

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
EN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Pamuk Elyafı Üzerinde Çeşitli Reaktif Boyaların
(*Reactive Red 141, Reactive Blue 160 ve Reactive
Yellow 84*) ve Bunların İkili ve Üçlü Karışımlarının
Sorpsiyon, Kinetik ve Termodinamiğinin İncelenmesi**

Elif ŞAHİN IŞGIN

**DOKTORA TEZİ
(KİMYA ANABİLİM DALI)**

DİYARBAKIR, HAZİRAN 2003

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Elif ŞAHİN IŞGIN'ın " Pamuk Elyafı Üzerinde Çeşitli Reaktif Boyaların (*Reactive Red 141*, *Reactive Blue 160* ve *Reactive Yellow 84*) ve Bunların İkili ve Üçlü Karışımlarının Sorpsiyon, Kinetik ve Termodinamiğinin İncelenmesi" konulu bu çalışması jürimiz tarafından Kimya Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bahattin GÜMGÜM (Danışman)



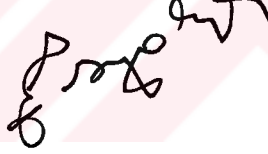
Prof. Dr. Zeki TEZ



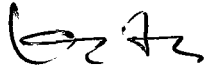
Prof. Dr. Candan HAMAMCI



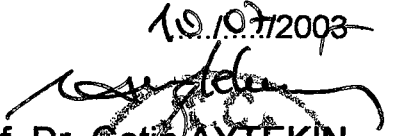

Yrd. Doç. Dr. A. Haluk AYDIN



Yrd. Doç. Dr. Osman AKBA



Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

10.10.2003

Prof. Dr. Çetin AYTEKİN
Enstitü Müdürü


Teşekkür

Bu çalışma, son bir yıla kadar hocam Sayın Prof. Dr. Zeki TEZ'in danışmanlığında yapılmıştır. Kendisinin 2002 Eylül'ünde Diyarbakır'dan ayrılmasından sonra danışmanlığımı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında Sayın Prof. Dr. Bahattin GÜMGÜM üstlenmiştir. Çalışmalarında göstermiş olduğu yakın ilgiden dolayı kendilerine teşekkürlerimi sunarım.

Tezin konusundan başlayıp çalışmanın bitimine kadar gösterdiği yakın ilgi ve katkılarından dolayı, kendisini her konuda örnek aldığım, Sayın Prof. Dr. Zeki TEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, çalışmalarım sırasında çeşitli yardımlarını gördüğüm Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü öğretim elemanlarına teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme ve eşime teşekkür ederim.

Elif ŞAHİN IŞGIN

Amaç

Reaktif boyarmaddeler, elyaf ile bir kovalent bağ oluşturmak üzere reaksiyon veren boyarmaddelerdir. Yaş haslıklarının yüksek olmasından dolayı tekstil sanayisinde en çok kullanılan boyarmaddelerdir. Adsorpsiyon ve kinetik çalışmalarının çeşitli alanlarda önemli uygulamaları vardır. Günümüzde tekstil kimyasına verilen önemden dolayı adsorpsiyon ve kinetik çalışmalarının da bu alana kaymasına gerek duyulmuştur. Adsorpsiyon ve kinetik çalışmaları; tekstil sanayisine, boya sarfiyatını düşürme, uygun boyama prosesi ve boyama süresinin seçimi, boyama haslığını geliştirme gibi önemli konularda yardım sağlamaktadır. Tekstil sanayiinde tekli renk olarak mavi, sarı, kırmızı kullanılır. Diğer renkler bunların ikili ve üçlü karışımları sonucu elde edilir.

Bu araştırmanın amacı, önceden belirlenmiş üç reaktif boyanın (*C. I. Reactive Red 141*, *C. I. Reactive Blue 160* ve *C. I. Reactive Yellow 84*) denge sorpsiyon izotermelerini incelemek, saf pamuğa belirli sıcaklık ve pH'larda tuz (NaCl) ilavesiyle boya karışımlarını uygulamaktır. Çalışmada gözlenecek olanlar ise,

- önceden belirlenmiş üç reaktif boyanın, belirli sıcaklık ve pH'larda, tek başına ve karışım halinde kullanıldığında sorpsiyon izotermelerini belirlemek,
- önceden belirlenmiş reaktif boyaların ve boya karışımlarının deneysel izotermelerinden yararlanarak bu boyalara ait adsorpsiyon kinetiğini yorumlamak,
- önceden belirlenmiş reaktif boyaların ve boya karışımlarının deneysel izotermelerinden yararlanarak bu boyalara ait adsorpsiyon termodinamiğini yorumlamak.

