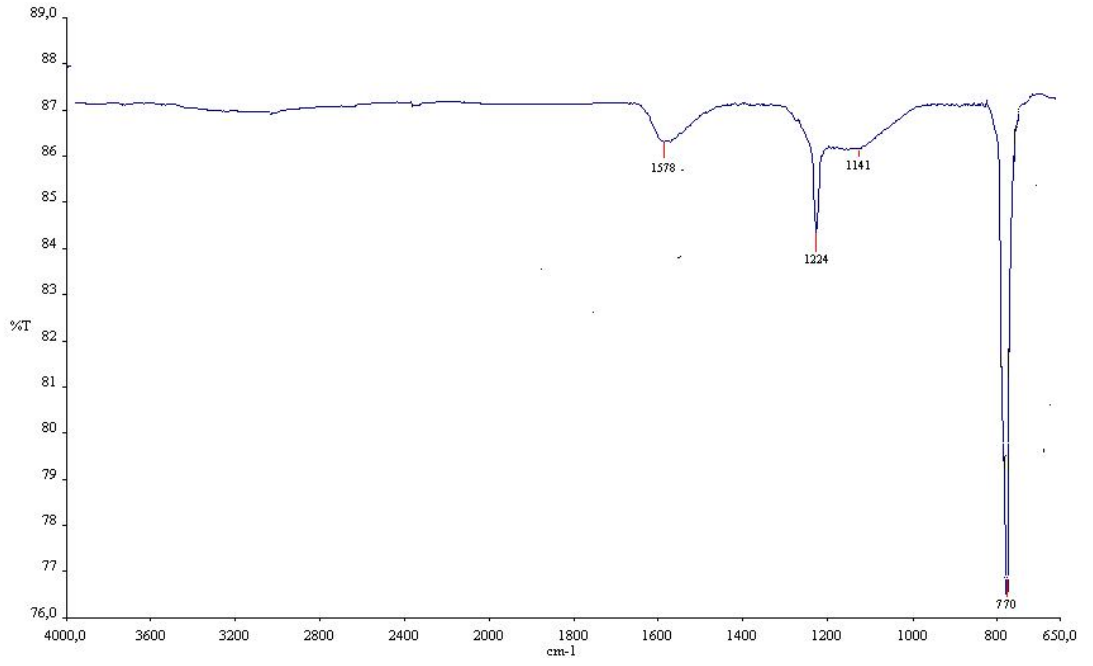
Şekil 4.17 FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



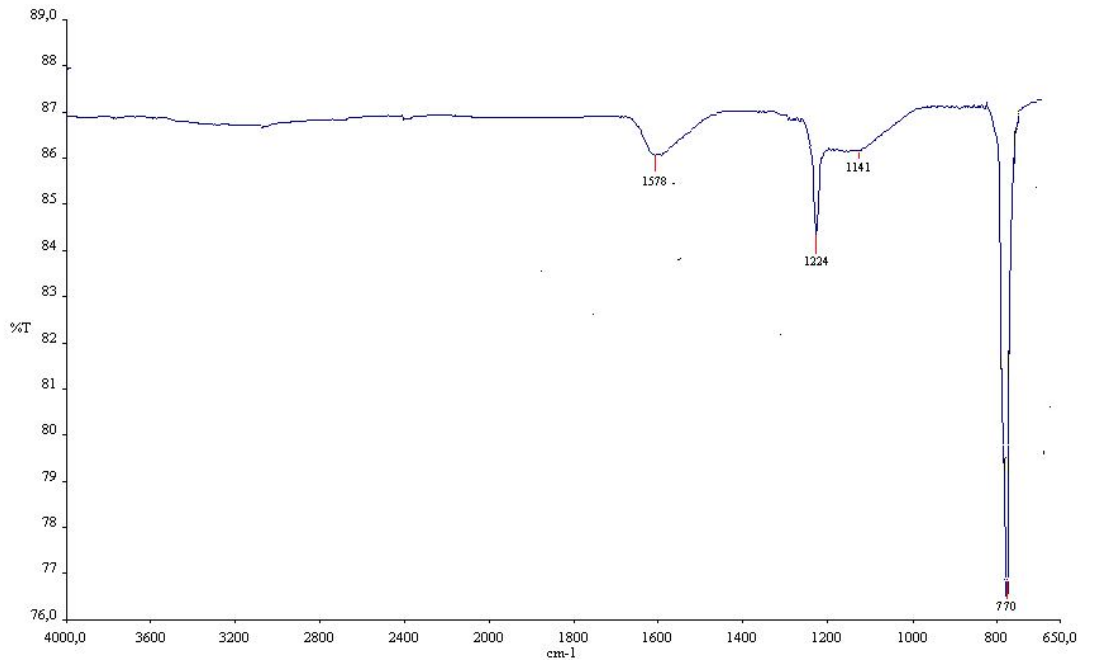
Şekil 4.18 F1-A(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



Şekil 4.19 FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



Şekil 4.20 F2-B(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



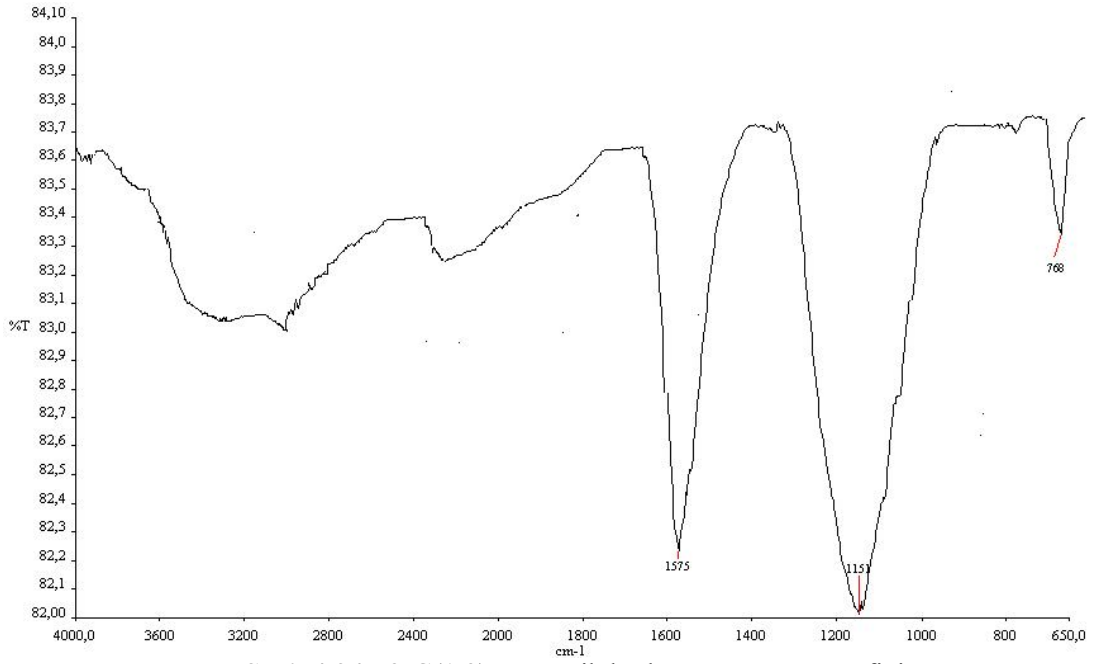
Şekil 4.21 FN2-2-B(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



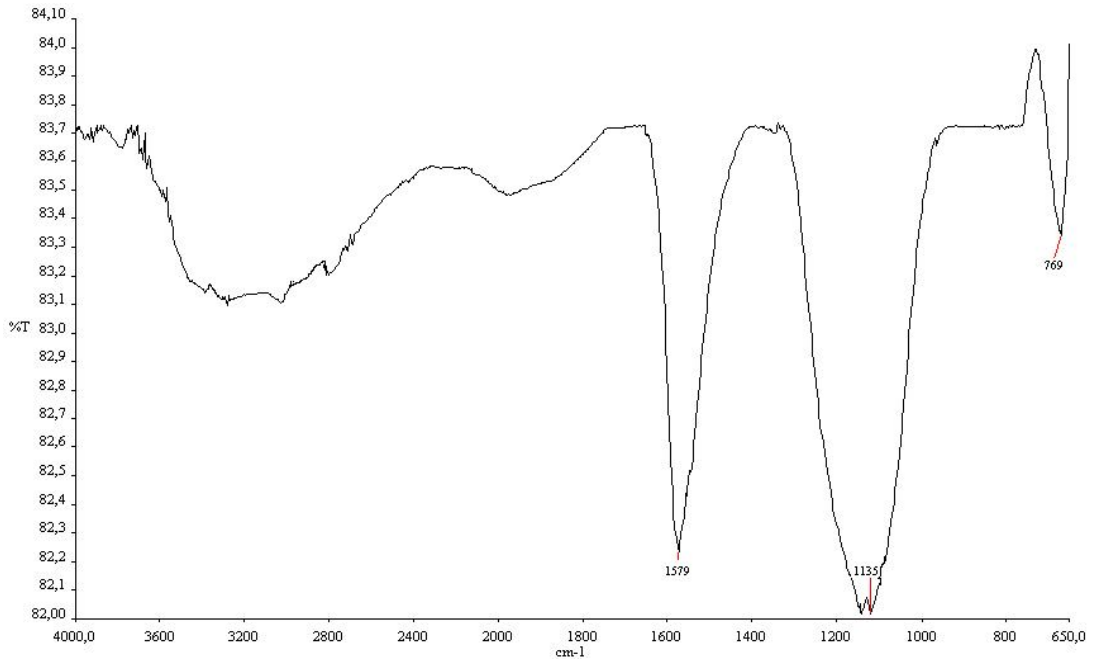
Şekil 4.22 F1-B(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



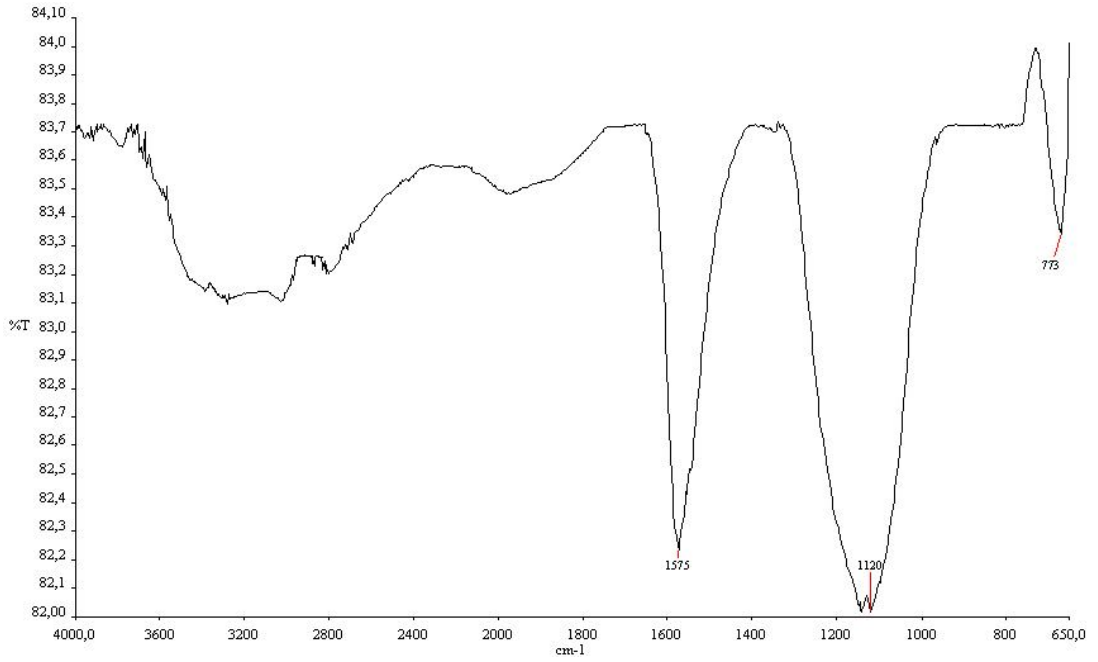
Şekil 4.23 FN2-1-B(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



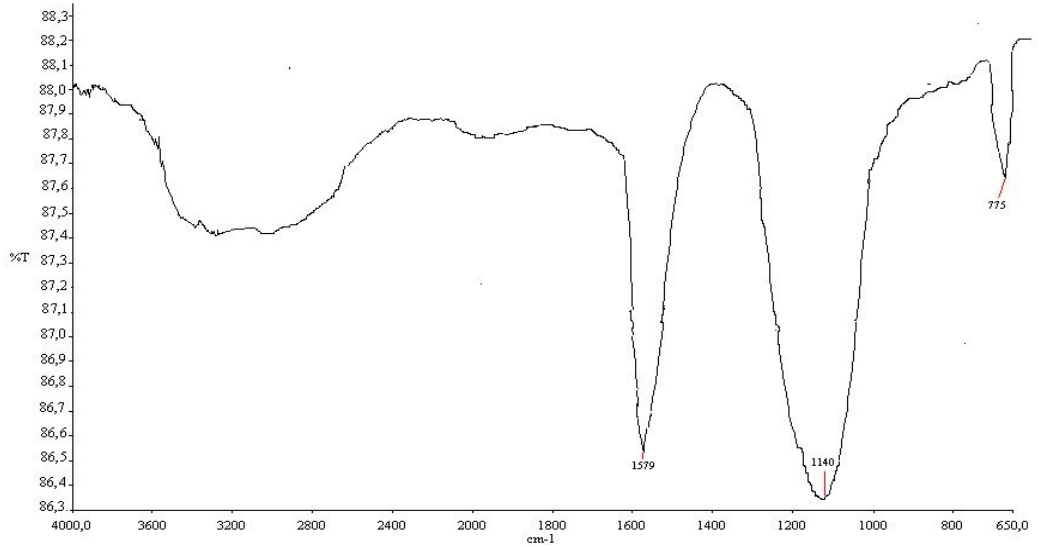
Şekil 4.24 F2-C(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



Şekil 4.25 FN2-2-C(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



Şekil 4.26 F1-C(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği



Şekil 4.27 FN2-1-C(1:3) mağnetik karbonunun FTIR grafiği

Şekil 4.16-4.27'deki FTIR spektrumlarından azotun,  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranının ve demiroksit:aktif karbon oranının mağnetik karbonların yüzey özelliklerini değıştirmediğ görölmüştür.

#### 4.1.5.2 Boehm Titrasyonu

Yapılan Boehm titrasyonu sonucunda, A, B ve C aktif karbonlarının ve bu aktif karbonlardan üretilen hava ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 olan aktif karbon:demiroksit (1:3) oranlı mağnetik karbonlarının baskın olarak asidik yüzey fonksiyonel gruplarını içerdiği ve aktif karbonlar ve söz konusu mağnetik karbonların asidik fonksiyonel grup miktarlarının ( $mekg^{-1}$ ) birbirinden önemli derecede farklı olmadığı bulunmuştur. Boehm titrasyon sonuçları Tablo 4.9’da verilmiştir.

**Tablo 4.9** Aktif karbon ve mağnetik karbonların Boehm titrasyonu sonuçları

Adsorbent	Asidik gruplar ( $mekg^{-1}$ )	Karboksilik gruplar ( $mekg^{-1}$ )	Karboksilik + Laktonik gruplar ( $mekg^{-1}$ )	Fenolik gruplar ( $mekg^{-1}$ )	Laktonik gruplar ( $mekg^{-1}$ )	Bazik gruplar ( $mekg^{-1}$ )
A	17,375	7,485	15,657	1,718	8,172	1,5
F2-A(1:3)	17,527	7,150	15,572	1,955	8,422	1,0
B	19,255	9,312	17,850	1,405	8,538	0,9
F2-B(1:3)	19,515	9,108	17,750	1,765	8,642	1,0
C	20,845	9,551	19,113	1,732	9,562	1,2
F2-C(1:3)	20,870	9,604	19,250	1,620	9,646	0,8

## 4.2 ADSORBSİYON ÇALIŞMALARI

Organik ve inorganik kirletici çözeltilerinin UV spektrofotometresinde 200-600 nm dalga boyu aralığında taranmasıyla maksimum absorbans değerini veren dalga boyu 2,4-D, tiram ve linuron için sırasıyla 283, 216 ve 247 nm, triton X-100 için 224 nm olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada, konsantrasyonun zamanla değişimi, kinetik, izoterm, Giles, pH ve sıcaklık etkisinin incelenmesinde elde edilen tüm sonuçları en yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olan A aktif karbonu ve bu aktif karbondan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonu için grafik ve tablo şeklinde, diğer aktif karbon ve bunlardan üretilen mağnetik karbonların sadece Giles ve tanecik içi difüzyon grafikleri ve tüm sonuçları tablo şeklinde verilmiştir. Kirleticilerin çeşitli adsorbentler üzerine izotermelerinin çizilmesinde (2.4) ve (2.5), adsorpsiyon kinetiği çalışmasında (2.6), (2.7) ve (2.8) eşitlikleri, sıcaklık çalışmasında (2.9)-(2.13) eşitliklerinden yararlanılmıştır.

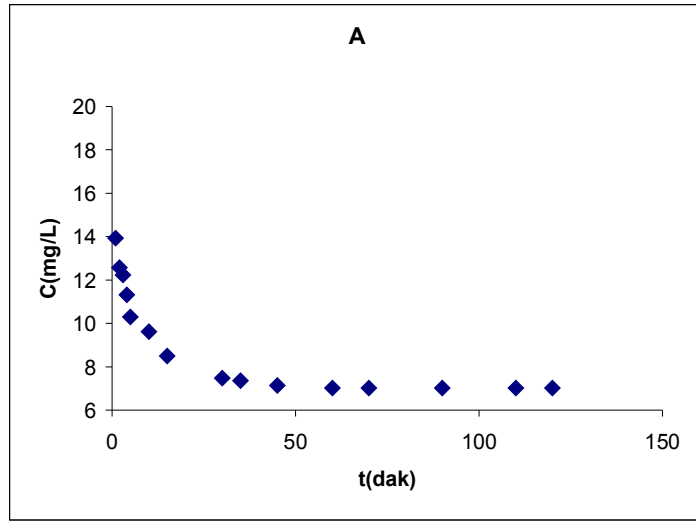
#### 4.2.1 2,4-D

##### 4.2.1.1 2,4-D Adsorpsiyon Kinetiği

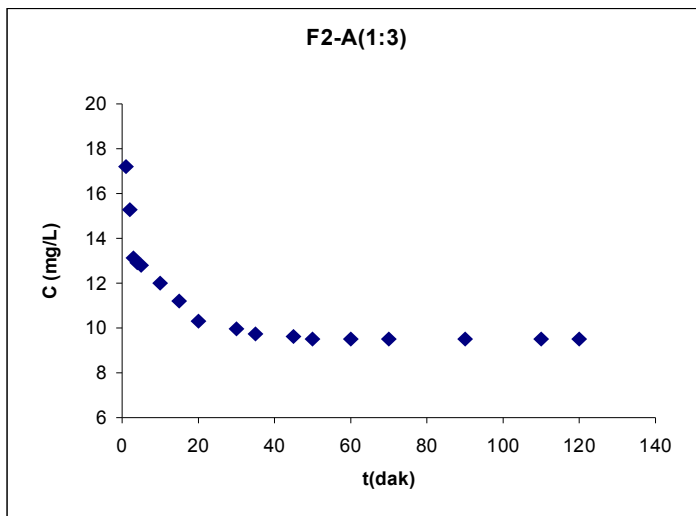
2,4-D'nin aktif karbon ve mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonunda adsorpsiyon kinetiğinin incelenmesinde, çözelti konsantrasyonu  $30 \text{ mgL}^{-1}$ , adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı  $0,025 \text{ g}/200 \text{ ml}$  olarak çalışılmıştır.

##### Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

2,4-D'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda zaman,  $t$  (dak) ve denge konsantrasyonu,  $C$  ( $\text{mgL}^{-1}$ ) arasında çizilen konsantrasyonun zamanla değişimi grafikleri şekil 4.28 ve şekil 4.29'da, dengeye gelme süreleri ise Tablo 4.10'da verilmiştir.



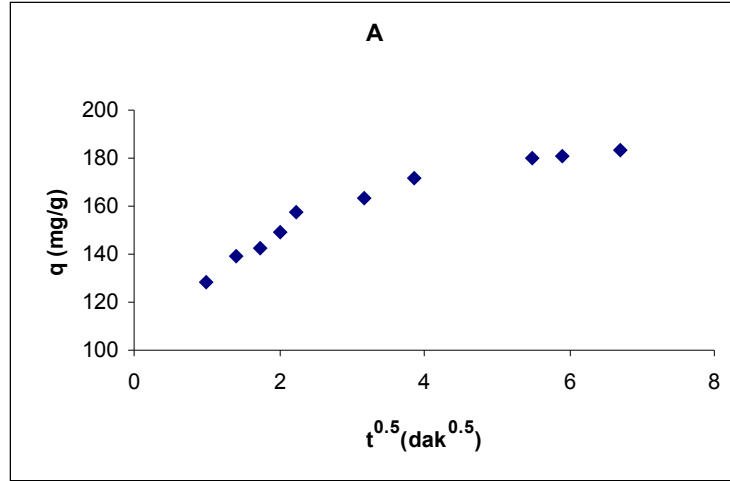
şekil 4.28 A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonunda konsantrasyonunun zamanla değişimi



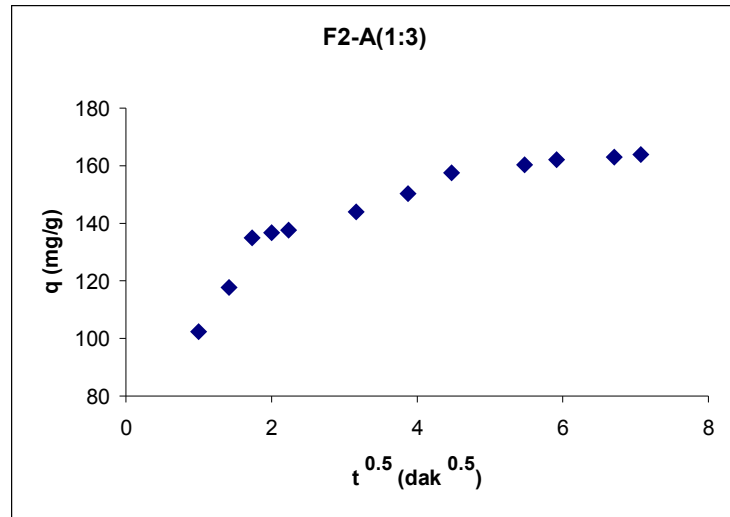
şekil 4.29 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonunda konsantrasyonunun zamanla değişimi

### Tanecik İçi Difüzyonu

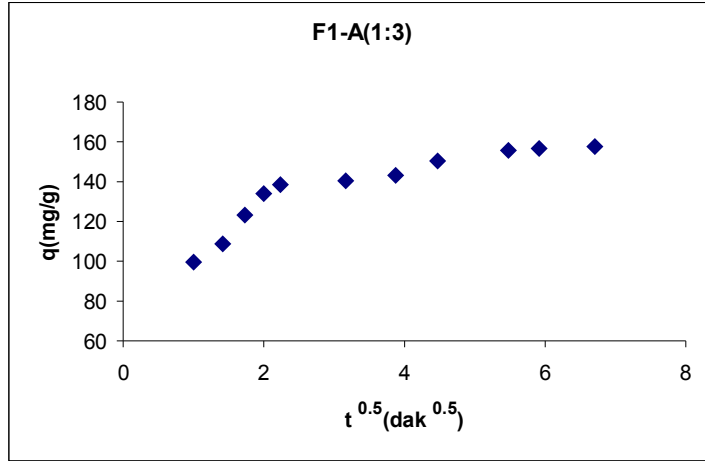
2,4-D'nin A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların üzerine adsorpsiyonunda tanecik içi difüzyonun etkisini göstermek için (2.6)'ya göre zamanın karekökü,  $t^{0.5}$  ((dak)<sup>0.5</sup>) ile herhangi bir t anında adsorplanan madde miktarı, q (mgg<sup>-1</sup>) arasında çizilen tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.30-4.38'de ve tanecik içi difüzyon sabitleri Tablo 4.10'da verilmiştir.



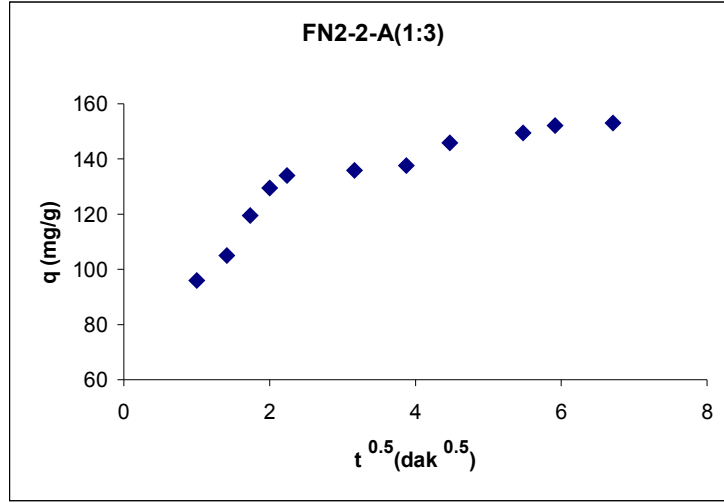
**Şekil 4.30** A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



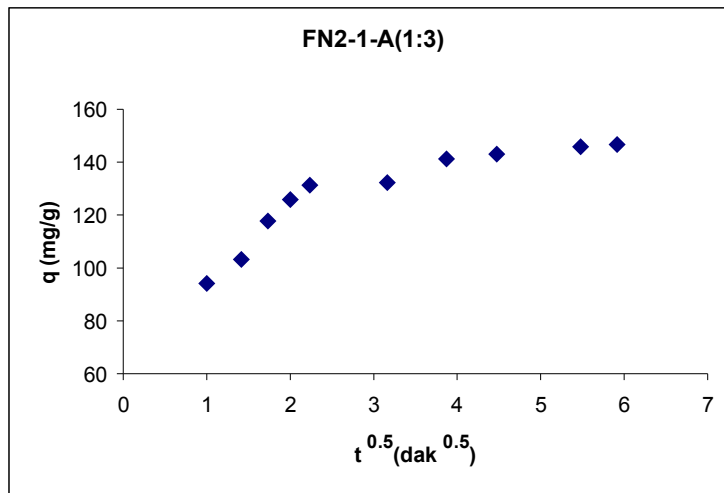
**Şekil 4.31** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



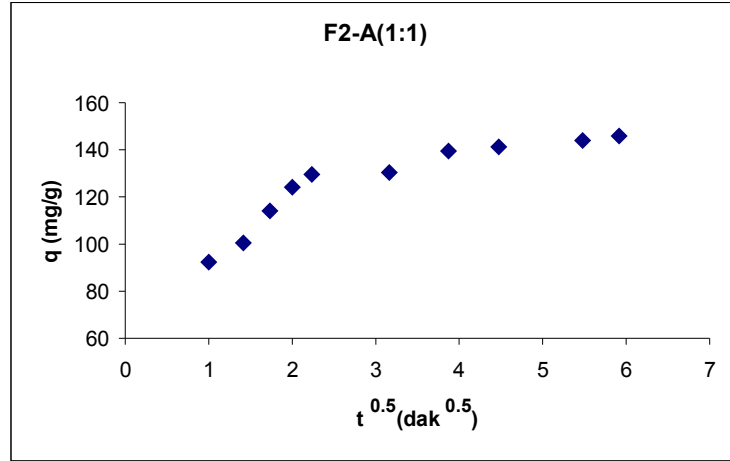
Şekil 4.32 F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



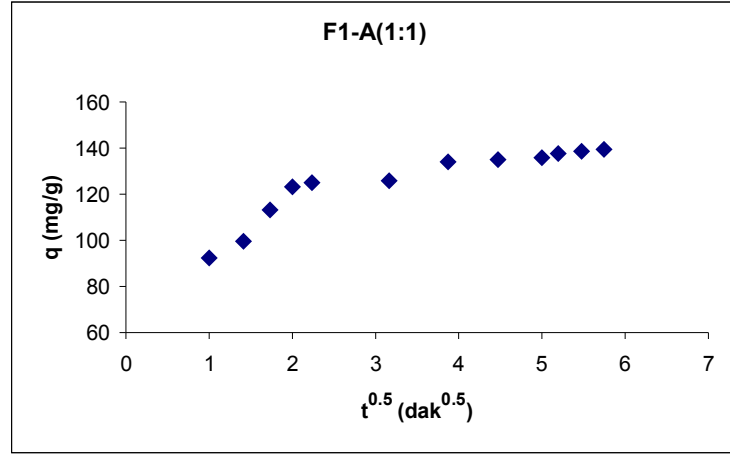
Şekil 4.33 FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



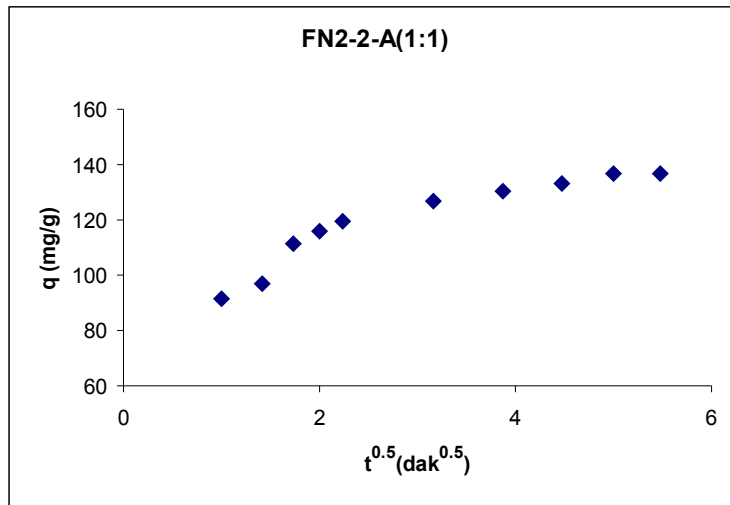
Şekil 4.34 FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



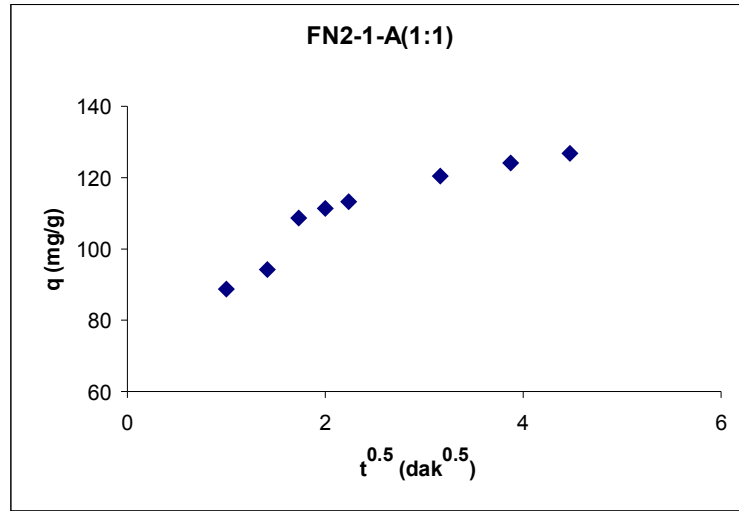
**Şekil 4.35** F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



**Şekil 4.36** F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



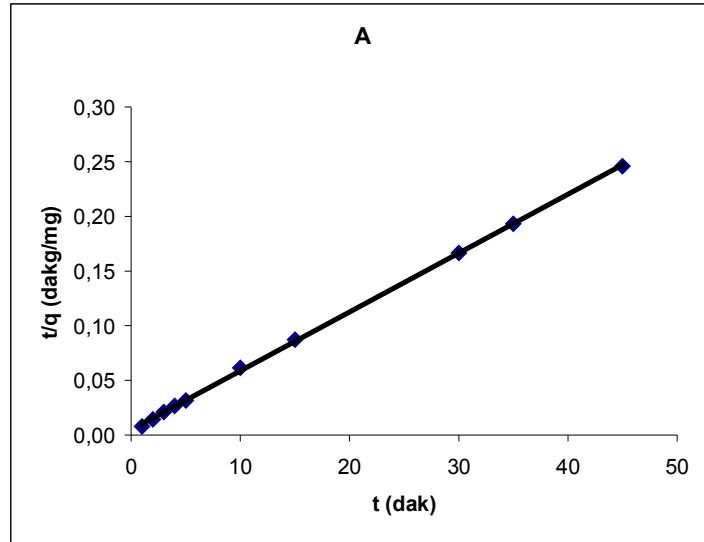
**Şekil 4.37** FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



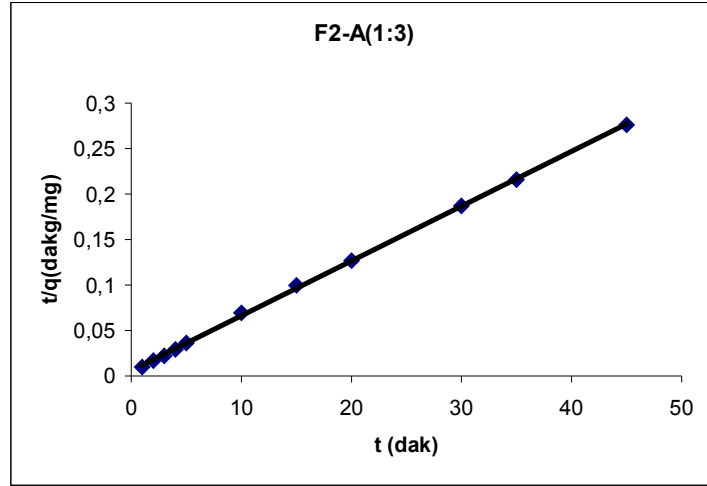
**Şekil 4.38** FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için tanecik içi difuzyonu

*Yalancı ikinci dereceden hız eşitliği grafiği*

2,4-D'nin A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunun (2.8)'e göre zaman,  $t$  (dak) ile  $t/q$  (dakmg<sup>-1</sup>) arasında çizilen yalancı ikinci dereceden hız denklemleri Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'ta, bütün aktif karbon ve mağnetik karbonların yalancı ikinci dereceden hız sabiti,  $k_2$  değerleri ise Tablo 4.10'da verilmiştir.



**Şekil 4.39** A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği



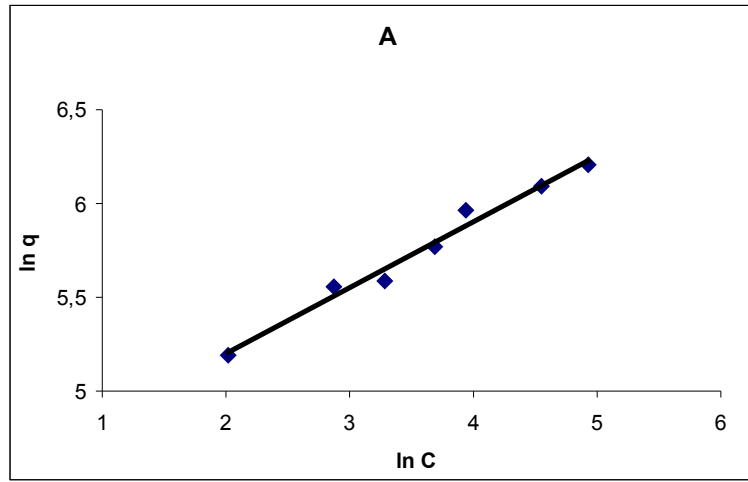
**Şekil 4.40** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği

**Tablo 4.10** 2,4-D'nin aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri

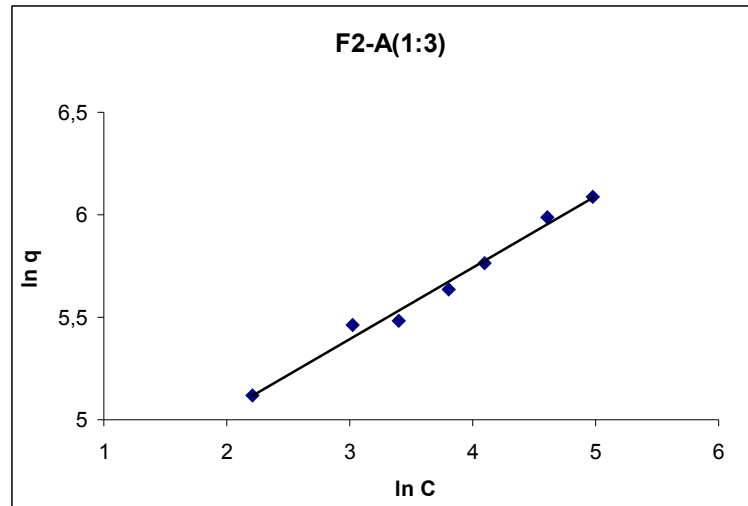
Adsorbentler	Dengeye gelme süresi, t (dak)	Tanecik içi difüzyon sabitleri, $k_i$ ( $\text{mgg}^{-1}\text{dak}^{-0.5}$ )	Yalancı ikinci dereceden hız sabitleri, $k_a$ ( $\text{dakmgg}^{-1}$ )	
		$k_i$	$k_2$	$R^2$
A	60	3,95	0,0054	0,9997
F2-A(1:3)	50	4,90	0,0060	0,9996
F1-A(1:3)	47	4,99	0,0062	0,9994
FN2-2-A (1:3)	45	5,12	0,0064	0,9990
FN2-1-A(1:3)	42	5,15	0,0067	0,9997
F2-A(1:1)	35	5,29	0,0068	0,9996
F1-A(1:1)	33	5,35	0,0071	0,9990
FN2-2-A(1:1)	30	6,61	0,0072	0,9995
FN2-1-A(1:1)	27	6,63	0,0076	0,9998

#### 4.2.1.2 2,4-D Adsorpsiyon İzotermi

2,4-D'nin A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonu,  $30-400 \text{ mgL}^{-1}$  konsantrasyonu aralığında, adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı  $0,025 \text{ g}/200 \text{ ml}$  olarak çalışılmıştır. Adsorbent adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi için çizilen Freundlich (2.4), Langmuir (2.5), ve Giles izoterm grafikleri Şekil 4.41-4.46'da, diğer karbonların Giles izotermi Şekil 4.47-4.53'te ve tüm aktif karbon ve mağnetik karbonların adsorpsiyon izotermi sabitleri Tablo 4.11'de verilmiştir.

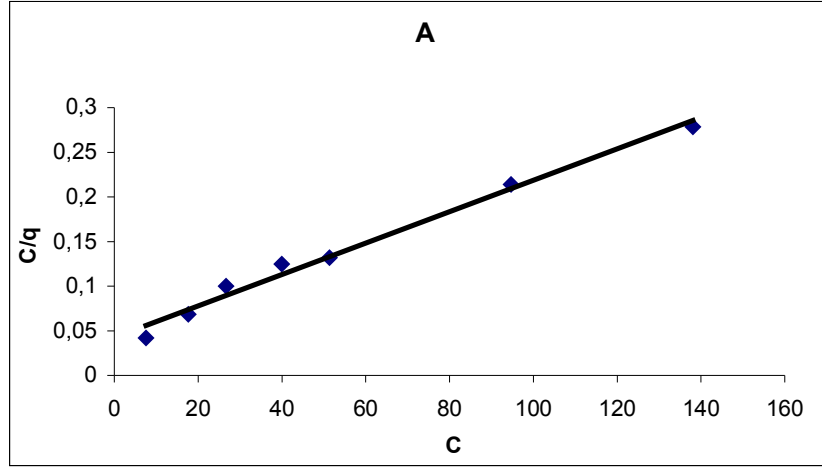


Şekil 4.41 A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği

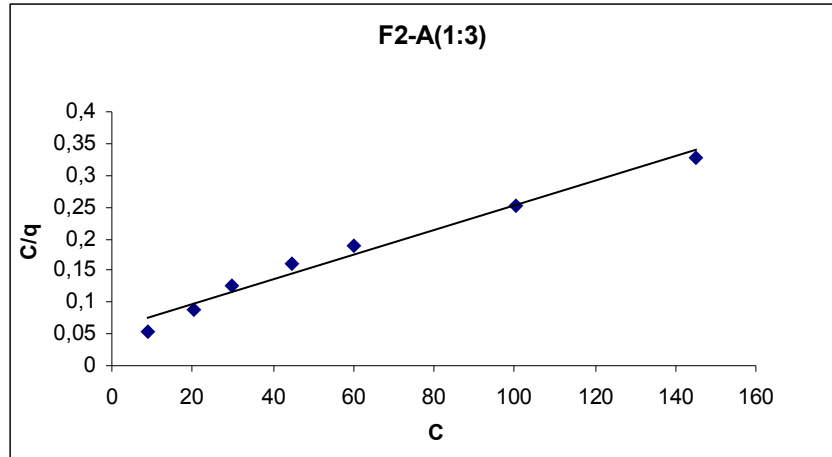


Şekil 4.42 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği

*Langmuir İzotermi*

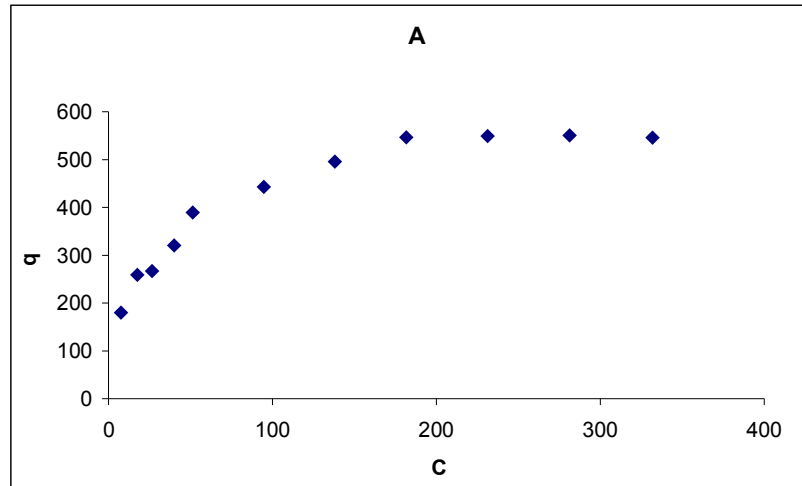


**Şekil 4.43** A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

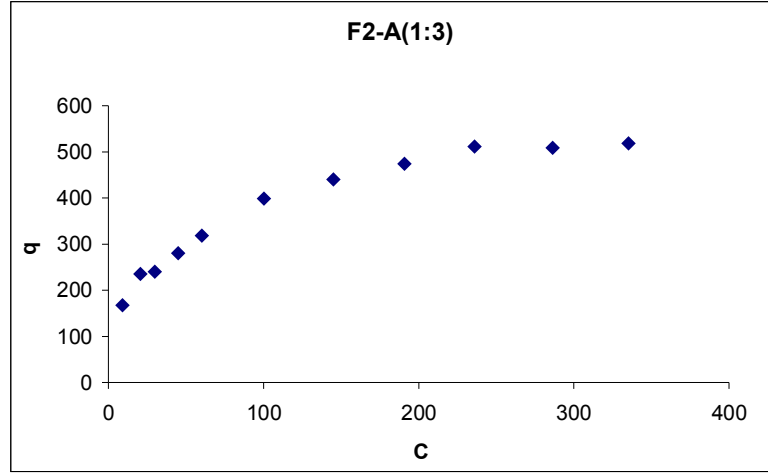


**Şekil 4.44** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

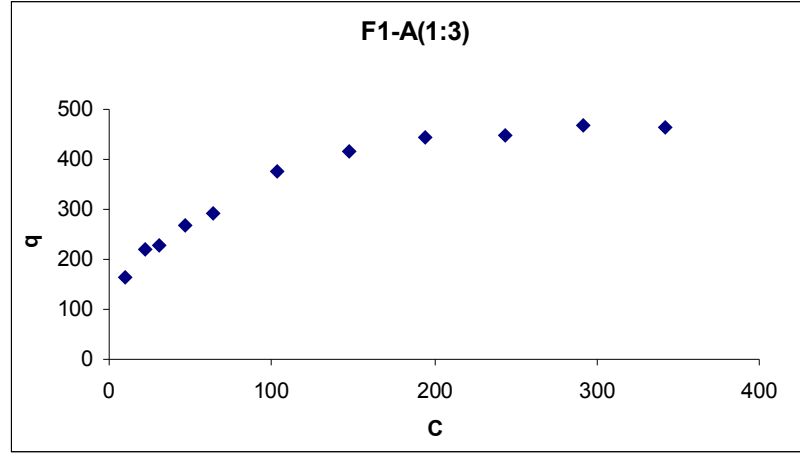
*Giles İzotermi*



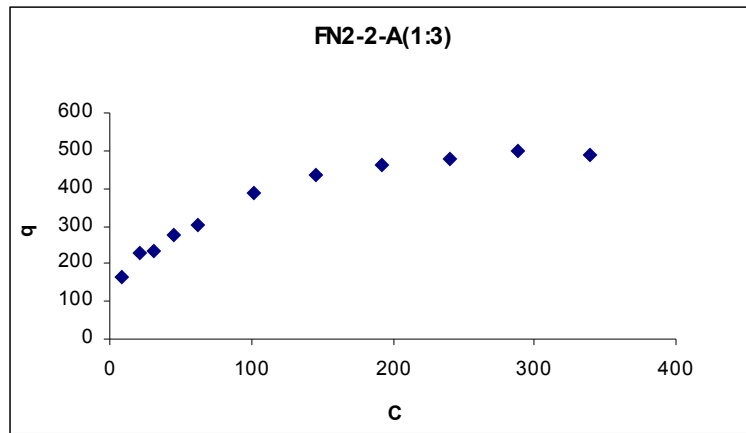
**Şekil 4.45** A aktif karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



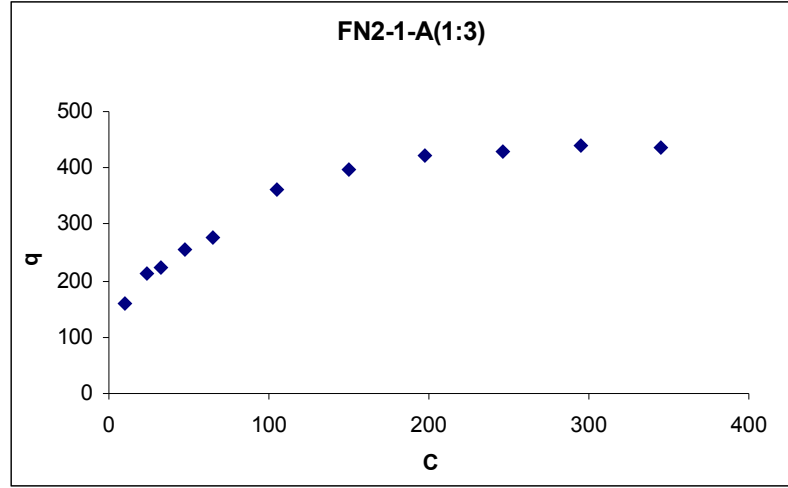
**Şekil 4.46** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



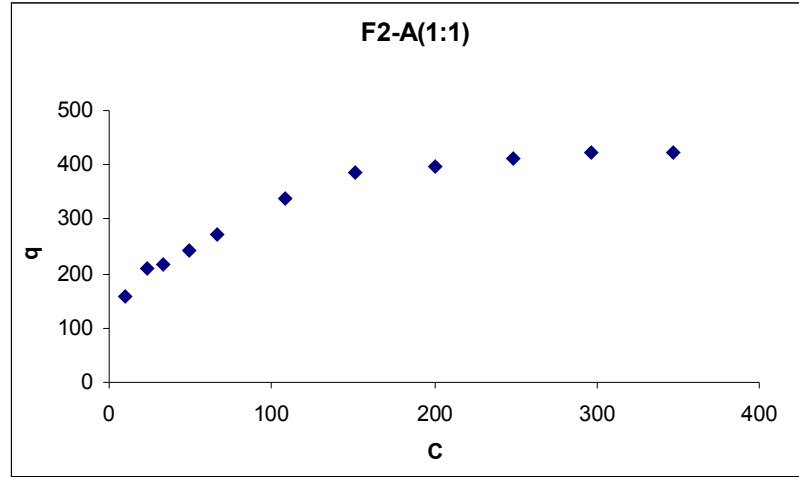
**Şekil 4.47** F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