Özet

Üç reaktif boyanın (*C. I. Reactive Red 141*, *C. I. Reactive Blue 160* ve *C. I. Reactive Yellow 84*) denge sorpsiyon izotermi, üç farklı sıcaklık ve pH'larda incelendi ve bu boyaların tekli, ikili ve üçlü karışımları saf pamuk üzerine uygulandı. Saf pamuk üzerine aynı boya konsantrasyonu ve tuz (NaCl) kullanıldığı zaman, boyaların ikili ve üçlü karışımlarının, tekli boyalara göre daha düşük sorpsiyon verdiği gözlemlendi. Elde edilen izotermilerin Langmuir tipine uygun oldukları görüldü. Bu izotermelere ilişkin çeşitli istatistiksel değerler hesaplanarak yorumlandı.

Adsorpsiyon kinetiğine ait hız sabitleri belirlendi. Boya konsantrasyonunun artması ile adsorpsiyon hız sabitinin azaldığı gözlemlendi. Desorpsiyon hız sabitinin boya konsantrasyonundan etkilenmediği saptandı.

Adsorpsiyon termodinamiğine ait verilerden, adsorpsiyonun kendiliğinden gerçekleştiğini, ekzotermik olduğu, sıcaklığın azalması ile boyarmadde moleküllerinin elyaf üzerinde daha homojen tutulduğu gözlemlendi.

Summary

The equilibrium sorption isotherms of three reactive dyes (*C. I. Reactive Red 141*, *C. I. Reactive Blue 160* ve *C. I. Reactive Yellow Yellow 84*) were investigated at three different temprature and pH levels and the primary, secondary, and tertiary mixtures of these dyes were applied on pure cotton cloth. When same dye concentration and salt (NaCl) used, it was reported that the secondary and tertiary mixtures of these reactive dyes had lower sorption values than did the primary mixtures. The isotherms obtained were observed to comply with the Langmuir type. Various sitatistics regarding these isotherms were calculated to infer statistical conclusions.

The rate parameters of adsorption kinetics were determined. These velocity parameters had a tendency to decline as the dye concentration increased in value. The desorption rate parameter was observed to be independent of the dye concentration used.

The data obtained from adsorption thermodynamics demonstrated that the adsorption is a self motivating, exothermic phenomenon and decreasing temperature values for the dye molecules to be fixed on fiber in a more homogeneous manner.

İçindekiler

Teşekkür.....	i
Amaç.....	ii
Özet.....	iii
Summary.....	iv
İçindekiler.....	v
I. GİRİŞ.....	1
<i>I. 1. Genel Bilgiler.....</i>	<i>1</i>
<i>I. 2. Önceki Çalışmalar.....</i>	<i>2</i>
II. RENK ve RENK KURAMLARI.....	7
<i>II. 1. Renk.....</i>	<i>7</i>
<i>II. 2. Renk Kuramları.....</i>	<i>10</i>
III. BOYA VE BOYAMA.....	14
<i>III. 1. Genel Bilgiler.....</i>	<i>14</i>
<i>III. 2. Boyamanın Tarihçesi.....</i>	<i>16</i>
<i>III. 3. Boyaların Sınıflandırılması.....</i>	<i>23</i>
III. 3. 1. Boyaların Kimyasal Yapılarına Göre Sınıflandırılması.....	23
III. 3. 2. Boyaların Boyama Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması.....	24
III. 3. 3. Boyaların Çözünürlüklerine Göre Sınıflandırılması.....	26
<i>III. 4. Boyaların Adlandırılması.....</i>	<i>26</i>
<i>III. 5. Reaktif Boyarmaddeler.....</i>	<i>27</i>
III. 5. 1. Siyanürik Klorür Esaslı Reaktif Sistemler.....	29
III. 5. 1. 1. Dichloro-s-triazine boyaları.....	29
III. 5. 1. 2. Monochloro-s-triazine boyaları.....	32
III. 5. 2. Boyarmadde Karakterinin Denge Durumuna Etkisi.....	33
<i>III. 6. Boyama ve Boyama Dengesi.....</i>	<i>33</i>