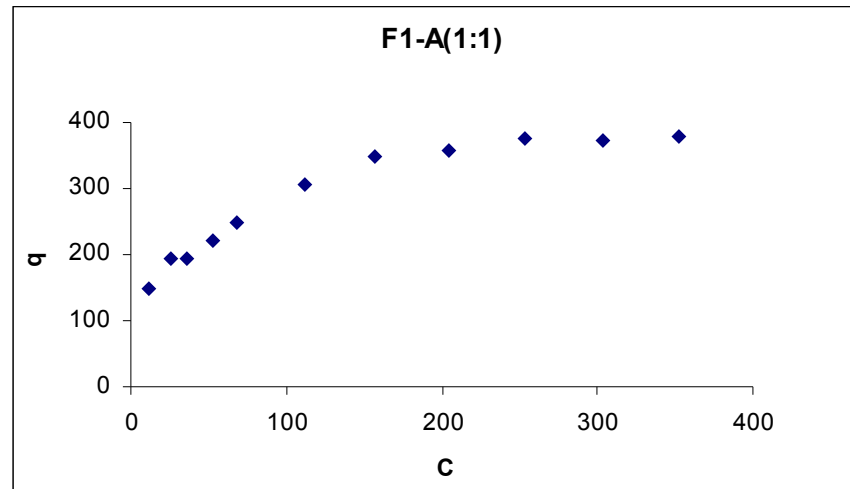
**Şekil 4.48** FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



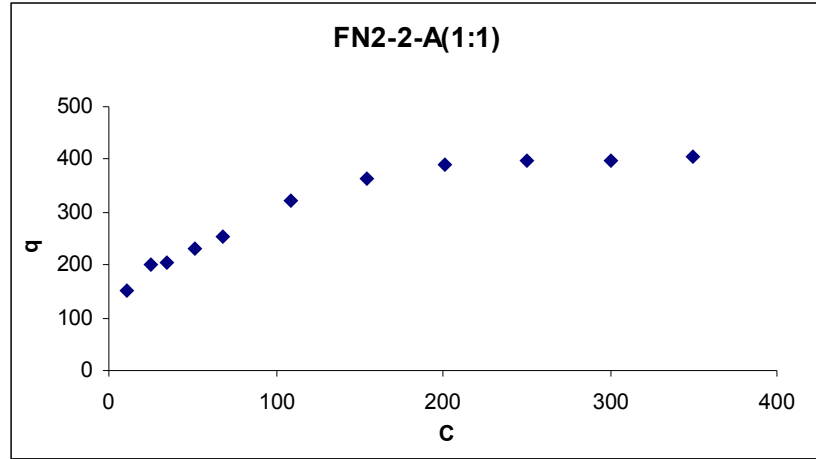
**Şekil 4.49** FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



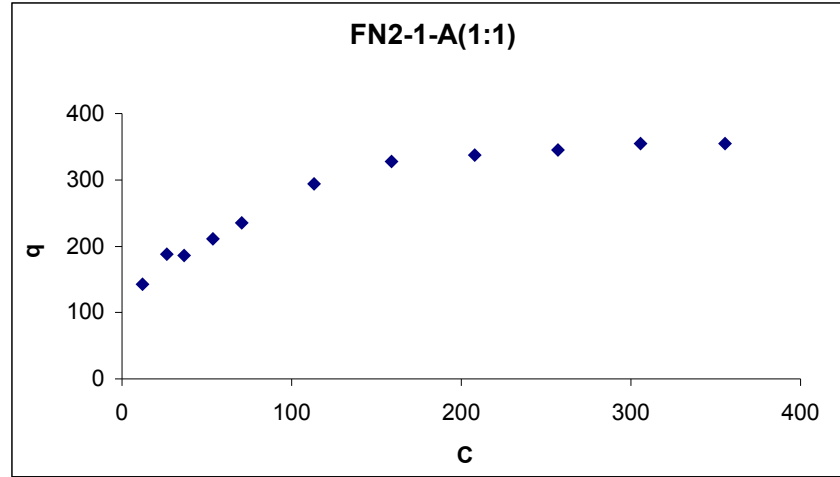
**Şekil 4.50** F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



**Şekil 4.51** F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



Şekil 4.52 FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



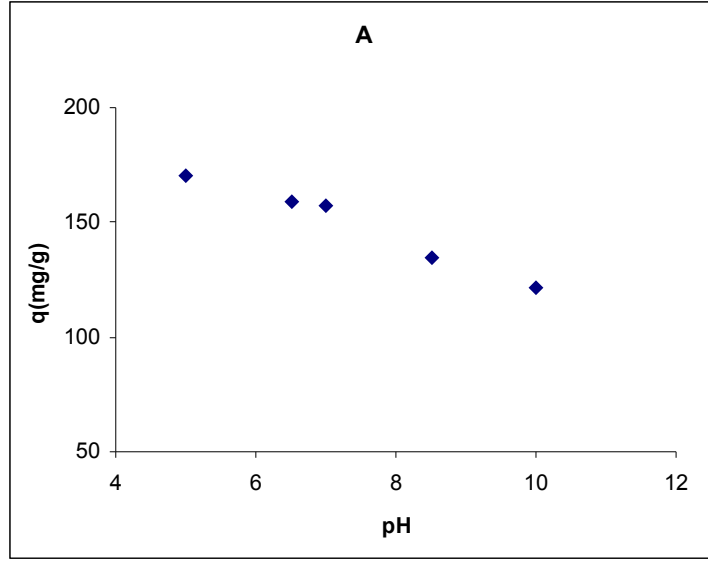
Şekil 4.53 FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği

**Tablo 4.11** 2,4-D'nin aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

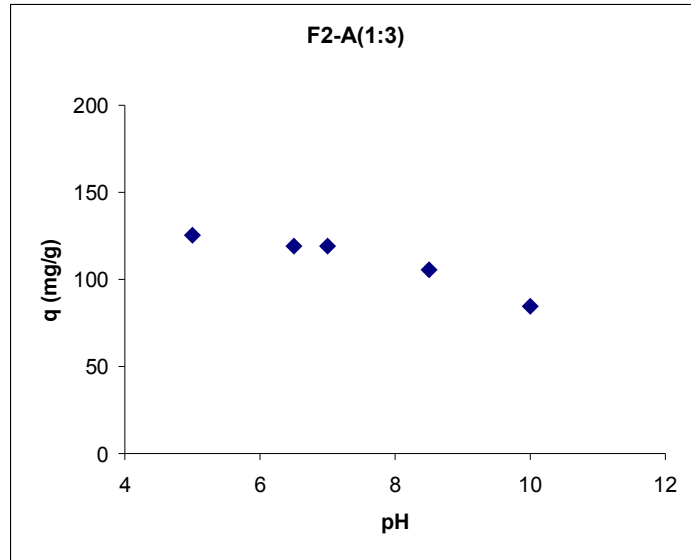
Adsorbentler	Freundlich izotermi			Langmuir izotermi		
	n	k	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (mg g <sup>-1</sup> )	b (Lmg <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
A	0,351	89,81	0,9803	556	0,0424	0,9868
F2-A(1:3)	0,348	77,29	0,9865	526	0,0334	0,9787
F1-A(1:3)	0,340	74,46	0,9856	476	0,0332	0,9732
FN2-2-A (1:3)	0,341	77,05	0,9722	500	0,0333	0,9722
FN2-1-A(1:3)	0,331	73,48	0,9816	455	0,0331	0,9706
F2-A(1:1)	0,329	70,86	0,9835	435	0,0326	0,9713
F1-A(1:1)	0,324	64,94	0,9749	400	0,0304	0,9705
FN2-2-A(1:1)	0,325	68,05	0,9736	417	0,0310	0,9662
FN2-1-A(1:1)	0,321	62,28	0,9709	385	0,0299	0,9706

#### 4.2.1.3 2,4-D Adsorpsiyonuna pH Etkisi

2,4-D'nin A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunda pH'ın adsorpsiyona etkisi 80 mgL<sup>-1</sup> başlangıç konsantrasyonunda, 200 ml çözelti hacmi ve 0,025 g adsorbent miktarıyla çalışılmıştır. pH ile C (mgL<sup>-1</sup>) arasında çizilen grafikleri Şekil 4.54 ve Şekil 4.55'te verilmiştir.



Şekil 4.54 A aktif karbonu üzerine 2,4-D adsorpsiyonuna pH'nin etkisi grafiği

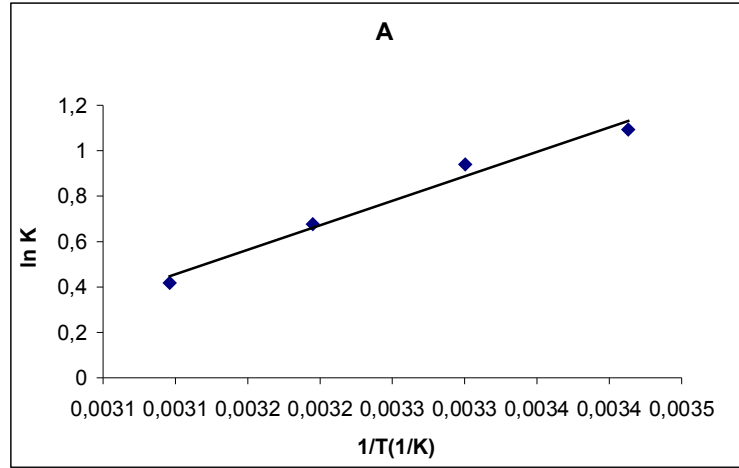


Şekil 4.55 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D adsorpsiyonuna pH'nin etkisi grafiği

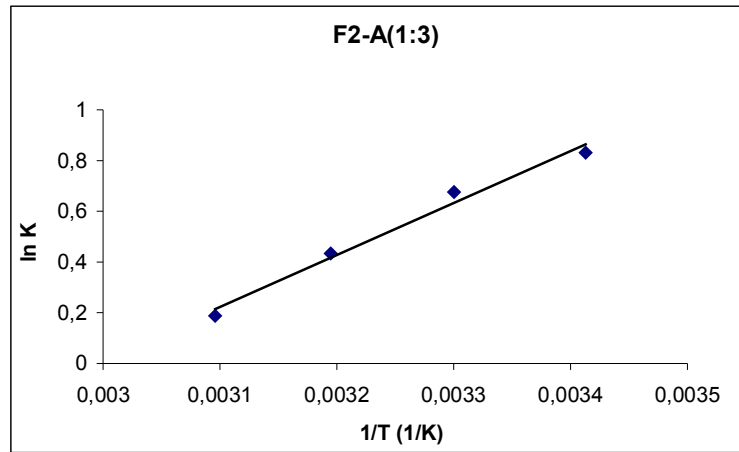
2,4-D'nin aktif karbon ve mağnetik karbon üzerine adsorpsiyonununun pH ile azaldığı, sabit konsantrasyon ve pH'da aktif karbon tarafından adsorplanan madde miktarının mağnetik karbonlarinkinden yüksek olduğu bulunmuştur.

#### 4.2.1.4 2,4-D Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi

2,4-D'nin  $30 \text{ mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonunda,  $0,025 \text{ g/200 mL}$  adsorbent dozu ve çözelti hacmi oranında A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 20, 30, 40 ve  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklardaki adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen  $\ln K-1/T$  grafiği Şekil 4.56 ve Şekil 4.57'de verilmiştir.



Şekil 4.56 A aktif karbonu üzerine 2,4-D adsorpsiyonunda  $\ln K-1/T$  grafiği



Şekil 4.57 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 2,4-D adsorpsiyonunda  $\ln K-1/T$  grafiği

2,4-D'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonu için (2.13)'e göre Şekil 4.56 ve Şekil 4.57'deki  $\ln K-1/T$  grafiklerinin eğim ve kesimlerinden bulunan  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  ve (2.10)'a göre 20, 30, 40 ve  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  için bulunan  $\Delta G^0$  termodinamik parametreleri Tablo 4.12'de verilmiştir.

**Tablo 4.12** 2,4-D'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri

Adsorbent	$\Delta H^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )	$\Delta S^0$ (Jmol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	$\Delta G^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )			
			20 °C	30 °C	40 °C	50 °C
<b>A</b>	-17958	-51,88	-2757	-2238	-1719	-1200
<b>F2-A(1:3)</b>	-17041	-50,97	-2105	-1595	-1085	-576

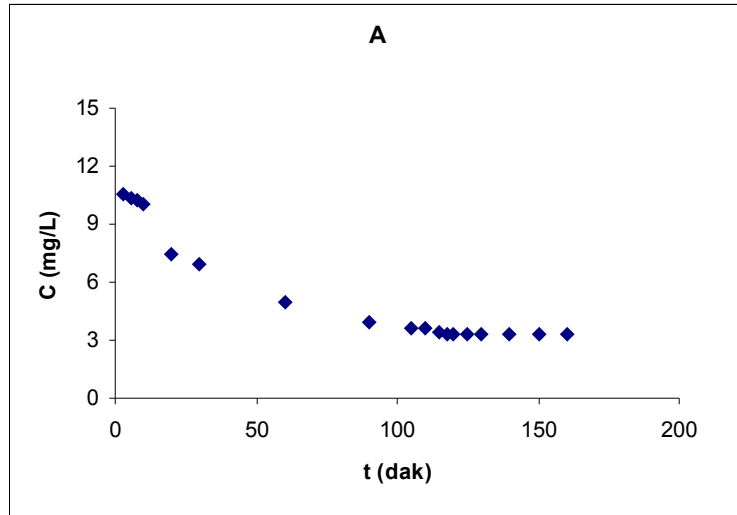
## 4.2.2 Tiram

### 4.2.2.1 Tiram Adsorpsiyon Kinetiği

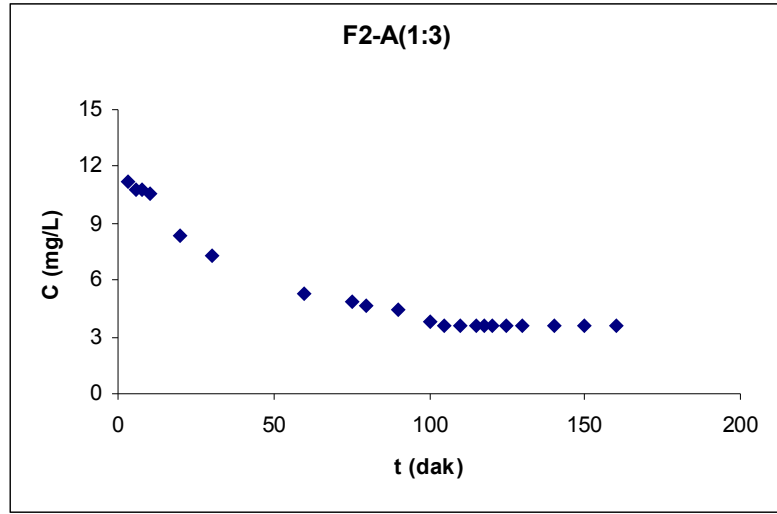
Tiramın aktif karbon ve mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişiminin incelenmesinde, çözelti konsantrasyonu 20 mgL<sup>-1</sup>, adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı 0,01 g /200 ml olarak çalışılmıştır.

#### Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

Tiramın A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda zaman, t (dak) ve denge konsantrasyonu, q (mgg<sup>-1</sup>) arasında çizilen konsantrasyonun zamanla değişimi grafikleri Şekil 4.58 ve Şekil 4.59'da, dengeye gelme süreleri ise Tablo 4.12'de verilmiştir.



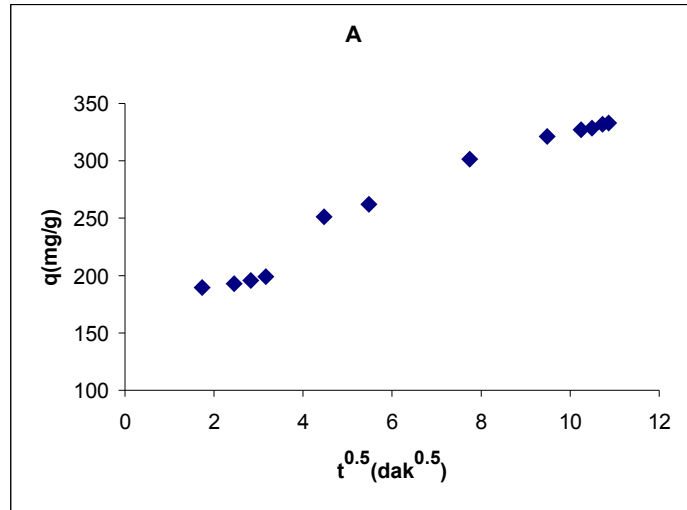
**Şekil 4.58** A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişimi



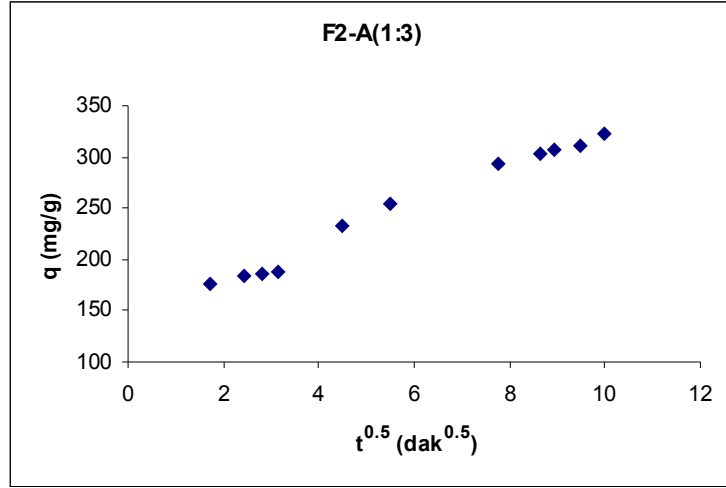
**Şekil 4.59** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişimi

#### *Tanecik İçi Difüzyonu*

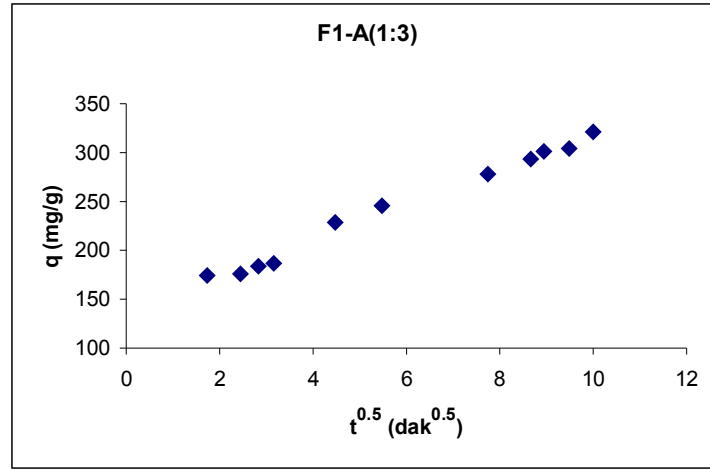
Tiramın A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların üzerine adsorpsiyonunda tanecik içi difüzyonun etkisini göstermek için (2.6)'ya göre zamanın karekökü,  $t^{0.5}$  ((dak)<sup>0.5</sup>) ile herhangi bir t anında adsorplanan madde miktarı, q (mgg<sup>-1</sup>) arasında çizilen tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.59-4.67 ve tanecik içi difüzyon sabitleri Tablo 4.13'te verilmiştir.



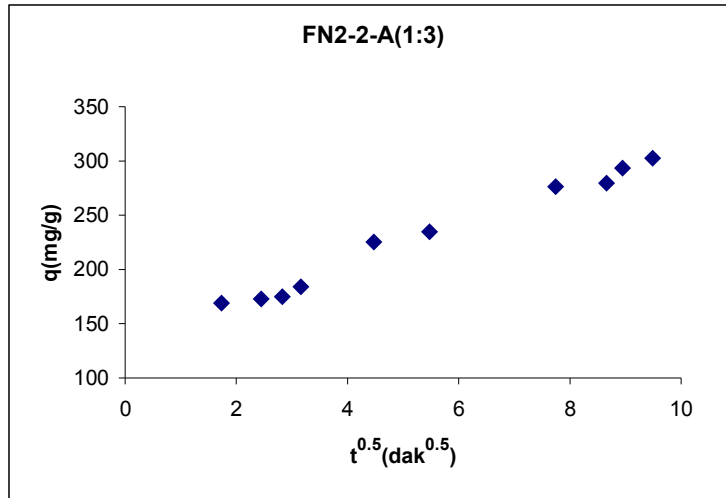
**Şekil 4.60** A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



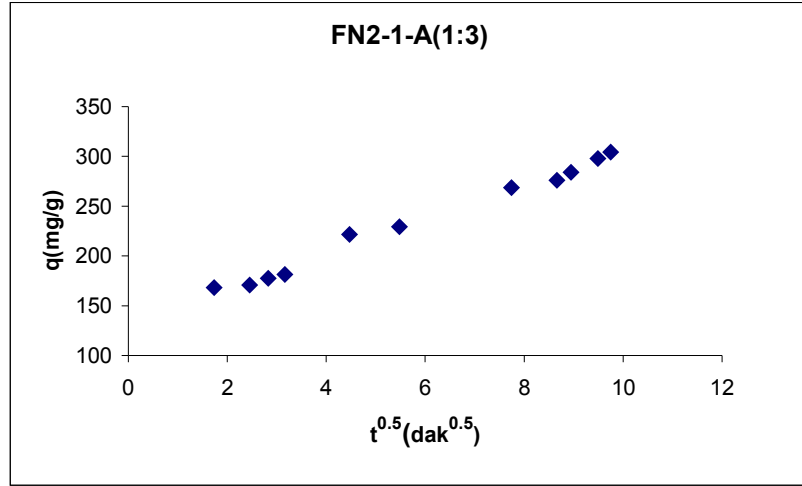
Şekil 4.61 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



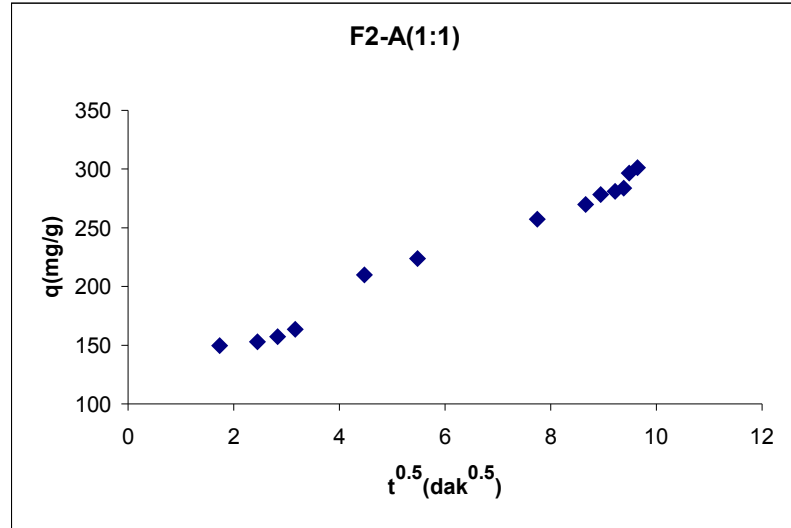
Şekil 4.62 F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



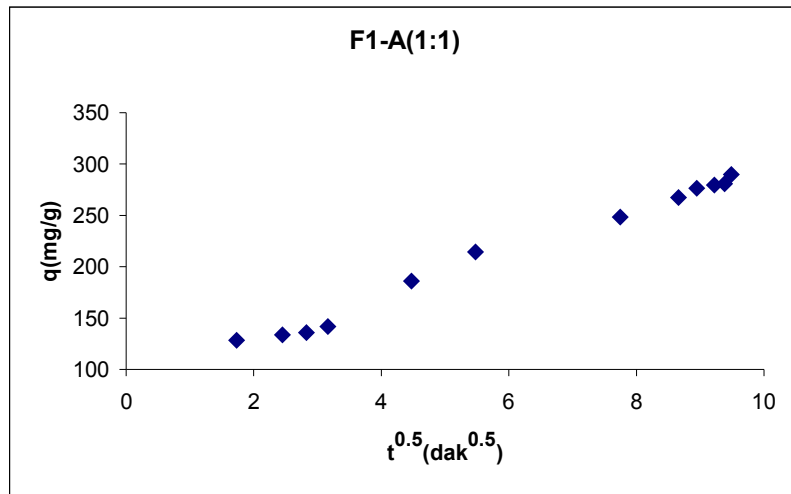
Şekil 4.63 FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



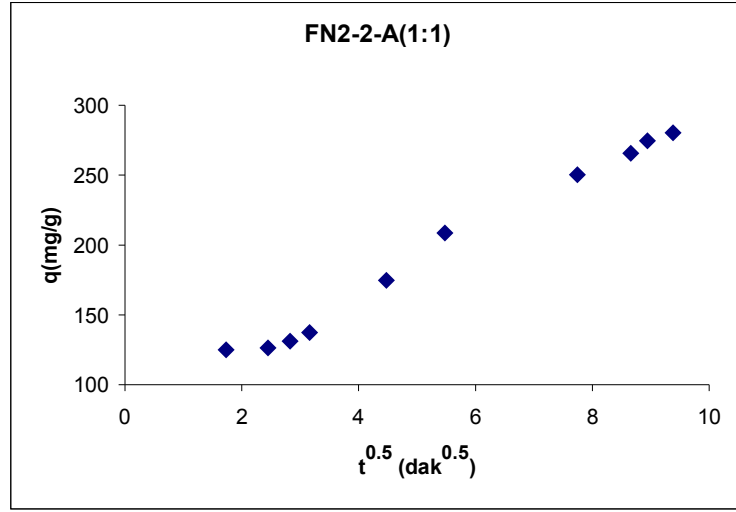
Şekil 4.64 FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



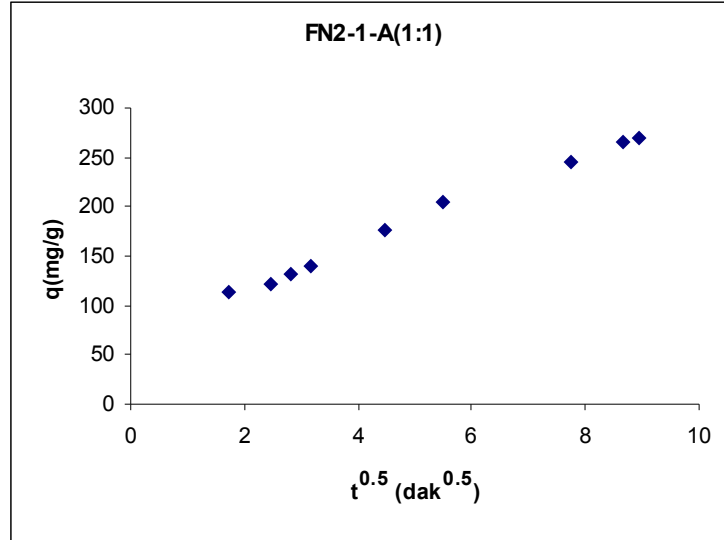
Şekil 4.65 F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiramın adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



Şekil 4.66 F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



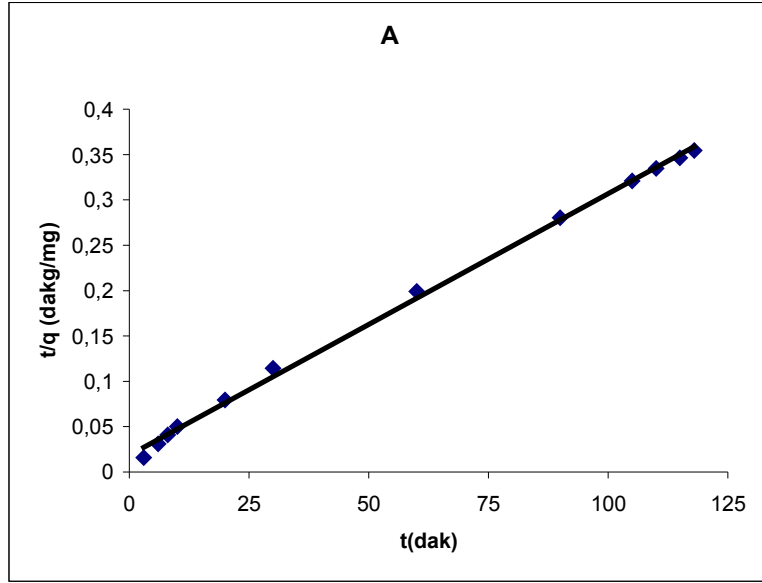
**Şekil 4.67** FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



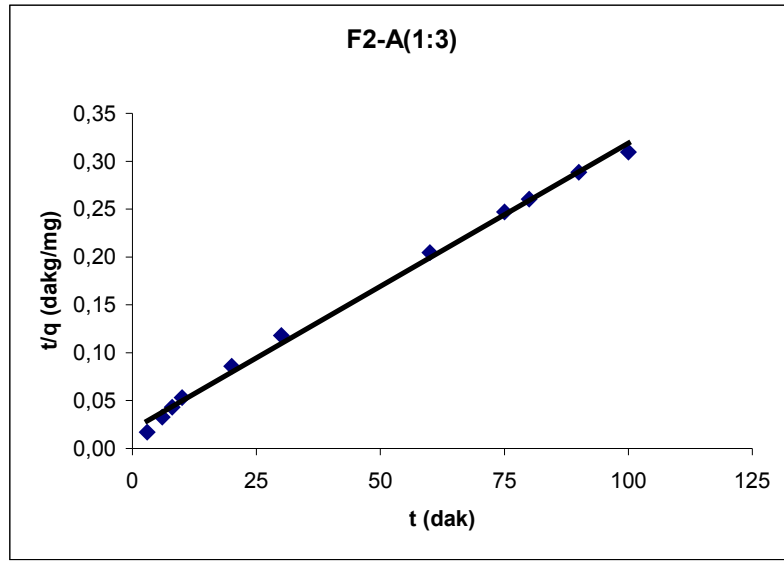
**Şekil 4.68** FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu

*Yalancı ikinci dereceden hız eşitliği grafiği*

Tiramın A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunun (2.8)'e göre zaman,  $t$  (dak) ile  $t/q$  (dakmg<sup>-1</sup>) arasında çizilen yalancı ikinci dereceden hız denklemleri grafikleri Şekil 4.69 ve Şekil 4.70'te, A aktif karbonundan üretilen diğer mağnetik karbonların yalancı ikinci dereceden hız eşitliği sabitleri ise Tablo 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.69 A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği



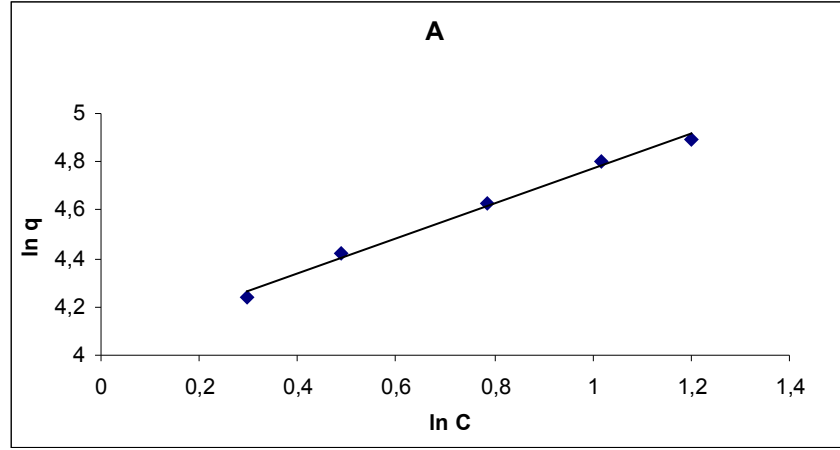
Şekil 4.70 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği

**Tablo 4.13** Tiramın aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri

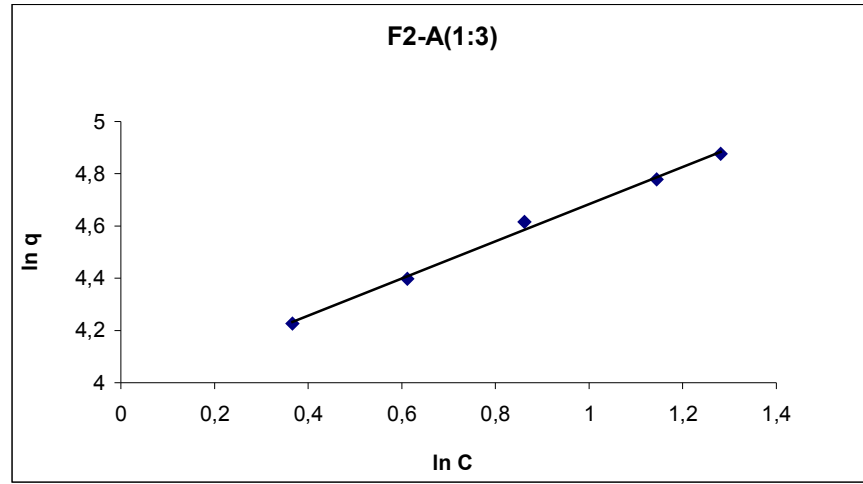
Adsorbent	Dengeye gelme süresi, t (dak)	Tanecik içi difüzyon sabitleri ( $\text{mgg}^{-1}\text{dak}^{-0.5}$ )	Yalancı ikinci dereceden hız sabitleri, $k_2$ ( $\text{dakmgg}^{-1}$ )	
		$k_i$	$k_2$	$R^2$
A	120	12,973	0,00288	0,9983
F2-A(1:3)	105	14,768	0,00299	0,9967
F1-A(1:3)	103	16,023	0,00305	0,9946
FN2-2-A (1:3)	101	16,301	0,00320	0,9950
FN2-1-A(1:3)	99	16,865	0,00321	0,9938
F2-A(1:1)	95	17,318	0,00322	0,9929
F1-A(1:1)	93	18,061	0,00323	0,9928
FN2-2-A(1:1)	90	18,468	0,00328	0,9911
FN2-1-A(1:1)	88	18,499	0,00339	0,9917

#### 4.2.2.2 Tiram Adsorpsiyon İzotermi

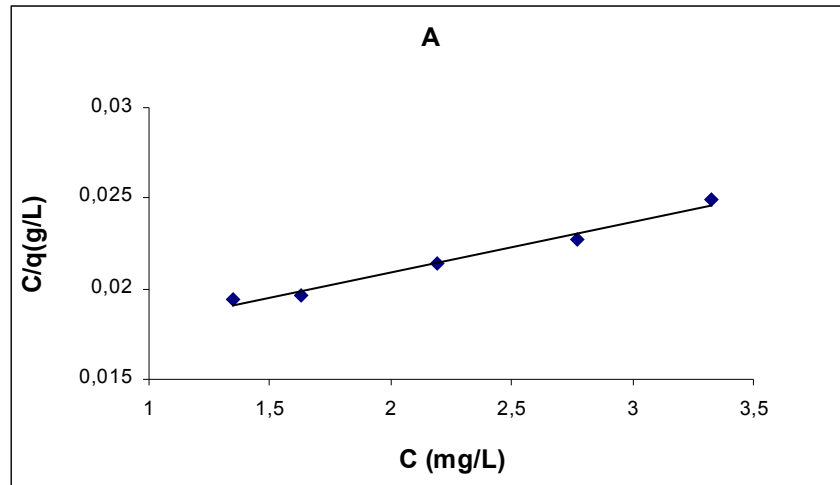
Tiramın A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonu,  $10\text{-}45 \text{ mgL}^{-1}$  konsantrasyonu aralığında, adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı  $0,01 \text{ g}/200 \text{ mL}$  olarak çalışılmıştır. Adorbent adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi için çizilen Freundlich (2.4), Langmuir (2.5), ve Giles izoterm grafikleri Şekil 4.71-4.76'da, diğer karbonların Giles izotermi Şekil 4.77-4.83'te ve A, B ve C aktif karbonlarından ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonların adsorpsiyon izotermi sabitleri Tablo 14-16'da verilmiştir.



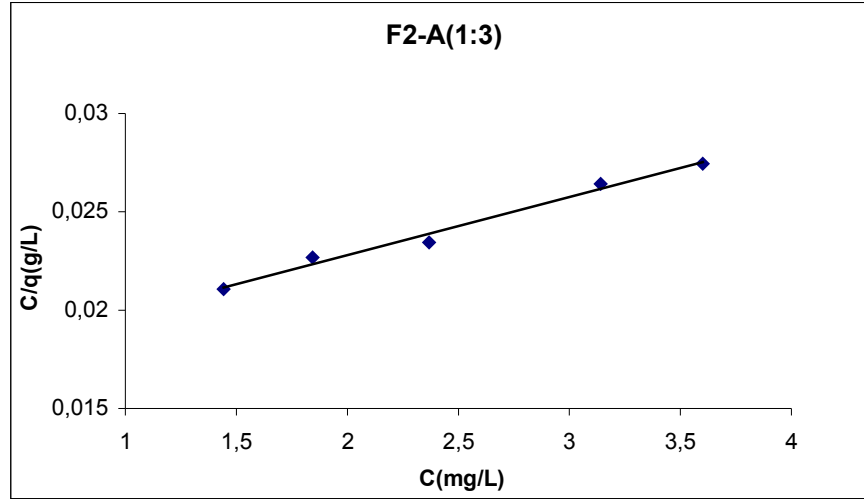
Şekil 4.71 A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği



Şekil 4.72 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği

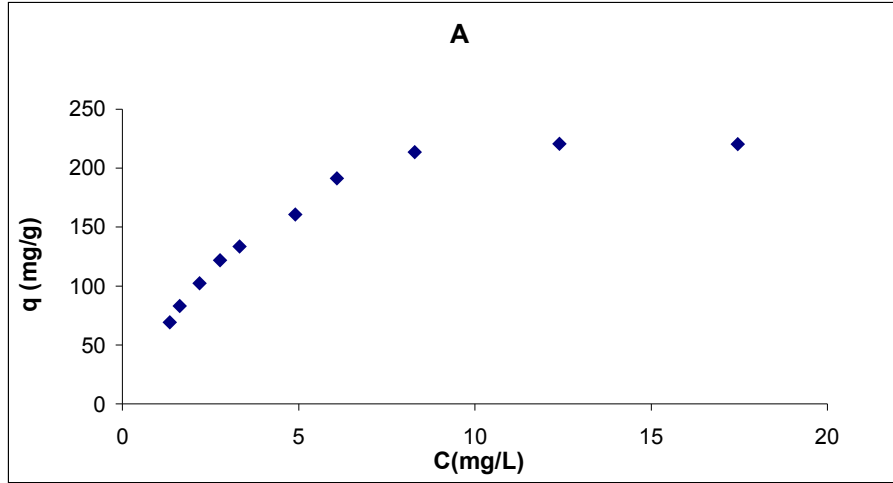


Şekil 4.73 A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Langmuir izoterm grafiği

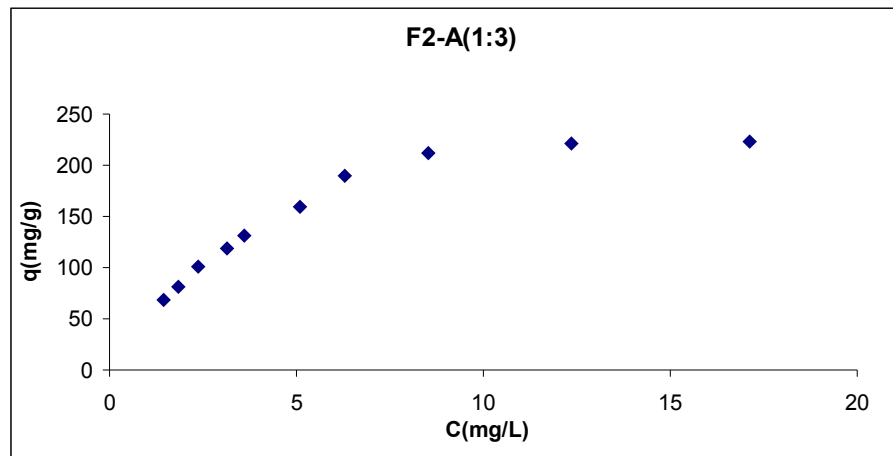


Şekil 4.74 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

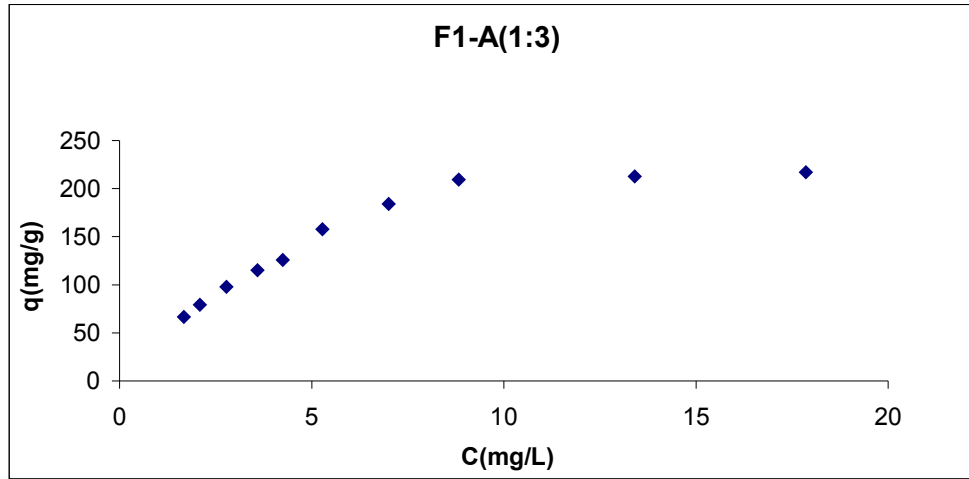
*Giles İzotermi*



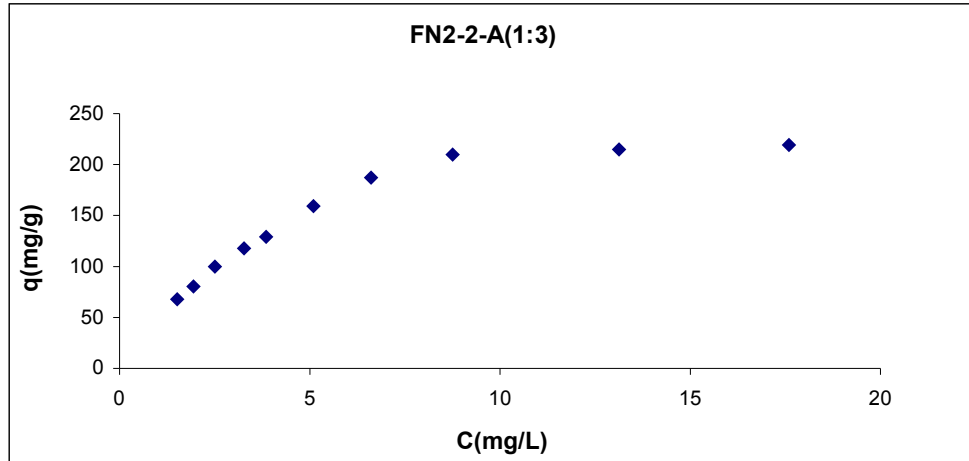
Şekil 4.75 A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



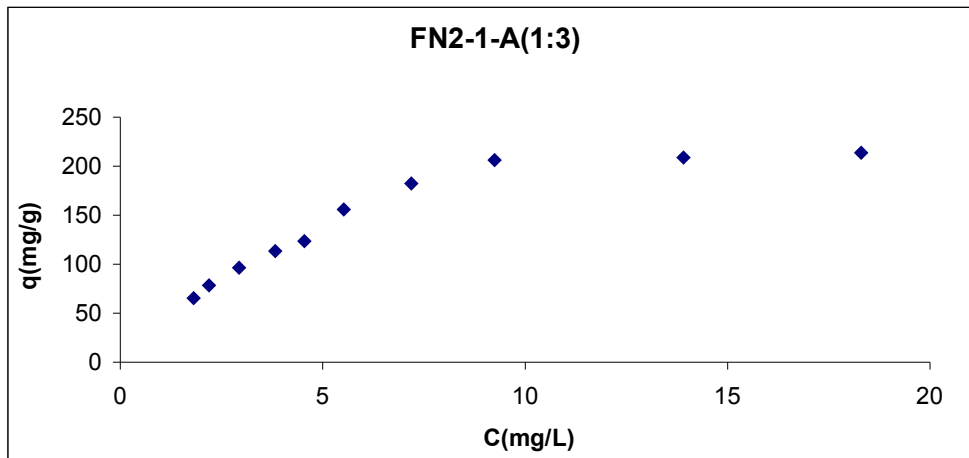
Şekil 4.76 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



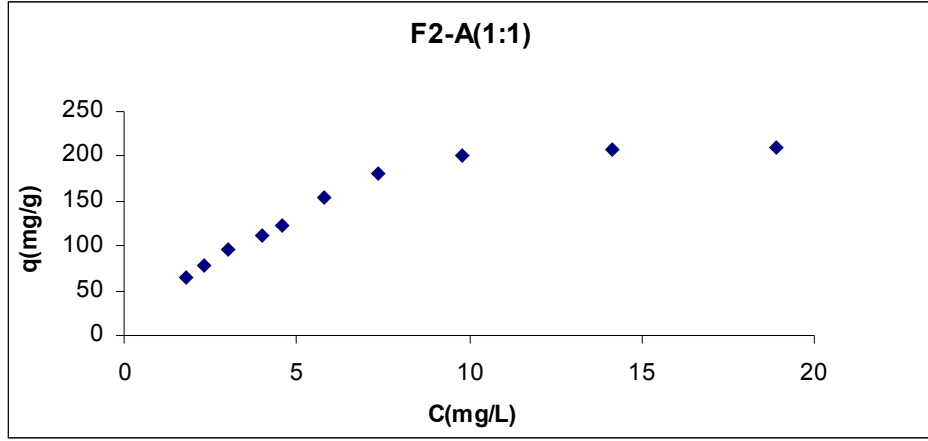
**Şekil 4.77** F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



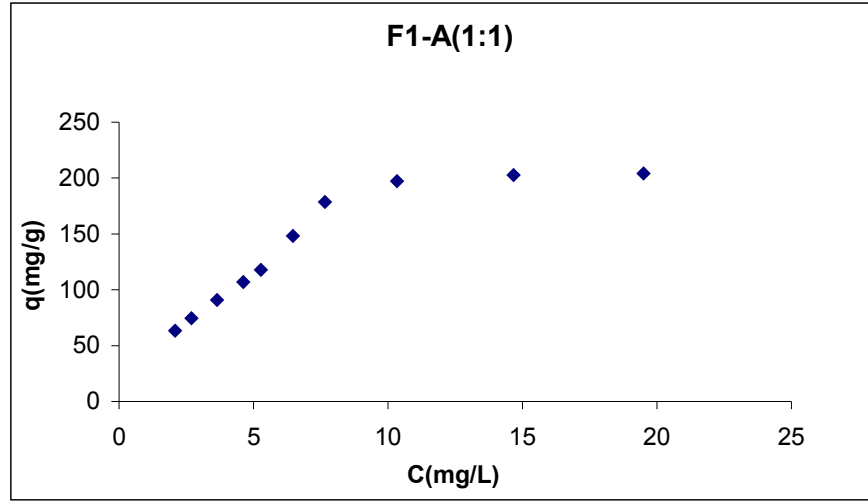
**Şekil 4.78** FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