IV. ADSORPSİYON HAKKINDA GENEL BİLGİLER BİLGİLER.....	36
<i>IV. 1. Adsorpsiyon Termodinamiği.....</i>	<i>36</i>
<i>IV. 2. Adsorpsiyon Prensipleri</i>	<i>37</i>
<i>IV. 3. Adsorpsiyon Hızı.....</i>	<i>40</i>
<i>IV. 4. Adsorpsiyon Dengesi.....</i>	<i>40</i>
<i>IV. 5. Adsorpsiyon İzotermi ve Denklemleri.....</i>	<i>41</i>
V. PAMUK ELYAF.....	49
<i>V. 1. Pamuk Elyafın Yapısı.....</i>	<i>49</i>
<i>V. 2. Fiziksel Özellikler.....</i>	<i>52</i>
<i>V. 3. Kimyasal Özellikler.....</i>	<i>52</i>
<i>V. 4. Pamuk Elyafın Boyanması.....</i>	<i>53</i>
VI. MATERYAL VE METOD.....	54
<i>VI. 1. Materyal.....</i>	<i>54</i>
VI. 1. 1. Elyaf.....	54
VI. 1. 2. Boyarmaddeler.....	54
VI. 1. 3. Aletler.....	54
<i>VI. 2. Metod.....</i>	<i>55</i>
VI. 2. 1. Maksimum Adsorpsiyon Dalga Boyunun Belirlenmesi.....	55
VI. 2. 2. Kalibrasyon Eğrisinin Çizimi.....	56
VI. 2. 3. Tampon Çözeltilerin Hazırlanması.....	56
VI. 2. 4. Boyama Denge Süresinin Belirlenmesi.....	56
VI. 2. 5. Sorpsiyon İzotermi.....	57
VI. 2. 6. Boya Banyosu Denge Konsantrasyonunun Belirlenmesi.....	57
VI. 2. 6. 1. Tekli Boyalar İçin.....	57
VI. 2. 6. 2. Boya Karışımları İçin.....	57
<i>VI. 3. Adsorpsiyon ve Deşorpsiyon Hız Sabitlerinin Bulunması.....</i>	<i>58</i>
<i>VI. 4. Adsorpsiyon Termodinamik Değerlerinin Hesaplanması.....</i>	<i>59</i>
VII. BULGULAR.....	60
<i>VII. 1. Maksimum Adsorpsiyon Dalga Boyları.....</i>	<i>60</i>

<i>VII. 2. Veri Tabloları</i>	63
<i>VII. 3. Adsorpsiyon İzotermi</i>	92
VIII. TARTIŞMA VE SONUÇ	125
Kaynaklar	131
Tablo, Grafik, Şekil ve Resim Listesi	136



I. GİRİŞ

I. 1. Genel Bilgiler

Cisimlerin renklendirilmesi boyamak kelimesiyle ifade edilir. Cisimlerin yüzeyinin ya dış tesirlerden korunması ya da güzel bir görünüm sağlanması için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere **boya** (Alm. *Farbenkörper*, İng. *Pigment*, *Paint* Fr. *Colorant*) denir.

Cisimlerin (kumaş, elyaf v.b.), kendilerini renkli hale getiren maddelere ise **boyarmadde** (Alm. *Farbstoff*, İng. *Dye*, *Dyestuff*, Fr. *Teinture*) denir. Ancak her renk veren veya renkli olan madde boyarmadde değildir. Boyarmaddeler yapılan renklendirme boyalarla yapılan renklendirme işlemine benzemez. Genellikle çözeltiler veya süspansiyonlar halinde çeşitli boyama yöntemleriyle uygulanırlar. Boyarmaddeler organik bileşiklerdir. Boyanacak cisimler boyarmadde ile devamlı ve dayanıklı bir şekilde birleşerek cismin yüzeyini yapı bakımından değiştirirler ve genellikle boyarmadde, cismin yüzeyi ile kimyasal veya fizikokimyasal bir ilişkiye girerek birleşmiştir.

İlk çağlardan beri renklilik konusu insanoğlunun ilgisini çekmiştir. Bu nedenle insanlar, çevrelerindeki canlı veya cansız tüm nesnelere, renk verebilen maddeler (boya ve boyarmadde) elde etmeye çalışmışlardır. Bunu taş devri zamanlarında bile görmek mümkündür. İsa'dan yüzlerce yıl öncesine ait Dordogne (Fransa) ve Altamira'da (İspanya) bulunan mağara duvarlarındaki resimler ve eşyalar bunun kanıtıdır. Buralarda bulunan ölü kemiklerinin kırmızı renge boyanmış olması çok ilgi çekicidir (1).