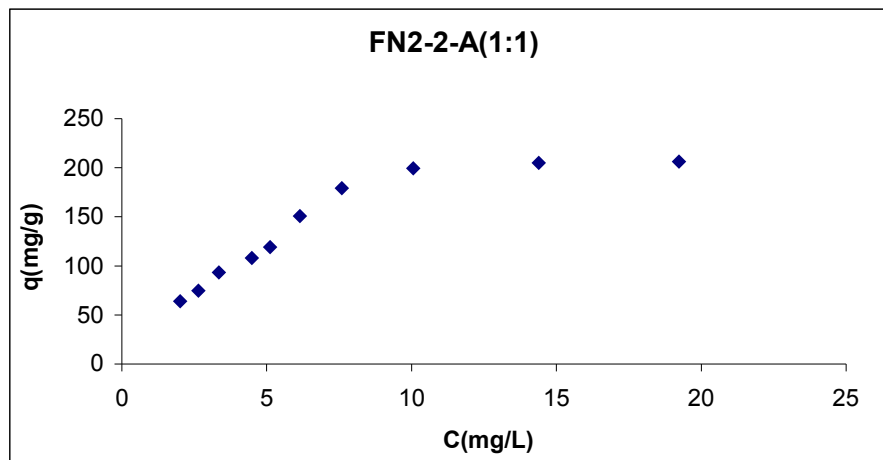
**Şekil 4.79** FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



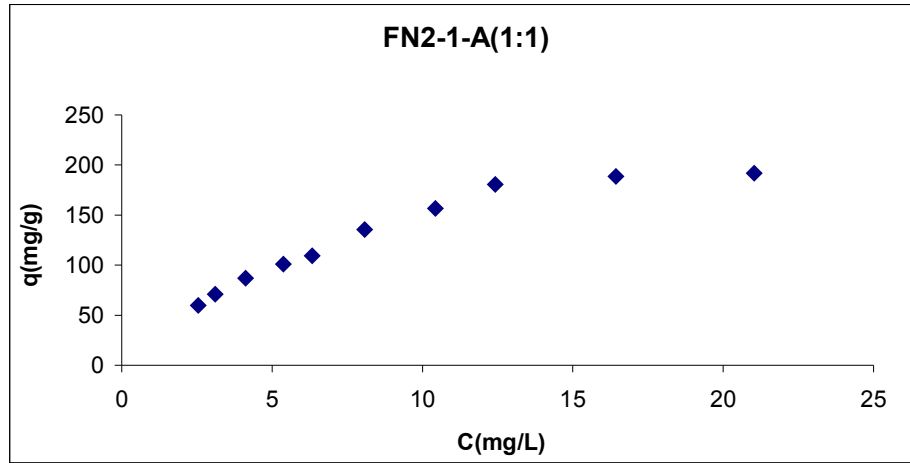
**Şekil 4.80** F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



**Şekil 4.81** F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



**Şekil 4.82** FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



Şekil 4.83 FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği

Tablo 4.14 Tiramın A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

Adsorbentler	Freundlich			Langmuir		
	n	k	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (mgg <sup>-1</sup> )	b (Lmg <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
A	0,726	57,2	0,9935	357	0,183	0,9825
F2-A(1:3)	0,712	53,0	0,996	333	0,178	0,9825
F1-A(1:3)	0,691	47,4	0,996	303	0,169	0,9965
FN2-2-A (1:3)	0,703	51,0	0,9956	323	0,174	0,9892
FN2-1-A(1:3)	0,685	44,9	0,9901	294	0,163	0,9845
F2-A(1:1)	0,680	44,1	0,9946	286	0,164	0,990
F1-A(1:1)	0,669	38,5	0,9994	270	0,142	0,9827
FN2-2-A(1:1)	0,671	39,9	0,9918	278	0,146	0,970
FN2-1-A(1:1)	0,658	33,2	0,9885	244	0,131	0,9885

**Tablo 4.15** Tiramın B aktif karbonu ve B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

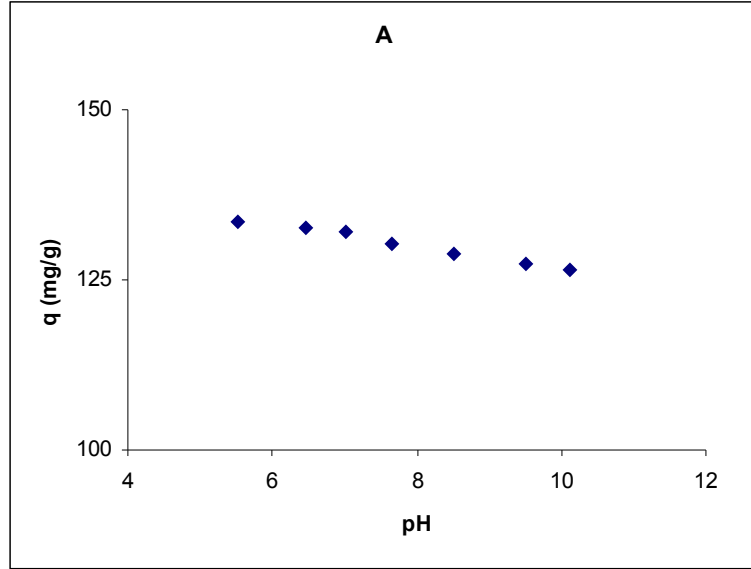
Adsorbentler	Freundlich			Langmuir		
	n	k	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (m <sup>g</sup> g <sup>-1</sup> )	b (Lm <sup>g</sup> g <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
<b>B</b>	0,703	51,1	0,9934	323	0,175	0,9819
<b>F2-B(1:3)</b>	0,682	37,2	0,9944	278	0,134	0,9854
<b>F1-B(1:3)</b>	0,662	32,9	0,9958	243	0,130	0,9975
<b>FN2-2-B(1:3)</b>	0,673	35,4	0,9976	263	0,132	0,9971
<b>FN2-1-B(1:3)</b>	0,653	31,3	0,9950	232	0,127	0,997
<b>F2-B(1:1)</b>	0,654	30,1	0,9900	227	0,124	0,9880
<b>F1-B(1:1)</b>	0,643	29,3	0,9946	222	0,121	0,9939
<b>FN2-2-B(1:1)</b>	0,641	27,4	0,9914	213	0,116	0,9888
<b>FN2-1-B(1:1)</b>	0,630	21,1	0,9943	179	0,098	0,9932

**Tablo 4.16** Tiramın C aktif karbonu ve C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

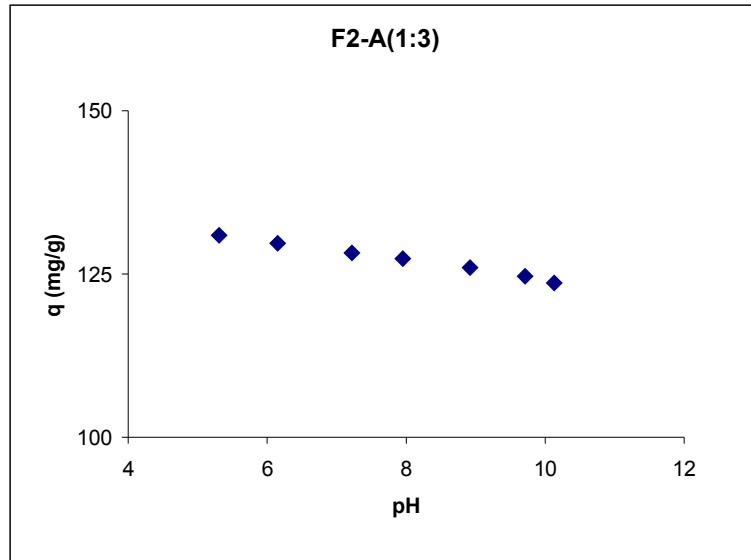
Adsorbentler	Freundlich			Langmuir		
	n	k	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (m <sup>g</sup> g <sup>-1</sup> )	b (Lm <sup>g</sup> g <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
<b>C</b>	0,696	49,0	0,9942	303	0,172	0,9870
<b>F2-C(1:3)</b>	0,675	36,5	0,9985	270	0,133	0,9876
<b>F1-C(1:3)</b>	0,657	31,9	0,9962	238	0,127	0,9971
<b>FN2-2-C(1:3)</b>	0,669	34,6	0,9990	256	0,131	0,9730
<b>FN2-1-C(1:3)</b>	0,648	30,6	0,9953	227	0,126	0,9976
<b>F2-C(1:1)</b>	0,642	29,4	0,9986	222	0,120	0,9875
<b>F1-C(1:1)</b>	0,621	26,9	0,9922	196	0,121	0,9883
<b>FN2-2-C(1:1)</b>	0,636	27,0	0,9954	208	0,115	0,9940
<b>FN2-1-C(1:1)</b>	0,618	20,7	0,9967	179	0,094	0,9867

#### 4.2.2.3 Tiram Adsorpsiyonuna pH Etkisi

Tiramın  $20 \text{ mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonu ve  $0,01 \text{ g/200 mL}$  adsorbent miktarında A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunda pH'n etkisini gösteren grafikleri Şekil 4.84 ve Şekil 4.85'te verilmiştir.



Şekil 4.84 A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonuna pH'n etkisi grafiği

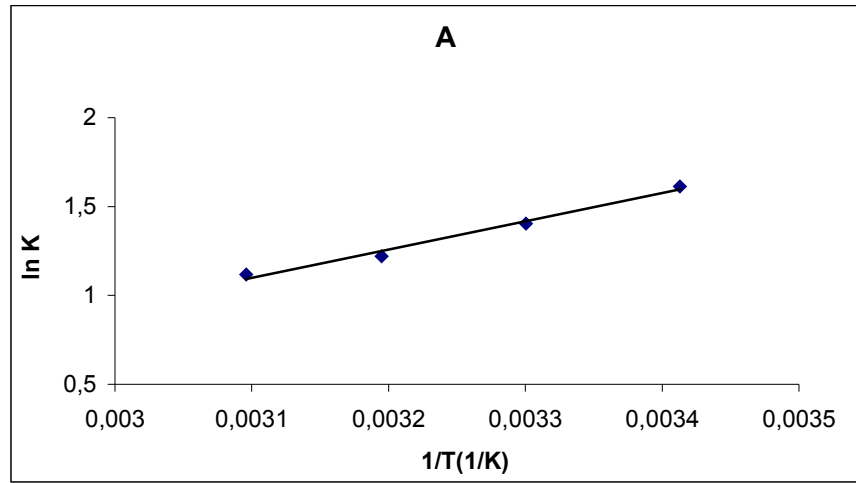


Şekil 4.85 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonuna pH'n etkisi grafiği

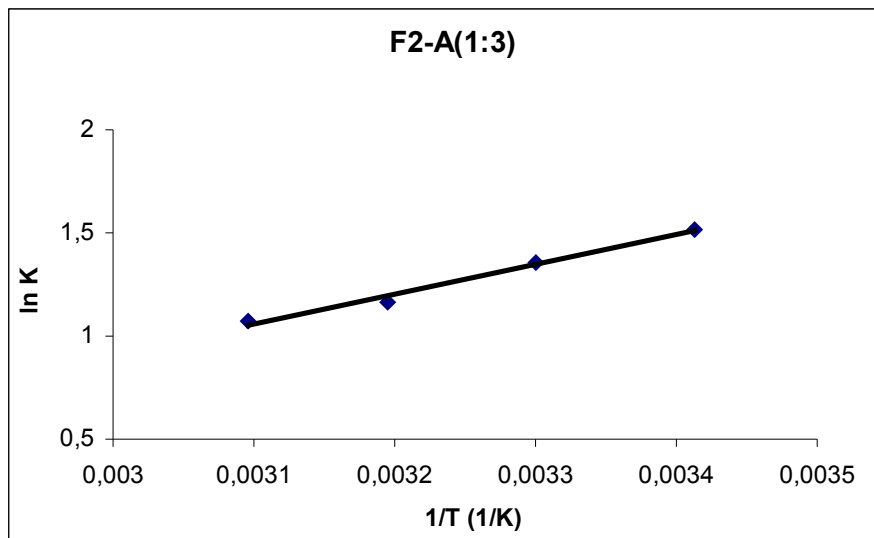
Tiramın aktif karbon ve mağnetik karbon üzerine adsorpsiyonunun pH ile azaldığı, sabit konsantrasyon ve pH'da aktif karbonun adsorpsiyon sonrasında adsorplanan madde miktarının, mağnetik karbonlarınkinden yüksek olduğu bulunmuştur.

#### 4.2.2.4 Tiram Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi

Tiramın  $20 \text{ mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonunda,  $0,01 \text{ g/200 mL}$  adsorbent dozu ve çözelti hacmi oranında A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 20, 30, 40 ve  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklardaki adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen  $\ln K-1/T$  grafiği Şekil 4.86 ve Şekil 4.87'de verilmiştir.



Şekil 4.86 A aktif karbonu üzerine tiram adsorpsiyonunda  $\ln K-1/T$  grafiği



Şekil 4.87 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine tiram adsorpsiyonunda  $\ln K-1/T$  grafiği

Tiramın A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonu için (2.13)'e göre Şekil 4.86 ve Şekil 4.87'deki  $\ln K-1/T$  grafiklerinin eğim ve kesimlerinden bulunan  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  ve (2.10)'a göre 20, 30, 40 ve 50  $^{\circ}\text{C}$  için bulunan  $\Delta G^0$  termodinamik parametreleri Tablo 4.17'de verilmiştir.

**Tablo 4.17** Tiramın A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri

Adsorbent	$\Delta H^0$ ( $\text{Jmol}^{-1}$ )	$\Delta S^0$ ( $\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )	$\Delta G^0$ ( $\text{Jmol}^{-1}$ )			
			20 $^{\circ}\text{C}$	30 $^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$	50 $^{\circ}\text{C}$
A	-13207	-31,80	-3887	-3570	-3252	-2934
F2-A(1:3)	-12025	-28,48	-3681	-3397	-3112	-2827

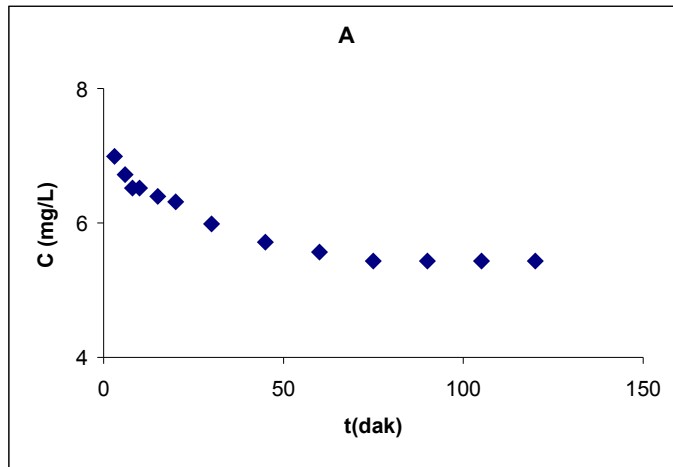
### 4.2.3 Linuron

#### 4.2.3.1 Linuronun Adsorpsiyon Kinetiği

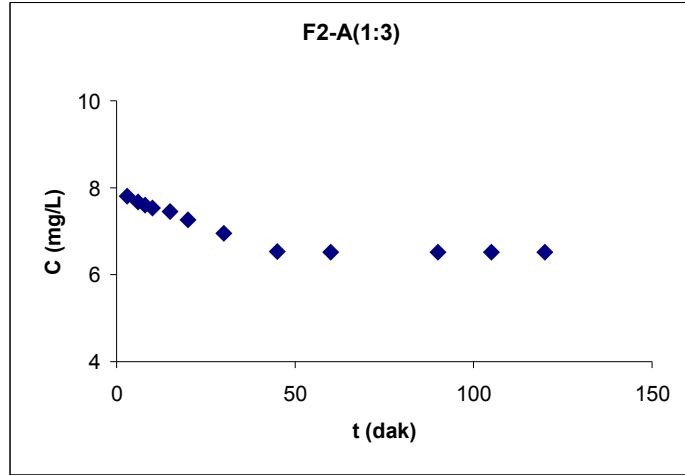
Linuronun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişiminin incelenmesinde, 20  $\text{mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonunda, adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı 0,01 g /200 mL olarak çalışılmıştır.

#### Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

Linuronun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda zaman, t (dak) ve denge konsantrasyonu, q ( $\text{mgg}^{-1}$ ) arasında çizilen konsantrasyonun zamanla değişimi grafikleri Şekil 4.88 ve Şekil 4.89'da, dengeye gelme süreleri ise Tablo 4.18'de verilmiştir.



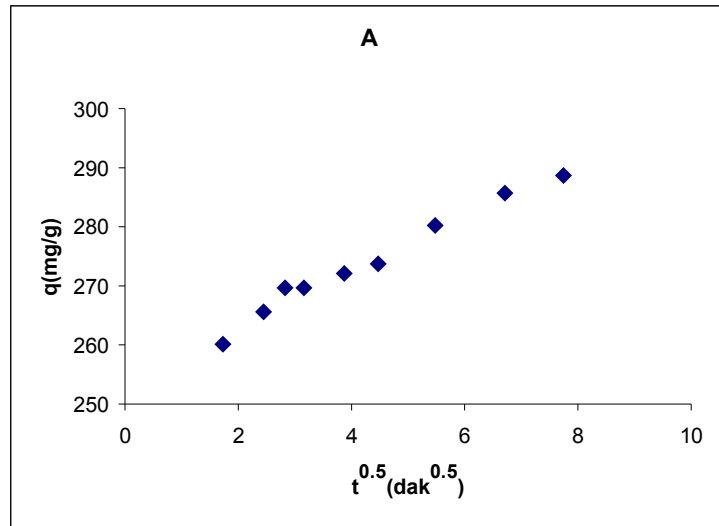
**Şekil 4.88** A aktif karbonu üzerine linuron adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği



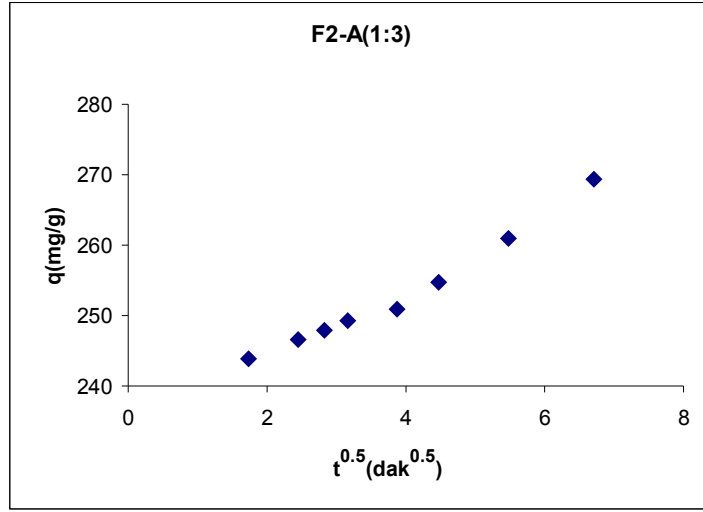
**Şekil 4.89** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği

#### *Tanecik İçi Difüzyonu*

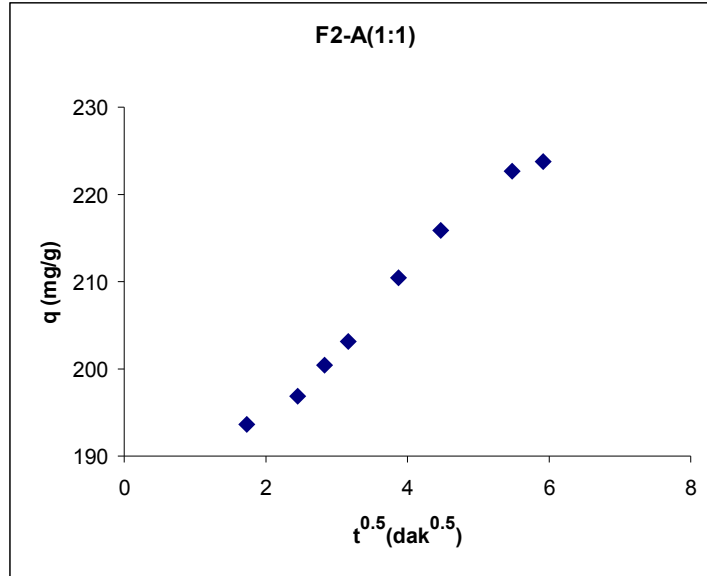
Linuronun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların üzerine adsorpsiyonunda tanecik içi difüzyonun etkisini göstermek için (2.6)'ya göre zamanın karekökü,  $t^{0.5}$  ((dak)<sup>0.5</sup>) ile herhangi bir t anında adsorplanan madde miktarı, q (mgg<sup>-1</sup>) arasında çizilen tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.90-4.91'de ve Tablo 4.18'de verilmiştir.



**Şekil 4.90** A aktif karbonu üzerine linuron adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



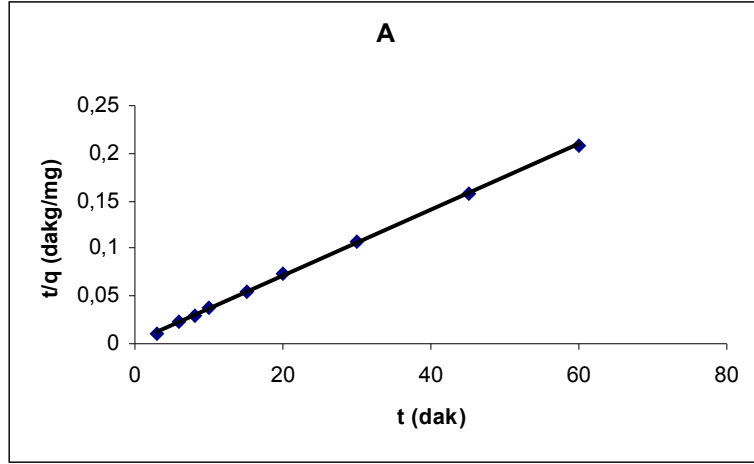
Şekil 4.91 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



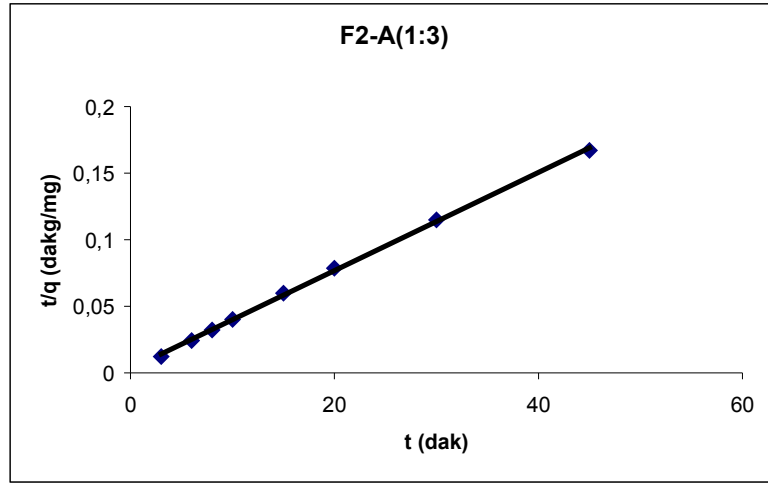
Şekil 4.92 F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu

#### *Yalancı ikinci dereceden hız eşitliği grafiği*

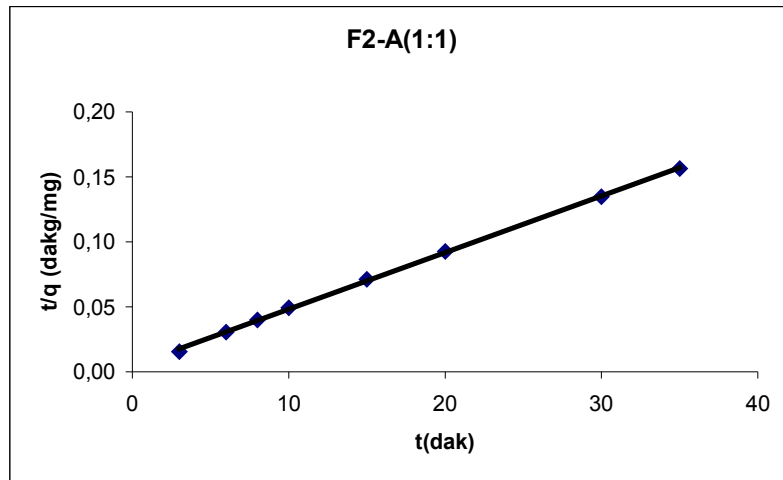
Linuronun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunun (2.6)'ya göre zaman,  $t$  (dak) ile  $t/q$  (dakmg<sup>-1</sup>) arasında çizilen yalancı ikinci dereceden hız denklemini grafikleri Şekil 4.93-4.95'de, bütün aktif karbon ve mağnetik karbonların yalancı ikinci dereceden hız eşitliği sabitleri ise Tablo 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.93 A aktif karbonu üzerine linuronun adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği



Şekil 4.94 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuronun adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği



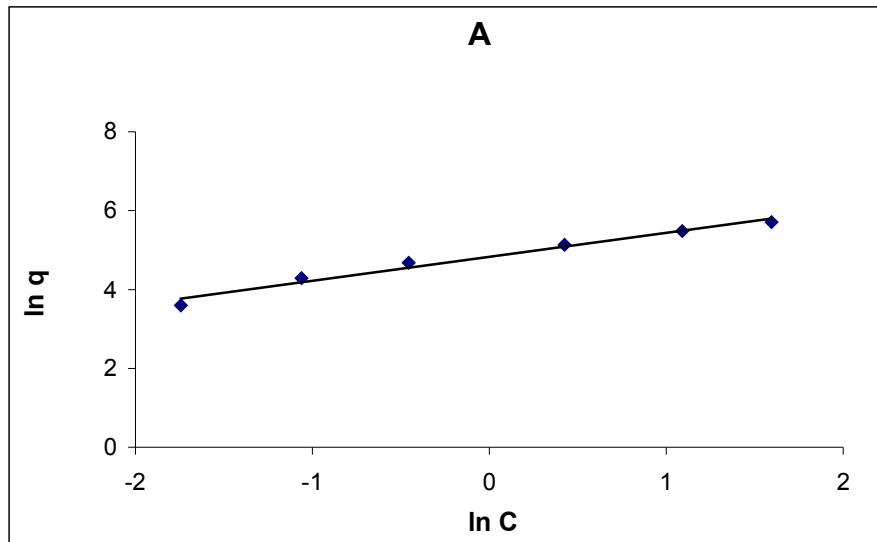
Şekil 4.95 F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine linuronun adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği

**Tablo 4.18** Linuronun aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri

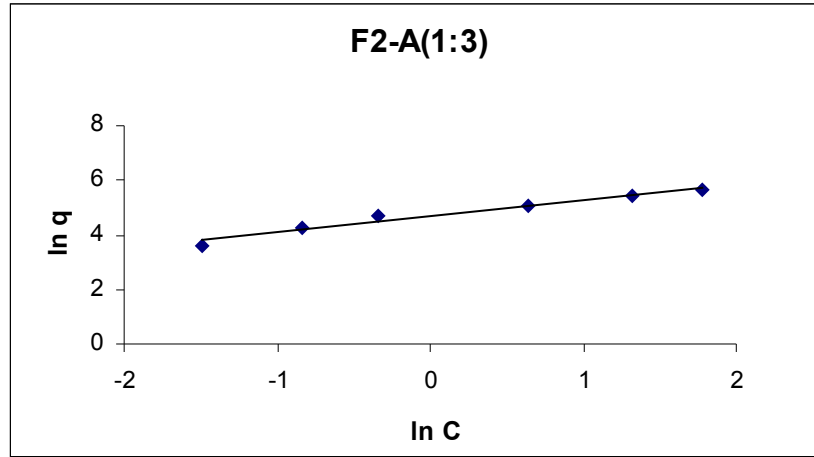
Adsorbent	Dengeye gelme süresi, t (dak)	Tanecik içi difüzyon sabitleri, $k_i$ ( $\text{m}g\text{g}^{-1}\text{dak}^{-0.5}$ )	Yalancı ikinci dereceden hız sabitleri, $k_2$ ( $\text{dakm}g\text{g}^{-1}$ )	
		$k_i$	$k_2$	$R^2$
A	70	4,20	0,0034	0,9997
F2-A(1:3)	55	5,86	0,0037	0,9996
F2-A(1:1)	35	6,61	0,0044	0,9995

#### 4.2.3.2 Linuron Adsorpsiyon İzotermi

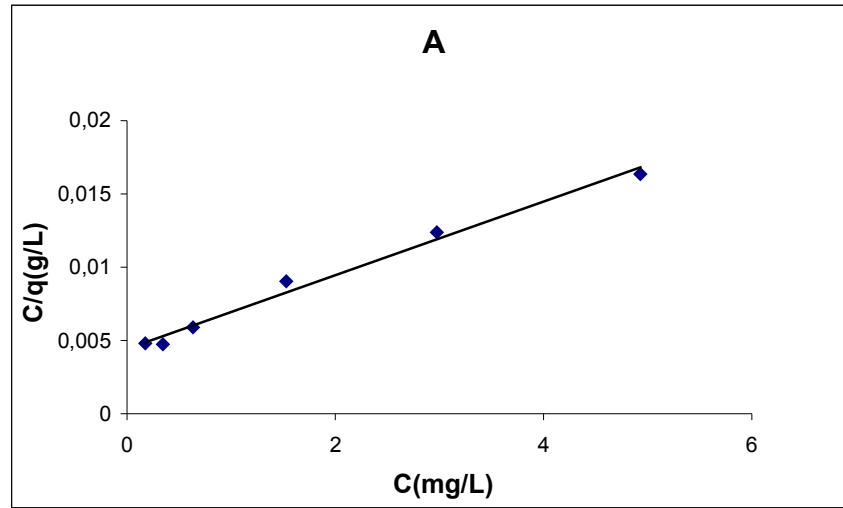
Linuronun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunda,  $2\text{-}20 \text{ mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonunda,  $0,01\text{g}/200\text{mL}$  adsorbent dozu ve çözelti hacmi oranında çalışılmıştır. Adsorbent adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi için çizilen Freundlich (2.4), Langmuir (2.5) ve Giles izoterm grafikleri Şekil 4.96-4.102’de, ve A aktif karbon ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların adsorpsiyon izotermi sabitleri Tablo 4.19’da verilmiştir.



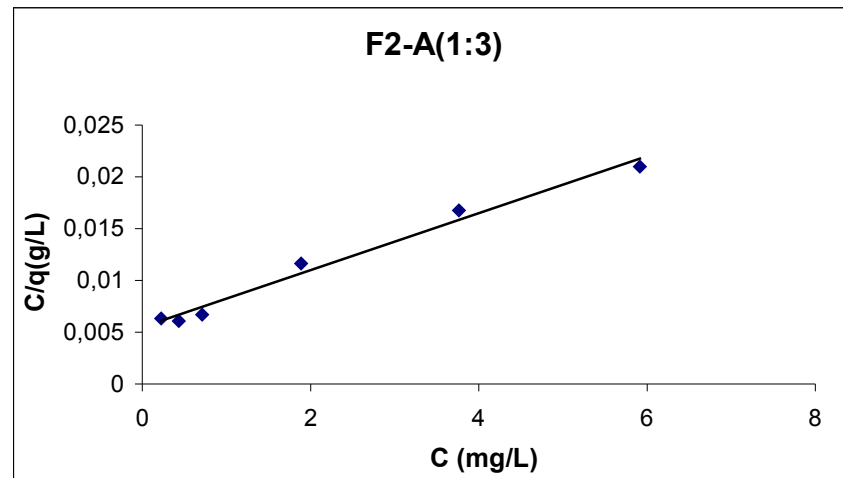
**Şekil 4.96** A aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği



Şekil 4.97 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği

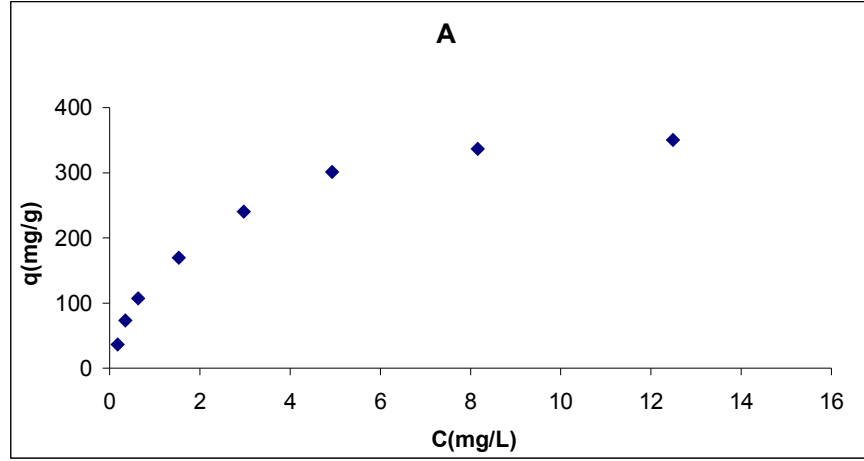


Şekil 4.98 A aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

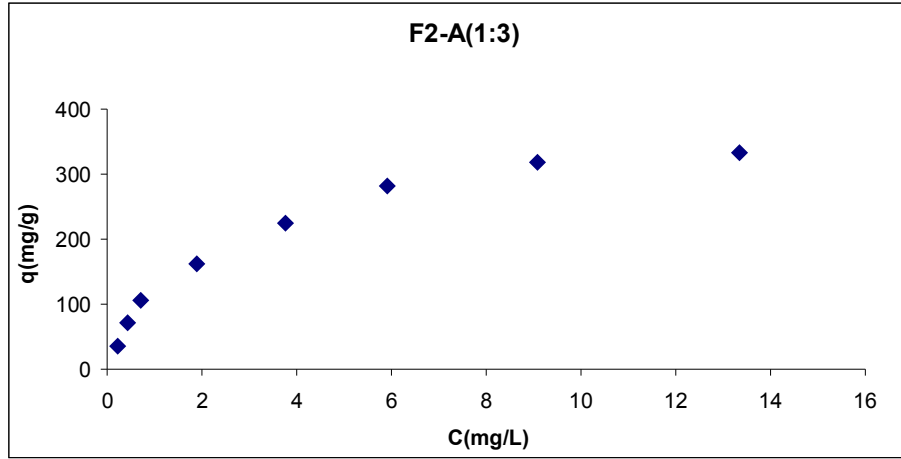


Şekil 4.99 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

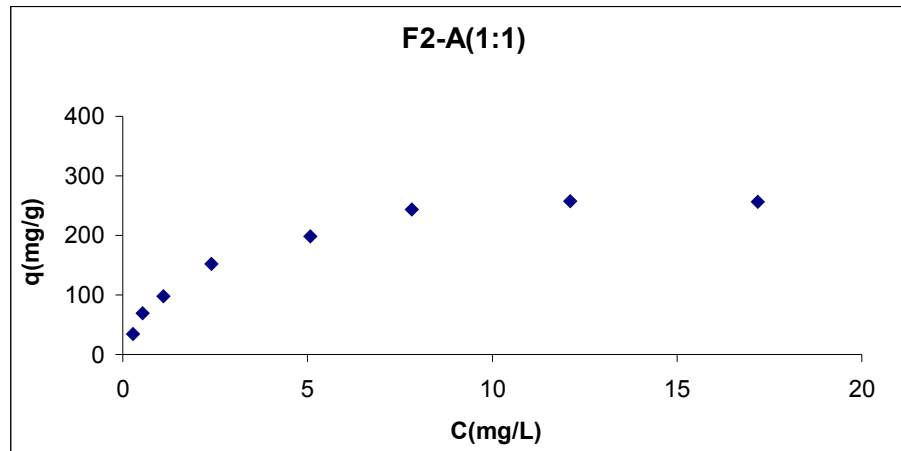
## Giles İzotermi



Şekil 4.100 A aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



Şekil 4.101 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



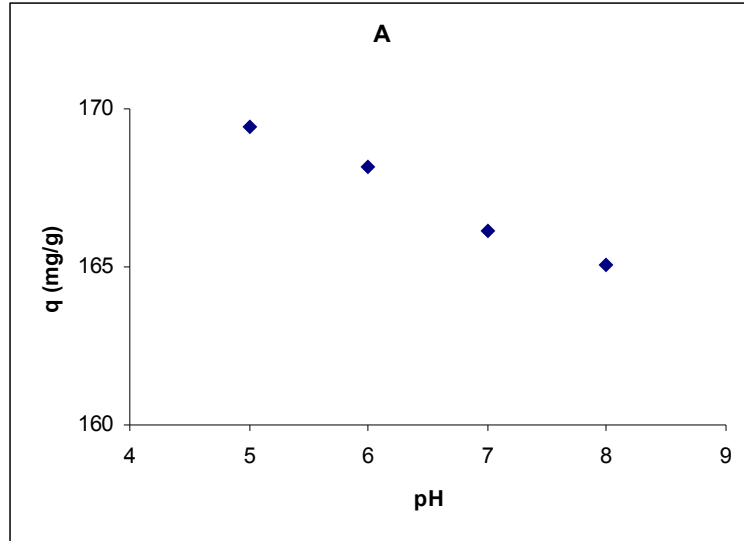
Şekil 4.102 F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği

**Tablo 4.19** Linuronun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

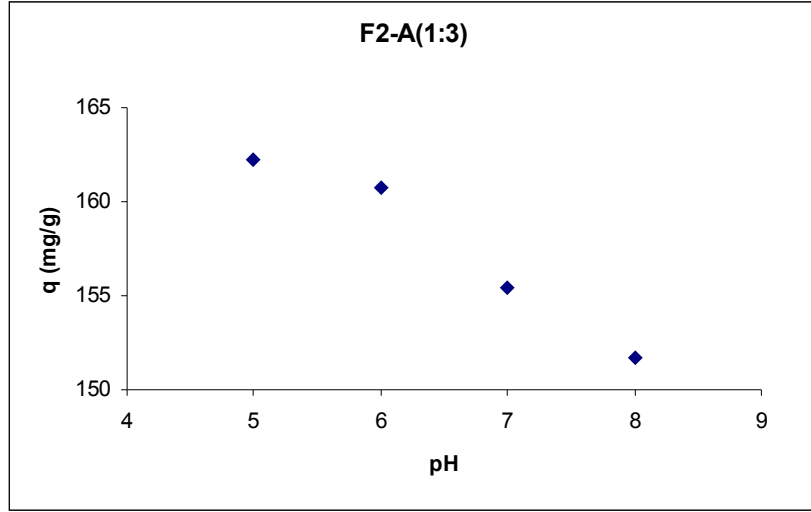
Adsorbentler	Freundlich			Langmuir		
	n	k	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (mgg <sup>-1</sup> )	b (Lmg <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
A	0,6072	125	0,9785	400	0,568	0,9879
F2-A(1:3)	0,5935	106	0,9653	357	0,509	0,9833
F2-A(1:1)	0,5513	85	0,9688	303	0,458	0,9889

#### 4.2.3.3 Linuron Adsorpsiyonuna pH Etkisi

Linuronun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonu, 10 mgL<sup>-1</sup> başlangıç konsantrasyonu, 0,01g/200mL adsorbent dozu ve çözeltili hacmi oranında çalışılmıştır. pH'ın adsorpsiyona etkisini gösteren grafikleri şekil 4.103 ve şekil 4.104'te verilmiştir.



**şekil 4.103** A aktif karbonu üzerinde linuron adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği

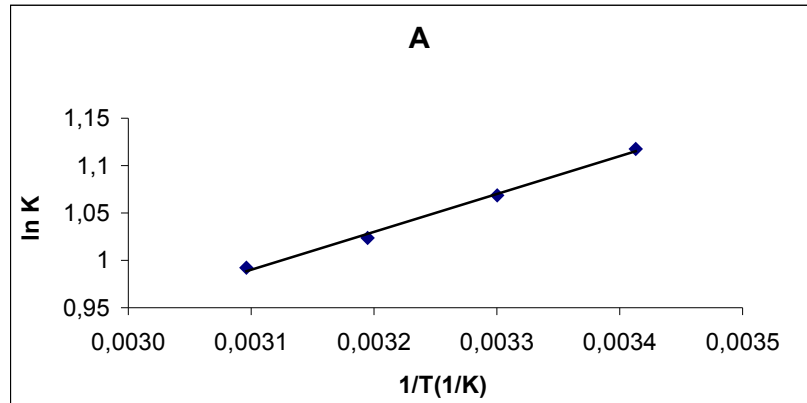


**Şekil 4.104** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonuna pH'm etkisi grafiği

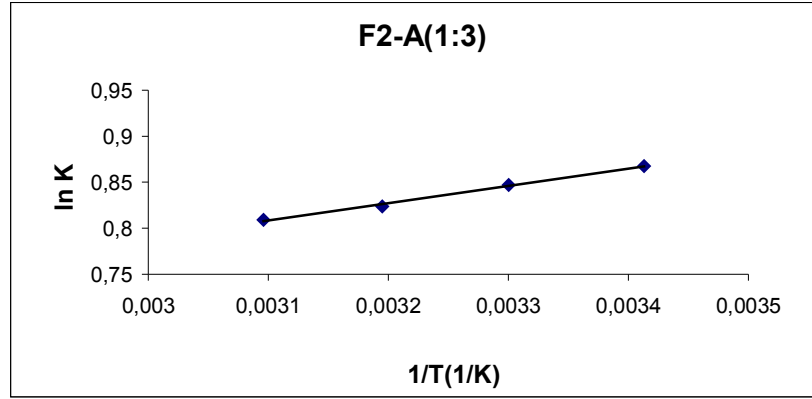
Linuronun aktif karbon ve mağnetik karbon üzerine adsorpsiyonunun pH ile azaldığı, sabit konsantrasyon ve pH'da adsorpsiyon sonrası aktif karbon tarafından adsorplanan madde miktarının mağnetik karbonlarınkinden yüksek olduğu bulunmuştur.

#### 4.2.3.4 Linuron Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi

Linuronun  $20 \text{ mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonu,  $0,01 \text{ g/200 mL}$  adsorbent dozu ve çözelti hacminde, A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine 20, 30, 40 ve  $50^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklardaki adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen  $\ln K-1/T$  grafiği Şekil 4.105 ve Şekil 4.106'da verilmiştir.



**Şekil 4.105** A aktif karbonu üzerine linuron adsorpsiyonunda  $\ln K-1/T$  grafiği



**Şekil 4.106** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine linuron adsorpsiyonunda  $\ln K-1/T$  grafiği

Linuronun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen Şekil 4.105 ve Şekil 4.106'daki  $\ln K-1/T$  grafiklerinin eğim ve kesimlerinden bulunan  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  ve (2.10)'a göre 20, 30, 40 ve 50 °C için bulunan  $\Delta G^0$  termodinamik parametreleri Tablo 4.20'de verilmiştir.

**Tablo 4.20** Linuronun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri

Adsorbent	$\Delta H^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )	$\Delta S^0$ (Jmol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	$\Delta G^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )			
			20 °C	30 °C	40 °C	50 °C
A	-3321	-2,06	-2716	-2696	-2675	-2655
F2-A(1:3)	-1566	-1,87	-1020	-1001	-982	-964

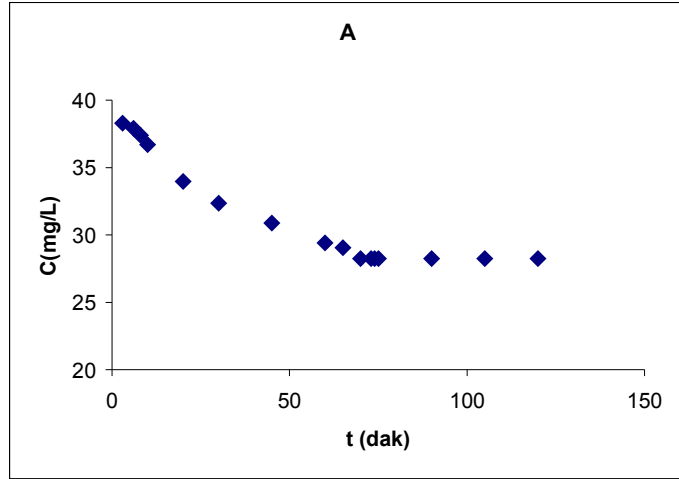
#### 4.2.4 Triton X-100

##### 4.2.4.1 Triton X-100'ün Adsorpsiyon Kinetiği

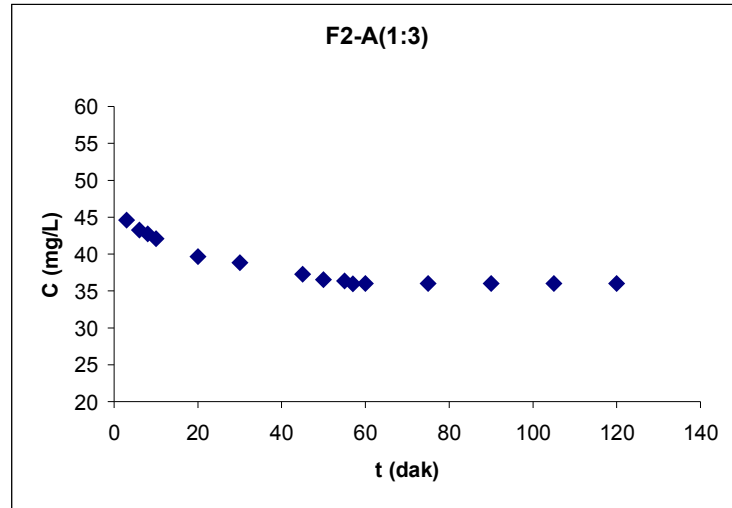
Triton X-100'ün aktif karbon ve mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişiminin incelenmesinde, çözelti konsantrasyonu 50 mgL<sup>-1</sup>, adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı 0,01 g /200 ml olarak çalışılmıştır.

##### Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

Triton X-100'ün A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda zaman, t (dak) ve denge konsantrasyonu, q (mgg<sup>-1</sup>) arasında çizilen konsantrasyonun zamanla değişimi grafikleri Şekil 4.107 ve 4.108'de, dengeye gelme süreleri ise Tablo 4.21'de verilmiştir.



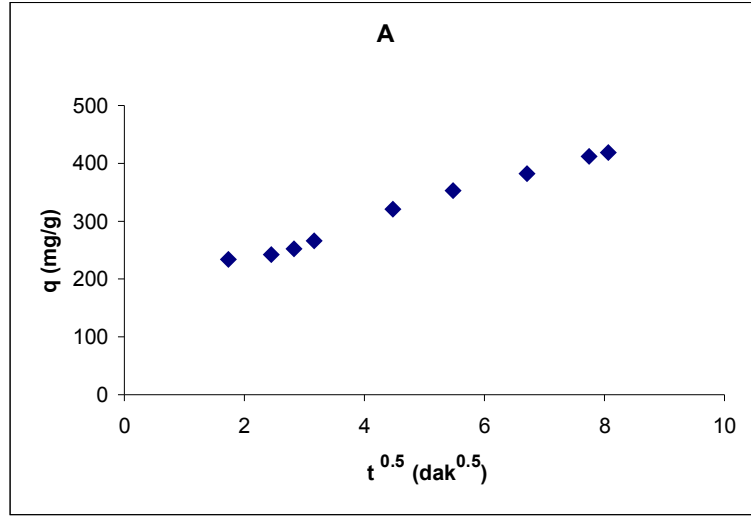
Şekil 4.107 A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği



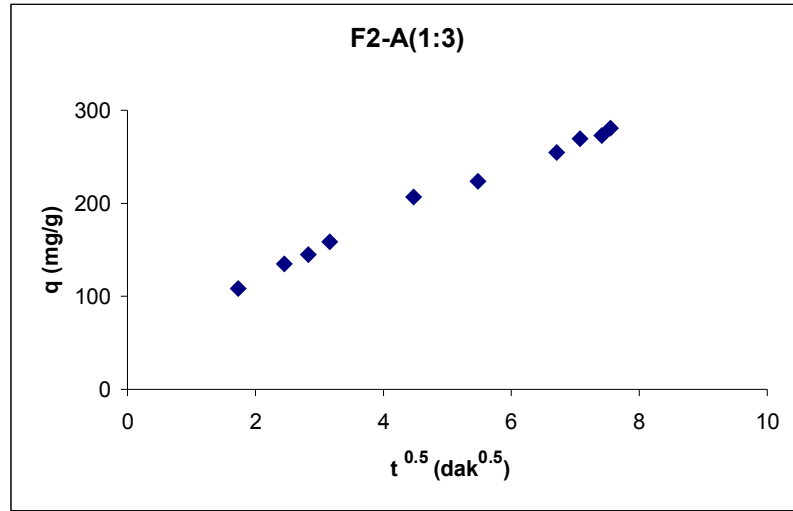
Şekil 4.108 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği

### *Tanecik İçi Difüzyonu*

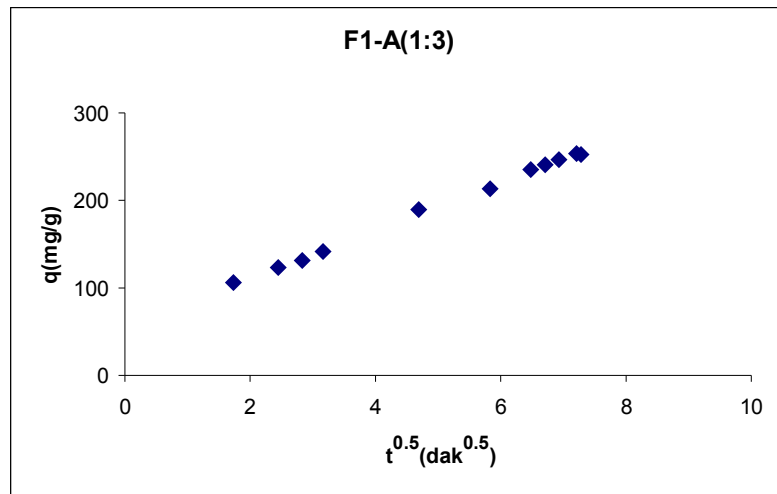
Triton X-100'ün A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların üzerine adsorpsiyonunda tanecik içi difüzyonun etkisini göstermek için, (2.6)'ya göre zamanın karekökü,  $t^{0.5}$  ((dak)<sup>0.5</sup>) ile herhangi bir t anında adsorplanan madde miktarı, q (mgg<sup>-1</sup>) arasında çizilen tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.109- 4.117'de ve tanecik içi difüzyon sabitleri Tablo 4.21'de verilmiştir.



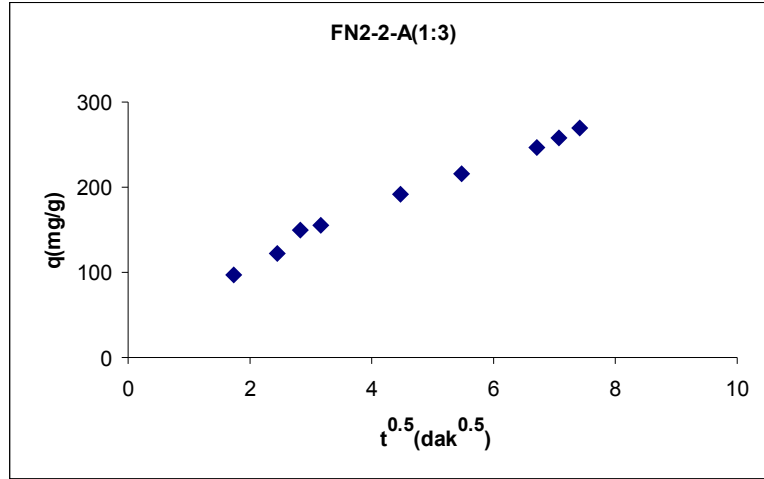
Şekil 4.109 A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



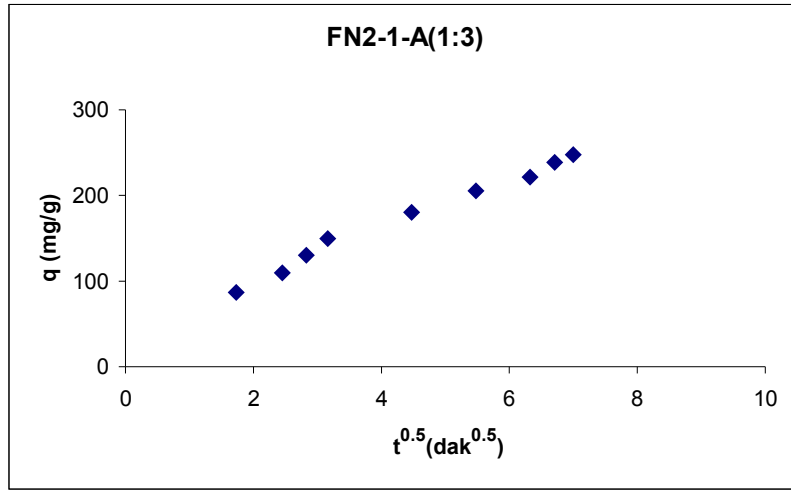
Şekil 4.110 F2-A(1:3) manyetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



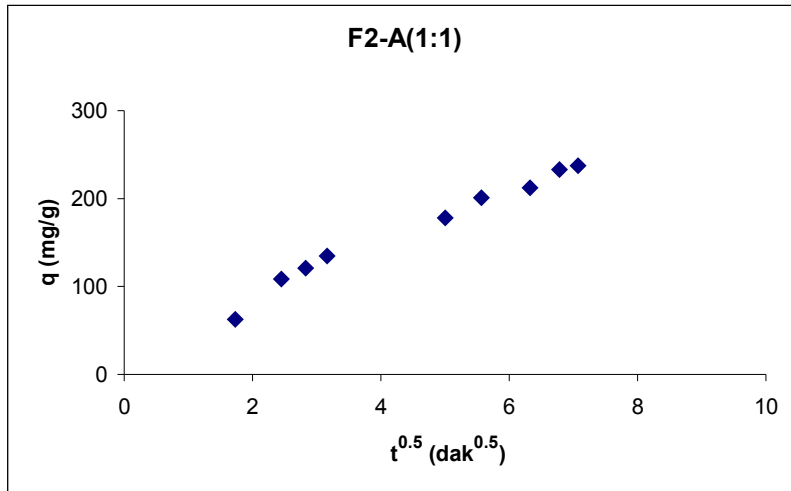
Şekil 4.111 F1-A(1:3) manyetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



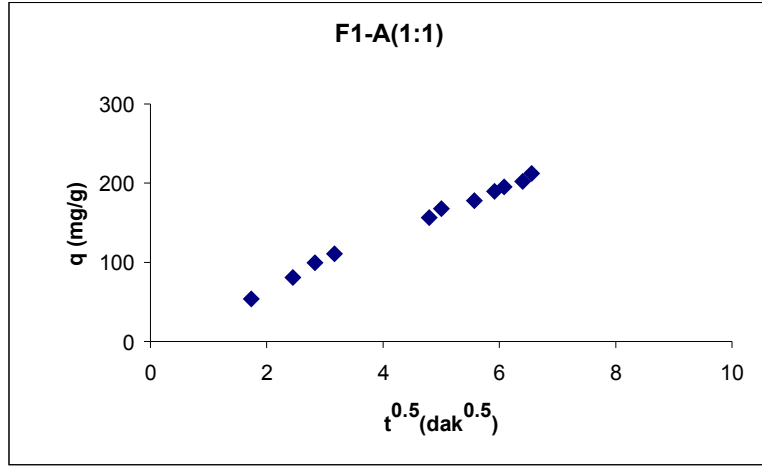
Şekil 4.112 FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



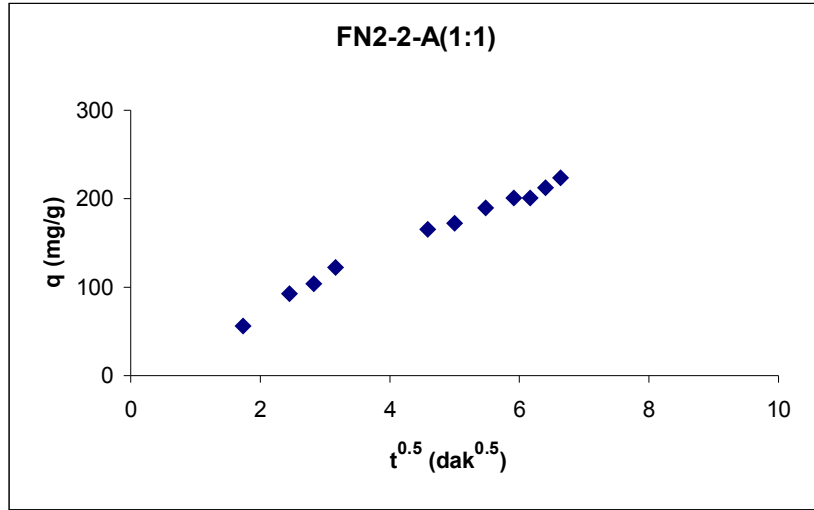
Şekil 4.113 FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



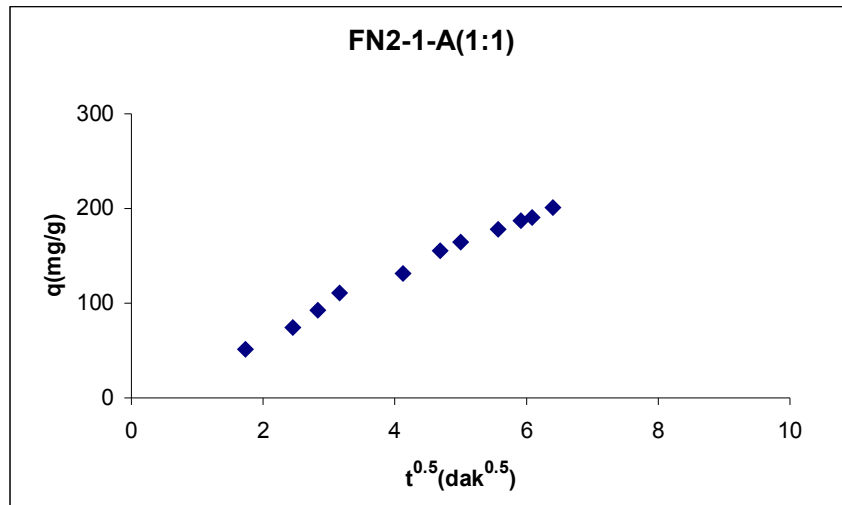
Şekil 4.114 F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



**Şekil 4.115** F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



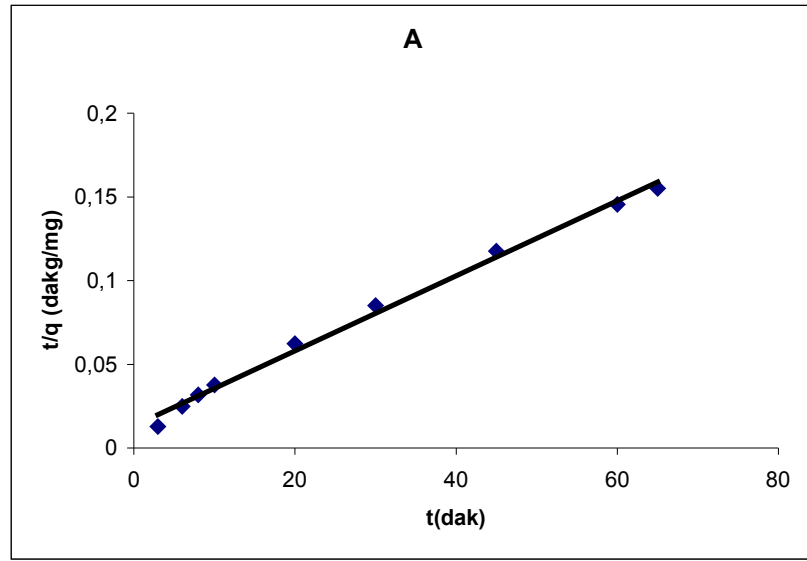
**Şekil 4.116** FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



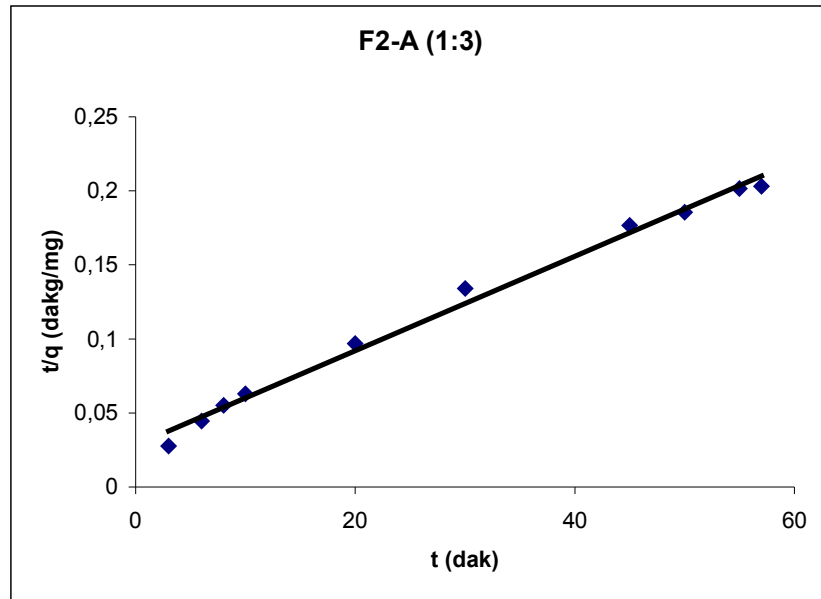
**Şekil 4.117** FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu

*Yalancı ikinci dereceden hız eşitliği grafiği*

Triton X-100'ün A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunun (2.8)'e göre zaman,  $t$  (dak) ile  $t/q$  (dakmg<sup>-1</sup>) arasında çizilen yalancı ikinci dereceden hız denklemleri Şekil 4.118 ve Şekil 4.119'da, A aktif karbonu ve bu karbondan üretilen mağnetik karbonların yalancı ikinci dereceden hız eşitliği sabitleri ise Tablo 4.21'de verilmiştir.



**Şekil 4.118** A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği



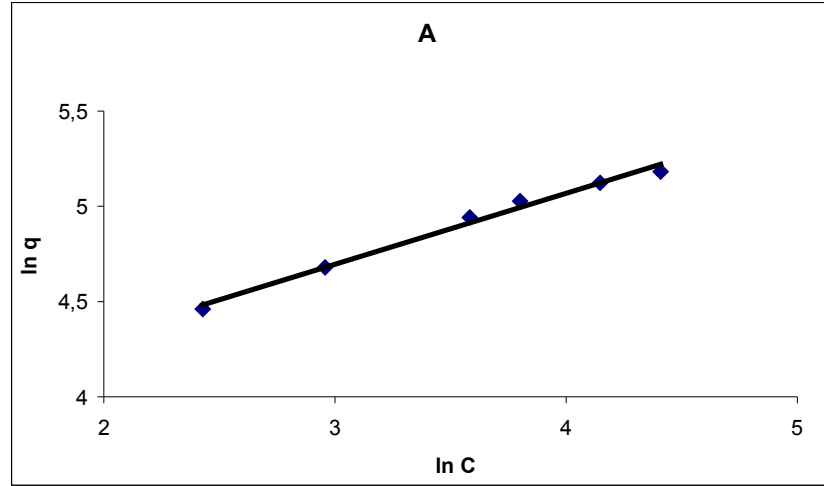
**Şekil 4.119** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği

**Tablo 4.21** Triton X-100'ün A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu hız sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri

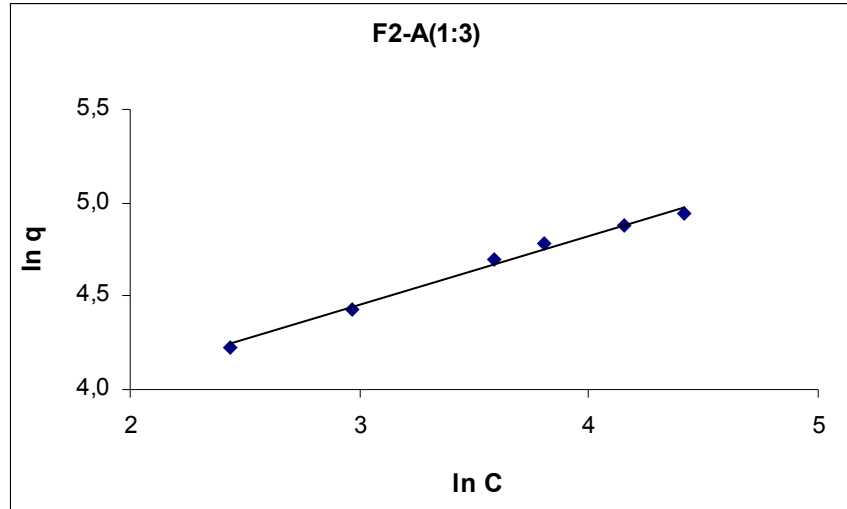
Adsorbentler	Dengeye gelme süresi, t (dak)	Tanecik içi difüzyon hız sabitleri, $k_i$ ( $\text{m}^2\text{g}^{-1}\text{dak}^{-0.5}$ )	Yalancı ikinci dereceden hız sabitleri, $k_2$ ( $\text{dakm}^2\text{g}^{-1}$ )	
		$k_i$	$k_2$	$R^2$
A	70	25,973	0,00225	0,9940
F2-A(1:3)	60	26,944	0,00319	0,9924
F1-A (1:3)	57	27,259	0,00332	0,9911
FN2-2-A(1:3)	55	27,389	0,00346	0,9903
FN2-1-A(1:3)	52	27,779	0,00355	0,9907
F2-A(1:1)	50	27,942	0,00357	0,9900
F1-A(1:1)	48	28,849	0,00362	0,9922
FN2-2-A(1:1)	45	28,922	0,00373	0,9902
FN2-1-A(1:1)	43	28,945	0,00380	0,9907

#### 4.2.4.2 Triton X-100 Adsorpsiyon İzotermi

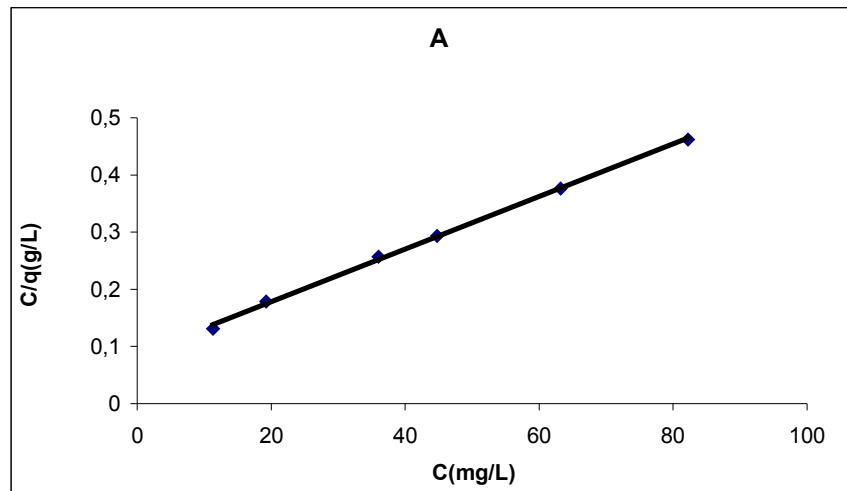
Triton X-100'ün A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunda, 20-160  $\text{mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonunda, 0,01g/200mL adsorbent dozu ve çözelti hacmi oranında çalışılmıştır. Adsorbent kapasitelerinin belirlenmesi için çizilen Freundlich (2.4), Langmuir (2.5) ve Giles izoterm grafikleri Şekil 4.120-4.125'de, diğer karbonların Giles izotermi Şekil 4.126-4.132'de ve tüm aktif karbon ve mağnetik karbonların adsorpsiyon izotermi sabitleri Tablo 4.22-4.24'te verilmiştir.



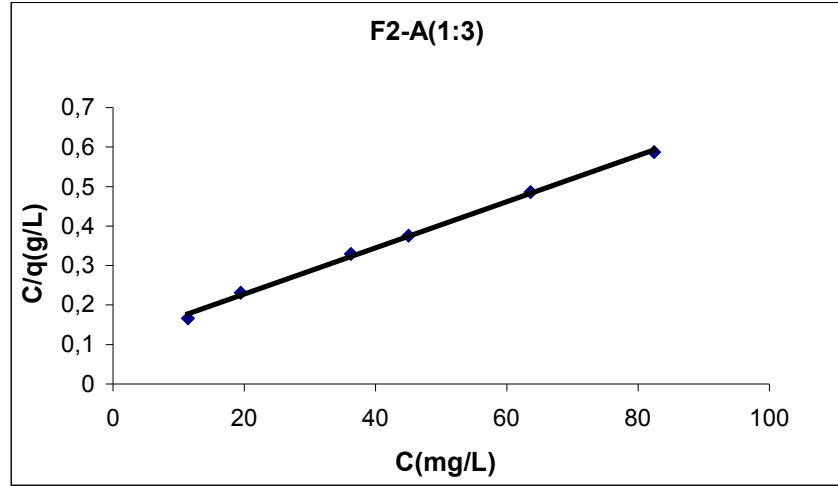
Şekil 4.120 A aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği



Şekil 4.121 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği

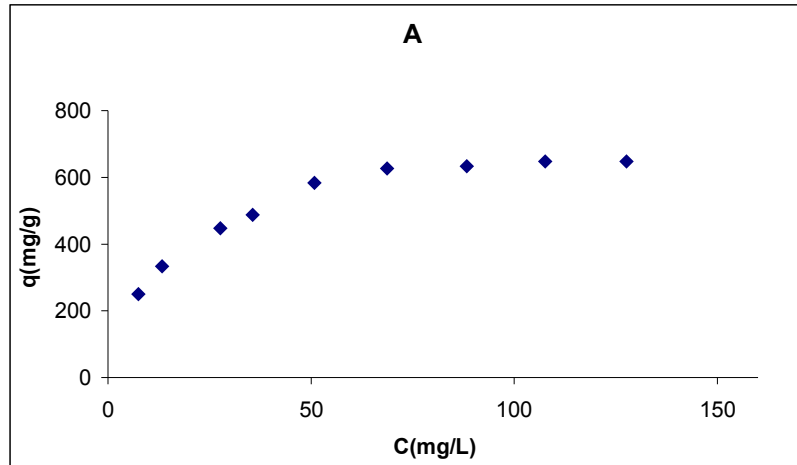


Şekil 4.122 A aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

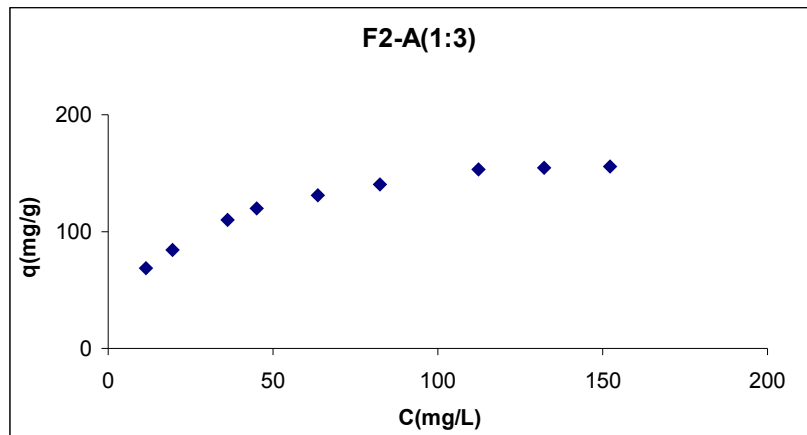


Şekil 4.123 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

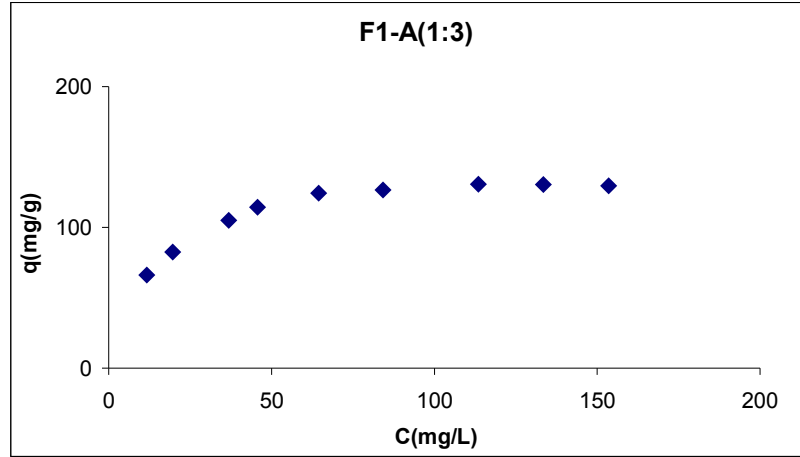
#### Giles İzotermi



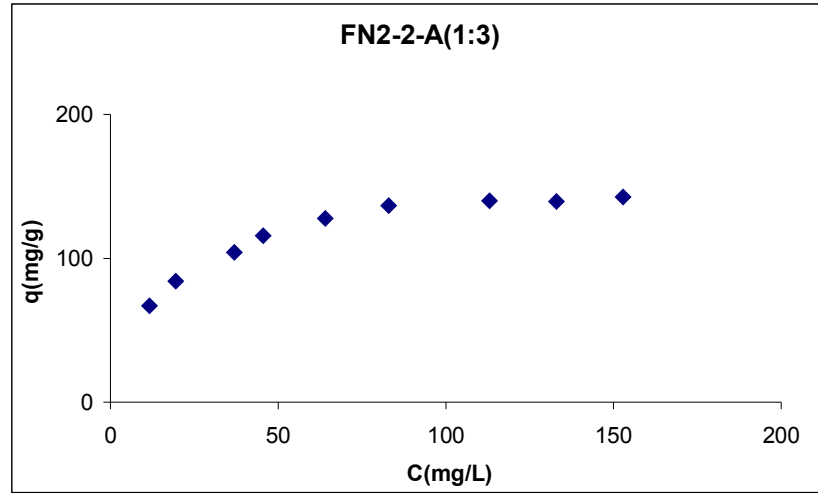
Şekil 4.124 A aktif karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



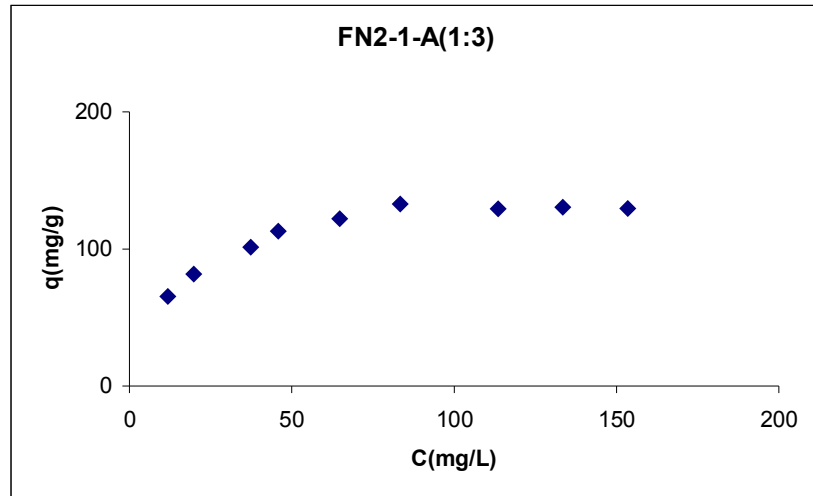
Şekil 4.125 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



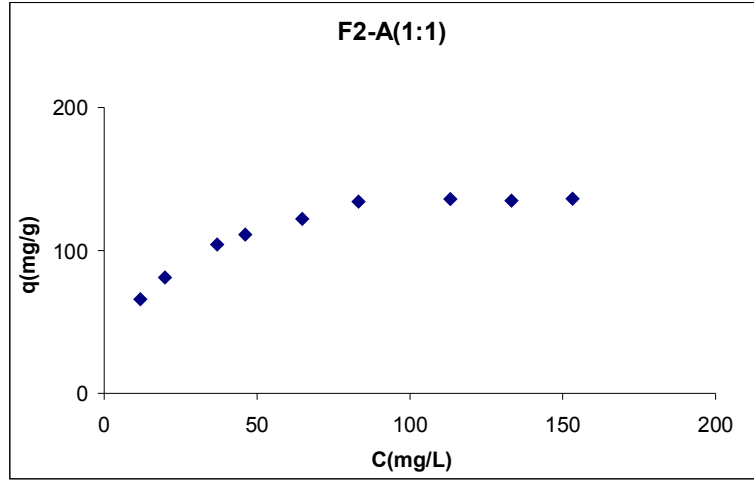
**Şekil 4.126** F1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



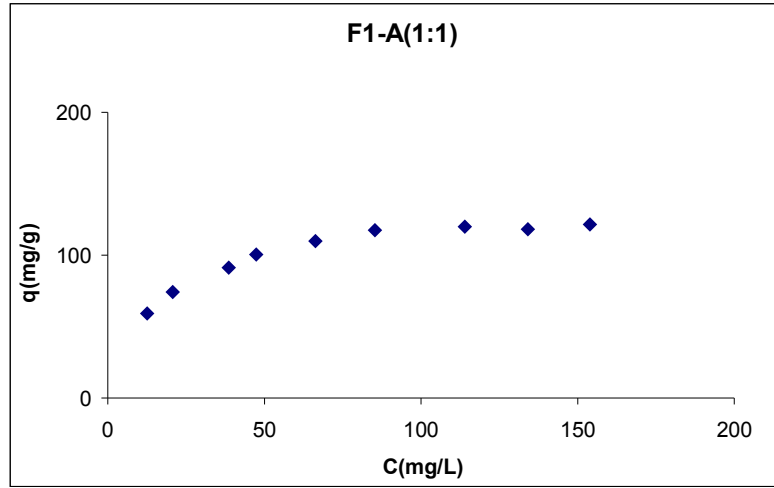
**Şekil 4.127** FN2-2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



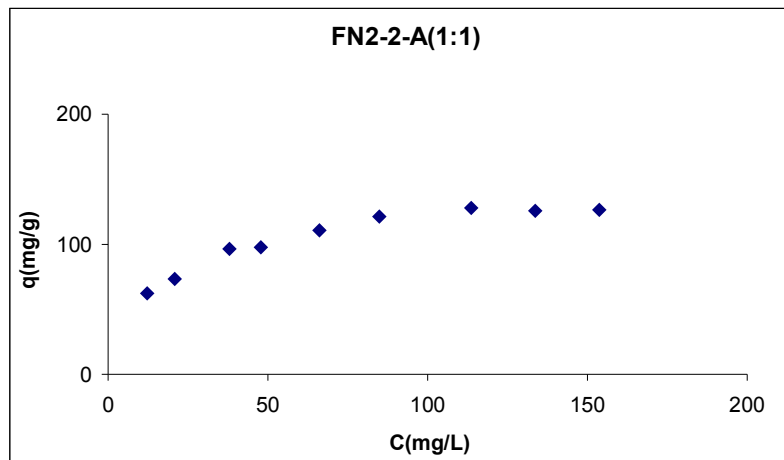
**Şekil 4.128** FN2-1-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



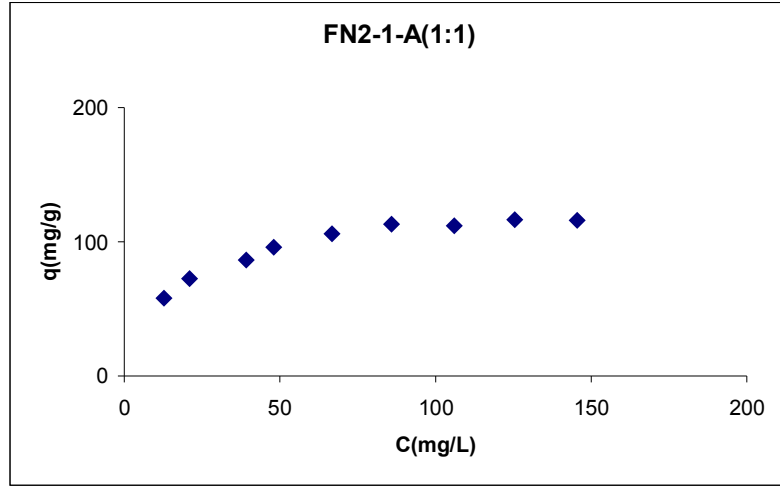
**Şekil 4.129** F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



**Şekil 4.130** F1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



**Şekil 4.131** FN2-2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



Şekil 4.132 FN2-1-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde triton X-100 adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği

Tablo 4.22 Triton X-100'ün A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

Adsorbentler	Freundlich			Langmuir		
	n	K	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (m $g g^{-1}$ )	b (Lm $g^{-1}$ )	R <sup>2</sup>
A	0,3727	35,79	0,9900	217,49	0,0533	0,9986
F2-A(1:3)	0,3712	28,20	0,9912	172,41	0,0522	0,9979
F1-A(1:3)	0,3663	27,44	0,9937	163,93	0,0520	0,9969
FN2-2-A (1:3)	0,3642	28,01	0,994	166,66	0,0520	0,9961
FN2-1-A(1:3)	0,3621	27,28	0,9933	161,34	0,0519	0,9959
F2-A(1:1)	0,3626	27,34	0,9954	161,29	0,0517	0,9954
F1-A(1:1)	0,3571	24,65	0,9922	142,86	0,0519	0,9974
FN2-2-A(1:1)	0,3468	26,068	0,9911	144,92	0,0518	0,9912
FN2-1-A(1:1)	0,3473	24,52	0,9929	136,98	0,0517	0,9945

**Tablo 4.23** Triton X-100'ün B aktif karbonu ve B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

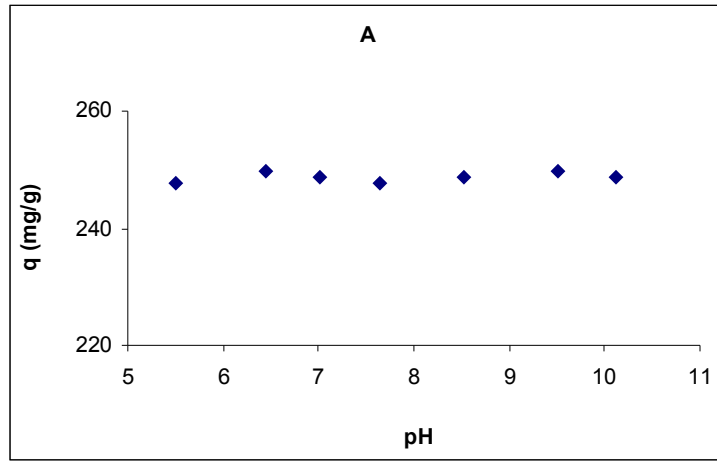
Adsorbentler	Freundlich			Langmuir		
	n	k	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (mgg <sup>-1</sup> )	b (Lmg <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
<b>B</b>	0,3494	36,66	0,9854	200	0,0572	0,9967
<b>F2-B(1:3)</b>	0,3490	29,31	0,9848	158	0,0577	0,9965
<b>F1-B(1:3)</b>	0,3389	27,75	0,9921	145	0,0575	0,9971
<b>FN2-2-B(1:3)</b>	0,3401	27,84	0,9923	147	0,0571	0,9972
<b>FN2-1-B(1:3)</b>	0,3313	27,48	0,9926	141	0,0566	0,9949
<b>F2-B(1:1)</b>	0,3321	26,25	0,9916	133	0,0576	0,9966
<b>F1-B(1:1)</b>	0,3194	25,35	0,9977	123	0,0572	0,9952
<b>FN2-2-B(1:1)</b>	0,3233	25,53	0,9961	128	0,0544	0,9910
<b>FN2-1-A(1:1)</b>	0,3134	24,38	0,9919	116	0,0564	0,9913

**Tablo 4.24** Triton X-100'ün C aktif karbonu ve C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

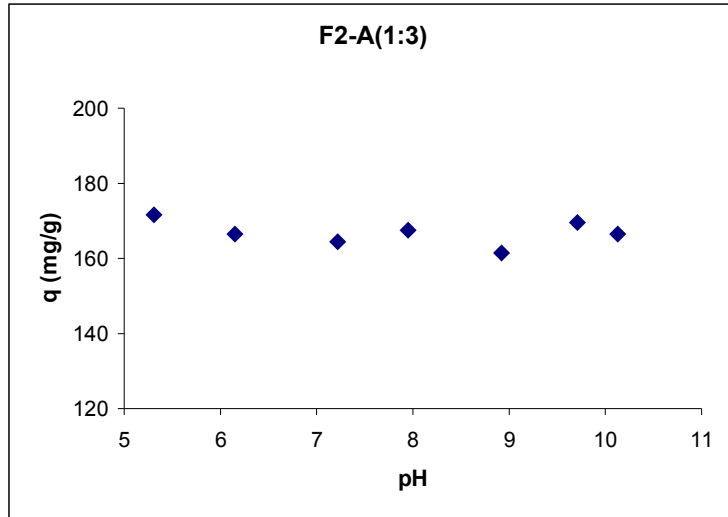
Adsorbentler	Freundlich			Langmuir		
	n	k	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (mgg <sup>-1</sup> )	b (Lmg <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
<b>C</b>	0,3329	32,94	0,9965	169	0,0550	0,9929
<b>F2-C(1:3)</b>	0,3305	26,21	0,9948	133	0,0567	0,9956
<b>F1-C(1:3)</b>	0,3202	25,22	0,9985	123	0,0565	0,9949
<b>FN2-2-C(1:3)</b>	0,3204	25,76	0,9958	127	0,0559	0,9922
<b>FN2-1-C(1:3)</b>	0,3161	23,76	0,9934	115	0,0557	0,992
<b>F2-C(1:1)</b>	0,3138	24,20	0,9914	116	0,0554	0,9915
<b>F1-C(1:1)</b>	0,3056	22,80	0,9945	106	0,0549	0,9911
<b>FN2-2-C(1:1)</b>	0,3062	22,57	0,9948	105	0,0549	0,9910
<b>FN2-1-C(1:1)</b>	0,2994	21,32	0,9950	77	0,0547	0,9898

#### 4.2.4.3 Triton X-100 Adsorpsiyonuna pH Etkisi

Triton X-100'ün aktif karbon ve mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonunda pH etkisinin incelenmesinde, çözelti konsantrasyonu  $20 \text{ mgL}^{-1}$ , adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı  $0,01 \text{ g} / 200 \text{ ml}$  olarak çalışılmıştır. Triton X-100'ün A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda pH'm adsorpsiyona etkisini gösteren grafikleri Şekil 4.133 ve Şekil 4.134'te verilmiştir.



Şekil 4.133 A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonuna pH'nin etkisi grafiği

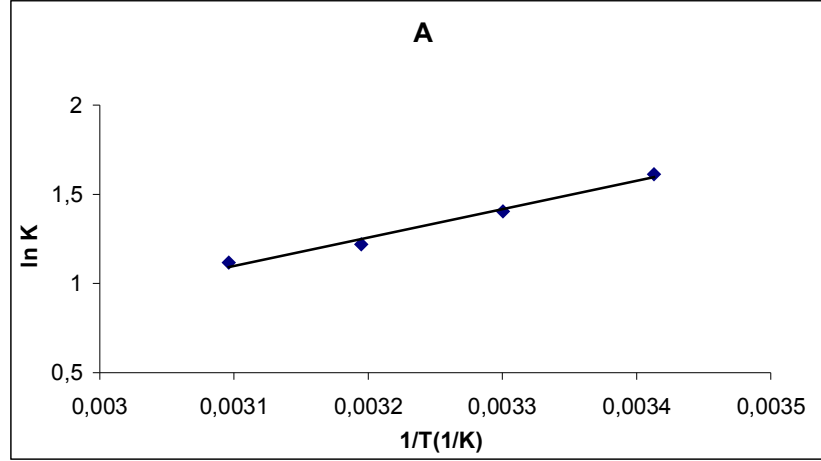


Şekil 4.134 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonuna pH'nin etkisi grafiği

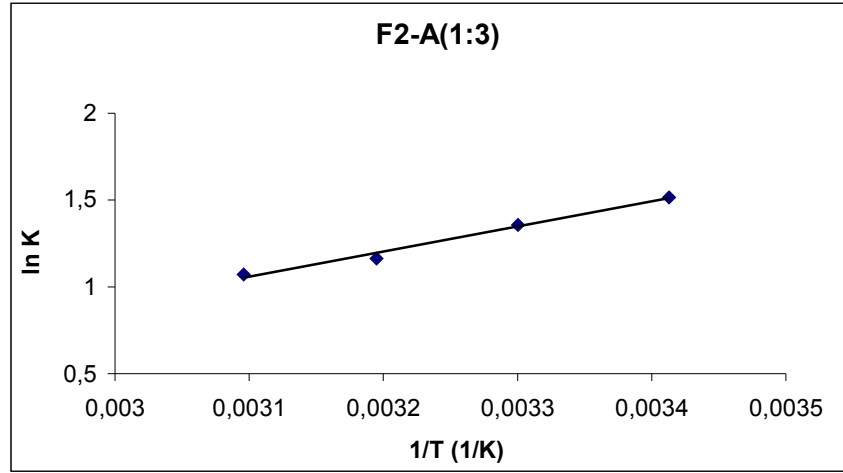
Triton X-100'ün A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbon üzerine adsorpsiyonunu pH'nin etkilemediği görülmüştür.

#### 4.2.4.4 Triton X-100 Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi

Triton X-100'ün  $40 \text{ mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonu,  $0,01 \text{ g/200 mL}$  adsorbent dozu ve çözelti hacminde, A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen  $\ln K-1/T$  grafiği Şekil 4.135 ve Şekil 4.136'da verilmiştir.



Şekil 4.135 A aktif karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için  $\ln K-1/T$  grafiği



Şekil 4.136 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine triton X-100 adsorpsiyonu için  $\ln K-1/T$  grafiği

Triton X-100'ün A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen Şekil 4.135 ve Şekil 4.136'daki  $\ln K-1/T$  grafiklerinin eğim ve kesimlerinden bulunan  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  ve (2.10)'a göre 20, 30, 40 ve 50  $^{\circ}\text{C}$  için bulunan  $\Delta G^0$  termodinamik parametreleri Tablo 4.25'te verilmiştir.

**Tablo 4.25** Triton X-100'ün A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri

Adsorbent	$\Delta H^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )	$\Delta S^0$ (Jmol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	$\Delta G^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )			
			20 °C	30 °C	40 °C	50 °C
A	-3239	-7,74	-971	-893	-816	-738
F2-A(1:3)	-2059	-5,98	-305	-245	-186	-126

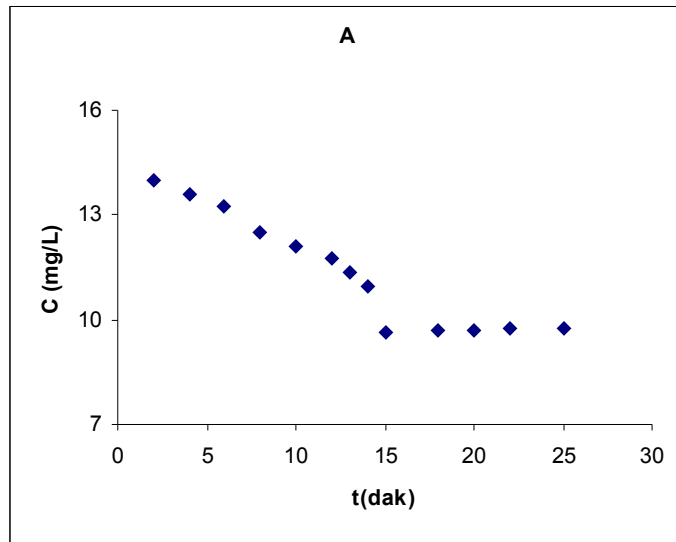
#### 4.2.5 SDS

##### 4.2.5.1 SDS'nin Adsorpsiyon Kinetiği

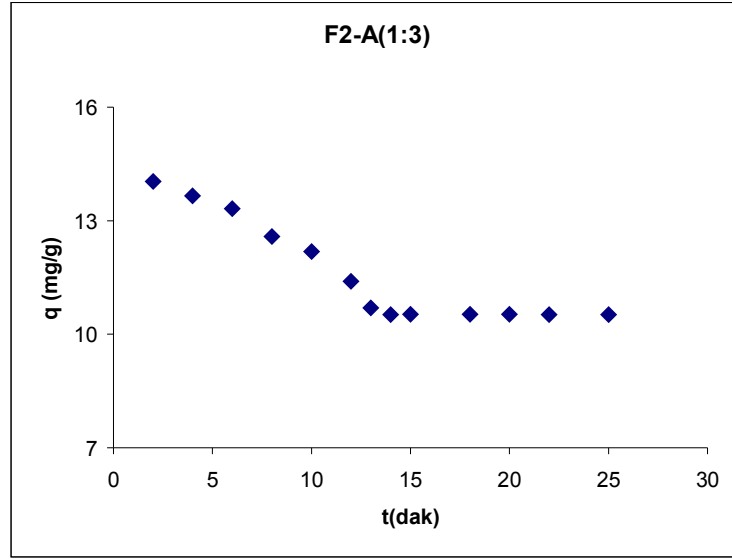
SDS'nin aktif karbon ve mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişiminin incelenmesinde, çözelti konsantrasyonu 110 mgL<sup>-1</sup>, adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı 0,01 g/200 ml olarak çalışılmıştır.

##### Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

SDS'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda zaman, t(dak) ve denge konsantrasyonu, C (mgL<sup>-1</sup>) arasında çizilen konsantrasyonun zamanla değişimi grafikleri Şekil 4.137 ve Şekil 4.138'de, dengeye gelme süreleri ise Tablo 4.22'de verilmiştir.