Hiç kuşkusuz, yüzyıllar boyu süren sayısız sına ve yanımların sonunda, bunların en doğrusu ve güzeli bulunmuştur. Tüm bu deneyim ve becerilerin büyük bir kısmı genellikle hiç yazılmadan, ustadan çırağa günümüze dek gelebilmiştir (2).

XIX. yüzyıl ortalarına kadar kullanılan bütün boyarmaddeler doğal kaynaklıydı. Doğal boyaların önemi 1856 yılında sentetik boyaların keşfine dek sürdü. Sentetik boyaların ucuz ve kolay elde edilme olanağından dolayı, doğal boyalar gittikçe önemini yitirmiştir (3).

I. 2. Önceki Çalışmalar

Adsorpsiyon ve kinetik çalışmalarının çeşitli alanlarda önemli uygulamaları vardır. Günümüzde tekstil kimyasına verilen önemden dolayı adsorpsiyon ve kinetik çalışmalarının da bu alana kaymasına gerek duyulmuştur. Adsorpsiyon ve kinetik çalışmaları; tekstil sanayisine, boya sarfiyatını düşürme, uygun boyama prosesi ve boyama süresinin seçimi, boyama haslığını geliştirme gibi önemli konularda yardım sağlamaktadır. Tekstil sanayiinde tekli renk olarak mavi, sarı, kırmızı kullanılır. Diğer renkler bunların ikili ve üçlü karışımları sonucu elde edilir. Bu çalışmada bu üç temel renkten yola çıkılarak piyasada kullanılabilecek çok sayıda renk elde edilmesi de amaçlanmaktadır. Bu da piyasa verimliliğini geliştirmede yarar sağlayabilecektir.

Koyuncu; nanofiltre membran (DS5 DK tipi) ayırma yöntemini kullanarak, atık sulardan tekstil boyarmaddesini uzaklaştırmayı hedefleyen bir çalışma yapmıştır. Bunun için farklı derişimlerde NaCl ve reaktif boyarmaddesini, basıncı ve akış hızını değiştirerek nanofiltre membrandan geçirmeye çalışmıştır. Boya konsantrasyonunun artmasıyla boyarmadde akışın azaldığını ve basınç artışının bu azalmayı gidermediğini gözlemlemiştir. Düşük tuz ortamında reaktif boyanın daha iyi geçiş sağladığını belirtmiştir. Bunu da reaktif boyanın agregasyonundan (boyarmadde molekülünün yüzeyde toplanması) kaynaklandığını söylemiştir (4).

Kongkachuichay ve arkadaşları; doğal lak boyasının ipek elyafı üzerindeki adsorpsiyon termodinamiğini incelemişlerdir. Langmuir adsorpsiyon izotermi tipine uyan veriler elde etmişlerdir. Adsorpsiyon serbest entalpi değişimi (ΔG), entropi değişimi (ΔS), entalpi değişimi (ΔH) ve adsorplananın düşük konsantrasyonlarda adsorplama yeteneği ile ilgili olan b sabitini hesaplamışlar. Sıcaklık artığı zaman b sabiti ve ΔG 'nin azaldığını, ΔH 'a bakarak reaksiyonun ekzotermik olduğunu bulmuşlardır. İpek elyafı memecylon ile mordanlayarak adsorpsiyonun arttığını gözlemlemiştirlerdir. Bu artışı, termodinamiksel verileri ve Langmuir adsorpsiyon izoterm tipine ait verileri değerlendirerek yorumlamışlardır (5).

Phillips ve arkadaşları; hem monoklorotriazinil hem de kloroasetilamino reaktif grup taşıyan hetero bi-fonksiyonel reaktif boyaları pamuk elyafa uygulamışlardır. Suda

çözünür, hem monoklorotriazinil hem de kloroasetilamino reaktif boyaları sentezlemişlerdir. Selülozik elyafın kloroasetilamino grubundan klor iyonunun nükleofilik yer değiştirmesi ile boyandığını ifade etmişlerdir. Kloroasetilamino grup taşıyan reaktif boyayı hazırlamanın uzun süreç gerektirdiğini ve bu yüzden ticari anlam taşımadığını ifade etmişlerdir. Kloroasetilamino grubu taşıyan hetero bi-fonksiyonel boyayı sıcak boyama ile selülozik elyafa uygulamak için kloroasetilamino grubunu kromofordan izole etmek gerektiğini ifade etmişlerdir. Kromofordan izole etmenin bazı koşullarda dekloroasetilizasyon potansiyelini indirgemiş olacağından, renk derecesi oldukça iyi ürünler elde edildiğinden söz etmişlerdir (6).