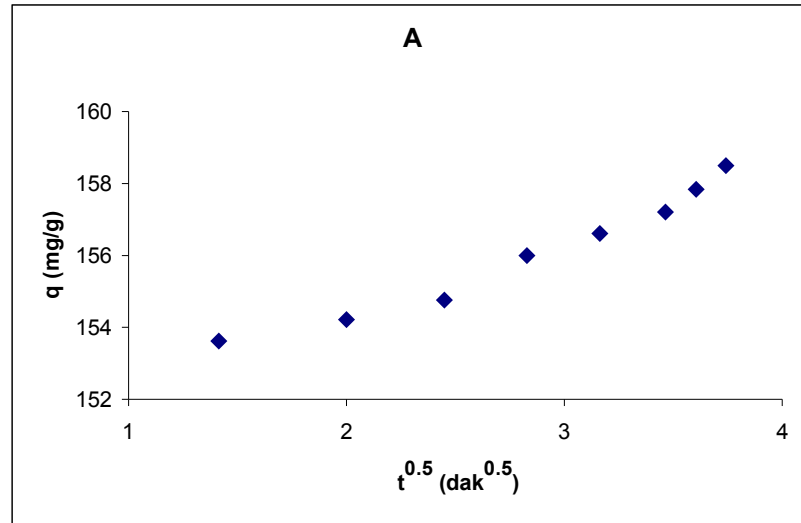
**Şekil 4.137** A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği



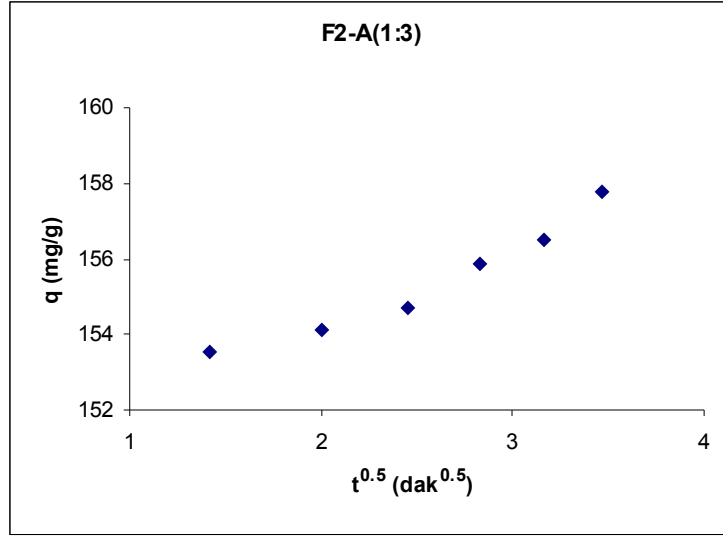
**Şekil 4.138** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği

#### *Tanecik İçi Difüzyonu*

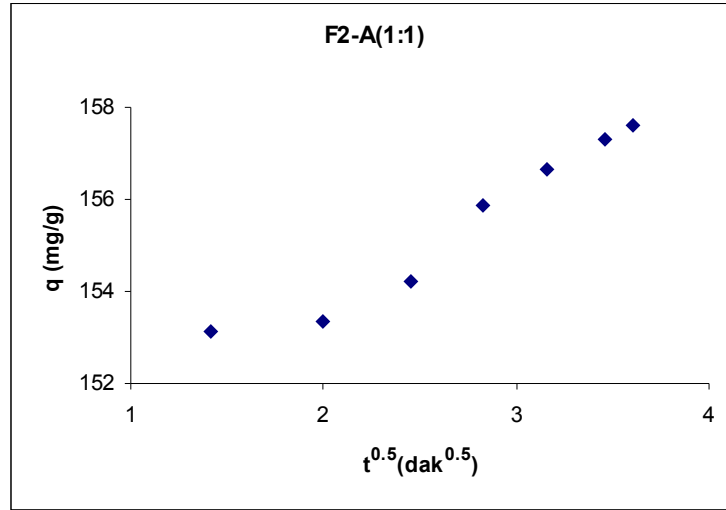
SDS'nin A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların üzerine adsorpsiyonunda tanecik içi difüzyonun etkisini göstermek için (2.6)'ya göre zamanın karekökü,  $t^{0.5}$  ((dak)<sup>0.5</sup>) ile herhangi bir t anında adsorplanan madde miktarı, q (mgg<sup>-1</sup>) arasında çizilen tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.139-4.140'ta ve tanecik içi difüzyon sabitleri Tablo 4.26'da verilmiştir.



**Şekil 4.139** A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



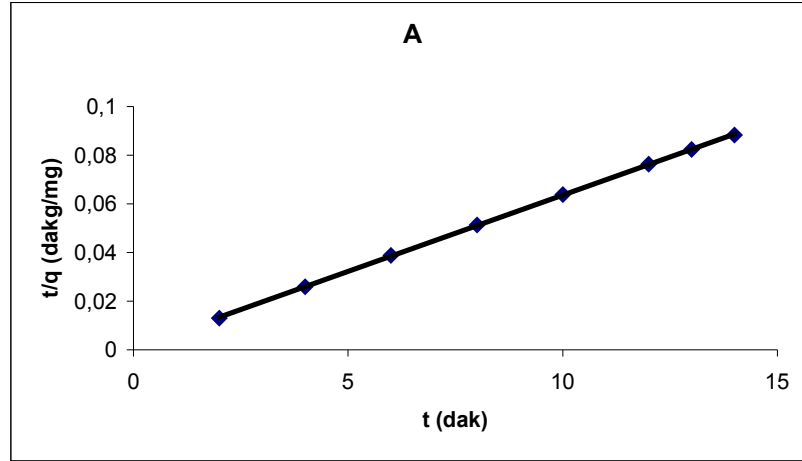
Şekil 4.140 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



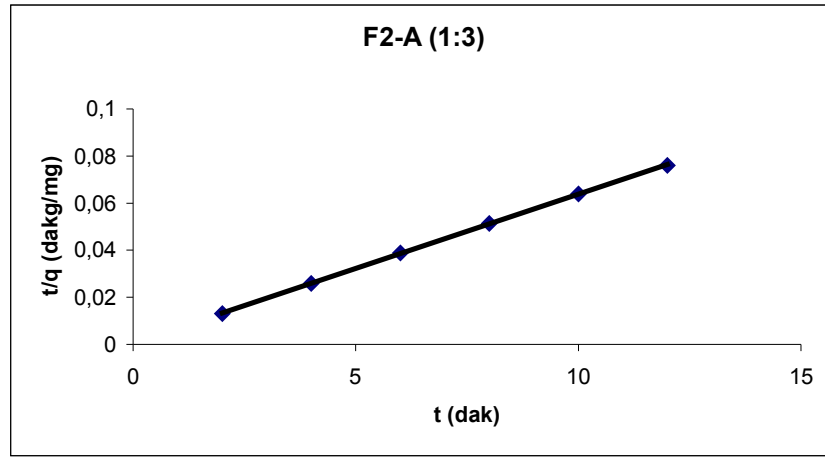
Şekil 4.141 F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu

*Yalancı ikinci dereceden hız eşitliği grafiği*

SDS'nin A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunun (2.8)'e göre zaman,  $t$  (dak) ile  $t/q$  (dak $gm^{-1}$ ) arasında çizilen yalancı ikinci dereceden hız denklemleri grafikleri Şekil 4.142 ve Şekil 4.143'te, A aktif karbonu ve bu karbondan üretilen mağnetik karbonların yalancı ikinci dereceden hız eşitliği sabitleri ise Tablo 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.142 A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği



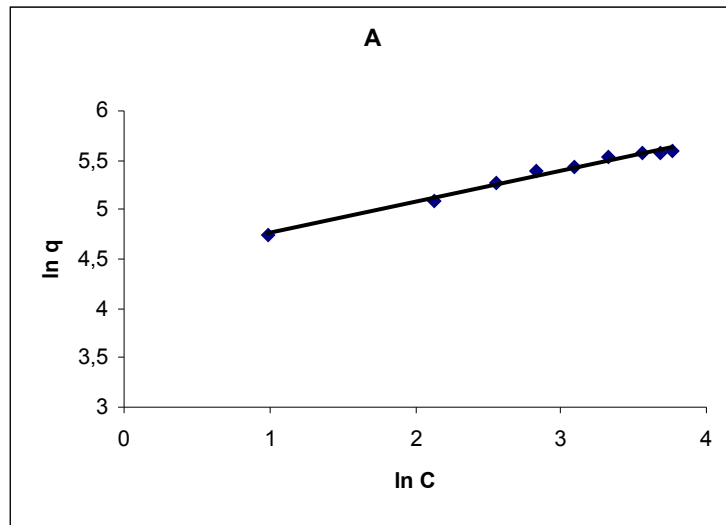
Şekil 4.143 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği

Tablo 4.26 SDS'nin aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri

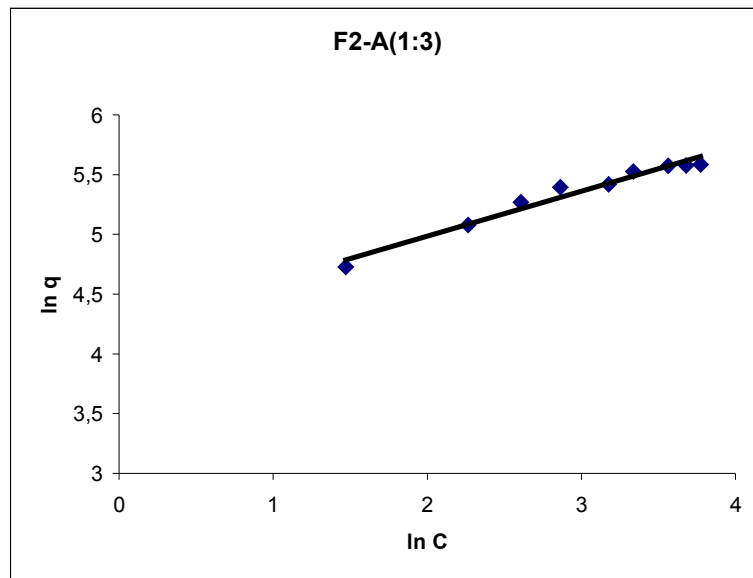
Adsorbentler	Dengeye gelme süresi, t (dak)	Tanecik içi difüzyon sabitleri, $k_i$ ( $\text{m}^2\text{g}^{-1}\text{dak}^{-0.5}$ )	Yalancı ikinci dereceden hız sabitleri, $k_2$ ( $\text{dakm}^2\text{g}^{-1}$ )	
		$k_i$	$k_2$	$R^2$
A	15	2,62	0,00628	0,9999
F2-A(1:3)	13	2,92	0,00631	0,9999
F2-A(1:1)	13	3,03	0,00632	0,9999

#### 4.2.5.2 SDS Adsorpsiyon İzotermi

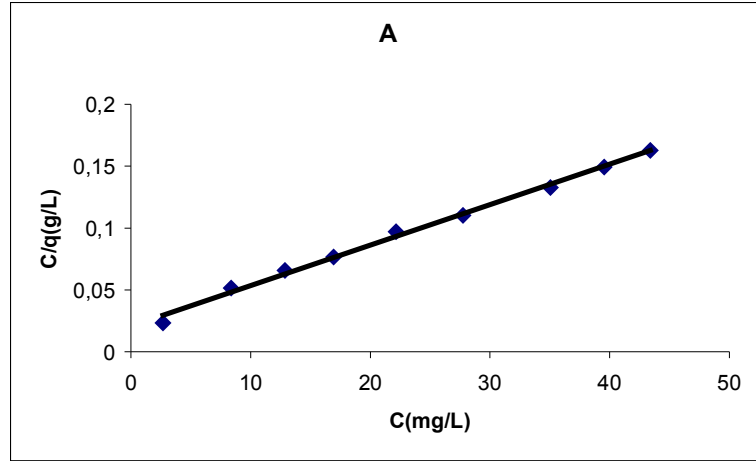
SDS'nin A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunda, 75-210 mgL<sup>-1</sup> konsantrasyon aralığında, adsorbent dozu ve çözelti oranı 0,01g/200mL olarak çalışılmıştır. Adsorbent adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi için çizilen Freundlich (2.4), Langmuir (2.5) ve Giles izoterm grafikleri Şekil 4.144-4.149'de, F2-A(1:1) mağnetik karbonunun Giles izotermi Şekil 4.150'de ve A aktif karbonu ve A karbonundan üretilen mağnetik karbonların adsorpsiyon izotermi sabitleri Tablo 4.27'de verilmiştir.



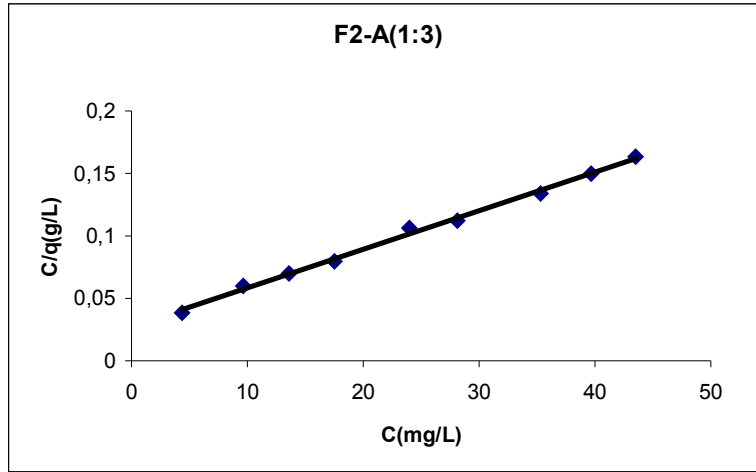
Şekil 4.144 A aktif karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği



Şekil 4.145 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği

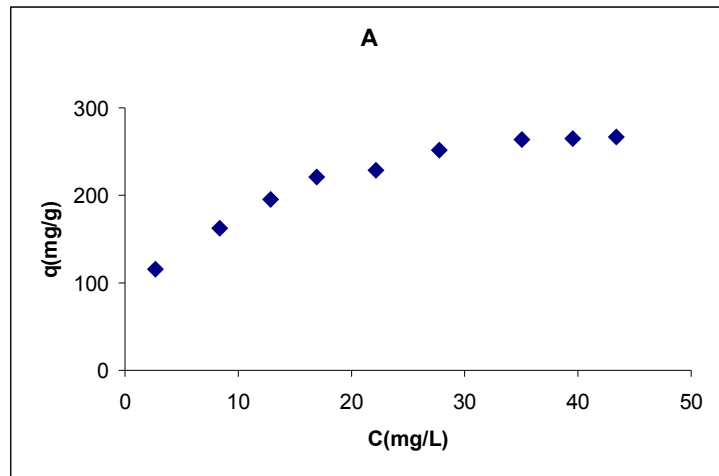


Şekil 4.146 A aktif karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

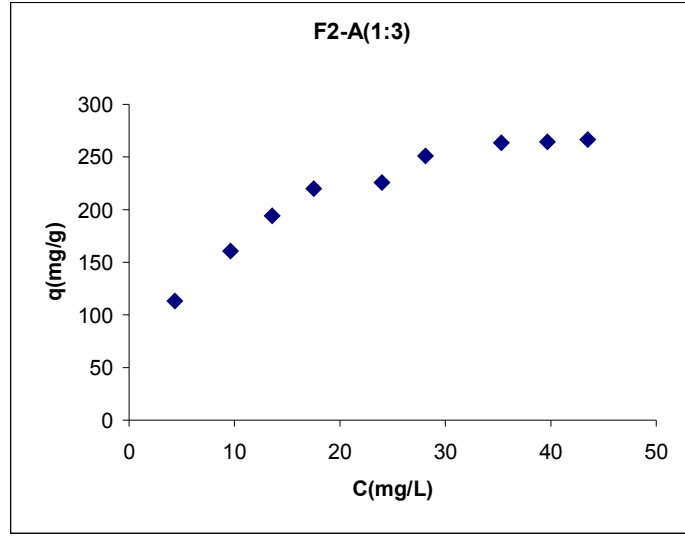


Şekil 4.147 F2-A(1:3) manyetik karbonu üzerinde adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

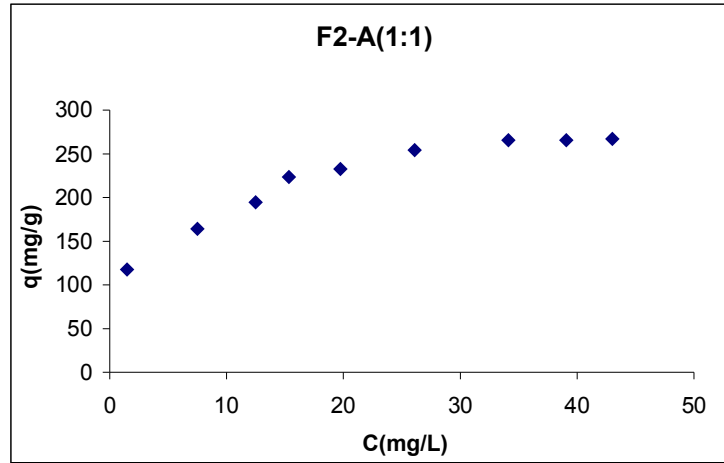
### Giles İzotermi



Şekil 4.148 A aktif karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



Şekil 4.149 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde SDS adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



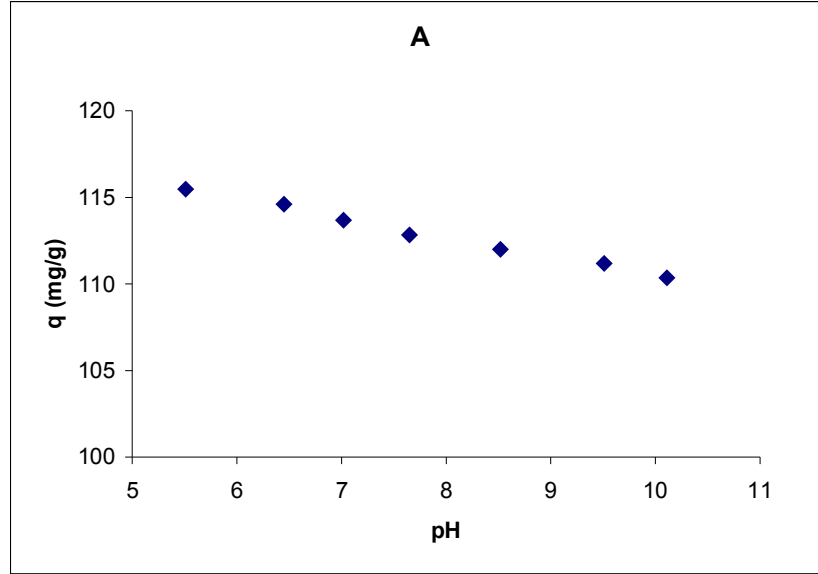
Şekil 4.150 F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerinde adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği

Tablo 4.27 SDS'nin A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

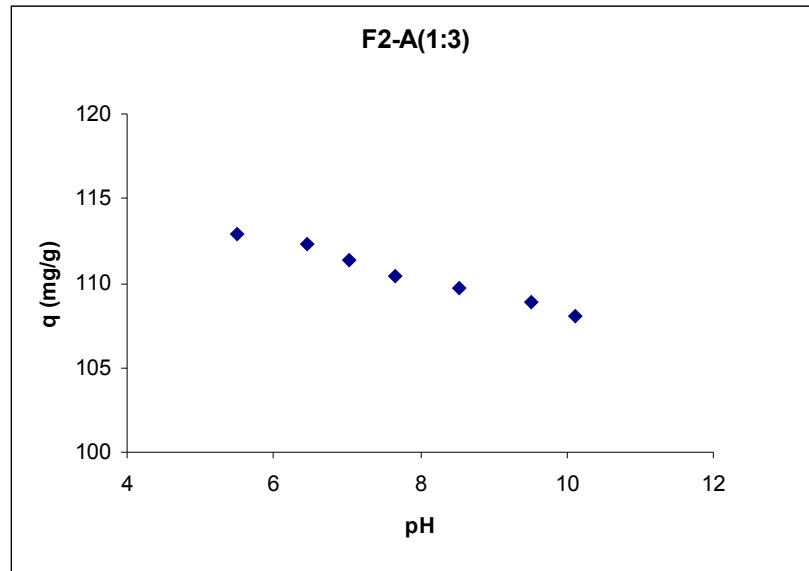
Adsorbentler	Freundlich			Langmuir		
	n	k	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (m <sup>gg</sup> <sup>-1</sup> )	b (Lm <sup>g</sup> <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
A	0,375	69,18	0,9683	323	0,113	0,9963
F2-A(1:3)	0,312	86,40	0,9856	303	0,158	0,9952
F2-A(1:1)	0,260	104,3	0,9775	294	0,210	0,9925

#### 4.2.5.3 SDS Adsorpsiyonuna pH Etkisi

SDS'nin aktif karbon ve mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonunda pH etkisinin incelenmesinde, çözelti konsantrasyonu  $75 \text{ mgL}^{-1}$ , adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı  $0,01 \text{ g} / 200 \text{ ml}$  olarak çalışılmıştır. SDS'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda pH'nin adsorpsiyona etkisini gösteren grafikleri Şekil 4.151 ve Şekil 4.152'de verilmiştir.



Şekil 4.151 A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonuna pH'nin etkisi grafiği

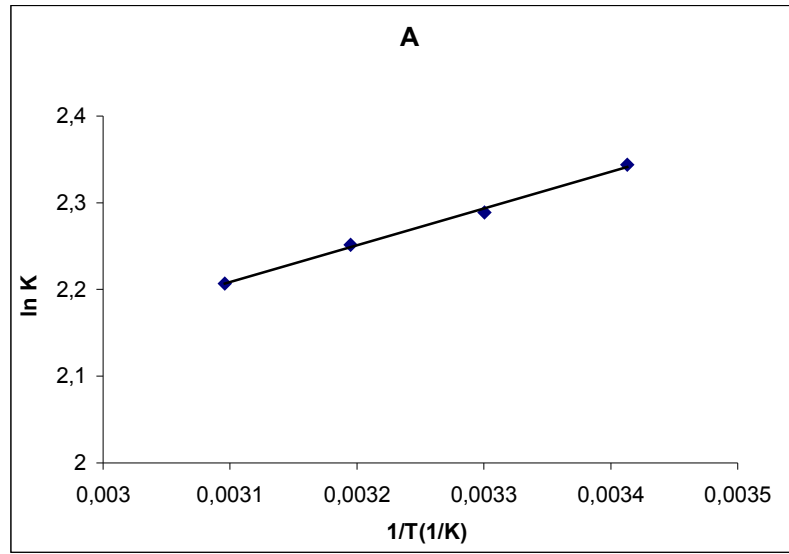


Şekil 4.152 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonuna pH'nin etkisi grafiği

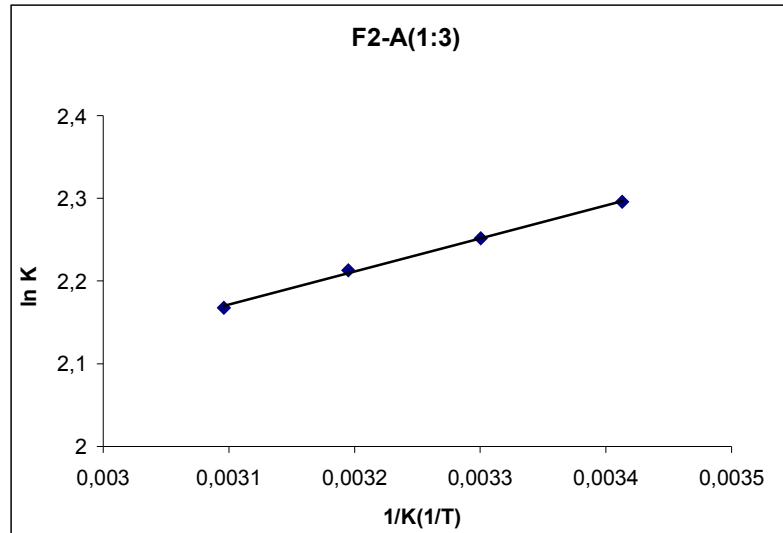
SDS'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbon üzerine adsorpsiyonunun pH ile azaldığı görülmüştür.

#### 4.2.5.4 SDS Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi

SDS'nin  $110 \text{ mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonu,  $0,01 \text{ g/200 mL}$  adsorbent dozu ve çözelti hacminde, A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine  $20, 30, 40$  ve  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklardaki adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen  $\ln K-1/T$  grafiği Şekil 4.153 ve Şekil 4.154'te verilmiştir.



Şekil 4.153 A aktif karbonu üzerine SDS adsorpsiyonunda  $\ln K-1/T$  grafiği



Şekil 4.154 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine SDS adsorpsiyonunda  $\ln K-1/T$  grafiği

SDS'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen Şekil 4.153 ve Şekil 4.154'teki  $\ln K-1/T$  grafiklerinin eğim ve kesimlerinden bulunan  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  ve (2.10)'a göre 20, 30, 40 ve 50 °C için bulunan  $\Delta G^0$  termodinamik parametreleri Tablo 4.28'de verilmiştir.

**Tablo 4.28** SDS'nin A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri

Adsorbent	$\Delta H^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )	$\Delta S^0$ (Jmol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	$\Delta G^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )			
			20 °C	30 °C	40 °C	50 °C
A	-3528	-7,42	-5703	-5778	-5852	-5926
F2-A(1:3)	-3320	-7,76	-5595	-5672	-5750	-5828

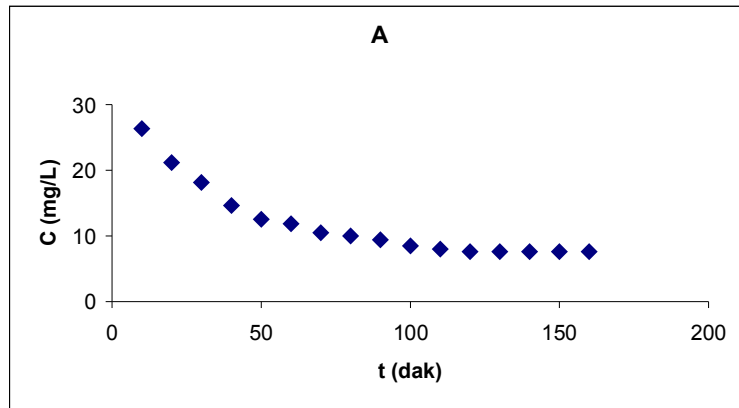
#### 4.2.6 Cr<sup>+6</sup> İyonu

##### 4.2.6.1 Cr<sup>+6</sup> İyonu Adsorpsiyon Kinetiği

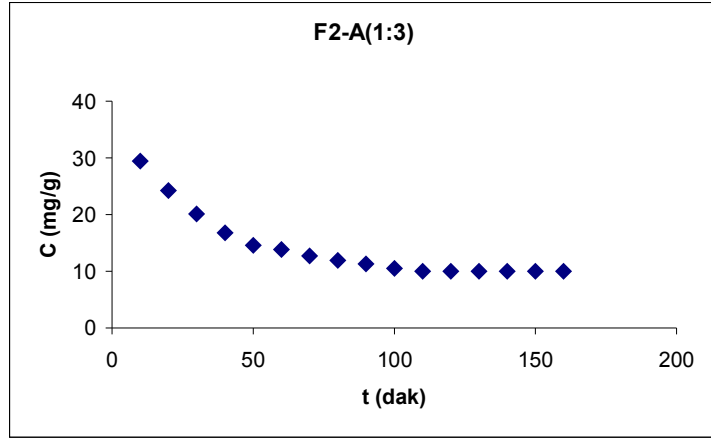
Cr<sup>+6</sup> iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişiminin incelenmesinde, başlangıç konsantrasyonu 60 mgL<sup>-1</sup>, adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı 0,01 g /100 ml olarak çalışılmıştır.

##### Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

Cr<sup>+6</sup> iyonunun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda zaman, t (dak) ve denge konsantrasyonu, C (mgL<sup>-1</sup>) arasında çizilen konsantrasyonun zamanla değişimi grafikleri Şekil 4.155 ve Şekil 4.156 'da, dengeye gelme süreleri ise Tablo 4.29'da verilmiştir.



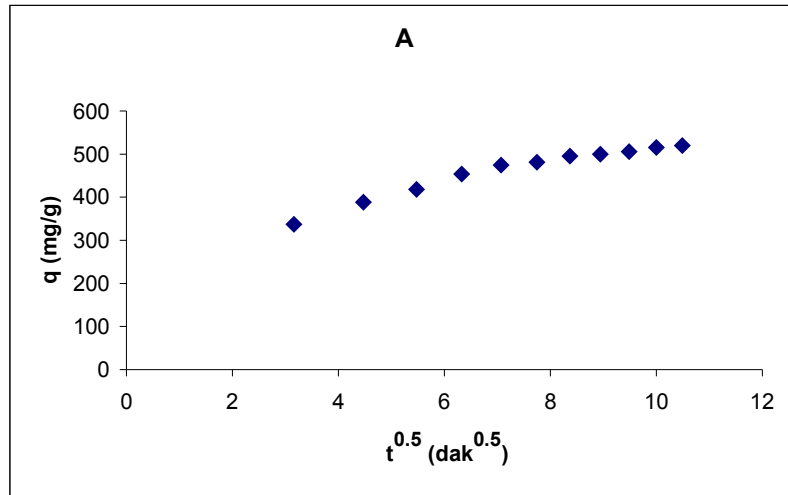
**Şekil 4.155** A aktif karbonu üzerine Cr<sup>+6</sup> iyonunun adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği



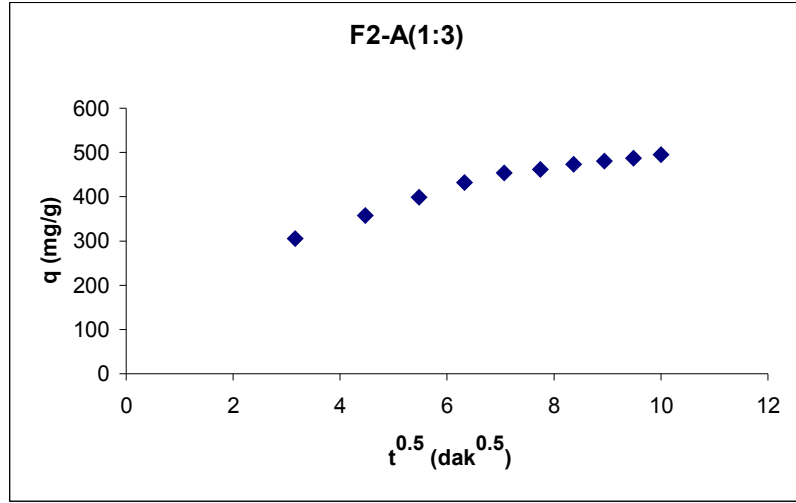
Şekil 4.156 F2-A(1:3) aktif karbonu üzerine  $\text{Cr}^{+6}$  iyonunun adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği

#### Tanecik İçi Difüzyonu

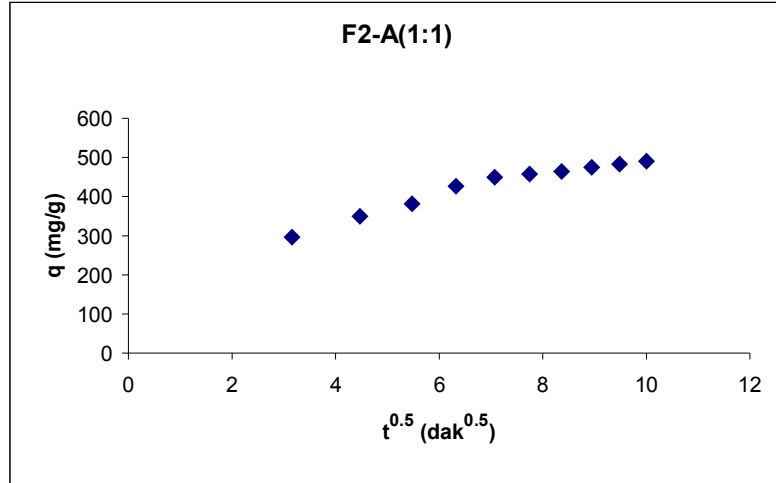
$\text{Cr}^{+6}$  iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların üzerine adsorpsiyonunda tanecik içi difüzyonun etkisini göstermek için (2.6)'ya göre zamanın karekökü,  $t^{0.5}$  ((dak)<sup>0.5</sup>) ile herhangi bir t anında adsorplanan madde miktarı, q (mgg<sup>-1</sup>) arasında çizilen tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.157-4.159'da tanecik içi difüzyon sabitleri ise Tablo 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4.157 A aktif karbonu üzerine  $\text{Cr}^{+6}$  iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



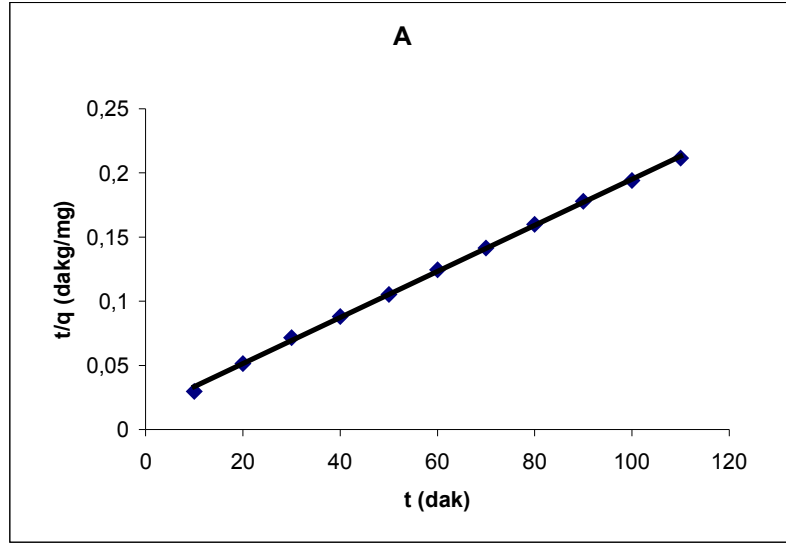
Şekil 4.158 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine  $Cr^{+6}$  iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



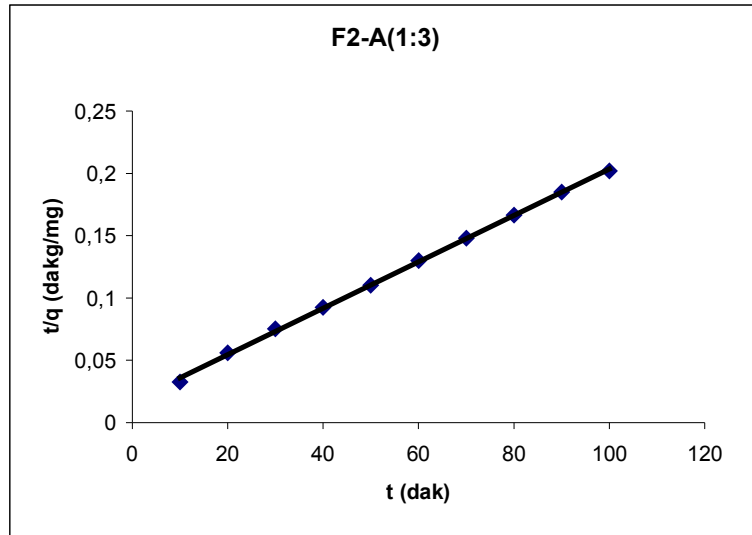
Şekil 4.159 F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine  $Cr^{+6}$  iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu

#### Yalancı ikinci dereceden hız eşitliği grafiği

$Cr^{6+}$ 'nın A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunun (2.8)'e göre zaman, t (dak) ile t/q (dakmg<sup>-1</sup>) arasında çizilen yalancı ikinci dereceden hız denklemleri grafiğleri Şekil 4.160 ve Şekil 4.161'de, bütün aktif karbon ve mağnetik karbonların yalancı ikinci dereceden hız eşitliği sabitleri ise Tablo 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4.160 A aktif karbonu üzerine Cr<sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği



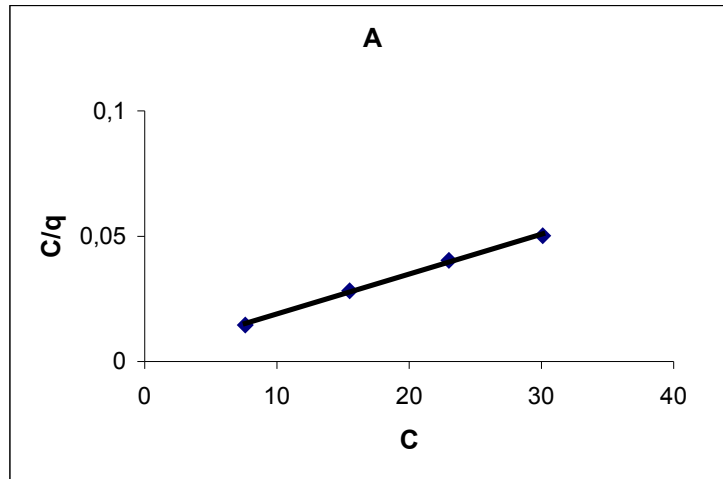
Şekil 4.161 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine Cr<sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için yalancı ikinci dereceden hız grafiği

**Tablo 4.29** Cr<sup>+6</sup> iyonunun aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve yalancı ikinci dereceden hız sabitleri

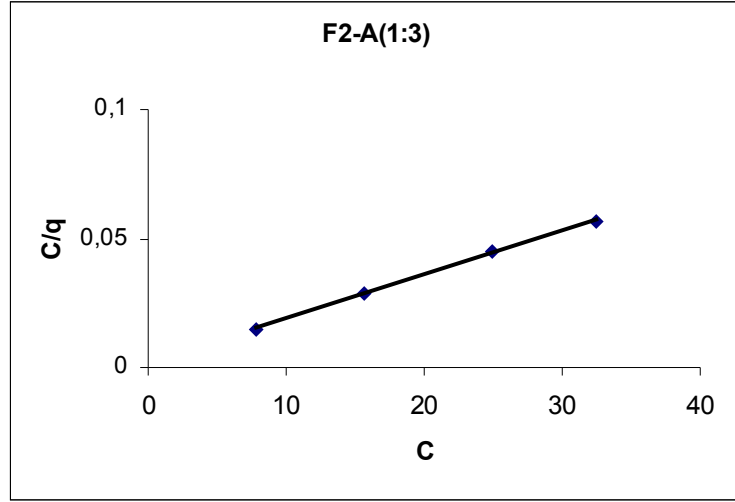
Adsorbentler	Dengeye gelme süresi, t (dak)	Tanecik içi difüzyon sabitleri (mgg <sup>-1</sup> dak <sup>-0.5</sup> )	Yalancı ikinci dereceden hız sabitleri, k <sub>2</sub> (dakmgg <sup>-1</sup> )	
		k <sub>i</sub>	k <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>
A	120	13,53	0,0018	0,9994
F2-A(1:3)	110	14,09	0,0019	0,9993
F2-A(1:1)	110	14,11	0,0020	0,9988

#### 4.2.6.2 Cr<sup>+6</sup> İyonu Adsorpsiyon İzotermi

Cr<sup>+6</sup> iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunda, 60-110 mgL<sup>-1</sup> konsantrasyon aralığında, adsorbent dozu ve çözelti oranı 0,01g/100mL olarak çalışılmıştır. Adsorbent adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi için çizilen Langmuir (2.5) Şekil 4.162-4.163'te ve A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik aktif karbonların adsorpsiyon izotermi sabitleri Tablo 4.30'da verilmiştir.



**Şekil 4.162** A aktif karbonu üzerinde Cr<sup>+6</sup> iyonu adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği



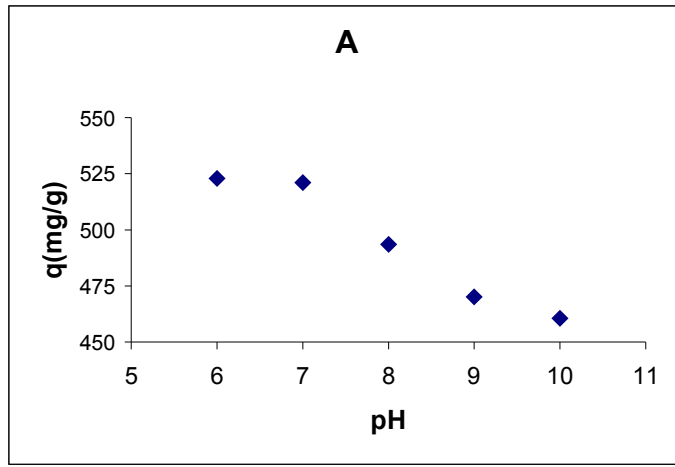
Şekil 4.163 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde  $\text{Cr}^{+6}$  iyonu adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

Tablo 4.30  $\text{Cr}^{+6}$  iyonunun karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

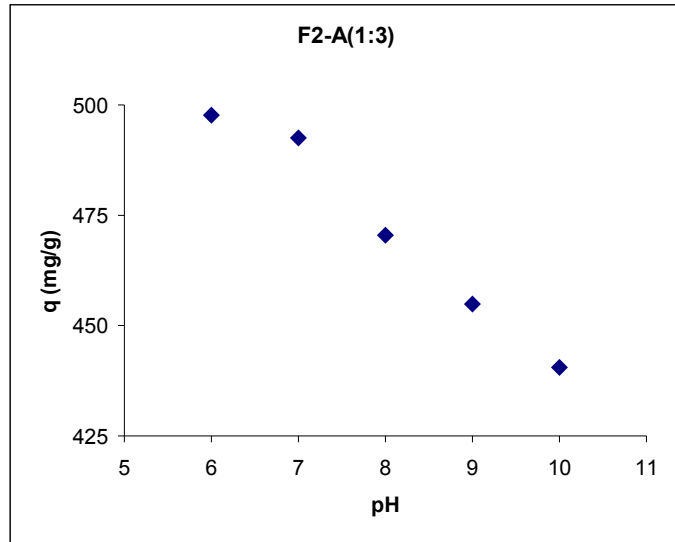
Adsorbent	Langmuir		
	$Q_0$	$b$	$R^2$
A	625	0,533	0,999
F2-A(1:3)	599	0,795	0,998
F1-A(1:3)	541	0,804	0,997
FN2-2-A (1:3)	585	0,712	0,998
FN2-1-A(1:3)	535	0,870	0,999
F2-A(1:1)	531	0,817	0,999
F1-A(1:1)	529	0,430	0,999
FN2-2-A(1:1)	526	0,600	0,999
FN2-1-A(1:1)	513	0,812	0,999

#### 4.2.6.3 $Cr^{+6}$ İyonu Adsorpsiyonuna pH Etkisi

$Cr^{+6}$  iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunda pH etkisinin incelenmesinde, çözelti konsantrasyonu  $60 \text{ mgL}^{-1}$ , adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı  $0,01 \text{ g} / 100 \text{ ml}$  olarak çalışılmıştır.  $Cr^{+6}$  iyonunun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda pH'ın adsorpsiyona etkisini gösteren grafikleri Şekil 4.164 ve Şekil 4.165'te verilmiştir.



Şekil 4.164 A aktif karbonu üzerine  $Cr^{+6}$  iyonu adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği



Şekil 4.165 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine  $Cr^{+6}$  iyonu adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği

$Cr^{+6}$  iyonunun aktif karbon ve mağnetik karbon üzerine adsorpsiyonunun pH ile azaldığı, sabit konsantrasyon ve pH'da aktif karbon tarafından adsorplanan adsorbat miktarının mağnetik karbonlarınkinden yüksek olduğu bulunmuştur.

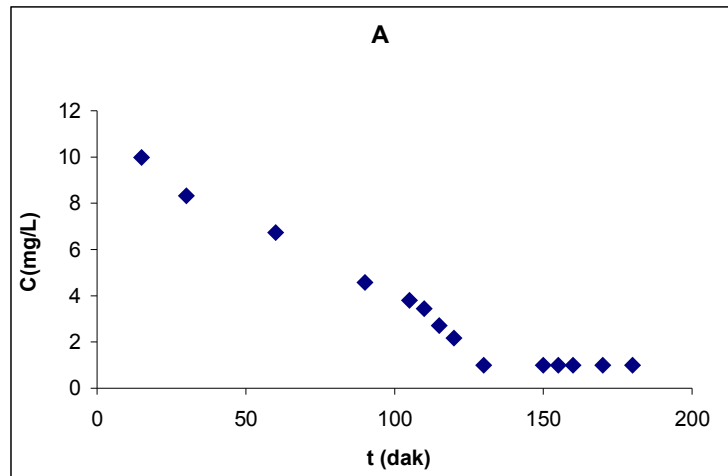
#### 4.2.7 F<sup>-</sup> İyonu

##### 4.2.7.1 F<sup>-</sup> İyonu Adsorpsiyon Kinetiği

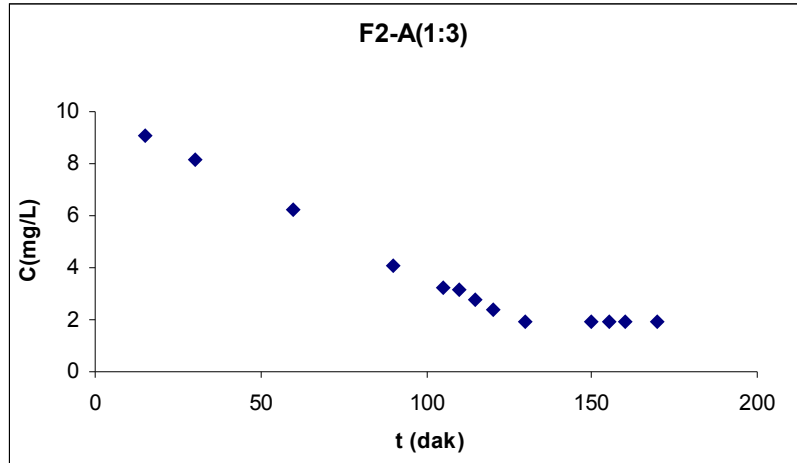
F<sup>-</sup> iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamanla değişiminin incelenmesinde, başlangıç konsantrasyonu  $10 \text{ mgL}^{-1}$ , adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı  $0,01 \text{ g} / 100 \text{ ml}$  olarak çalışılmıştır.

##### Konsantrasyonun Zamanla Değişimi

F<sup>-</sup> iyonunun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunda zaman, t(dak) ve denge konsantrasyonu, C( $\text{mgL}^{-1}$ ) arasında çizilen konsantrasyonun zamanla değişimi grafikleri Şekil 4.166 ve Şekil 4.167'de, dengeye gelme süreleri ise Tablo 4.31'de verilmiştir.



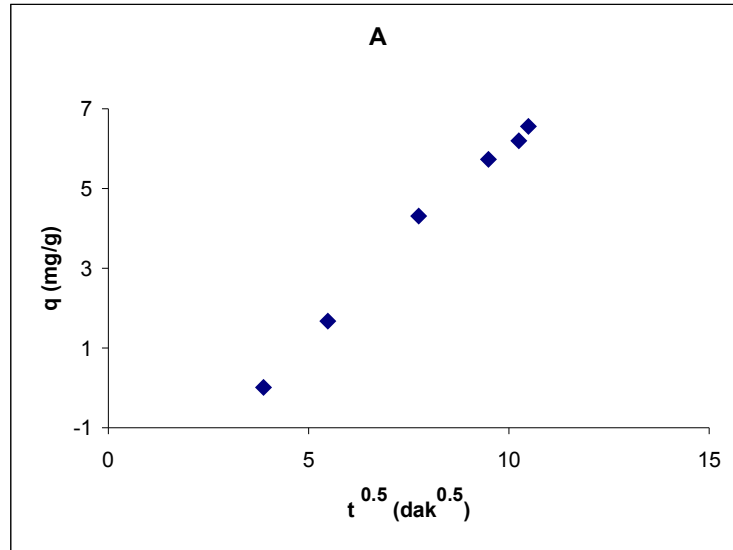
Şekil 4.166 A aktif karbonu üzerine F<sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği



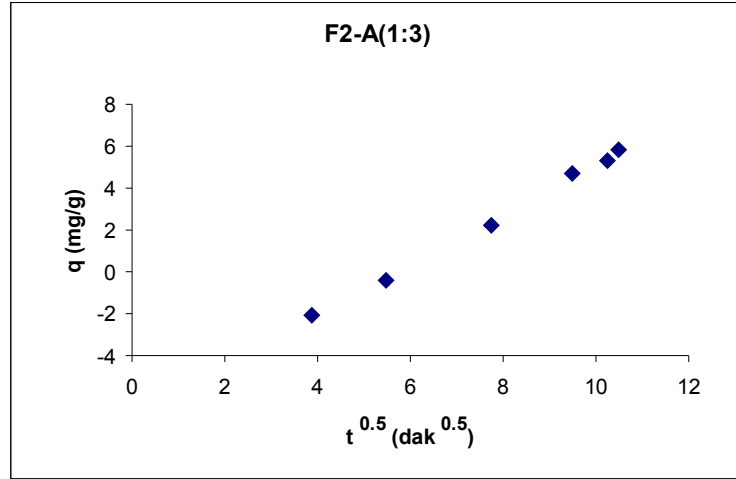
**Şekil 4.167** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine F<sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonunda konsantrasyonun zamana etkisi grafiği

#### Tanecik İçi Difüzyonu

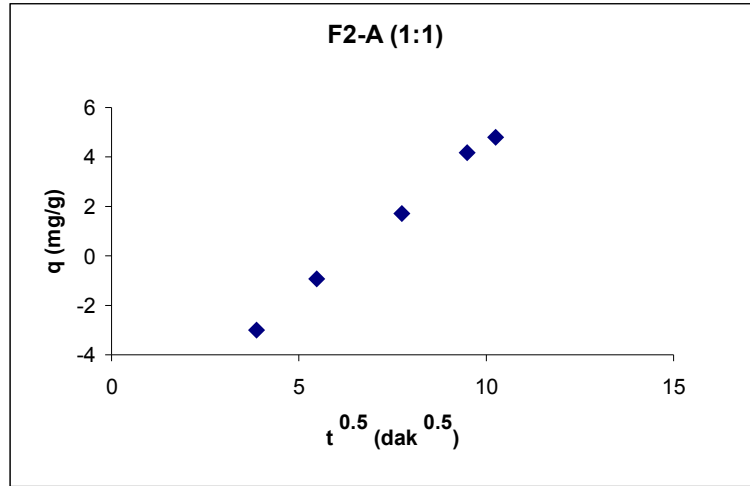
F<sup>-</sup> iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların üzerine adsorpsiyonunda tanecik içi difüzyonun etkisini göstermek için (2.6)'ya göre zamanın karekökü,  $t^{0.5}$  ((dak)<sup>0.5</sup>) ile herhangi bir t anında adsorplanan madde miktarı, q (mgg<sup>-1</sup>) arasında çizilen tanecik içi difüzyon grafikleri Şekil 4.168-4.170'te, tanecik içi difüzyon grafikleri ise Tablo 4.31'de verilmiştir.



**Şekil 4.168** A aktif karbonu üzerine F<sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



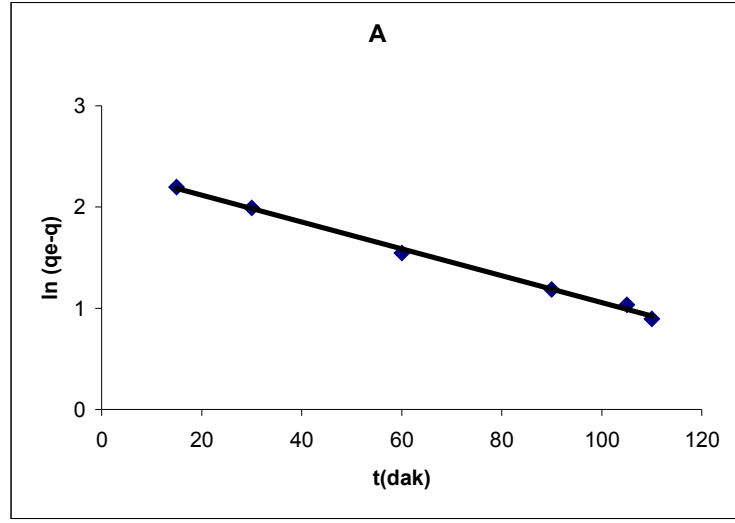
Şekil 4.169 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu



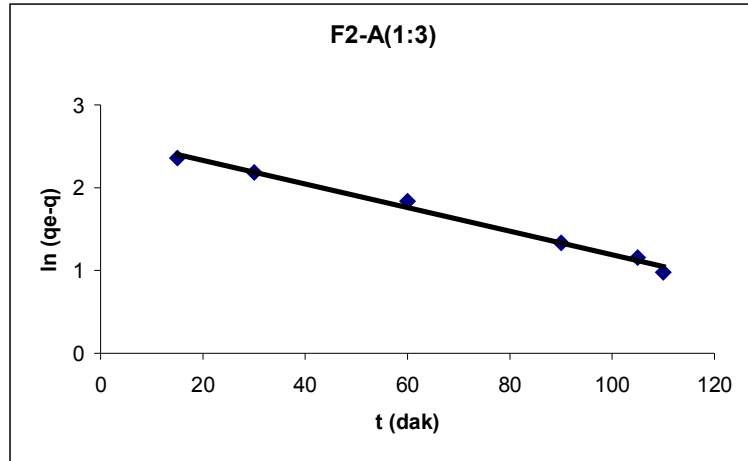
Şekil 4.170 F2-A(1:1) mağnetik karbonu üzerine  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için tanecik içi difüzyonu

*Lagergren birinci dereceden hız eşitliği grafiği*

$F^-$  iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunun (2.7)'ye göre zaman, t (dak) ile  $\ln(q_e - q)$  arasında çizilen Lagergren birinci dereceden hız denklemi grafikleri Şekil 4.171-4.172'de, bütün aktif karbon ve mağnetik karbonların Lagergren birinci dereceden hız eşitliği sabitleri ise Tablo 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.171 A aktif karbonu üzerine  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için Lagergren birinci dereceden hız grafiği



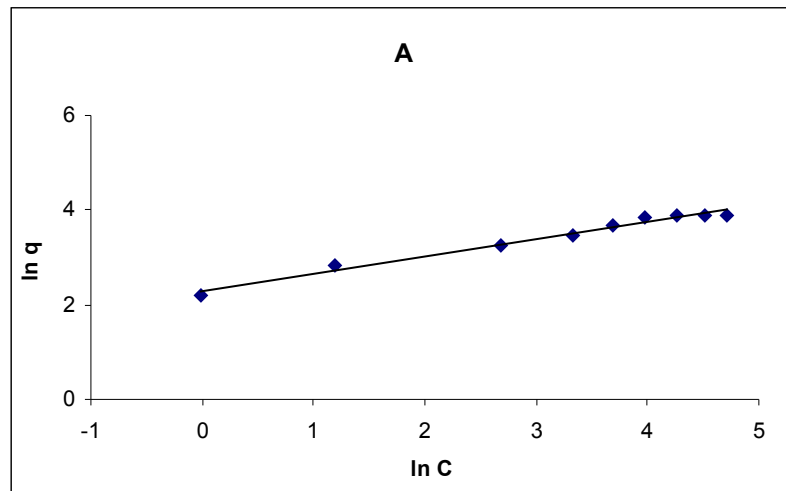
Şekil 4.172 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için Lagergren birinci dereceden hız grafiği

**Tablo 4.31** F<sup>-</sup> iyonunun aktif karbonlar ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyonu sabitleri ve Lagergren birinci dereceden hız sabitleri

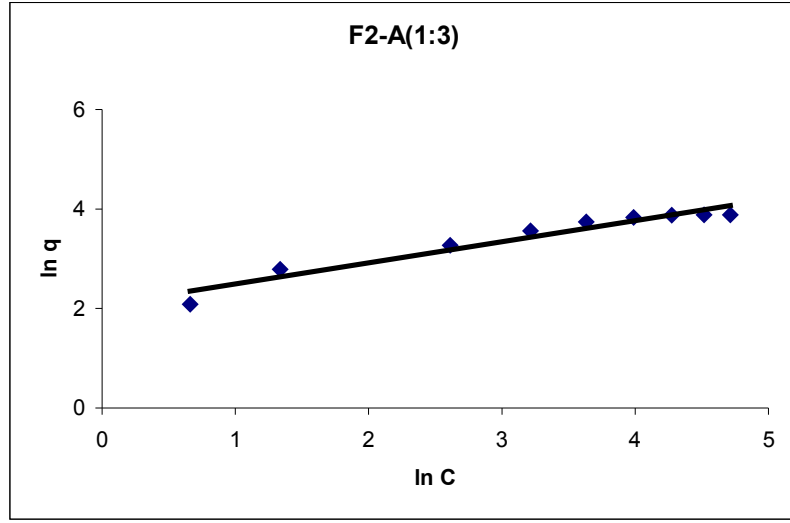
Adsorbent	Dengeye gelme süresi, t (dak)	Tanecik içi difüzyon hız sabitleri, $k_i$ ( $\text{mgg}^{-1}\text{dak}^{-0.5}$ )	Lagergren birinci dereceden hız sabitleri, $k_a$ ( $\text{dak}^{-1}$ )	
		$k_i$	$k_a$	$R^2$
A	115	0,76	0,0133	0,9821
F2-A(1:3)	115	1,06	0,0142	0,9873
F2-A(1:1)	115	1,09	0,0147	0,9801

#### 4.2.7.2 F<sup>-</sup> İyonu Adsorpsiyon İzotermi

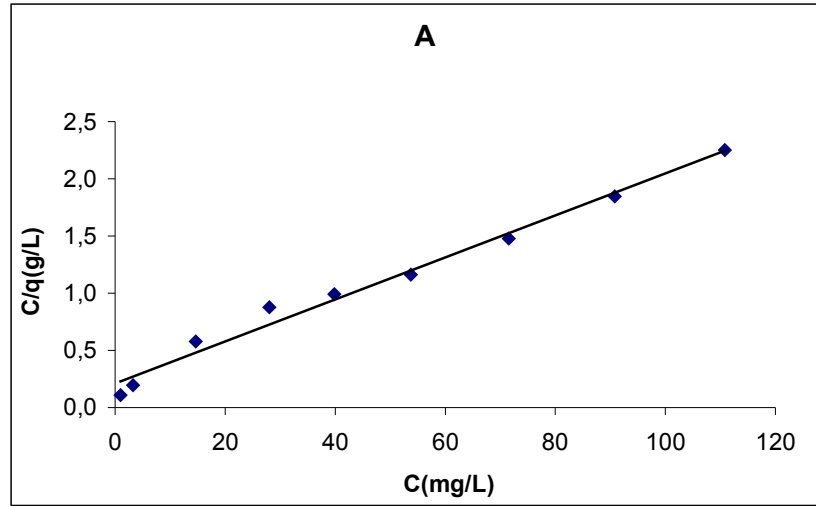
F<sup>-</sup> iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunda, 10-160  $\text{mgL}^{-1}$  konsantrasyon aralığında, adsorbent dozu ve çözelti oranı 0,01g/100mL olarak çalışılmıştır. Adsorbent adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi için çizilen Freundlich (2.4), Langmuir (2.5) ve Giles izoterm grafikleri Şekil 4.173-4.178'de, F2-A(1:1) mağnetik karbonunun Giles izotermi Şekil 4.179'da, adsorpsiyon izotermi sabitleri ise Tablo 4.32'de verilmiştir.



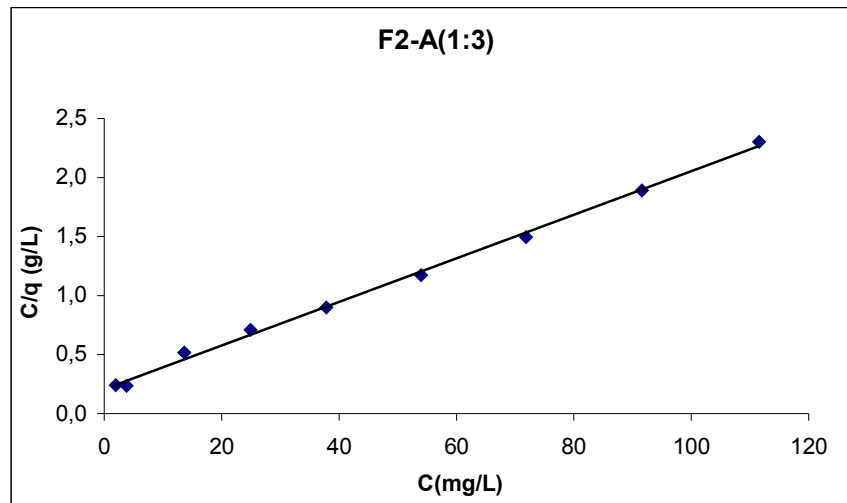
**Şekil 4.173** A aktif karbonu üzerinde F<sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği



Şekil 4.174 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için Freundlich izotermi grafiği

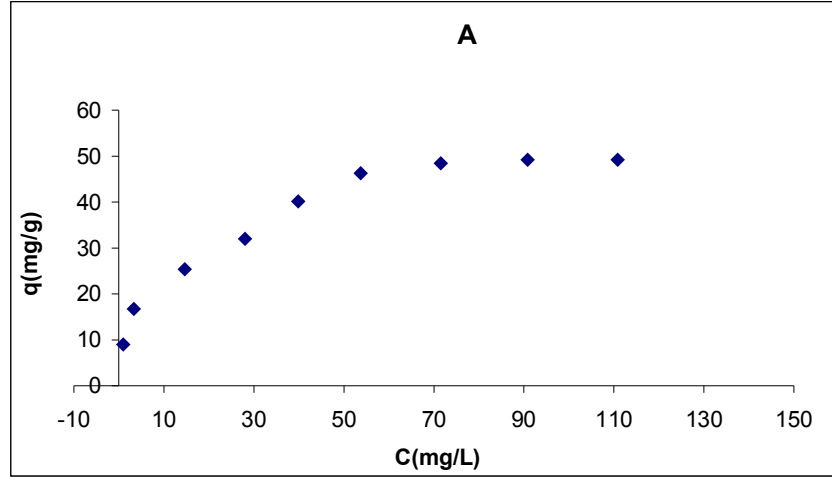


Şekil 4.175 A aktif karbonu üzerinde  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

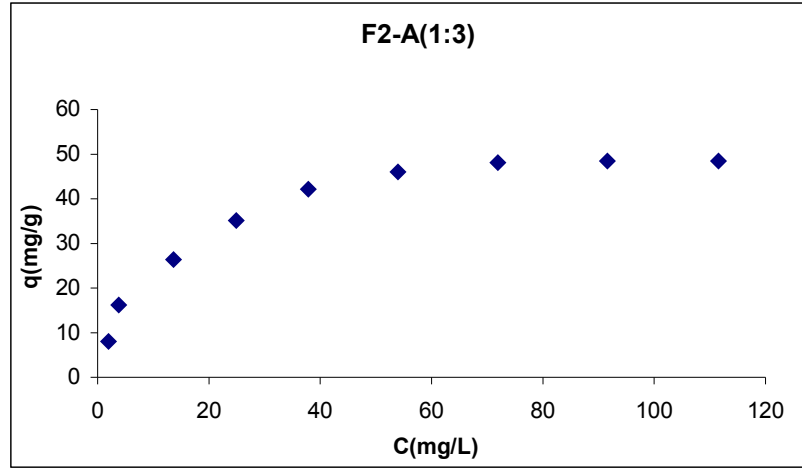


Şekil 4.176 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerinde  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için Langmuir izotermi grafiği

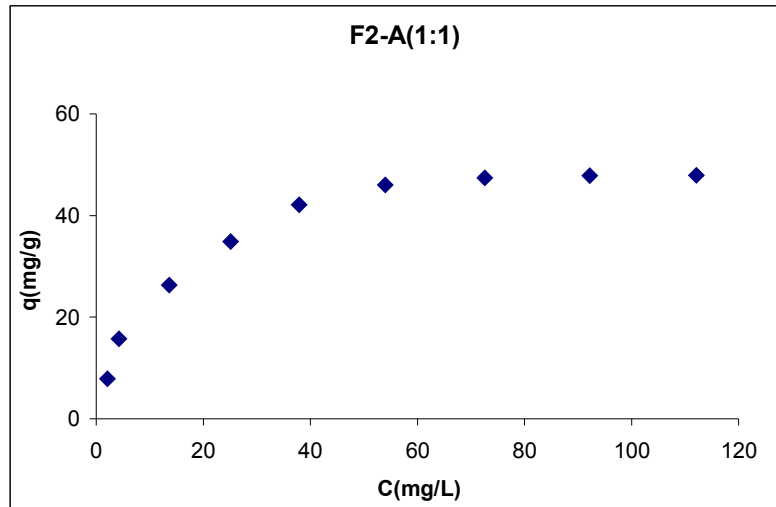
## Giles İzotermi



Şekil 4.177 A aktif karbonu üzerinde  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



Şekil 4.178 F2-A(1:3) manyetik karbonu üzerinde  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği



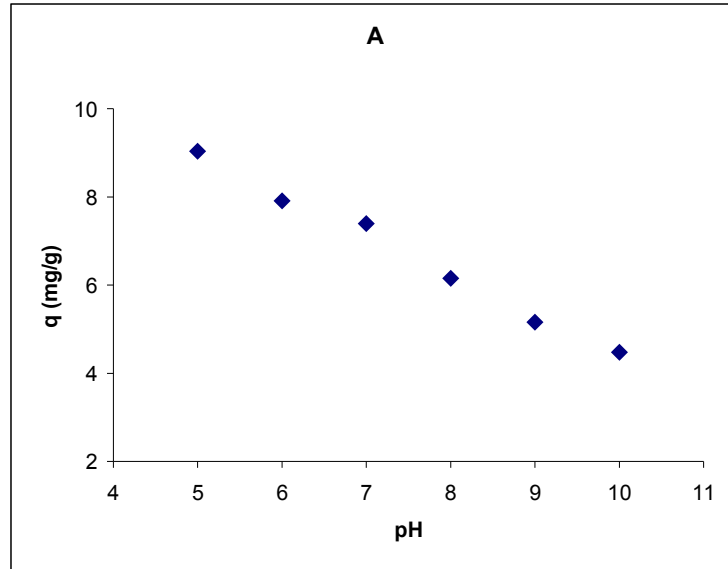
Şekil 4.179 F2-A(1:1) manyetik karbonu üzerinde  $F^-$  iyonu adsorpsiyonu için Giles izotermi grafiği

**Tablo 4.32** F<sup>-</sup> iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu için adsorpsiyon izotermi sabitleri

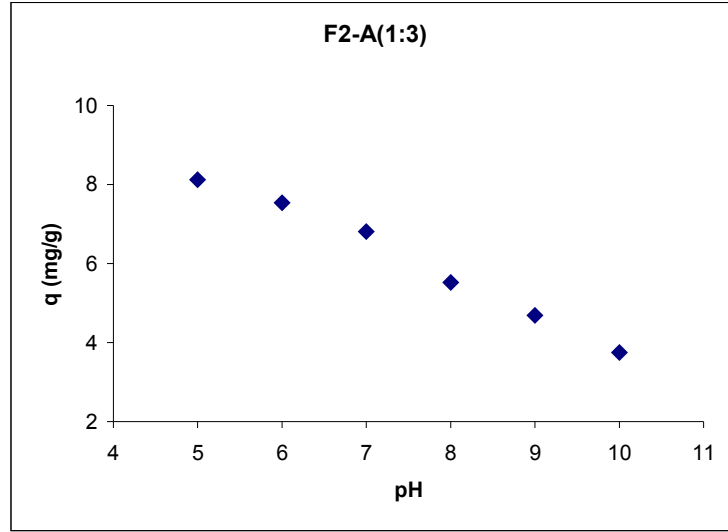
Adsorbentler	Freundlich			Langmuir		
	n	k	R <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> (m $g$ g <sup>-1</sup> )	b (Lm $g$ <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
A	0,3659	9,80	0,9836	54,35	0,087	0,9957
F2-A(1:3)	0,4249	7,90	0,9409	54,05	0,088	0,9974
F2-A(1:1)	0,4384	7,40	0,9373	53,76	0,085	0,9978

#### 4.2.7.3 F<sup>-</sup> İyonu Adsorpsiyonuna pH Etkisi

F<sup>-</sup> iyonunun A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonunun üzerine adsorpsiyonunda pH etkisinin incelenmesinde, çözelti konsantrasyonu 10 mgL<sup>-1</sup>, adsorbent miktarı ve çözelti hacmi oranı 0,01 g /100 ml olarak çalışılmıştır. pH'ın florür iyonunun adsorpsiyonuna etkisini gösteren grafikleri Şekil 4.180 ve Şekil 4.181'de verilmiştir.



**Şekil 4.180** A aktif karbonu üzerine F<sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonuna pH'ın etkisi grafiği

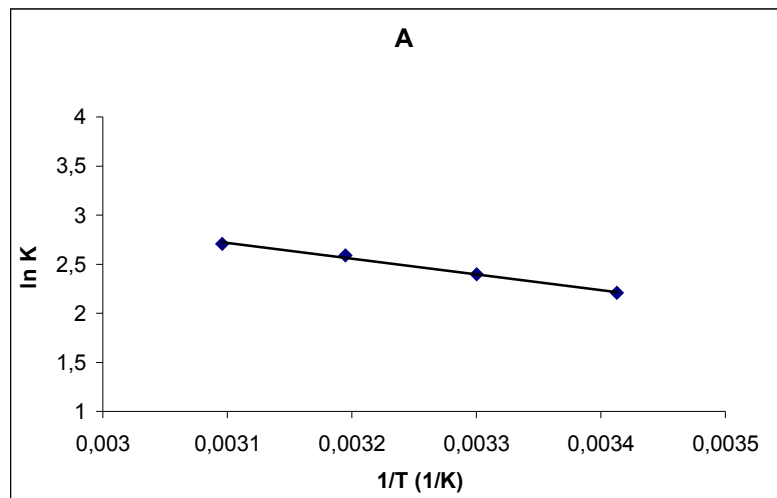


Şekil 4.181 F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine  $F^-$  iyonu adsorpsiyonuna pH'nin etkisi grafiği

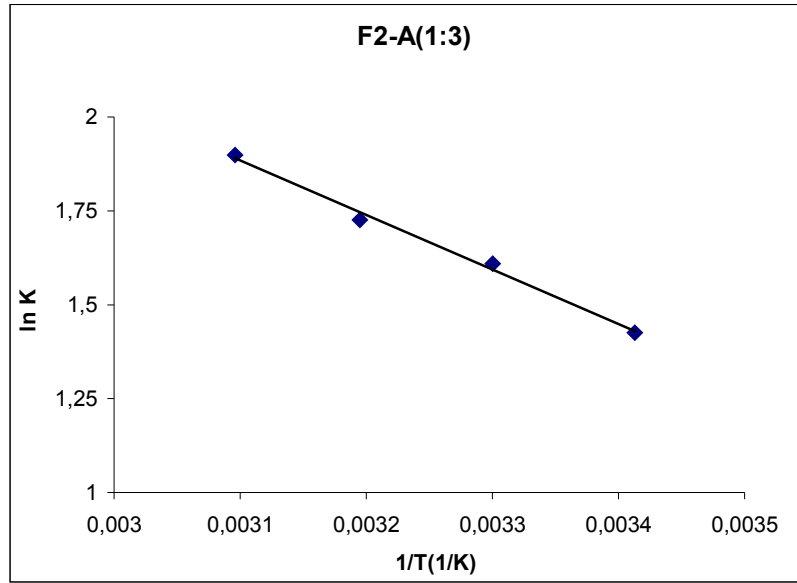
$F^-$  iyonunun aktif karbon ve mağnetik karbon üzerine adsorpsiyonunun pH ile azaldığı, sabit konsantrasyon ve pH'da aktif karbon tarafından adsorplanan adsorbat miktarının mağnetik karbonlarınkinden yüksek olduğu bulunmuştur.

#### 4.2.7.4 $F^-$ İyonu Adsorpsiyonuna Sıcaklık Etkisi

$F^-$  iyonunun  $10 \text{ mgL}^{-1}$  başlangıç konsantrasyonu,  $0,01 \text{ g/100 mL}$  adsorbent dozu ve çözeltili hacmi oranında, A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen  $\ln K-1/T$  grafiği Şekil 4.182 ve Şekil 4.183'te verilmiştir.



Şekil 4.182 A aktif karbonu üzerine  $F^-$  iyonu adsorpsiyonunda  $\ln K-1/T$  grafiği



**Şekil 4.183** F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine F<sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonunda lnK-1/T grafiği

F<sup>-</sup> iyonunun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonu için (2.13)'e göre çizilen Şekil 4.193 ve Şekil 4.194'teki lnK-1/T grafiklerinin eğim ve kesimlerinden bulunan  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  ve (2.10)'a göre 20, 30, 40 ve 50 °C için bulunan  $\Delta G^0$  termodinamik parametreleri Tablo 4.33'te verilmiştir.

**Tablo 4.33** F<sup>-</sup> iyonunun A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu üzerine adsorpsiyonunun termodinamik parametreleri

Adsorbent	$\Delta H^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )	$\Delta S^0$ (Jmol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	$\Delta G^0$ (Jmol <sup>-1</sup> )			
			20 °C	30 °C	40 °C	50 °C
A	13322	63,89	-5400	-6039	-6678	-7316
F2-A(1:3)	12092	53,15	-3481	-4013	-4545	-5077

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yüksek toksik etkilere sahip olmaları nedeniyle çok düşük dozlarında bile çevreye zarar veren organik maddelerden pestisitler, yüzey aktif maddeler, inorganik maddelerden  $F^-$  ve  $Cr^{6+}$  iyonlarının sulardan uzaklaştırılmasında en yaygın olarak adsorpsiyon prosesi kullanılmaktadır. Adsorpsiyon proseslerinde, sulardan inorganik ve organik maddelerin uzaklaştırılması için yüksek yüzey alanı ve gözenek hacmine sahip olması ve ekonomik uygunluğu nedeniyle en yaygın olarak kullanılan adsorbent aktif karbondur. Adsorpsiyon proseslerinde adsorbentlerin arıtma havuzlarından mağnetik alan uygulanarak zaman kaybı olmaksızın kolayca uzaklaştırılabilmesi nedeniyle mağnetik adsorbentlerin kullanılmasına rağbet artmıştır.

Bu çalışmada, çeşitli aktif karbonlardan laboratuvar ortamında değişik reaksiyon koşullarında mağnetik karbonlar üretilmiştir. Mağnetik karbonların üretiminde,  $70\text{ }^{\circ}C$  sıcaklık ve alkali ortamda, çöken demir oksit üzerine karbonun bir yüzey tabaka oluşturarak kaplanması prensibi izlenmiştir. Mağnetik karbon üretiminde lignin kaynaklı aktif karbon (A), turba kaynaklı buharla aktifleştirilmiş ve asitle yıkanmış aktif karbon (B), turba kaynaklı buharla aktifleştirilmiş aktif karbon (C) olmak üzere toz formda  çeşit aktif karbon kullanılmıştır.

Bu çalışmada mağnetik karbonlar, literatürde hava ortamında üretilen mağnetik karbonlardan farklı olarak, hava ve azot ortamında üretilmiş ve retiminde  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranının, demiroksit:aktif karbon oranının değiştirilmesiyle farklılandırılması sonucunda 24 çeşit mağnetik karbon üretilmiştir.  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 ve 1 olarak, demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 ve 1:3 olarak çalışılmıştır. Ayrıca, mağnetik karbonların üretildiği koşullarda 4 çeşit demir oksit üretilmiştir.

Üretilen mağnetik karbonların yapılarının aydınlatılması için adsorbentlerin XRD, FTIR, zeta potansiyelleri ve mağnetizasyon ölçümleri gerçekleştirilmiş; adsorbent kapasitelerinin belirlenmesi için yüzey alanları ve gözenek hacimleri ölçülmüştür. Yüzey fonksiyonel grupları hakkında bilgi edinmek amacıyla FTIR spektrumlarına ilave olarak Boehm titrasyonları yapılmıştır.

Bu çalışmada, azot ve hava ortamlarında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 ve 1 olarak üretilen demir oksitlerin XRD grafiklerine bakıldığında (Şekil 4.1-4.4), yapılarında magnetit ve maghemit piklerinin varlığı görülmüştür.

Hava ve azot gazı olmak üzere iki tür atmosfer ortamında ve farklı  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  ve demiroksit:aktif karbon oranlarında A aktif karbonundan üretilen magnetik karbonların XRD grafiklerinde (Şekil 4.5-4.12) magnetit, maghemit, hematit, götit, lepidokrokite ve akaganeit demiroksit türlerinin pikleri görülmüştür. Üretilen magnetik karbonların XRD grafiklerine bakıldığında, azot ortamında üretilen magnetik karbonların hava ortamında üretilenlere göre;  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olan magnetik karbonların  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 olan magnetik karbonlara göre; demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olan magnetik karbonların demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olanlara göre genel olarak daha yüksek magnetiklik gösteren demiroksit türlerinin piklerini içerdiği görülmüştür. Magnetit ve maghemit magnetik özelliğe sahip olan, hematit, götit, akaganeit ve lepidokrokite ise magnetik olmayan demir oksitlerdir (Oliveira ve diğ., 2002; Perez ve diğ., 1998). Örnek olarak,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$  ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olarak azot ortamında üretilen FN2-2-A(1:1) magnetik karbonunun XRD grafiğinde (Şekil 4.10) maghemit, magnetit, götit, akaganeit pikleri görülürken, diğer özellikleri aynı olmak üzere, hava ortamında üretilen F2-A(1:1) magnetik karbonunda (Şekil 4.9) ise magnetit, maghemit ve götit pikleri;  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$  ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olan F1-A(1:1) magnetik karbonunda (Şekil 4.11) magnetit ve maghemit pikleri;  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$  olan F2-A(1:3) magnetik karbonunda (Şekil 4.5) ise maghemit, götit ve akaganeit pikleri; görülmüştür. B ve C aktif karbonundan farklı atmosfer ortamlarında,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  ve demiroksit:aktif karbon oranlarında üretilen magnetik karbonların XRD grafiklerinde (Şekil A.1-A.8 ve Şekil A.8-A.16) görülen durumun da benzer olduğu bulunmuştur.

Bu çalışmada, üretilen magnetik karbonların ve demir oksitlerin XRD grafiklerinde pikleri görülen magnetit ve maghemit, üretilen magnetik aktif karbon ve demir oksitlerin magnetik olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, üretilen magnetik karbonların magnet tarafından tamamen çekilmesiyle, aktif karbonların magnetik özellik kazandığı görülmüştür. XRD grafikleri yardımıyla ya da magnetin üretilen karbonları çekmesiyle nitel olarak bulunan magnetik özellik, Titreşimli Örnek Magnetometresi (VSM) ile adsorbentlerin spesifik doygunluk magnetizasyon değerlerinin bulunmasıyla nicel olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada VSM ile ölçümlerde,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 olarak hava ortamında üretilen demiroksit (F2),  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olarak hava ortamında üretilen demiroksit (F1),  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 olarak azot ortamında üretilen demir oksit (FN2-2), ve  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olarak azot ortamında üretilen demir oksit (FN2-1) için spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri sırasıyla 56.3, 58.9, 59.9, ve 61.5  $J T^{-1} kg^{-1}$  olarak bulunmuştur (Tablo 4.1). Literatürde  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 olarak hava ortamında üretilen demir oksitin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerinin 62  $J T^{-1} kg^{-1}$  olarak bulunduğu; mağnetik adsorbent eldesi sırasında reaksiyon koşullarında yaygın olarak oluşan magnetit, maghemit, hematit ve götit demiroksitlerinin arasında magnetit ve maghemitin ise sırasıyla 100 ve 60  $J T^{-1} kg^{-1}$  spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerine sahip olduğu, demiroksitlerden maghemitin ve saf demiroksitin mağnetizasyon değerlerinin birbirine en yakın olduğu bildirilmiştir (Oliveira, 2000; Oliveira ve diğ. 2002; Oliveira ve diğ. 2003). Bu çalışmada üretilen demiroksitlerin spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin, literatürdeki değgerlere yakın olduğu ve düşük  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranındaki demiroksitlerde yüksek olduğu görölmüştür.

En yüksek spesifik doygunluk mağnetizasyon değerine sahip demiroksitin  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olan ve azot ortamında üretilen demiroksit olduğu görölmüştür. Azot ortamında ve hava ortamında üretilen aynı  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranına sahip olan demiroksitler birbiriyle kıyaslandığında, azot ortamında üretilen demiroksitlerin daha yüksek spesifik mağnetizasyon değerine sahip olduğu, farklı  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranına sahip olan fakat aynı atmosfer ortamında (hava ya da azot gazı) üretilen demiroksitler birbirleriyle kıyaslandığında ise  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 1 olan demiroksitin daha yüksek spesifik mağnetizasyon değerine sahip olduğu görölmüştür.

Üretilen mağnetik karbonlar incelendiğinde, diğer özellikleri aynı olmak üzere farklı demiroksit:aktif karbon oranlarına (1:1 ve 1:3) sahip mağnetik karbonların spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin düşük aktif karbon oranlı (1:1) bir başka deyişle demir oksit oranının yüksek olduğu mağnetik karbonlarda, azot ortamında üretilen mağnetik karbonlarda ve  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranının düşük olduğu mağnetik karbonlarda yüksek olduğu bulunmuştur (Tablo 4.2-4.4). Örneğ olarak, A aktif karbonundan  $Fe^{3+}:Fe^{2+} = 1$  olarak azot ortamında üretilen, demiroksit:aktif karbon oranı farklı olan iki mağnetik karbonun spesifik mağnetizasyon değerleri, demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olan mağnetik karbon (FN2-1-A(1:1)) ve demiroksit :aktif karbon oranı 1:3 olan mağnetik

karbon (FN2-1-A(1:3)) için sırasıyla 16.5 ve 9.29 J T<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. A aktif karbonundan Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup>=1 ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olarak farklı ortamda (azot ya da hava) üretilen iki çeşit mağnetik karbonun spesifik mağnetizasyon değerleri, azot ortamında üretilen mağnetik karbon (FN2-1-A(1:1)) ve hava ortamında üretilen mağnetik karbon (F1-A(1:1)) için sırasıyla 16.5 ve 15.8 JT<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. A aktif karbonundan azot ortamında, demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olarak Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı farklı olarak üretilen iki çeşit mağnetik karbonun spesifik mağnetizasyon değerlerine bakıldığında ise, Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranı 1 olan mağnetik karbon (FN2-1-A(1:1)) ve Fe<sup>3+</sup>: Fe<sup>2+</sup> oranı 2 olan mağnetik karbon (FN2-2-A(1:1)) için sırasıyla 16.5 ve 15.9 J T<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup>olarak bulunmuştur (Tablo 4.2). B ve C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonların spesifik doğgunluk mağnetizasyon değerleri arasındaki ilişkinin de benzer olduğu gorulmuştur (Tablo 4.3 ve Tablo 4.4).

Bu çalışmada, mağnetik karbonların spesifik doğgunluk mağnetizasyon değerlerinin duşuk aktif karbon içerikli bir başka deyişle demir oksit oranının yuksek olduğu mağnetik karbonlarda, azot ortamında üretilen mağnetik karbonlarda ve Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranının duşuk olduğu mağnetik karbonlarda yuksek olmasının, soz konusu koşullarda üretilen mağnetik karbonların yapısında bulunan mağnetik demiroksitler olan magnetit ve maghemitten kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Mağnetik karbonların XRD grafikleri (şekil 4.5-4.12 ve Ekler şekil A.1-A.8 ve şekil A.8-A.16)'ne bakıldığında genel olarak, spesifik mağnetizasyon değerleri bir başka deyişle mağnetikliği yuksek olan mağnetik karbonlarda maghemit ve magnetitin, diğerlerinde ise magnetit ve maghemitle birlikte magnetik olmayan demiroksitlerden hematit, gotit, lepidokrokite ve akaganeitin piklerinin bulunması; ayrıca azot ortamında üretilen demiroksitlerin hava ortamında üretilenlere gore, Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> =1 oranlı demiroksitlerin Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> =2 oranlı demiroksitlere gore daha yuksek spesifik doğgunluk mağnetizasyon değerlerine sahip bulunması, mağnetik karbonlardaki mağnetikliğin maghemit ve magnetitten kaynaklandığı duşunesini desteklemektedir. Oliveira ve diğer. (2002) 1:1, 1:2 ve 1:3 demir oksit:aktif karbon oranlarında ürettikleri mağnetik karbonlarla yaptıkları çalışmada, demir oksit:aktif karbon oranının arttııca spesifik doğgunluk mağnetizasyon değerlerinin arttığını bulmuşlardır. Mağnetiklikteki bu artışın, demir oksit içeriğiyle doğru orantılı olmadığını, yuksek aktif karbon içerikli kompozitlerde mağnetik olmayan demir oksitlerin konsantrasyonunun artışına bağlı olarak değiştiğini ve duşuk aktif

karbon oranlı mağnetik karbonlarda yüksek mağnetikliğin bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada da aktif karbon oranının azalmasıyla spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin arttığı grlmştr. Oliveira ve diğ. (2002) alışmasında ayrıca, hava ortamında üretilen saf demir oksitin teorikte 2 olan  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranının yapılan kimyasal analizle pratikte yaklaşık 7 olarak bulunduğunu,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranının pratikte yüksek olmasının,  $Fe^{2+}$ 'nin  $Fe^{3+}$ 'e oksidasyonundan kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Bu çalışmada, hava ortamında üretilen mağnetik karbonların spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin, azot ortamında retilenlerinkinden daha düşük olmasının sebebi, hava ortamında  $Fe^{2+}$ 'nin  $Fe^{3+}$ 'e oksidasyonu sonucunda mağnetik olmayan demiroksitlerin oluşmasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu tez çalışmasında ayrıca  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$  olarak üretilen mağnetik karbonların,  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$  olarak üretilen mağnetik karbonlara göre daha düşük spesifik mağnetizasyon değerlerine sahip olduğunun bulunması, adsorbentlerin mağnetizasyon değerlerinin  $Fe^{2+}$ 'nin  $Fe^{3+}$ 'e oksidasyonuna bağlı olarak değiştiğini desteklemektedir.

Oliveira ve diğ. (2002), hava ortamında ürettikleri  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$  ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 ve 1:3 olan mağnetik karbonlar için spesifik mağnetizasyon değerlerini sırasıyla 21 ve 7  $JT^{-1}kg^{-1}$  olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada ise spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri hava ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$ , demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 ve 1:3 olarak A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlar (F2-A(1:1) ve F2-A(1:3)) için sırasıyla 14.6 ve 7.54  $JT^{-1}kg^{-1}$  (Tablo 4.2); B karbonundan üretilen mağnetik karbonlar (F2-B(1:1) ve F2-B(1:3)) için sırasıyla 14.8 ve 7.66  $JT^{-1}kg^{-1}$  (Tablo 4.3), C karbonundan üretilen mağnetik karbonlar (F2-C(1:1) ve F2-C(1:3)) için sırasıyla 15.0 ve 8.19  $JT^{-1}kg^{-1}$  (Tablo 4.4) olarak bulunmuştur. Bulunan spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin, literatürdeki değerlere yakınlık gösterdiği bulunmuş, değerler arasındaki farklılık mağnetik karbon üretimi sırasında havanın etkisiyle  $Fe^{2+}$ 'nin  $Fe^{3+}$ 'e oksidasyonu sonucunda oluşan mağnetik olmayan demiroksitlerden kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda düşük mağnetikliğin, mağnetik olmayan demiroksitlerin varlığıyla ilgili olduğu bildirilmektedir. rnek olarak, aktif karbon:demir oksitin değişik oranlarındaki karışımının XRD, termal gravimetri (TG), mağnetizasyon ölçümleri, kimyasal analizleri,  $N_2$  adsorpsiyon-desorpsiyon izotermelerinin incelendiği çalışmalarda, mağnetik karbondaki başlıca mağnetik fazın maghemit, muhtemelen küçük miktarlarda

magnetit, gotit ve hematit olduğu bildirilmiştir. Kontrollü sıcaklık programlı indirgeme (TPR) denemeleri, maddelerdeki  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oksitlerinin, seçici olarak magnetite indirgenip, kompozitin mağnetikliğinin arttırılabileceğini göstermiştir. Kontrollü sıcaklıkla indirgeme yönteminde, yüksek sıcaklıkta 300–900  $^{\circ}\text{C}$ 'de  $\text{H}_2$  ile indirgeme işleminin yapılmıştır (Oliveira ve diğ., 2002; Oliveira ve diğ., 2003; Zhang ve diğ., 2007). Bu çalışmada, sabit koşullarda  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  ve  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  olarak üretilen mağnetik karbonlar arasında,  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  olan yani düşük  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranına sahip mağnetik karbonlar için spesifik doygunluk mağnetizasyon değerlerinin yüksek bulunması, literatürde farklı demiroksit:aktif karbon oranlarında (1:1 ve 1:3) üretilen mağnetik karbonların spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri arasında görölen farklılığın ya da bu tez çalışmasında azot ve hava ortamında üretilen değişik  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranlı mağnetik karbonların spesifik doygunluk mağnetizasyon değerleri arasındaki farklılığın  $\text{Fe}^{2+}$ 'nin  $\text{Fe}^{3+}$ 'e oksidasyonu sonucunda mağnetik olmayan demiroksitlerden kaynaklanabileceğini desteklemektedir.

Bu çalışmada, lignin kaynaklı aktif karbon (A)'nın en yüksek adsorbent kapasitesine sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca, üretilen mağnetik karbonların yüzey alanlarının, mikrogözenek ve toplam gözenek hacimlerinin aktif karbonunkilerden daha düşük olduğu ve yapısında demiroksit oranı yüksek olan mağnetik karbonların yüzey alanlarının, mikrogözenek ve toplam gözenek hacimlerinin diğerlerinkinden daha düşük olduğu bulunmuştur (Tablo 4.6-4.8). Örnek olarak, A aktif karbonu,  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranı 2 ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olarak hava ortamında üretilmiş mağnetik karbon ve  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranı 2 ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:1 olarak hava ortamında üretilmiş mağnetik karbonların yüzey alanları sırasıyla 1440, 940 ve 771  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$  olarak; mikrogözenek hacimleri sırasıyla 0.2935, 0.2488 ve 0.2018  $\text{cm}^3\text{g}^{-1}$ ; toplam gözenek hacimleri ise sırasıyla 0.775, 0.691 ve 0.594  $\text{cm}^3\text{g}^{-1}$  olarak bulunmuştur (Tablo 4.6). Oliveira ve diğ.(2002), çalışmasında mağnetik karbon yapısındaki demir oksitin, mağnetik karbonun yüzey alanını aktif karboninkine göre azalttığı, bunun demiroksitin oldukça düşük yüzey alanına (66  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ) sahip olmasından kaynaklandığını belirtmiş; aktif karbon ve  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}=2$ , demir oksit:aktif karbon 1:3 olan mağnetik karbon için yüzey alanlarını sırasıyla 933 ve 658  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$  olarak; mikrogözenek hacimlerini ise sırasıyla 0.264 ve 0.177  $\text{cm}^3\text{g}^{-1}$  olarak bulmuştur. Zhang ve diğ (2007), aktif karbonun  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  ile muamelesiyle hava ortamında elde ettikleri demiroksit:aktif karbon oranları

1:1, 1:1.5 ve 1:2 olan üç çeşit mağnetik karbon ve mağnetik karbon eldesinde kullanılan aktif karbon için yüzey alanlarını sırasıyla 488, 549, 558 ve 799 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> olarak; mikrogözenek hacimlerini ise sırasıyla 0.118, 0.144, 0.153 ve 0.229 cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup> olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada aktif karbon ile bu aktif karbondan üretilen mağnetik aktif karbonların yüzey alanı değerleri arasındaki ilişki, literatürdeki değerler arasındaki ilişkiyle benzerlik göstermektedir. Mağnetik karbondaki demiroksit oranı arttıkça yüzey alanı ve mikrogözenek ve toplam gözenek hacmi azalmaktadır. Literatür ile bu çalışmadaki mağnetik karbonların yüzey alanı ve mikrogözenek hacmi değerleri arasındaki farklılık, mağnetik karbon yapımında kullanılan aktif karbonların farklı yüzey alanına ve gözenek hacmine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Demiroksit oranı yüksek olan mağnetik karbonların yüzey alanlarının aktif karbonlarınkinden düşük olmasının sebebi, demiroksitin aktif karbonun mikrogözeneklerine tutunarak yüzey alanı düşük adsorbentler meydana getirmesidir. Literatürde, Fe<sup>2+</sup>:Fe<sup>3+</sup> oranının nanoparçacıklarının boyutuna, mağnetik özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, küçük x= Fe<sup>2+</sup>:Fe<sup>3+</sup> oranlarında yani götit gibi mağnetik olmayan demiroksitlerin meydana geldiği, örnek olarak x=0.3 oranında, 4 nm boyutundaki taneciklerden (Fe<sup>2+</sup>:Fe<sup>3+</sup> oranı 0.07) oluşan oksihidroksit ve değişik daha büyük boyutlarda taneciklerden oluşan heterojen magnetit (Fe<sup>2+</sup>:Fe<sup>3+</sup> oranı 0.33) olmak üzere iki değişik fazın varlığı, x=0.5 oranında ise homojen boyutlardaki mağnetitlerin varlığı bildirilmiştir. Aynı literatürde, orijinal sentezde, magnetit taneciklerinin 8 nm boyutunda ölçüldüğü bildirilmiştir (Laurent ve diğ., 2008). Bu çalışmada, azot ortamında üretilen mağnetik karbonların yüzey alanlarının hava ortamında üretilen mağnetik karbonlarınkine göre ya da düşük Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranlarında üretilen mağnetik karbonların yüzey alanlarının yüksek Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranlarında üretilen mağnetik karbonlarınkine göre daha düşük olması, azot ortamında ya da düşük Fe<sup>3+</sup>:Fe<sup>2+</sup> oranlarında, tanecik boyutu büyük olan homojen magnetit demiroksitlerinin oluşması ve bu demiroksitlerin aktif karbonun mezo gözeneklerini daha fazla kapatarak yüzey alanını azaltmasından kaynaklanabilir.

Aktif karbon ve mağnetik karbonların FTIR spektrumunda, A karbonu için 1565 cm<sup>-1</sup>, 1119 cm<sup>-1</sup> ve 774 cm<sup>-1</sup> dalga sayısında, B karbonu için 1574 cm<sup>-1</sup>, 1123 cm<sup>-1</sup> ve 765 cm<sup>-1</sup> dalga sayısında, C karbonu için ise 1575 cm<sup>-1</sup>, 1137 cm<sup>-1</sup> ve 780 cm<sup>-1</sup> dalga sayısında kuvvetli absorpsiyon pikleri bulunmuştur. FTIR spektrumunda

1550-1610  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığındaki absorpsiyon pikleri karboksilik asit, 1050-1170  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında görülen absorpsiyon pikleri akrilik anhidritler, 750-810  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında görülen absorpsiyon pikleri ise m-disubstitue gruplarının aktif karbon yüzeyinde bulunduğunu göstermektedir. Ölçüm sonuçlarından, üç çeşit aktif karbonun yapısının asidik karakterde olduğu bulunmuştur. Üç değişik kaynaktaki aktif karbondan üretilen hava ya da azot ortamında farklı  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranlarında, 1:3 demiroksit:aktif karbon oranlarındaki mağnetik karbonların FTIR spektrumlarına (Şekil 4.16-4.27) bakıldığında aktif karbonları ile aynı dalga sayısı civarında pik verdikleri (Şekil 4.13-4.15) görülmüştür. Zhang ve diğ. (2007)'nin çalışmasında, hava ortamında üretilen demiroksit:aktif karbon oranı 1:1.5 olan mağnetik karbon ve aktif karbonun çekilen FTIR spektrumlarının nerdeyse aynı denilecek kadar benzer olduğu, iki adsorbent için aromatik halka yapısındaki C=C titreşimine karşılık gelen 1595 ve 1455  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında pikler verdiği bildirilmiştir.

Bu çalışmada FTIR analizi ile birlikte yüzey fonksiyonel grupların belirlenmesi amacıyla yapılan Boehm titrasyonunda, asidik fonksiyonel gruplar A aktif karbonu ve 1:3 demiroksit:aktif karbon oranlı mağnetik karbonu (F2-A(1:3)) için sırasıyla 17.375 ve 17.527 mekg<sup>-1</sup> olarak bulunmuş, yapılarındaki asidik fonksiyonel grupların çoğunlukla karboksilik ve laktonik gruplar olduğu görülmüştür (Tablo 4.9).

Aktif karbonların ve mağnetik karbonların zeta potansiyelleri ölçülmüş, pH ile zeta potansiyeli arasında çizilen grafikte eğrinin x eksenini kestiği nokta olan  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  değerleri bulunmuş, üç farklı kaynaktaki aktif karbon ve bu aktif karbonlardan üretilen mağnetik karbonlarının  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  değerlerinin 6.5-7.5 civarında olduğu bulunmuş, aktif karbonlar ve mağnetik karbonların  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  değerlerinin birbirinden farklı olmadığı görülmüştür.

Boehm titrasyonu, FTIR spektumu ve  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  ölçüm sonuçları, aktif karbona mağnetik karbon üretmek üzere farklı koşullarda (azot/hava ortamı,  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}$  oranı, demiroksit:aktif karbon oranı) uygulanan mağnetikleştirme prosesinin aktif karbonun yüzey fonksiyonel gruplarını etkilemediğini göstermiştir.