Ho ve arkadaşları; kili aktive ederek, Basic Red 18 ve Acid Blue 9 boyalarının sorpsiyon kinetiklerini çalışmışlardır. Aktif kilin partikül boyutunu tespit ederek, farklı sıcaklık ve pH'larda, boya sorpsiyon kinetiğinin pseudo-ikinci dereceden olduğunu bulmuşlardır. Bu reaksiyona ait sorpsiyon hız sabitlerini, aktivasyon enerjisini ve sorpsiyon hız sabitlerine boya konsantrasyonunun etkisini hesaplamış ve yorumlamışlardır (7).

Kuan ve arkadaşları; $k_d = K_d/k_a$ arasındaki ilişkinin dışında, Langmuir kinetik modeline ait, hem adsorpsiyon (k_a) hem de desorpsiyon (k_d) kinetik sabitlerini doğrudan belirleyen matematiksel bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu matematiksel yöntem; denge sabitini (K_d) belirlemede daha hızlı ve daha teknik bir yaklaşımdır. Bu matematiksel yaklaşım yalnızca deneysel çalışmayı azaltmayı değil aynı zamanda k_d ve k_a değerlerinin de daha doğru bulunmasını sağlamıştır. Bu matematiksel yaklaşımı, selenit ve selenatın alüminyum oksit içeren kum ve Mg^{2+} ve Mn^{2+} 'nin toz halindeki saf silika üzerindeki adsorpsiyonuna uygulamışlar ve Mn^{2+} 'nin silika yüzeyinde $Mn(II)$ hidroksit şeklinde kompleks bir tutulum söz konusu olduğu için bu yöntemin tektabaka adsorpsiyon ön gerçeğiyle uyum sağlamadığını belirtmişlerdir (8).

Simončić ve arkadaşları; boya ve adsorplayıcı yüzey arasındaki etkileşimle ilgili bir çalışma yapmışlardır. Boya olarak C.I. Acid Orange 7 (D), adsorplayıcı olarak setilpridinyum klorid (S) kullanmışlardır. Bu etkileşimi; yüzey katyon hassas membran elektrod kullanarak farklı sıcaklıklarda ve farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarında potansiyometrik titrasyonla değerlendirmişlerdir. Düşük yüzey konsantrasyonlarında birleşmenin ilk adımına $[D^- + S^+ \rightleftharpoons (DS)^0]$ ait standart serbest entalpi değişimi, standart entalpi değişimi, standart entropi değişimi

ve assosiasyon sabitini (K_1) hesaplamışlardır. Entropi değişimini negatif olarak bulmuşlar ve ilk adım için hidrofobik etkileşimin söz konusu olmadığını, yüzey ile boya arasındaki etkileşimde elektrostatik kuvvetlerin etkin olduğunu ifade etmişlerdir. İkinci adımda, $[S^+ + (DS)^0 \leftrightarrow (DS_2)^+]$, entropi değişimini pozitif yakın değerler bulmuşlar ve bu adımda boyanın nötral ve yüzeyin serbest iyonları arasındaki etkileşimi sonucunda $(DS_2)^+$ olduğu için hidrofobik etkileşimin daha önemli rol oynadığından bahsetmişlerdir. Üçüncü adımda, $[S^+ + (DS_2)^+ \leftrightarrow (DS_3)^{2+}]$, daha kompleks bir reaksiyon gerçekleştiğinden elektrostatik etkileşimden kaynaklanan güçlü itme kuvvetlerinin etkin olduğunu ifade etmişlerdir. İlk adımda tuz konsantrasyonunun artmasıyla K_1 'in azaldığını ve bunun da elektrostatik kuvvetlerin etkisinden kaynaklandığını söylemişlerdir. İkinci adımda tuz konsantrasyonunun artmasıyla K_2 'nin azaldığını ve bunun da hidrofobik etkileşimden kaynaklandığını söylemişlerdir (9).