Adsorpsiyon çalışmaları, en yüksek yüzey alanına sahip olan A aktif karbonu ve A aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonlarla yapılmıştır. Aktif karbon ve mağnetik karbonları üzerine, organik maddelerden 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100, SDS, inorganik maddelerden  $\text{F}^{-}$ 'un adsorpsiyonu zamanın, konsantrasyonun, pH'nın ve sıcaklığın;  $\text{Cr}^{6+}$  iyonlarının adsorpsiyonu ise zamanın, konsantrasyonun, pH'nın

fonksiyonu olarak çalışılmıştır. Triton X-100 maddesinin aynı zamanda B, C aktif karbonları ve mağnetik karbonları üzerine adsorpsiyon izotermi çalışması yapılmıştır. Adsorpsiyon çalışmaları, mağnetik karbonun demir içeriğinin pH=5,5'un altında azalmasından dolayı, pH=5,5'un üzerinde gerçekteştirilmiştir. Literatürde, kompozitin ortamın asitliğine olan direnci, 3:1 aktif karbon/demiroksit kompozitinin 11, 9, 7, 5, 3 ve 1 pH değerlerinde 72 saat sürede çalışılmıştır. pH = 5-11 aralığında mağnetiklik değerlerinde ve demiroksit içeriğinde önemli derecede bir farklılık olmadığı, pH=3'te mağnetiklik değerlerinde küçük bir azalma meydana geldiği, bu azalmanın demiroksit üzerine asitin kısmi yöneliminden kaynaklanabileceği; pH=1 ortamının ise, demiroksitin tamamen çözülmesiyle birlikte kompozitin bozulmasına neden olduğu bildirilmiştir (Oliveira ve diğ., 2002; Oliveira ve diğ., 2003; Mendioroz ve diğ., 1987; Perez ve diğ., 1998; Laurent ve diğ., 2008). Diğer bir çalışmada, üretilen süpermagnetik nano adsorbentlerin pH=6-8 aralığında fizikokimyasal kararlılık gösterdiği bulunmuştur (Chang ve diğ., 2006). Mağnetik olarak modifiye edilmiş zeolit üzerine kurşunun adsorpsiyonu çalışmasında, kurşun adsorpsiyonunun ve magnetik adsorbent direncinin en fazla pH =5–11 aralığında gerçekteştiğini bulmuşlardır (Nah ve diğ., 2006).

Bu çalışmada, adsorpsiyon kinetiği (konsantrasyonun zamanla değişimi, tanecik içi difüzyon), izotermilerin (Freundlich, Langmuir ve Giles), pH ve sıcaklık etkisinin incelenmesinde elde edilen tüm sonuçlar, en yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olan A aktif karbonu ve bu aktif karbondan üretilen F2-A(1:3) mağnetik karbonu için şekil ve tablo halinde, A aktif karbonundan elde edilen diğer mağnetik karbonlar ve B ve C aktif karbonları ve bunlardan üretilen mağnetik karbonları için sadece Giles ve tanecik içi difüzyon grafikleri şekil halinde ve diğer sonuçları (kinetik ve isoterm sabitleri) tablo halinde verilmiştir.

Adsorpsiyon kinetiğinin F<sup>-</sup> iyonu dışındaki tüm kirleticiler ve adsorbentler için yalancı ikinci dereceden hız denklemine uyduğu bulunmuştur. Mağnetik karbonların dengeye gelme sürelerinin üretildikleri aktif karbonlarınkinden düşük olduğu, adsorpsiyon kinetiği hız sabitlerinin (Lagergren veya yalancı ikinci dereceden) ve tanecik içi difüzyon sabitlerinin ise aktif karbonlarınkinden yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca, mağnetik karbonların dengeye gelme süreleri, tanecik içi difüzyon sabitleri ve adsorpsiyon kinetiği hız sabitlerinin birbirinden farklı olduğu bulunmuş; mağnetik karbonların ve aktif karbonların denge süreleri, tanecik içi difüzyon süreleri ve kinetik

hız sabitlerinin farklı olmasının, yüzey alanlarının farklı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Adsorbentin yüzey alanı azaldıkça, dengeye gelme süresi azalmakta, tanecik içi difüzyon hız sabiti ve kinetik hız sabitleri artmaktadır. Bu çalışmada da, çeşitli adsorbent ve kirleticiler için dengeye gelme sürelerinin adsorbentin yüzey alanı ile arttığı, tanecik içi difüzyon sabitlerinin ve kinetik hız sabitlerinin adsorbentin yüzey alanıyla azaldığı bulunmuştur (Tablo 4.10, Tablo 4.13, Tablo 4.18, Tablo 4.26, Tablo 4.29, Tablo 4.31). Örnek olarak, 2,4-D adsorpsiyonu için sırasıyla 1440 ve 940 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> yüzey alanına sahip A aktif karbonu ve F2-A(1:3) mağnetik karbonu için dengeye gelme süreleri sırasıyla 60 ve 50 dak, tanecik içi difüzyon katsayıları sırasıyla 3.9464 ve 4.7997 mgg<sup>-1</sup>dak<sup>-0.5</sup>, yalancı ikinci dereceden hız sabitleri ise sırasıyla 0.0054 ve 0.0060 dak<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Tablo 4.10). Yüzey aktif maddelerden SDS'nin, inorganik kirleticilerden F<sup>-</sup> iyonunun adsorpsiyonu için aktif karbon, F2-A(1:3) ve F2-A(1:1) mağnetik karbonları için adsorpsiyon kinetiği ve izoterm katsayıları verilmiş, FN2-2-A(1:3), F1-A(1:3) ve FN2-1-A(1:3)'ün denge süresi, kinetik ve izoterm katsayılarının F2-A(1:3)'ün katsayılarından; FN2-2-A(1:1), F1-A(1:1) ve FN2-1-A(1:1)'in denge süresi, kinetik ve izoterm katsayılarının F2-A(1:1)'in katsayılarından farklı olmadığı görülmüştür (Tablo 4.26-4.27 ve Tablo 4.29-4.30). Bir başka deyişle, demiroksit:aktif karbon oranları sabit olmak üzere azot ya da farklı Fe<sup>3+</sup>: Fe<sup>2+</sup> oranlarında üretilen mağnetik karbonların üzerine SDS ve F<sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonu değişmemiştir. Bunun, SDS'nin adsorpsiyonu için, SDS'nin büyük molekül olması ve adsorbente afinitesinin çok yüksek olması (H tipi Giles sınıflandırması) dolayısıyla makrogözenek ve mezogözeneklerde çabuk dengeye gelmesi, adsorbentlerin yüzey alanları arasındaki farkın çok büyük olmamasıyla ilişkili olabileceği; F<sup>-</sup> iyonunun adsorpsiyonu için ise F<sup>-</sup> iyonunun çok küçük boyutta olması, küçük olan F<sup>-</sup> iyonunun büyük mikrogözenek hacimlerinde kolayca adsorplanması ve konsantrasyonla birlikte florür iyonlarının adsorbentlerin yüzeyinde boş alan bulmasının zorlaşmasının (L tipi Giles sınıflandırma) dengeye gelme sürelerinin ve kinetik ve izoterm katsayılarının eşit olmasına sebep olabileceği düşünülmüştür.

Tüm kirleticilerin adsorpsiyonunda çeşitli adsorbentler için çizilen tanecik içi difüzyon grafiklerine (Şekil 4.30-4.38, Şekil 4.60-4.68, Şekil 4.90-4.92, 4.109-4.117, Şekil 4.139-4.141, Şekil 4.157-4.159, Şekil 4.179-4.181) bakıldığında, bir başlangıç eğrisi ve bunu takip eden doğrusal bir eğri görülmektedir. Eğrilerin iki kısımdan

oluşması adsorpsiyon mekanizmasının iki tipte olduğunu gösterir. Grafikteki başlangıç eğrisi, adsorpsiyonda sınır tabaka etkisinin, doğrusal eğri ise tanecik içi difüzyonun varlığını ortaya koymaktadır. Grafiklerdeki eğrilerin doğrusal olan ikinci kısımlarının orjinden geçmemesi, çalışmada kullanılan organik ve inorganik kirleticilerin adsorpsiyon mekanizmalarında yalnız tanecik içi difüzyonun etkili olmadığını, tanecik içi difüzyonla birlikte film difüzyonunun da etkili olduğunu anlatmaktadır.

Her bir kirletici maddenin A aktif karbonundan üretilen mağnetik aktif karbonlar üzerine adsorpsiyonu sonrasında hesaplanan Freundlich ve Langmuir izoterm sabitleri kıyaslandığında, hava ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}$  oranı 2 ve demiroksit:aktif karbon oranı 1:3 olarak üretilen mağnetik karbonlarının en yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu ve mağnetik karbonların adsorpsiyon kapasitelerinin üretildikleri aktif karbonlarından düşük olduğu bulunmuştur. Mağnetik karbonlarda adsorpsiyon kapasitesinin, demiroksit oranının artmasıyla azaldığı görülmüştür (Tablo 4.11, Tablo 4.14-4.16, Tablo 4.19, Tablo 4.22, Tablo 4.27, Tablo 4.30, Tablo 4.32).

Giles izotermi grafiklerine bakıldığında, aktif karbonlar ve üretilen mağnetik karbonlar üzerine 2,4-D'nin adsorpsiyonunun H tipi (Şekil 4.45-4.53), tiram ve linuronunkilerinin L tipi Şekil 4.75-4.83 ve Şekil 4.100-4.102); triton X-100 ve SDS'ninkilerinin H tipi (Şekil 4.124-4.132 ve Şekil 4.148-4.150);  $F^-$  iyonlarının L tipi (Şekil 4.168-4.170) Giles sınıflandırmasına uygun olduğu görülmüştür. Giles izotermelerinin H tipine uygun olması kirletici maddelerin adsorbentlere afinitelerinin oldukça yüksek iken kirleticilerin kendi molekülleri arasındaki afinitelerinin çok düşük olduğunu; L tipine uygun olması ise artan konsantrasyonla birlikte kirletici moleküllerinin adsorbentlerin yüzeyinde boş alan bulmasının zorlaştığını göstermektedir.

Literatürde, fenol, kloroform, klorobenzen gibi uçucu organik bileşiklerin sulu çözeltilerinden 3:1 aktif karbon:demiroksit kompoziti üzerine adsorpsiyonu çalışılmış, adsorpsiyon kapasitelerinin fenol, klorobenzen ve kloroform için sırasıyla yaklaşık 117, 305 ve  $710 \text{ mgg}^{-1}$  olduğu bulunmuştur. Aktif karbon üzerine adsorpsiyonlarında ise, fenol, klorobenzen ve kloroform için adsorpsiyon kapasitelerinin sırasıyla 162, 480 ve  $910 \text{ mgg}^{-1}$  olduğu bulunmuştur. Ayrıca, drimaren red boyar maddesinin adsorpsiyon kapasitesinin de aktif karbon > 3:1 kompozit > 2:1 kompozit şeklinde azaldığı ve bunun demiroksit oranının artmasıyla mağnetik karbonların yüzey alanlarının azalmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Oliveira ve diğ., 2002). Bu çalışmada kullanılan 2,4-D,

tiram ve linuron pestisitleri, triton X-100 ve SDS yüzey aktif maddeleri ve  $Cr^{6+}$ ,  $F^-$  iyonu inorganik kirleticilerinin mağnetik karbonlar üzerine adsorpsiyonu ile ilgili literatürde fazla çalışma olmamakla birlikte çeşitli aktif karbonların üzerine adsorpsiyonlarının çalışmaları bulunmaktadır. Bu alışmada, 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100, SDS,  $Cr^{6+}$  ve  $F^-$  ün belli aktif karbonlar üzerine adsorpsiyonu için elde edilen adsorpsiyon izoterm katsayıları, kinetik hız eşitliği sabitleri, pH ve sıcaklık etkisi değerleri, literatürdeki değerlerle benzerlik göstermektedir. Değerler arasında görölen farklılıklar, adsorbent yüzey yapısı, adsorbentin yüzey alanı, adsorbat konsantrasyonu, adsorpsiyonda kullanılan adsorbent miktarının farklı olmasından kaynaklanabilir (Salman ve Hameed, 2010; Hameed ve diğ., 2009; Ayar ve diğ., 2008; Aksu ve Kabasakal, 2004; Gupta ve diğ., 2006; Filipe ve diğ., 2009; Guangzi ve diğ., 2009; El Imache ve di., 2009; Rodriguez-Cruz ve diğ., 2005; Cotoruelo ve diğ., 2009; Safarikovaa ve diğ., 2008; Deng ve diğ., 2011; Zdziennicka, 2009; Babel ve Kurniawan, 2004; Bhaattacharya ve diğ., 2008; Chang ve diğ., 2006; Chen ve diğ., 2011; Yadav ve diğ., 2006).

Ortam pH'sı arttığa triton X-100 adsorpsiyonunun değişmediği, 2,4-D, tiram, SDS ve linuron,  $Cr^{6+}$  ve  $F^-$  iyonunun adsorpsiyonunun azaldığı bulunmuştur. Triton X-100 adsorpsiyonuna pH'nın etki etmemesi, bu adsorbatın nötr moleküller olmasından dolaydır. pH'ın adsorpsiyona etkisinin adsorbentin yüzey yüküyle ve adsorbatın iyonlaşma derecesiyle ilgili olduğu bilinmektedir. pH'ın artmasıyla adsorpsiyonun azalması, pH arttığa negatif yüklenen adsorbent ile negatif yüklü adsorbatın birbirlerini elektrostatik olarak itmeleriyle açıklanır. Diğer bir açıklama da, sıfır yük noktası (izoelektrik nokta,  $pH_{pzc}$ ) ile yapılabilir. Adsorbent, zeta potansiyelinin sıfır olduğu pH değerinde bir başka deyişle izoelektrik noktada nötr, izoelektrik noktasının üzerindeki pH değerlerinde negatif, altındaki pH değerlerinde ise pozitif yüklenir. Bu çalışmada, aktif karbonlar ve üretilen mağnetik karbonların izoelektrik noktaları 6.0-7.5 civarında olup, adsorbentler 6.0-7.5 pH değerlerinin üzerinde negatif, altındaki değerlerde ise pozitif yüklenirler. Bu çalışmada, mağnetik karbonların kararlılığının en iyi olduğu  $pH=5-11$  aralığında çalışıldığından, adsorbentler hep negatif yüklü olmuştur. Zayıf asidik karakterdeki 2,4-D  $pH=4-8$  aralığında iyonlaşmayan ve anyon formunda bulunmaktadır. 2,4-D adsorpsiyonunun artan pH ile azalması, izoelektrik noktası  $pH= 6.0-7.5$ 'nın yukarısında pH değerlerinde negatif yüklenen adsorbent yüzeyi ile

anyon formundaki 2,4-D arasındaki zayıf itme ile açıklanır (Salman ve Hameed, 2010; Hameed ve diğ., 2009; Ayar ve diğ., 2008; Aksu ve Kabasakal, 2004; Gupta ve diğ., 2006).

Tiramın gümüş solünün üzerine adsorpsiyonunun incelendiği bir çalışmada, adsorpsiyonun asidik ve nötr ortamda aynı yüzey Raman spektrasının aynı olduğu, alkali ortamda gümüş üzerine OH<sup>-</sup>'in Cl<sup>-</sup>'den önce adsorplandığı ve tiramın S-S bağları ile gümüş üzerine kimyasal bağ yaparak adsorplandığı bulunmuştur (Kang ve diğ., 2002). Bu tez çalışmasında, tiramın adsorpsiyonunun pH ile azalması, tiram ile negatif yüklü adsorbent arasındaki itme kuvvetiyle ilgilidir.

Metal adsorpsiyonu adsorbentin yüzeyindeki fonksiyonel grupların türü ve iyonlaşma durumu ve metalin kimyasal yapısıyla ilgilidir (Gupta ve diğ., 2001). Cr<sup>6+</sup> iyonu, asidik pH<3 koşullarında Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>, HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cr<sub>3</sub>O<sub>10</sub><sup>2-</sup> ve Cr<sub>4</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> türleri, pH=3-6 aralığında HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup> türü, pH>8'de ise sadece CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> türü kararlı haldedir. 50mg L<sup>-1</sup>'den yüksek konsantrasyonlarda ise Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> türü hakimdir (Mor ve diğ., 2007; Mahramanlioglu ve diğ., 2001; Anandkumar ve diğ., 2009). Bu çalışmada Cr<sup>6+</sup> iyonunun adsorpsiyonunun pH ile azalması, adsorbentin izoelektrik noktası olan pH=6'dan sonra negatif yüklü olması ve negatif yüklü krom iyonu türleriyle negatif yüklü adsorbent arasında oluşan elektrostatik itmeden kaynaklanır. Literatürde, Cr<sup>6+</sup> iyonunun çeşitli adsorbentler üzerine adsorpsiyonu ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçları bu tezde elde edilenlerle benzerlik göstermektedir (Mor ve diğ., 2007; Weckhuysen ve diğ., 1996; Raji ve Anirudhan, 1998; Mahramanlioglu ve diğ., 2001; Perez-Candela ve diğ., 1995; Selomulya ve diğ., 1999). F<sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonunda da, pH arttıkça negatif yüklü adsorbent ile negatif yüklü F<sup>-</sup> iyonu arasında oluşan itme kuvveti F<sup>-</sup> iyonu adsorpsiyonunu kısıtlamaktadır. Bir çalışmada, adsorbent üzerine yükleri ve iyonik çapları bakımından benzer olan OH<sup>-</sup> ve F<sup>-</sup> iyonlarının adsorpsiyon için rekabeti de adsorpsiyonu yavaşlatan bir etken olarak belirtilmiştir (Yadav ve diğ., 2006). F<sup>-</sup> iyonunun çeşitli adsorbentler üzerine adsorpsiyonu ile ilgili birçok çalışmanın sonuçları, bu tez çalışmasındaki sonuçları destekleyen niteliktedir (Abe ve diğ., 2004; Castillo ve diğ., 2007; Karthikeyan ve diğ., 2010; Mahramanlioglu ve diğ., 2002; Nigussie ve diğ., 2007; Tor, 2006; Ayoob ve Gupta, 2008).

Çeşitli kirleticilerin aktif karbon ve mağnetik adsorbentler üzerine adsorpsiyonunun 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100 ve SDS için sıcaklıkla azaldığı, F<sup>-</sup> iyonları için ise sıcaklıkla arttığı görülmüştür (Şekil 4.56-4.57; Şekil 4.86-4.87; Şekil 4.105-4.106; Şekil 4.135-4.136; Şekil 4.193-4.194).  $\Delta H^0$  değerleri 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100 ve SDS için negatif, F<sup>-</sup> iyonları için pozitif;  $\Delta S^0$  değerlerinin 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100 ve SDS için negatif, F<sup>-</sup> iyonları için pozitif;  $\Delta G^0$  değerlerinin ise tüm kirleticiler için negatif olduğu bulunmuştur (Tablo 4.12, Tablo 4.17, Tablo 4.25, Tablo 4.28, Tablo 4.33). Adsorpsiyonun 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100 ve SDS için negatif  $\Delta H^0$  değerlerinden dolayı egzotermik ve pozitif  $\Delta H^0$  değerlerinden dolayı F<sup>-</sup> iyonları için endotermik olduğu; 2,4-D, tiram, linuron, triton X-100 ve SDS için negatif  $\Delta S^0$  değerlerinden dolayı adsorplanan kirletici molekülünün adsorbent yüzeyinde hareketinin kısıtlandığı, düzenlilik olduğu; pozitif  $\Delta S^0$  değerlerinden dolayı F<sup>-</sup> iyonları için ise düzenli olduğu; negatif  $\Delta G^0$  değerlerinden dolayı ise tüm kirleticilerin adsorpsiyonunun kendiliğinden olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışmada literatüre, çeşitli kaynaktaki aktif karbonlardan çeşitli reaksiyon koşullarında 24 çeşit mağnetik karbonun üretilmesi ve yapılarının aydınlatılması, mağnetizasyon değerlerinin belirlenmesi ve bu mağnetik adsorbentlerin üzerine organik maddelerden 2,4-D, tiram ve linuron pestisitlerinin, triton X-100 ve SDS yüzey aktif maddelerinin; inorganik maddelerden F<sup>-</sup> ve Cr<sup>6+</sup> iyonlarının adsorpsiyonlarının zamanın, konsantrasyonun, pH ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak çalışılması ile katkıda bulunulmuştur. Mağnetik karbonlar, çeşitli endüstrilerdeki arıtma tesislerinde, mağnetik alan uygulamasıyla arıtma havuzlarından kolayca alınarak, zaman ve iş kaybını önlediğinden oldukça önemli bir çalışma konusudur. Mağnetik adsorbentlerin çeşitli başlangıç adsorbentleri kullanılarak ya da değişik yöntemlerle üretilmesi, üretilen mağnetik adsorbentlerin kapasitesi, mağnetikliği v.b özelliklerinin geliştirilmesi, mağnetik karbonların modifikasyonu, çok çeşitli organik ve inorganik kirleticilerin mağnetik adsorbentler üzerine adsorpsiyonu konusunda bilimsel çalışmaların arttırılması literatüre ve endüstriye katkı açısından oldukça önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- ABE, I., IWASAKI, S., TOKIMATO, T., KAWASAKI, N., NAKAMURA, T. and TANADA, S., 2004, Adsorption of fluoride ions onto carbonaceous materials, *Journal of Colloid and Interface Science*, 275, 35-39.
- AFKHAMI, A., SABER-TEHRANI, M. and BAGHERI, H., 2010, Modified maghemite nanoparticles as an efficient adsorbent for removing some cationic dyes from aqueous solution, *Desalination*, 263, 240-248.
- AI, L., HUANG, H., CHEN, Z., WEI, X. and JIANG, J., 2010. Activated carbon/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> composites: Facile synthesis, magnetic performance and their potential application for the removal of malachite green from water, *Chemical Engineering Journal*, 156, 243-249.
- AKSU, Z. and KABASAKAL, E., 2004, Batch adsorption of 2,4-dichlorophenoxyacetic-acid (2,4-D) from aqueous solution by granular activated carbon, *Separation and Purification Technology*, 35, 223-240.
- ALAGUMUTHU, G. and RAJAN, M., 2010, Equilibrium and kinetics of adsorption of fluoride onto zirconium impregnated cashew nut shell carbon, *Chemical Engineering Journal*, 158, 451-457.
- ALILA, S. and BOUFI, S., Removal of organic pollutants from water by modified cellulose fibres, *Industrial Crops and Products*, 30, 93-104.
- ALTINTAS, E. B., UZUN, L., DENIZLI A., 2007. Synthesis and characterization of monosize magnetic poly(glycidyl methacrylate) beads, *China Particuology*, (5), 174-17.
- ANANDKUMAR, J. and MANDAL, B., 2009, Removal of Cr(VI) from aqueous solution using Bael fruit (*Aegle marmelos correa*) shell as an adsorbent, *Journal of Hazardous Materials*, 168, 633-640.
- ANONİM, 2011, <http://www.pharmainfo.net/reviews/dendrimer-overview>, (Ziyaret tarihi: 30 Nisan 2011).
- ANONİM, 2011a, <http://www.pesticidinfo.org>, (Ziyaret tarihi: 30 Nisan 2011).
- AYAR, N., BILGIN, B. and ATUN, G., 2008, Kinetics and equilibrium studies of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic-acid adsorption on butiminous adsorption, *Chemical Engineering Journal*, 138, 239-248.
- AYOUB, S., GUPTA, A.K., 2008, Insights into isotherm making in the sorptive removal of fluoride from drinking water, *Journal of Hazardous Materials*, 152, 976-985.

- BABEL, S., KURNIAWAN, T.A., 2004, Cr<sup>+6</sup> removal from synthetic wastewater using coconut shell charcoal and commercial activated carbon modified with oxidizing agents and/or chitosan, *Chemosphere*, 54, 951-967.
- BAHAUMIK, M., LESWIFI, T.Y., MAITY, A., SRIVANASU, V.V., ONYANGO, M. S., 2011, Removal of fluoride from aqueous solution by polypyrrole/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanocomposite, *Journal of Hazardous Materials*, 186, 150-159.
- BAI, Y., DAOHUI, L., WU, F., WNG, Z., XING, B., 2010, Adsorption of Triton X-series surfactants and its role in stabilizing multi-walled carbon nanotube suspensions, *Chemosphere*, 79, 362-367.
- BANDOSZ, T.J., JAGIELLO, J., SCHWARZ, J.A., 1992, Comparison of Methods to Assess Surface Acidic Groups on Activated Carbons, *Anal. Chem.*, 64: 891-895, 1992.
- BANDOSZ, T.J., 1999, Effect of Pore Structure and Surface Chemistry of Virgin Activated Carbons on Removal of Hydrogen Sulfide, *Carbon*, 37, 483- 491.
- BANERJEE, S. S., CHEN, D-H., 2007. Fast removal of copper ions by gum arabic modified magnetic nano-adsorbent, *Journal of Hazardous Materials*, (147), 792-799.
- BEE, A., MASSART, R., NEVEU, S., 1995, Synthesis of very fine maghemite particles, *J. Magn. and Magn. Mat.*, 149, 6-9.
- BERKEM, A.R., BAYKUT, S., BERKEM M. L., 1994, *Fizikokimya*, İ.Ü. Basimevi, İstanbul, 2. Cilt, 278,279, 289-292, 831-837, 853-858.
- BHATTACHARYA, A.K., NAIYA, T.K., MANDAL, S.N. and DAS, S.K., 2008, Adsorption, kinetics and equilibrium studies on removal of Cr(VI) from aqueous solutions using different low-cost adsorbents, *Chemical Engineering Journal*, 137, 529-541.
- BOEHM, H.P., 1994, Some Aspects of The Surface Chemistry of Carbon Blacks and Other Carbons, *Carbon*, 32 (5), 759-769.
- CHANG, Y-C. and CHEN, D-H., 2005, Preparation and adsorption properties of monodisperse chitosan-bound Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanoparticles for removal of Cu(II) ions, *Journal of Colloid and Interface Science*, 283, 446-451.
- CHANG, C-F., LIN, P-H., HOLL, W., 2006, Aluminium-type supermagnetic adsorbents: Synthesis and application on fluoride removal, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 280, 194-202.
- CHEN, J. P., SHUNNIAN, W., 2004, Simultaneous adsorption of copper ions and humic acid onto an activated carbon, *Journal of Colloid and Interface Science*, 280, 334-342.

CHEN, C., HU, J., SHAO, D., LI, J., WANG, X., 2009, Adsorption Behavior of Multiwall Carbon Nanotube/Iron Oxide Magnetic Composites For Ni(II) and Sr(II), *Journal of Hazardous Materials*, 164, 923-928.

CHEN, N., ZHANG, Z., FENG, C., LI, M., ZHU, D., SUGIURA, N., 2011, Studies on fluoride adsorption of iron-impregnated granular ceramics from aqueous solution, *Materials Chemistry and Physics*, 125, 293-298.

COROT, C., ROBERT, P., IDEE, J.M., 2006, Recent advances in iron oxide nanocrystal technology for medical imaging, *Adv. Drug. Deliv. Rev.*, 58 (14), 1471-1504.

COTORUELO, L.M., MARQUEZ, M.D., RODRIGUEZ-MIRASOL, J., RODRIGUEZ, J.J. and CORDERO, T., 2009, Lignin-based activated carbons for adsorption of sodium dodecylbenzene sulfonate: Equilibrium and kinetic studies, *Journal of Colloid and Interface Science*, 332, 39-45.

DENG, S., LIO, H., ZHOU, W., HUANG, J., YU, G., 2011, Mn-Ce oxide as a high-capacity adsorbent for fluoride removal from water, *Journal of Hazardous Materials*, 186, 1360-1366.

DONG, L., ZHU, Z., QUI, Y. and ZHAO, J., 2010, Removal of lead from aqueous solution by hydroxyapatite/magnetite composite adsorbent, *Chemical Engineering Journal*, 165, 827-834.

EL IMACHE, A., DAHCHOUR, A., ELAMRANI, B., DOUSSET, S., POZZONNI, F., and GUZZELLA, L., 2009. Leaching of Diuron, Linuron and their main metabolites in disturbed field lysimeters. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 44, 31-37.

FAN, X., PARKER, D.J., SMITH, M.D., 2003, Adsorption kinetics of fluoride on low cost materials, *Water Research*, 37, 4929-4937.

FAINARMAN, V.B., LYLYK, S.V., AKSENENKO, E.V., MAKIEVSKI, A. V., PETKOV, J. T., YORKE, J., MILLER, R., 2009, Adsorption layer characteristics of Triton surfactants 1. Surface tension and adsorption isotherms, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects*, 334, 1-7.

FENG, Y., GONG, J-L., ZENG, G-M., NIU, Q-Y., ZHANG, H-Y., NIU, C-G., DENG, J-H. and YAN, M., 2010, Adsorption of Cd(II) and Zn(II) from aqueous solutions using magnetic hydroxyapatite nanoparticles as adsorbents, *Chemical Engineering Journal*, 162, 487-494.

FILIPE, O. M. S., VIDAL, M. M., DUARTE, A. C., SANTOS, E. B. H., 2009, Adsorption-Desorption Behavior of Thiram onto Humic Acid, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4906-4912.

FILIPE, O. M. S., VIDAL, M. M., SCHERER, H. W., SCHNEIDER, R. J., DUARTE, A. C., ESTEVES, V. I., SANTOS, E. B. H., 2010, Effect of long term organic amendments on adsorption-desorption of thiram onto a luvisol soil derived from loess, *Chemosphere*, 80, 293-300.

GENC-FUHRMAN, H., WU, P., ZHOU, Y. and LEDIN, A., 2008, Removal of As, Cd, Cr, Cu, Ni and Zn from polluted water using an iron based sorbent, *Desalination*, 226, 357-370.

GERGOVA, K., PETROV, N., ESER S., 1994, Adsorption Properties and Microstructure of Activated Carbons Produced From Agricultural By-Products By Steam Pyrolysis, *Carbon*, 32 (4): 693 – 702.

GILES, C.H. and SMITH, D., 1974, General Treatment and Classification of the Solute Adsorption Isotherm, *Journal of Colloid and Interface Science*, 47 (3),755-765.

GOGOI, P.K. and BARUAH, R., 2008, Fluoride removal from water by adsorption on acid activated kaolinite clay, *Indian Journal of Chemical Technology*, 15, September, 500-503.

GONG, J-L., WANG, B., ZENG, G-M., YANG, C-P., NIU, C-G., NIU, Q-Y., ZHOU, W-J. and LIANG, Y., 2009, Removal of cationic dyes from aqueous solution using magnetic multi-wall carbon nanotube nanocomposite as adsorbent, *Journal of Hazardous Materials*, 164, 1517-1522.

GONZALEZ-PRADAS, E., VILAFRANCE-SANCHEZ, M., GALLECO-CAMPO, A., URENA-AMATE, D. and SOCIAS-VICIANA, M., 1997, Removal of 1,1' dimethyl-4,4, 2 bipyridyl dichloride from aqueous solution by natural and activated bentonite, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 42, 105-112.

GONZALEZ-PRADAS, E., VILAFRANCE-SANCHEZ, M., GALLECO-CAMPO, A., URENA-AMATE, D. and FERNANDEZ-PEREZ, 1999, Removal of linuron from water by natural and activated bentonite, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 74, 49-54.

GUANGZI, Z., HAO, H., WEILING, S. and JINREN, N., 2009, Sorption of Triton X-100 on soil organic matter fractions: kinetics and isotherms, *Journal of Environmental Sciences*, 21, 795-800.

GUO, J., LUA, A.C., 2002, Microporous Activated Carbons Prepared From Palm Shell By Thermal Activation and Their Application to Sulfur Dioxide Adsorption, *Journal of Colloid and Interface Science*, 251, 242-247.

GUO, J., LUA, A.C., 2003, Textural and Chemical Properties of Adsorbent Prepared From Palm Shell By Phosphoric Acid Activation, *Materials Chemistry and Physics*, 80, 114-119.

GUPTA, V, K, ALI, SUHAS, and VIPIN, K, S., 2006. Adsorption of 2,4-D and carbofuran pesticides using fertilizer and steel industry wastes, *Journal of Colloid and Interface Science*, 299,556-563.

HAGHSERESHT, F., LU, G.Q. and WHITTAKER, A.K., 1999, Carbon Structure and Porosity of Carbonaceous Adsorbents In Relation To Their Adsorption Properties, *Carbon*, 37, 1491-1497.

HAGHSERESHT, F., NOURI, S., FINNERTY, J.J., and LU., G.O., 2002, Effects of Surface Chemistry on Aromatic Compound Adsorption from Dilute Aqueous Solutions by Activated Carbon, *J. Phys., Chem.*, B 109, 10935-10943.

HAMEED, B., H., SALMAN, J., M. and AHMAD, A. L., 2009. Adsorption isotherm and kinetic modeling of 2,4-D pesticide on activated carbon derived from date stones, *Journal of Hazardous Materials*, 163, 121-126.

HOU, X., FENG, J., LIU, X., REN, Y., FAN, Z. and ZHANG, M., 2011, Magnetic and high rate adsorption properties of porous  $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$  ( $0 \leq x \leq 0.8$ ) adsorbents, *Journal of Colloid and Interface Science*, 353, 524-529.

HU, J., CHEN, G. and LO, I.M.C., 2005, Removal and recovery of Cr(VI) from wastewater by maghemite nanoparticles, *Water Research*, 39, 4528-4536.

HUANG, S-H., LIAO, M-H. and CHEN, D-H., 2006, Fast and efficient recovery of lipase by polyacrylic acid-coated magnetic nano-adsorbent with high activity retention, *Separation and Purification Technology*, (51), 113-117.

HUANG, S-H. and CHEN, D-H., 2009, Rapid removal of heavy metal cations and anions from aqueous solutions by an amino-functionalized magnetic nano-adsorbent, *Journal of Hazardous Materials*, 163, 174-179.

ISHIWATA, T., MIURA, O., HOSOMI, K., SHIMIZU, K., ITO, D. and YODA, Y., 2010, Removal and recovery of phosphorus in wastewater by superconducting high gradient magnetic separation with ferromagnetic adsorbent, *Physica C*, 470, 1818-1827.

JAGTAB, S., THAKRE, D., WANJARI, S., KAMBLE, S., LABHSETWAR, N. and RAYALU, S., 2009, New modified chitosan-based adsorbent for deluoridation of water, *Journal of Colloid and Interface Science*, 332, 280-290.

JEON, C., NAH, I. W. and HWANG, K-Y., 2007, Adsorption of heavy metals using magnetically modified alginic acid, *Hydrometallurgy*, (86), 140-146.

JIANG, W., YANG, H.C., YANG, S.Y., 2004, Preparation and properties of superparamagnetic nanoparticles with narrow size distribution and biocompatible, *J. Mag. and Mag. Mat.*, 283, 210-214.

JOLIVET, J.P., BELLEVILLE, P., TRONC, E., 1992, Influence of Fe(II) on the formation of the spinel iron oxide in alkaline medium, *Clays and Clay Minerals*, 40 (5), 531-539.

JUN, Y.W., HUH, Y.M., CHOI, J.S., 2005, Nanoscale size effect of magnetic nanocrystals and their utilization for cancer diagnosis via magnetic resonance imaging, *J. Am. Chem. Soc.*, 127 (16), 5732-5733.

KANG, J.S., HWANG, S.Y., LEE, C.J. and LEE, M.S., 2002, SERS of Dithiocarbamate Pesticides Adsorbed on Silver Surface; Thiram, *Bull. Korean Chem. Soc.*, 23 (11), 1604-1610.

KARTHIKEYAN, M., KUMAR, S.K.K. and ELANGO, K.P., 2011, Batch sorption studies on the removal of fluoride ions from water using eco-friendly conducting polymer/bio-polymer composites, *Desalination*, 267, 49-56.

KIZILCIKLI, I. and MAHRAMANLIOGLU, M., 2002, 2,4-D Adsorption By The Adsorbents Produced From Contaminated Soil, *Fresenius Environmental Bulletin*, 11, No:12-b, 1098-1104.

KUZNETSOW, A.A., FILIPPOV, I.V., KUZNETSOV, O.A., GERLIVANOV, V.G., DOBRINSKY; E.K. and MALASHIN, S.I., 1999, New ferro-carbon adsorbents for magnetically guide transport of anti-cancer drugs, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 194, 22-30.

LAURENT, S., FORGE, D., PORT, M., ROCH, A., ROBIC, C., ELST, L.V., and MULLER, R.N., 2008, Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Vectorization, Physicochemical Characterizations, and Biological Applications, *Chemical Reviews*, 108, 2064-2110.

LEVINE, I., 1995, *Physical Chemistry*, Chemistry Department Brooklyn College, McGraw – Hill, Inc., 4<sup>th</sup> edition, s. 363-368, 788.

LIN, Y-F., CHEN, H-W., CHIEN, P-S., CHIOU, C-S. and LIU, C-C., 2011, Application of bifunctional magnetic adsorbent to adsorb metal cations and anionic dyes in aqueous solution, *Journal of Hazardous Materials*, 165, 1124-1130.

LIN, Y., CHEN, H., LIN, K., CHEN, B. and CHIOU, C., 2011, Application of magnetic particles modified with amino groups to adsorb copper ions in aqueous solution, *Journal of Environmental Sciences*, 23 (1), 44-50.

LODHIA, J., MANDARANO, G., FERRIS, N.J., EU, P. and COWELL, 2010, Development and use of iron oxide nanoparticles (Part 1): Synthesis of iron oxide nanoparticles for MRI, *Biomedical Imaging and Intervention Journal*, 6(2), 1-12.

MAHRAMANLIOGLU, M., KIZILCIKLI, I., BICER, I.O. and TUNCAY, M., 2000. Removal Of 2,4-D From Aqueous Solutions By The Adsorbents From Spent Bleaching Earth, *J. Environ. Sci. Health*, B35 (2), 187-200.

MAHRAMANLIOGLU, M., KIZILCIKLI, I. and OZGEN, O., 2001, Linyit Kömürlerinden Elde Edilen Aktif Kömür ile Sulu Çözeltilerden Cr(VI) Uzaklaştırılması, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 7 (3) ,401 – 407.

MAHRAMANLIOGLU, M., KIZILCIKLI, I., BICER, I.O. and TUNCAY, M., 2003, Removal of MCPA from Aqueous Solutions by Acid-Activated Spent Bleaching Earth, *Journal of Environmental Science and Health. Part B- Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes*, B-38 (6), 797-812.

MAHRAMANLIOGLU, M., KIZILCIKLI, I. and BICER, I.O. 2002, Adsorption of fluoride from aqueous solution by acid treated spent bleaching earth, *Journal of Fluorine Chemistry*, 115, 41-47.

MAHRAMANLIOGLU, M., AL, M., ZAHOOR, M., CINARLI, A., and KIZILCIKLI, I., 2010, Removal Of Phenol Red BY Activated Carbon And Magnetic Activated Carbons, *Fresenius Environmental Bulletin*, 19, No:5A, 1-8.

MEDELLIN-CASTILLO, N. A., LEVYA-RAMOS, R., OCAMPO-PEREZ, R., GARCIA DE LA CRUZ, R. F., ARAGON-PINA, A., MARTINEZ-ROSALES, J. M., GUERRERO-CORONADO, R.M. and FUANTES-RUBIO, L., 2007, Adsorption of Fluoride from Water Solution on Bone Char, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 46, 9205-9212.

MISIRLI, T., BICER, I. O. and MAHRAMANLIOGLU, M., 2004, Removal of thiram from aqueous solutions with adsorbents produced from coal mining waste, *Fresenius Environmental Bulletin*, 13, 1010-1014.

MOHAPATRA, M., ANAND, S., MISHRA, B.K., GILES, D.E. and SINGH, P., 2009, Review of fluoride removal from drinking water, *Journal of Environmental Management*, 91, 67-77.

MOR, S., RAVINDRA, K. and BISHNOI, N. R., 2007, Adsorption of chromium from aqueous solution by activated alumina and activated charcoal, *Bioresource Technology*, 98, 954-957.

MORIGUCHI, T., YANO, K., TAHARA, M. and YAGUCHI, K., 2005, Metal- modified silica adsorbents for removal of humic substances in water, *Journal of Colloid and Interface Science*, (283), 300-310.

MUHEREI, M.A., JUNIN, R. and MERDHAH, A.B.B., 2009, Adsorption of sodium dodecyl sulfate, Triton X100 and their mixtures to shale and sandstone: A comparative study, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, (67), 149-154.

NAH, I. W., HWANG, K-Y., JEON, C. and CHOI H., B., 2006, Removal of Pb ion from water by magnetically modified zeolite, *Minerals Engineering*, (19), 1452–1455.

- NASSAR, N.N., 2010. Kinetics, Mechanics, Equilibrium, and Thermodynamic Studies on the Adsorption of Acid Red Dye from Wastewater by  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoadsorbents, *Separation Science and Technology*, 45, 1092-1103.
- NGUYEN, T.D., PHAN, N.H., DO, M.H. and NGO, K.T., 2011, Magnetic Fe<sub>2</sub>MO<sub>4</sub>(M:Fe, Mn) activated carbons: Fabrication, characterization and heterogeneous Fenton oxidation of methyl orange, *Journal of Hazardous Materials*, 185, 653-661.
- OLIVEIRA, L. C. A., RIOS, R.V.R. A., FABRIS, J. D., GARG, V., SAPAG, K. and LAGO, R. M. 2002, Activated carbon/iron oxide magnetic composites for the adsorption of contaminants in water, *Carbon*, (40), 2177-2183.
- OLIVEIRA, L. C. A., RIOS, R.V.R. A., FABRIS, J.D., GARG, V., SAPAG, GARG V. K. and LAGO, R. M., 2003, Clay-iron oxide magnetic composites for the adsorption of contaminants in water, *Applied Clay Science*, 22, 169-177.
- OLIVEIRA, L. C. A., PETKOWICZB, D. I., SMANIOTTOB, A. and PERGHER, S.B.C., 2004, Magnetic zeolites: a new adsorbent for removal of metallic contaminants from water, *Water Research*, 38, 3699-3704.
- OROLINOVÁ, Z., MOCKOVČIAKOVÁ, A., 2009, Structural Study Of Bentonite/Iron Oxide composites, *Materials Chemistry and Physics*, 114, 956-961.
- PANKHURST, Q.A., CONNOLLY, J., JONES, S. K., DOBSON, J., 2003, Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine, *Journal of Physics D: Applied Physics*, (36): R167-R181.
- PANNEERSELVAM, P., MORAD, N. and TAN, K.A., 2011, Magnetic nanoparticle (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) impregnated onto tea waste for the removal of nickel(II) from aqueous solution, *Journal of Hazardous Materials*, 185, 160-168.
- PENG, X., LUAN, Z., DI, Z., ZHANG, Z and ZHU, C., 2005, Carbon nanotubes-iron oxides magnetic composites as adsorbent for removal of Pb(II) and Cu (II) from water, *Letters to the Editor/Carbon*, (43), 855-894.
- PENG, X., LUAN, Z. and ZHANG H., 2006, Montmorillonite-Cu(II)/Fe(III) oxides magnetic material as adsorbent for removal of humic acid and its thermal regeneration, *Chemosphere*, (63), 300-306.
- PEREZ, O. P., UMETSU, Y. and HIROSHI, S., 1998, Precipitation and densification of magnetic iron compounds from aqueous solutions at room temperature, *Hydrometallurgy*, 50, 223-242.
- PORCEL, R., JODER, A.B., CABREERIZO, A. and MARTIN-RODRIGUEZ, A., 2001, Sequential Adsorption of Triton X-100 and Sodium Dodecyl Sulfate onto Positively and Negatively Charged Polystyrene Latexes, *Journal of Colloid and Interface Science*, 239, 568-576.

REN, Y., WEI, X. and ZHANG, M., 2008, Adsorption character for removal Cu (II) by magnetic Cu (II) ion imprinted composite adsorbent, *Journal of Hazardous Materials*, 158, 14–22.

RODRIGUEZ-CRUZ, M.S., SANCHEZ-MARTIN, M.J. and SANCHEZ CAMAZANO, M., 2005, A comparative study of adsorption of an anionic and a non-ionic surfactant by soils based on physicochemical and mineralogical properties of soils, *Chemosphere*, 56-64.

RODRIGUEZ-CRUZ, M.S., ANDRADES, M.S. and PARADA, A.M., 2008, Effect of different pretreatments on the sorption-desorption of linuron and metalaxyl by woods, *Journ. Agric. Food Chem.*, 56 (16), 7339-7346.

ROMERO-CANO, M. S., MARTIN-RODRIGUEZ, A. and DE LAS NIEVES, F. J., 2000, Adsorption and desorption of triton X-100 in Polystyrene Particles with Different Functionality I. Adsorption Study, *Journal of Colloid and Interface Science*, 227, 322-328.

ROSAS, C.A.C., FRANZREB, M., VALENZUELA, F. and HÖLL, W.H., 2010, Magnetic manganese dioxide as an amphoteric adsorbent for removal of harmful inorganic contaminants from water, *Reactive & Functional Polymers*, 70, 516-520.

ROUNQUEROL, F., ROUNQUEROL, J. and SING, K., 1999, Adsorption by Powders and Porous solids, *Academic Press*, Bodmin-England, 0-12-598920-2.

SAFARIK, I. and SAFARIKOVA, M., 2007, Magnetically modified microbial cells: A new type of magnetic adsorbents, *China Particuology*, 5, 19-25.

SAFARIK, I. and SAFARIKOVA, M., 2010, Magnetic fluid modified peanut husks as an adsorbent for organic dyes removal, *Physics Procedia*, 274-278.

SAFARIKOVA, M., MIGUEL RAINHA PONA, B., MOSINIEWICZ-SZABLEWSKA, E., WEYDA, F., SAFARIK, I., 2008, Dye adsorption on magnetically modified chlorella vulgaris cells, *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(04), 486-492.

SAFARIKOVAA, M., LUNACKOVAA, P., KOMAREKB, K., HUBKAB, T. and SAFARIK, I., 2007, Preconcentration of middle oxyethylated nonylphenols from water samples on magnetic solid phase, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, (311), 405–408.

SAFARIKOVAA, M., KIBRIKOVA, I., PTACKOVA, L., HUBKA, T., KOMAREK, K. and SAFARIK, I., 2005, Magnetic solid phase extraction of non-ionic surfactants from water, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 293, 377–381.

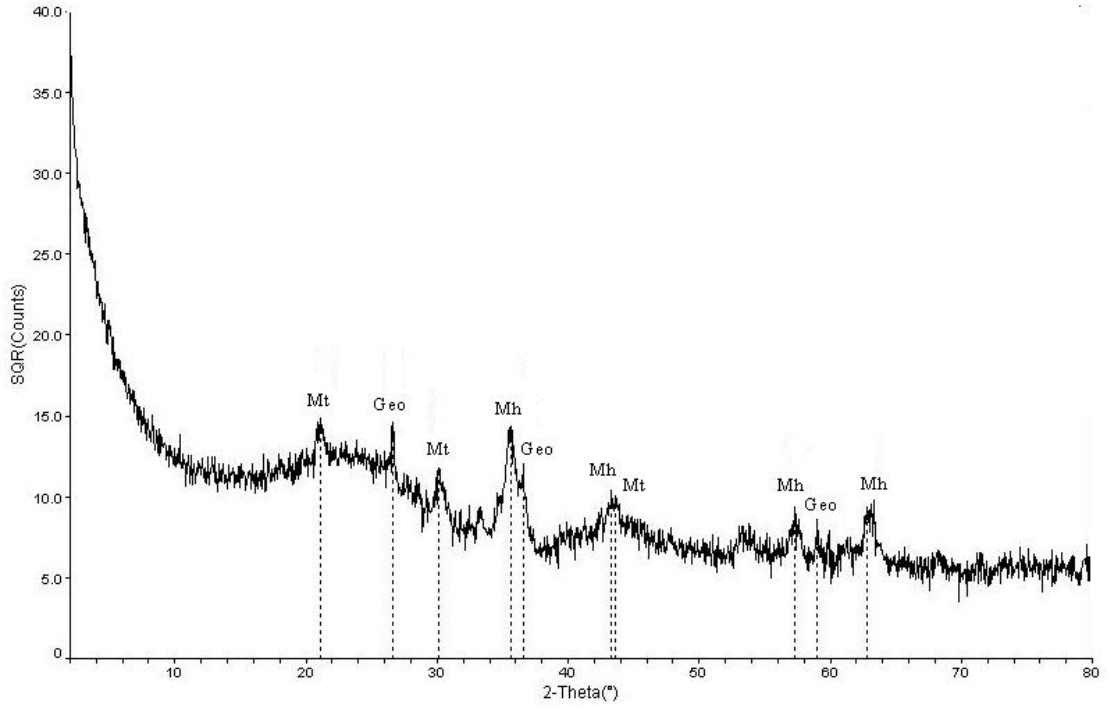
SALMAN, J. M. and HAMEED, B.H., 2010. Adsorption of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and carbofuran pesticides onto granular activated carbon, *Desalination*, 256, 129-135.

- SCHOUTEN, N., VAN DER HAM, L.G.J., ENVERINK, G.J.W., DE HAAN, A.B., 2007, Selection and evaluation of adsorbents for the removal of anionic surfactants from laundry rinsing water, *Water Research*, 41, 4233-4241.
- SHARMA, V. K., AULAKH, J. S. and MALIK, A. K., 2003, Thiram: degradation, applications and analytical methods, *J. Environ.Monit.*, 5, 717-723.
- SHEHA, R. R. and METWALLY, E., 2007, Equilibrium isotherm modeling of cesium adsorption onto magnetic materials, *Journal of Hazardous Materials*, (143), 354-361.
- SHEHA, R. R. and EL-ZAHHAR, A. A., 2008, Synthesis of some ferromagnetic composite resins and their metal removal characteristics in aqueous solutions, *Journal of Hazardous Materials*, 150, 795-803.
- SINGH, K.P., GUPTA, S., SINGH, A.K. and SINHA, S., 2011, Optimizing adsorption of crystal violet dye from water by magnetic nanocomposite using response surface modeling approach, *Journal of Hazardous Materials*, 186, 1462-1473.
- SMEONIDIS, K., GKINIS, T., TRESINTSI, S., MARTINEZ-BOUBETA, C., VOURLIAS, G., TSIAOUSSIS, I., STAVROPOULOS, G., MITRAKAS, M. and ANGELAKERIS, M., 2011, Magnetic separation of hematite-coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> particles used as arsenic adsorbents, *Chemical Engineering Journal*, 168-1008-1013.
- STOECKLI, F., CENTENO, T.A., 2005, On the determination of surface areas in activated carbons, *Carbon*, 43, 1184-1190.
- SUN, S. and ZENG, H., 2002, Size-controlled synthesis of magnetite nanoparticles, *J. Am. Chem. Soc.*, 124, (28), 8204-8205.
- SUN, L., SUN, X., DU, X., YUE, Y., CHEN, L., XU, H., ZENG, Q., WANG, H. and DING, L., 2010, Determination of sulfonamides in soil samples based on alumina-coated magnetite nanoparticles as adsorbents, *Analytica Chimica Acta*, 665, 185-192.
- TANFORD, C., 1973, *The Hydrophobic Effect, Formation of Micelles and Biological Membranes*, A Wiley- Interscience Publication, Canada, 1-44.
- TOR, A., 2006, Removal of fluoride from an aqueous solution by using montmorillonite, *Desalination*, 267-276.
- VAUGHAN, R.L., REED, B.E., 2005, Modelling As (V) removal by a iron oxide impregnated activated carbon using the surface complexation approach, *Water Research*, (39), 1005-1014.
- WRZOSEK, J. and GWOREK, B., 2011, Adsorption of pesticides on synthetic and natural zeolites. A comparative study, 90 (2), 271-275.

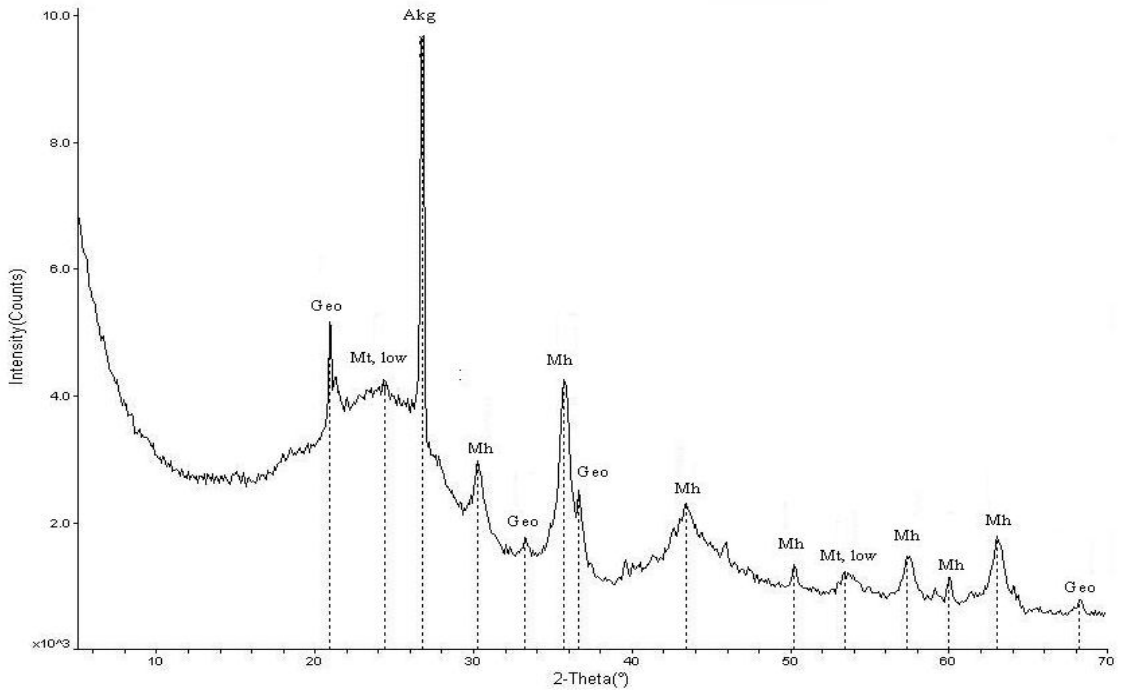
- XI, Y., MALLAVARAPU, M. and NAIDU, R., 2010. Adsorption of herbicide 2,4-D on organo-palygorskite. *Applied Clay Science*, 49, 255-261.
- XING, W., ZHOU, S., GAO, X., 2009,  $\alpha$ -Fe-incorporated Nanoporous Carbon with Magnetic Properties, *Materials Letters*, 63, 1177-1179.
- YADAV, A.K., KAUSHIK, C.P., HARITASH, A.K., KANSAL, A. and RANU, N., 2006, Defluoridation of groundwater using brick powder as an adsorbent, *Journal of Hazardous Materials*, B 128, 289–293.
- YIN, C. Y., AROUA, M. K. and DAUD, W.M.A.W., 2007. Review of modifications of activated carbon for enhancing contaminant uptakes from aqueous solutions, *Separation Purification Technology*, 52, 403-415.
- YOUNAS, M., 2007, *Organic Spectroscopy and Chromatography*, Al-Hajaz Printing Press, Lahora, Pakistan, 8,14.
- ZARGAR, B., PARHAM, H., HATAMIE, A., 2009, Fast Removal and Recovery of Amaranth By Modified Iron Oxide Magnetic Nanoparticles, *Chemosphere*, 76, 554–557.
- ZDZIENNICKA, A., 2009, Adsorption and volumetric properties of Triton X-100 and propanol mixtures, *Journal of Colloid and Interface Science*, 336, 423-430.
- ZHANG, G., QU, J., LIU, H., COOPER, A.T. and RONGCHENG, W., 2007, CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/activated carbon composite: A novel magnetic adsorbent for the removal of acid orange II and catalytic regeneration, *Chemosphere*, (68), 1058-1066.
- ZHAO, X. WANG, J., WU, F., WANG, T., CAI, Y., SHI, Y. and JIANG; G., 2010, Removal of fluoride from aqueous media by Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@Al(OH)<sub>3</sub> magnetic nanoparticles, *Journal of Hazardous Materials*, 173, 102–109.
- ZHAOOR, M., 2010, Removal of thiram from aqueous solution, *Journal of Chinese Chemical Society*, 57, 1361-1366.

## **EKLER**

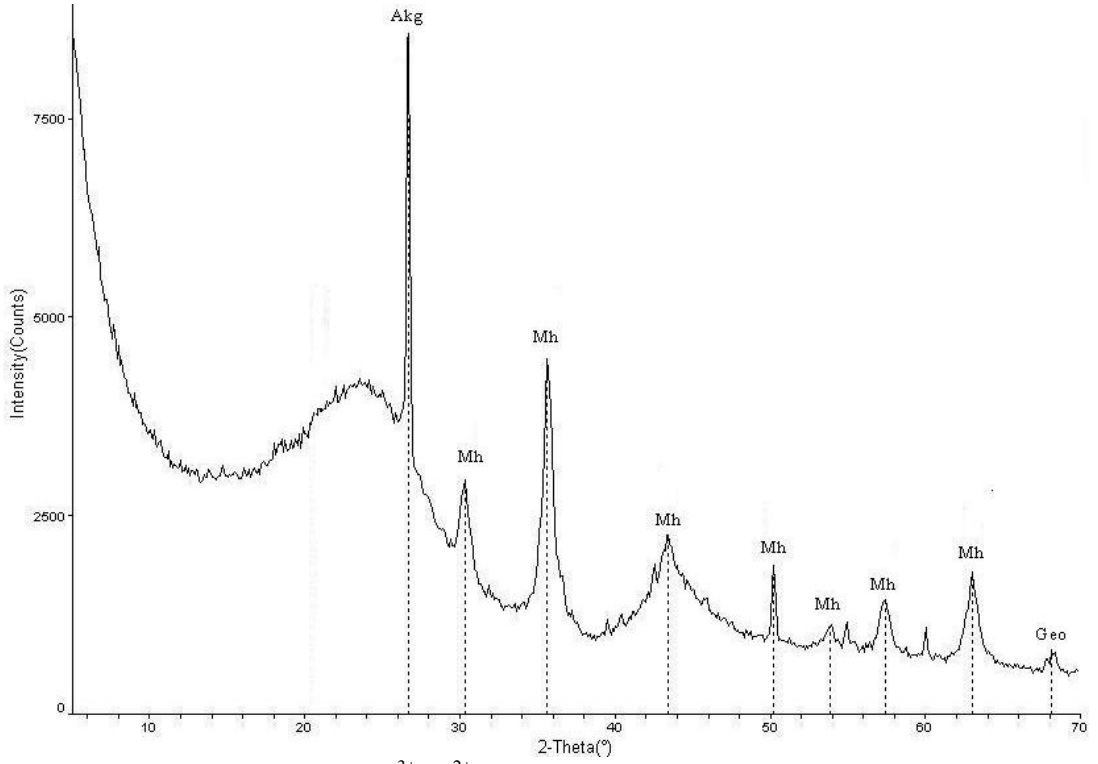
### **EK A.1 : Şekiller**



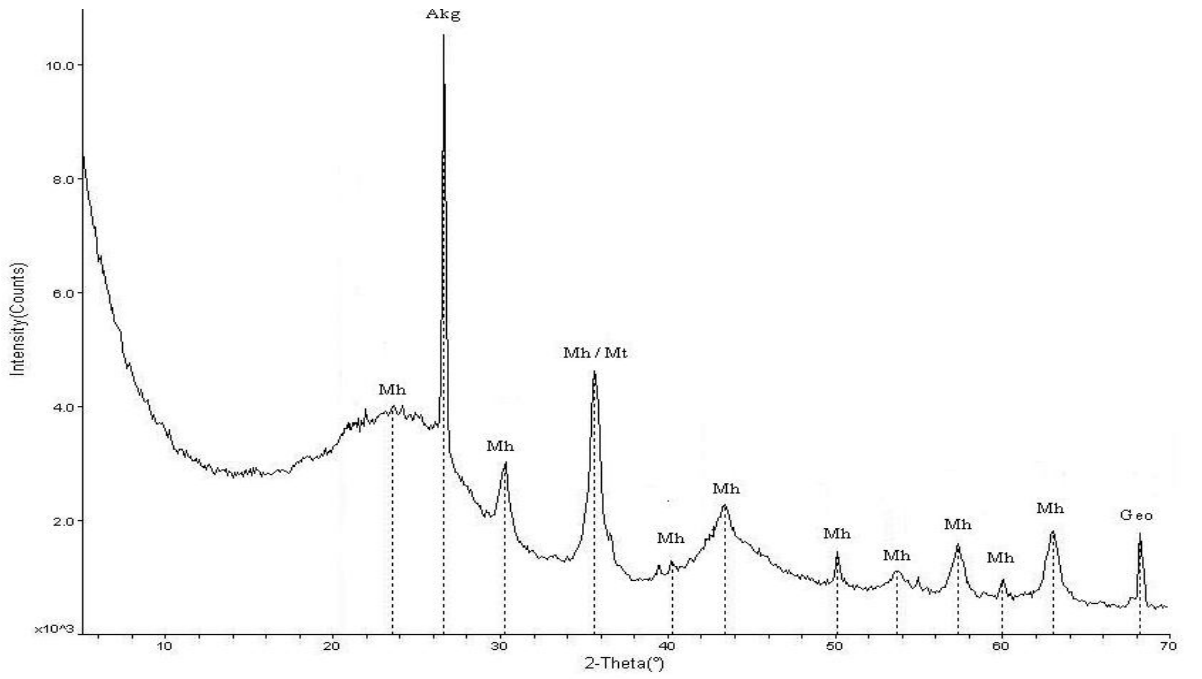
**Şekil A.1** Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-B(1:3)) XRD grafiği



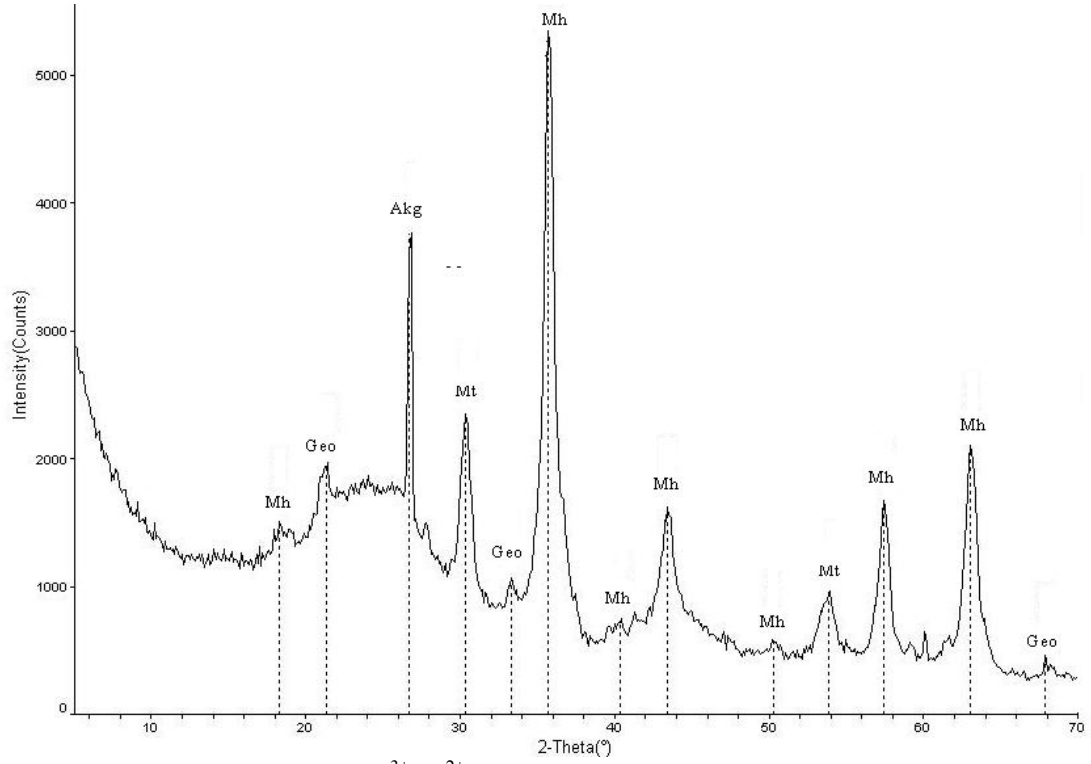
**Şekil A.2** Azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-B(1:3)) XRD grafiği



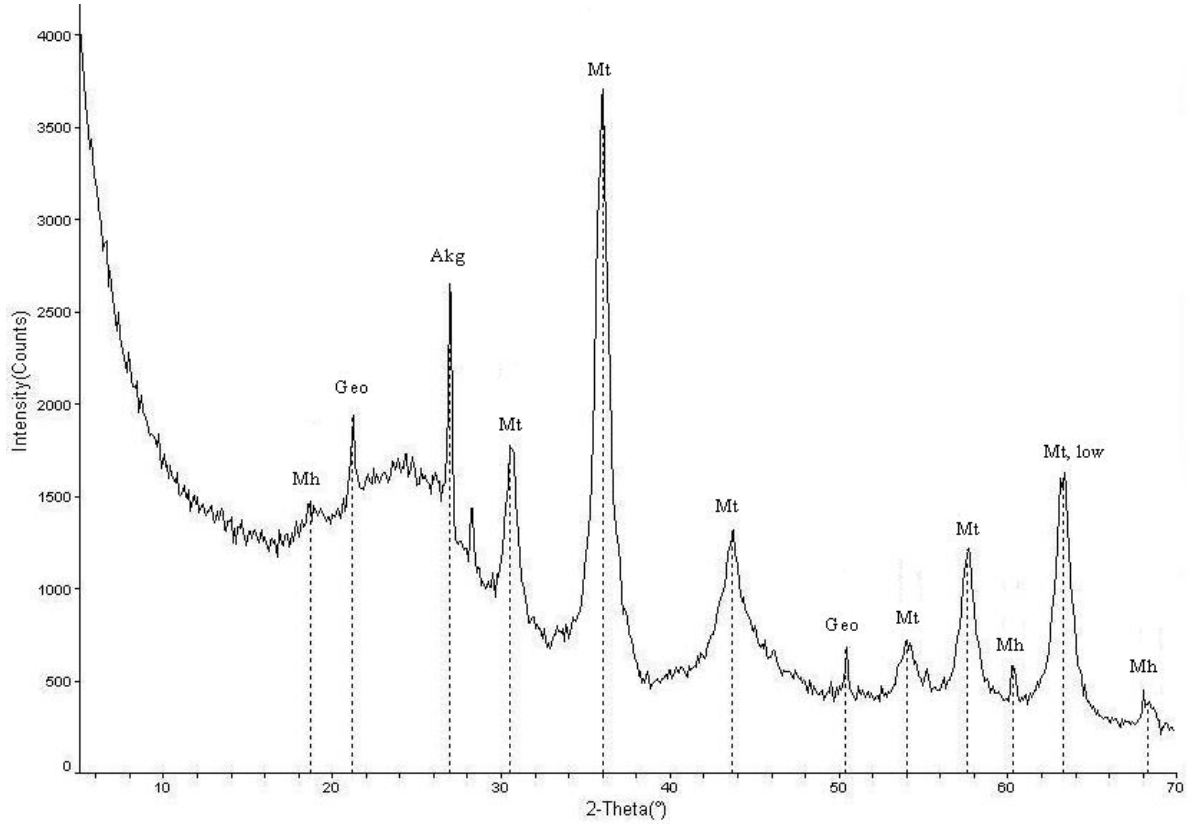
**Şekil A.3** Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-B(1:3)) XRD grafiği



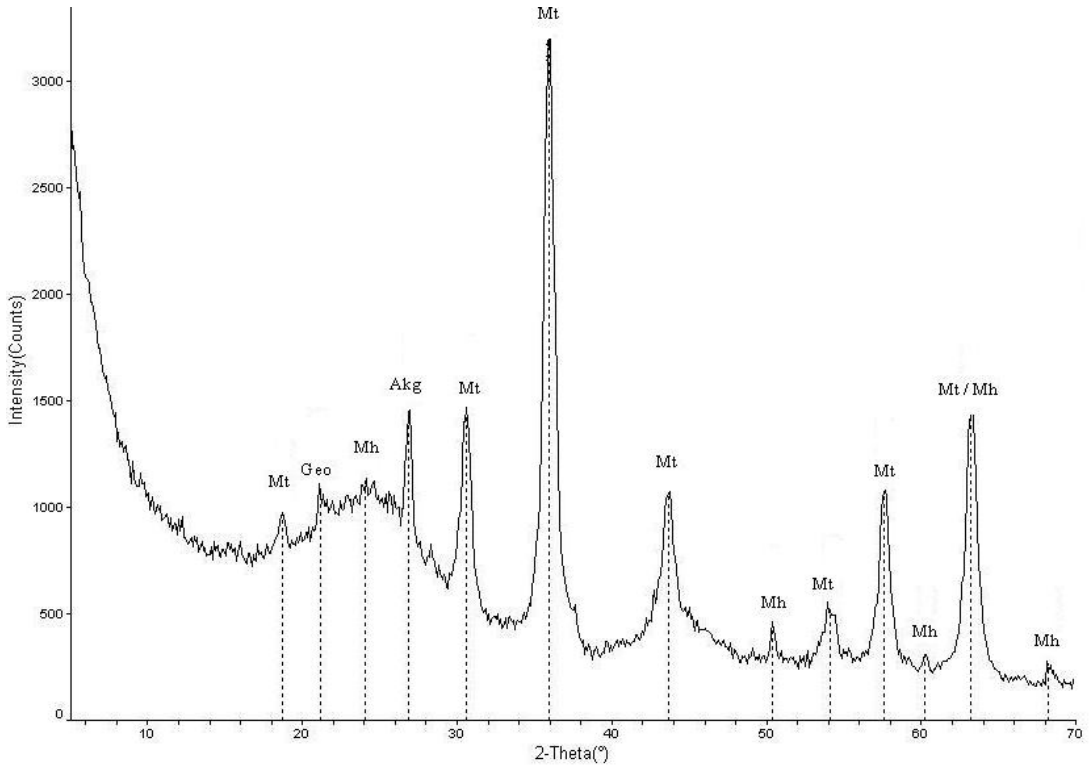
**Şekil A.4** Azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-B(1:3)) XRD grafiği



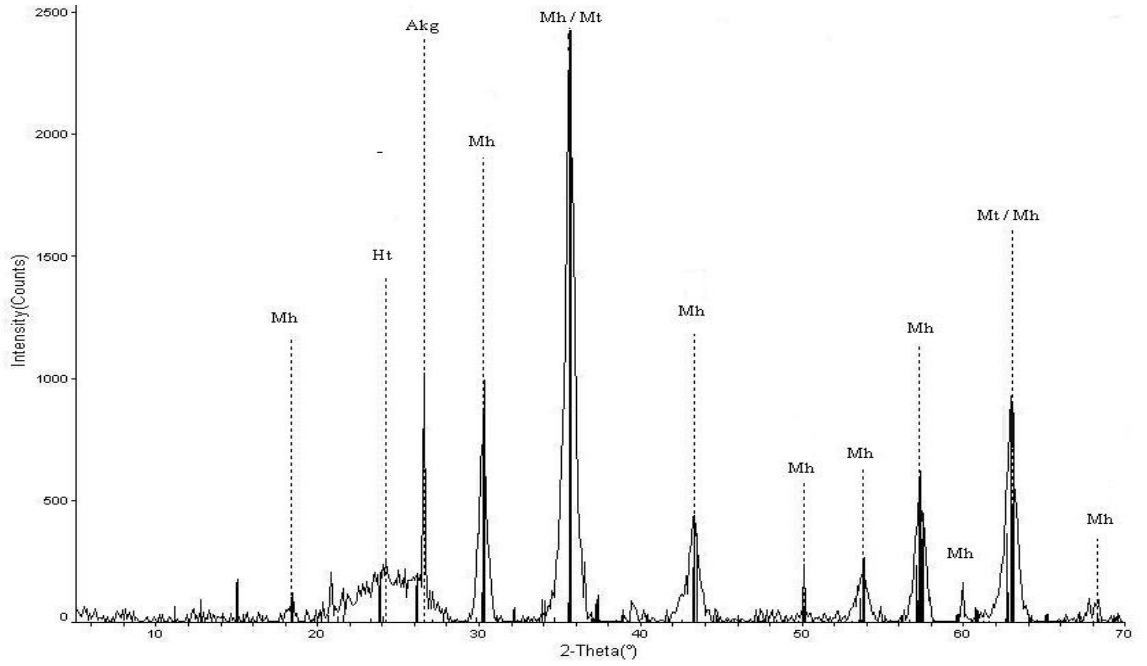
**Şekil A.5** Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-B(1:1)) XRD grafiği



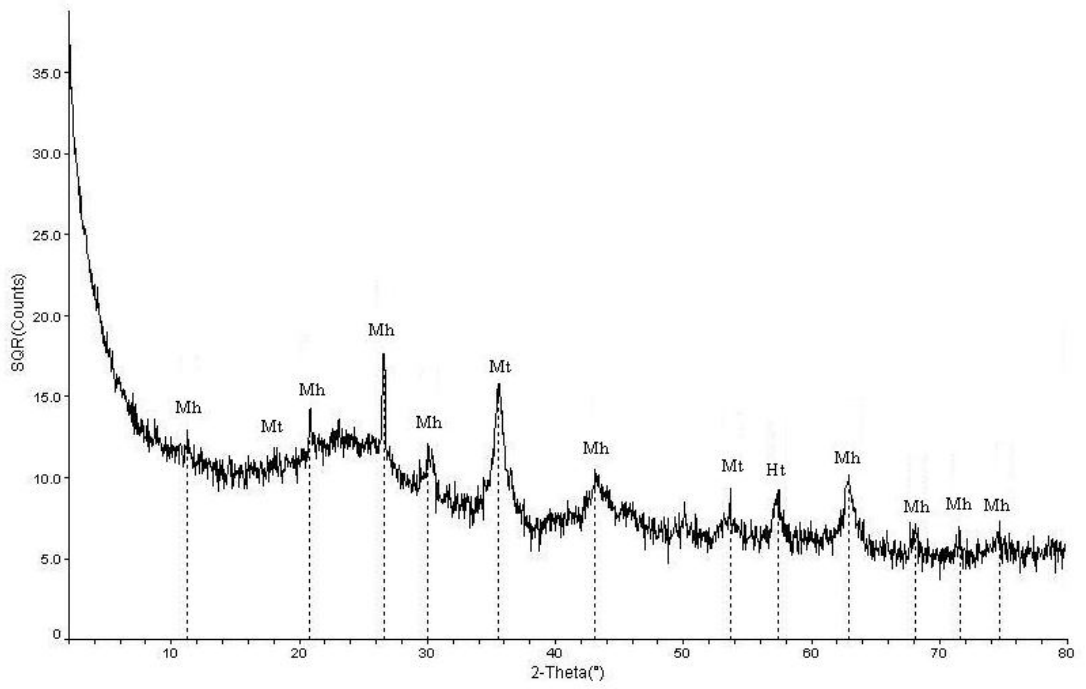
**Şekil A.6** Azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-B(1:1)) XRD grafiği



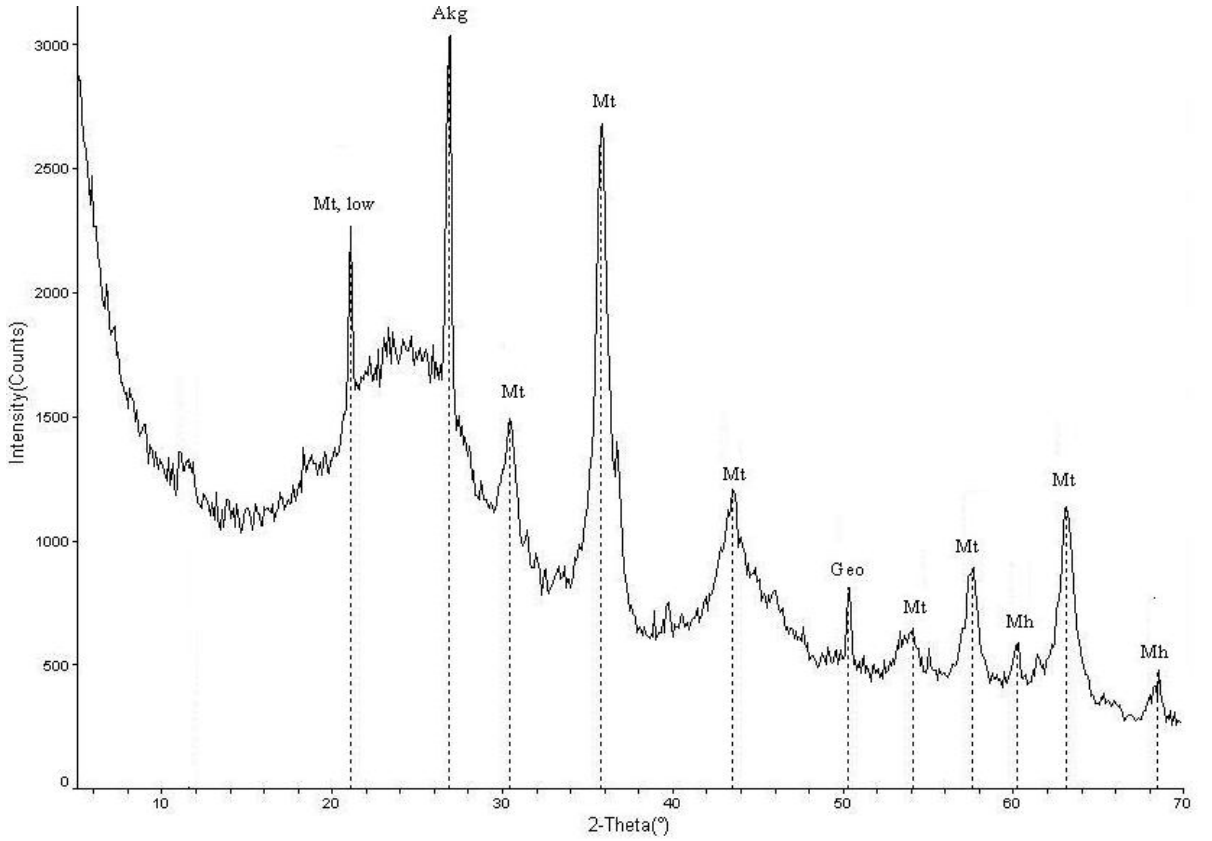
**Şekil A.7** Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-B(1:1)) XRD grafiği



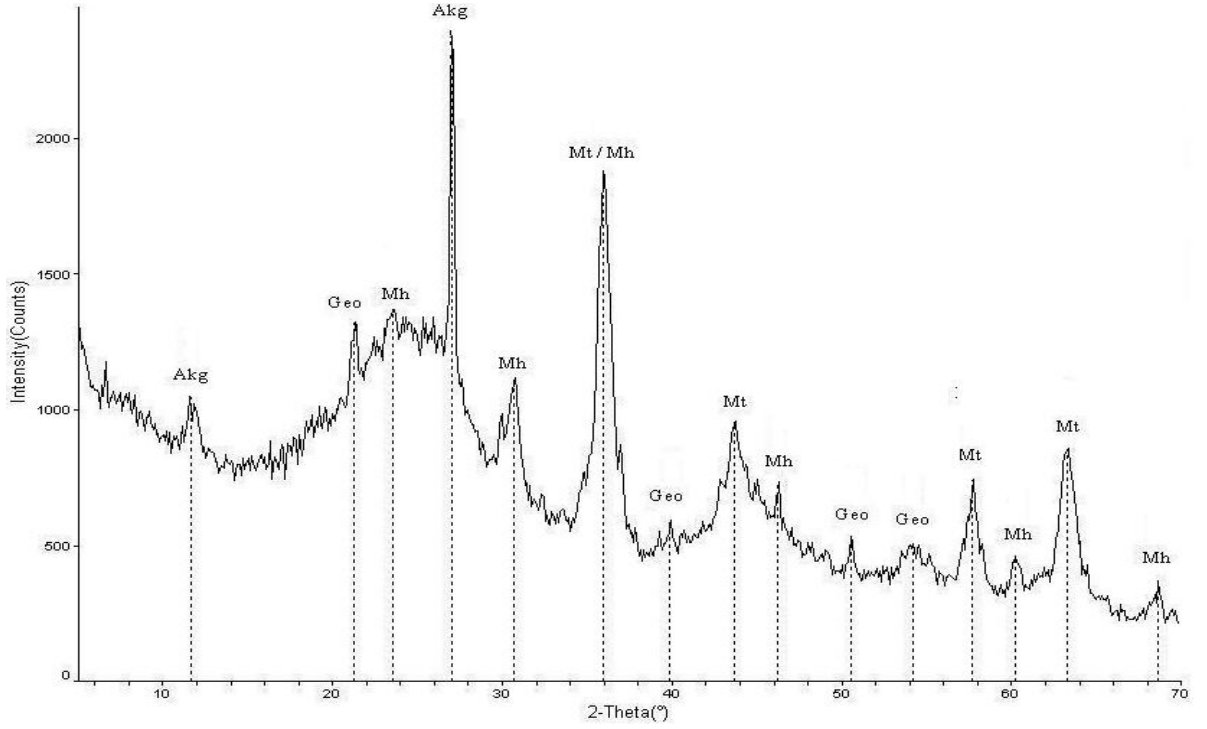
**Şekil A.8** Azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak B aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-B(1:1)) XRD grafiği



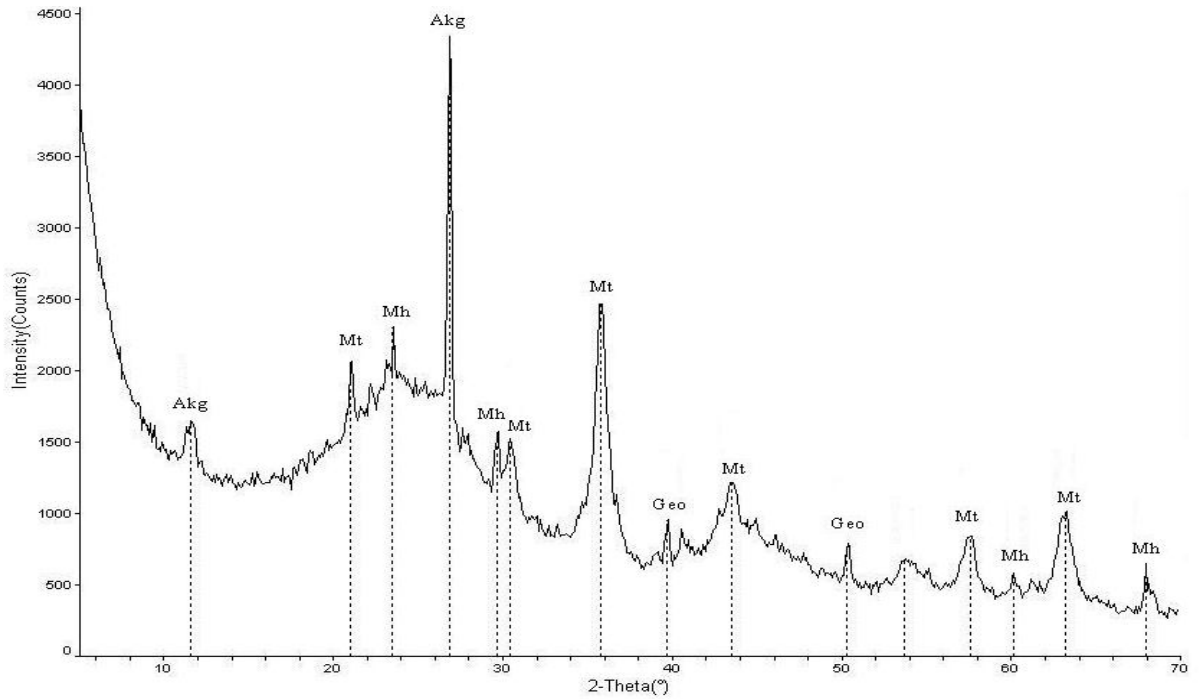
**Şekil A.9** Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-C(1:3)) XRD grafiği



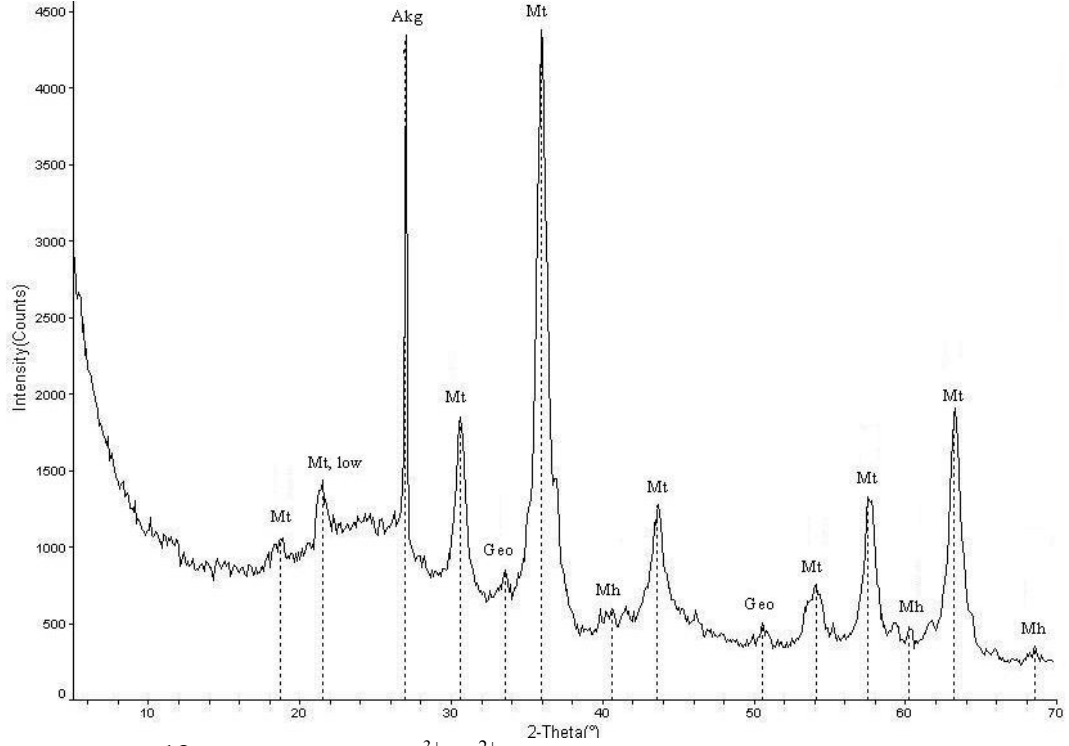
**Şekil A.10** Azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-C(1:3)) XRD grafiği



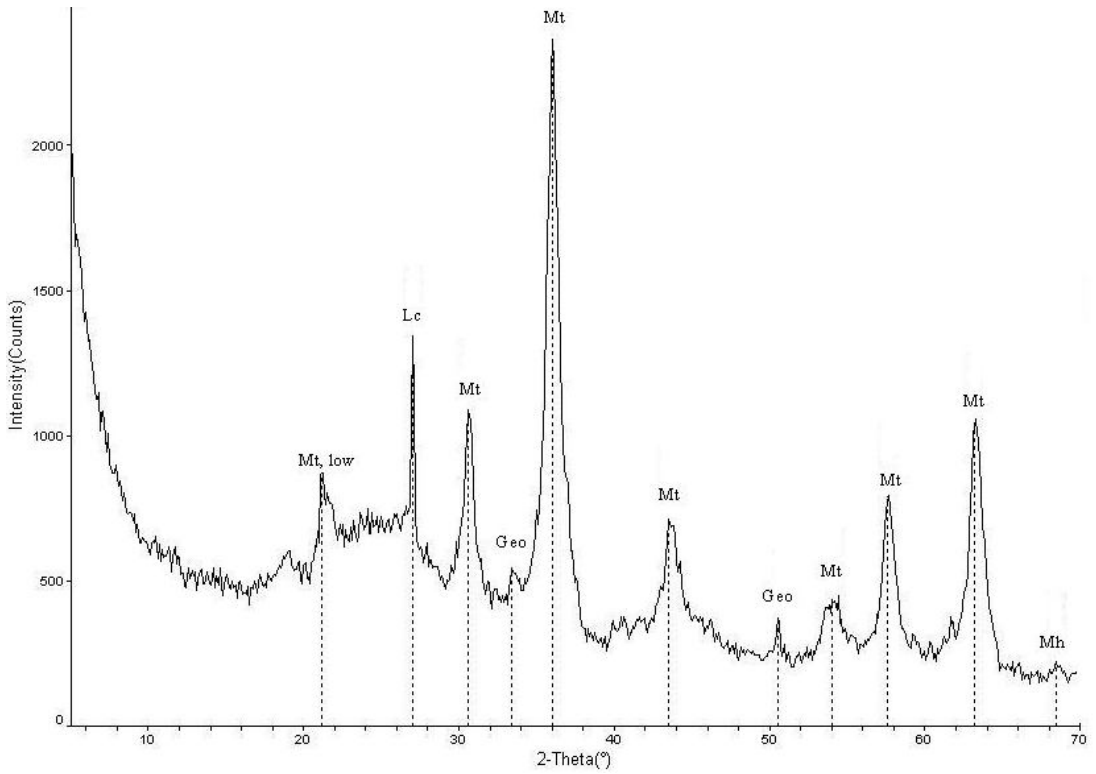
**Şekil A.11** Hava ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-C(1:3)) XRD grafiği



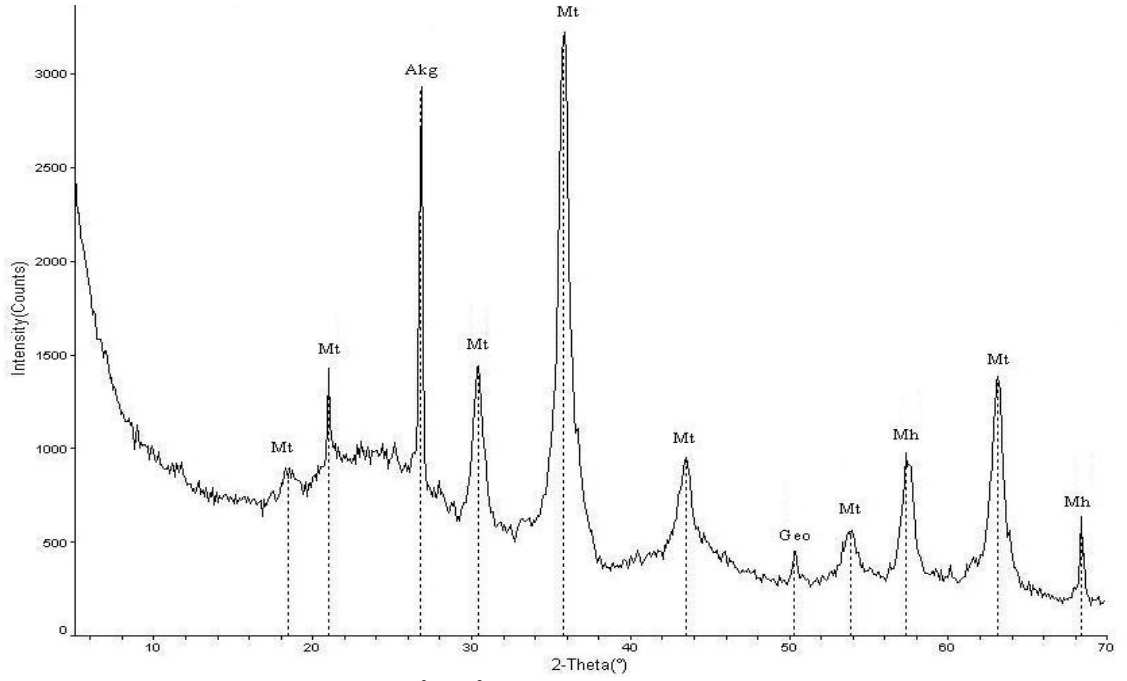
**Şekil A.12** Azot ortamında  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+} = 1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:3 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-C(1:3)) XRD grafiği



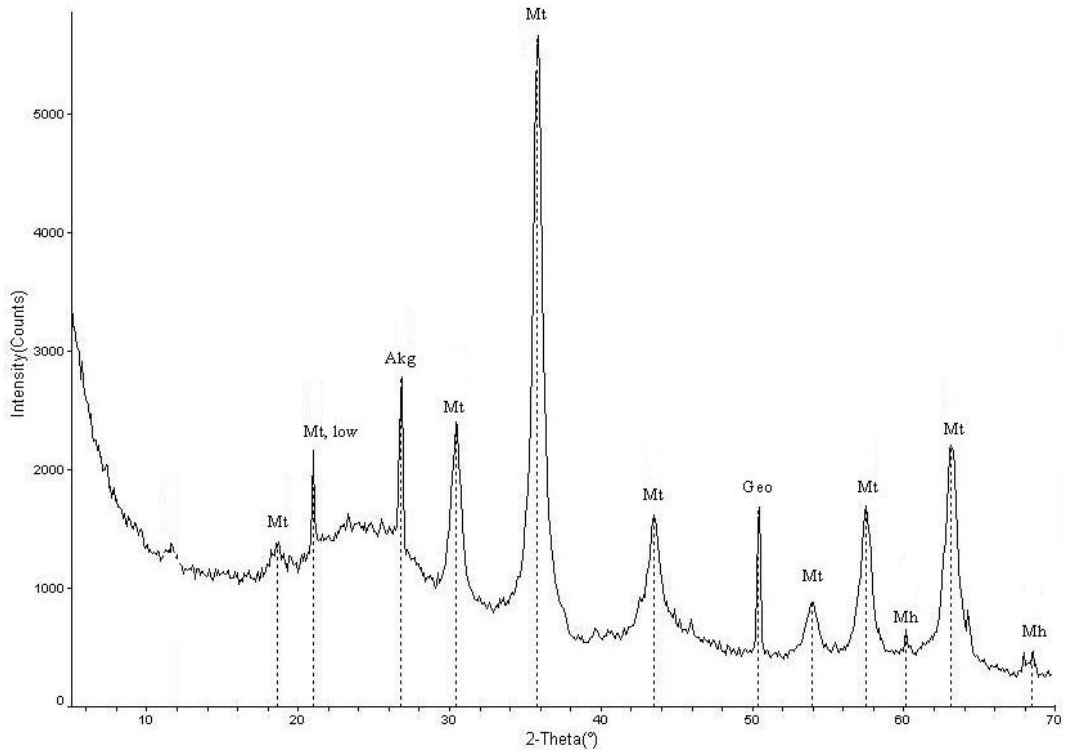
**Şekil A.13** Hava ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F2-C(1:1)) XRD grafiği



**Şekil A.14** Azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=2$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-2-C(1:1)) XRD grafiği



**Şekil A.15** Hava ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (F1-C(1:1)) XRD grafiği



**Şekil A.16** Azot ortamında  $Fe^{3+}:Fe^{2+}=1$  ve demiroksit:aktif karbon = 1:1 olarak C aktif karbonundan üretilen mağnetik karbonunun (FN2-1-C(1:1)) XRD grafiği

## ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında İstanbul'da doğdu. 2000 yılında İ.Ü Mühendislik Fakültesi Kimya Bölümü'nden mezun oldu. 2004 yılında M.Ü Sağlık Bilimleri Enstitüsü Analitik Kimya Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi aldı. Ayrıca, İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'ndan yüksek lisans derecesi aldı. 2004-2006 yıllarında Altınmarka Gıda San. ve Tic. A.Ş.'nde Sorumlu Teknik Müdürlük, Kalite Güvence ve Kalite Kontrol Yöneticiliği yaptı. 2006-2010'da bilimsel alanda çevirmenlik (İngilizce dilde) yaptı. Kimya alanında ulusal ve uluslar arası düzeyde makale, bildiri, sunumları, kitap çalışmaları v.b akademik çalışmaları bulunmaktadır. 2006 yılında İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Fiziksel Kimya ABD'da doktora eğitimine başladı ve halen devam etmektedir.