Hihari ve arkadaşları; trifenodioksazin (TPDO) reaktif boyalarını, elektrolit (NaCl) varlığında ve yokluğunda, su ve sulu organik çözücü ortamında selülozik ve naylon elyaf üzerine uygulamışlardır. TPDO reaktif boyalarını vinilsulfon (PVS-TPDO) ve monoklorotriazin (MCT-TPDO) ile etkileştirerek iki çeşit boya sentezlemişlerdir. PVS-TPDO boyasının tuz ilavesiyle; sulu ortamda agregasyonunun arttığını, sulu 1-metil-2-prolidon (MP) organik çözücü ortamında ise agregasyonunun azaldığını söylemişlerdir. MCT-TPDO boyası için de aynı sonuca ulaşmışlardır. Her iki elyaf türünde de aynı deneylerden aynı sonucu almışlardır (10).

Klančnik; 50-80°C'de monoklorotriazinil reaktif boyasının alkali hidroliz ve metanoliz reaksiyon kinetiğini incelemiş ve bu reaksiyonlara ait hız sabitlerini belirlemiştir. Sıcaklığı 10°C artırarak deneyler yaptıkları deneylerde; metanoliz reaksiyon hızının hidroliz reaksiyonundan 6-13 kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Sıcaklık arttıkça hidrolize karşı metanoliz hız sabitleri oranının azaldığını ve bundan dolayı reaktif boyanın düşük sıcaklıklarda selülozik elyafa ilgisinin daha fazla olacağı sonucuna varmıştır (11).

Burkinshaw ve arkadaşları; reaktif boyarmaddesini, alkali ve tuz kullanmadan, dendrimer ile muamele edilmiş pamuk elyafa uygulamışlar ve çok iyi adsorpsiyon sonuçları elde etmişlerdir. Dendrimerlerin selülozik elyaftaki kullanımının hem tuz ve alkali gibi maddelerden tasarruf yapılmasını ve hem de elyafa tutunmamış reaktif boyaların yeniden kullanımını mümkün kılacağı sonucunu çıkartmışlardır (12).

Whiting ve arkadaşları; iki ayrı türde reaktif boya absorpsiyon spektrumunu, farklı konsantrasyonlarda sodyum klorür ve üre kullanarak, UV/Görünür Spektrofotometresiyle incelenmişlerdir. Sonuçlara göre, pH'ı nötral olan boya banyolarına ilave edilen tuzun artan boya agregasyonuna, ürenin ise çözültideki monomerik boya türlerinin artmasına neden olduğunu bulmuşlardır (13).

Morita ve arkadaşları; selüloz üzerine reaktif boyaların adsorpsiyonuna selülozda daha önce bulunan anyonik grupların etkisini incelemişlerdir. Selülozu ilk önce 6 ve 7 sulfonat grupları taşıyan reaktif boya ile boyanmışlar, seçilen C.I. Reactive 120 boyasını boyanmış elyafa uygulamışlar. 80°C'de değişik pH'larda önceden boyanmış ve boyanmamış elyaf üzerindeki adsorpsiyon verilerinden yola çıkarak yorum yapmışlardır. Önceden boyanmış elyaf üzerindeki adsorpsiyon eğiliminde azalma gözlemişler ancak disosiye olmuş gruplar göz önüne alınarak $\Delta\mu^\circ$ (afinite) değerlerinde bir değişiklik olmadığı yorumunda bulunmuşlardır. Boya banyosundaki pH'nın artması ile selülozdaki hidroksil grupları ve boya molekülleri disosiye olacağından, reaktif boyanın adsorpsiyonunu azaltabileceği yorumunda bulunmuşlar. Selülozun pH>10,5'da disosiye olduğu ve boyanın zayıf alkali koşullarda dissosiye olduğu yorumlamışlardır (14).

Compton ve arkadaşları; geliştirmiş oldukları yeni elektrokimyasal yöntemeye dayalı bir düzencele prosion mavi diklorotriazinil reaktif boyasının pamuk elyaf üzerindeki kinetiğini araştırmışlar ve 'Channell Flow Cell' diye adlandırdıkları elektrokimyasal ölçüm aletiyle diğer çalışmalardan farklı olarak boya difüzyonu ve boya kütle transportu hakkında yorum yapabilmışlerdir. Yüksek pH'larda bir elektrolitin ilavesi ile boya tutulum hızının arttığını ve boya derişimi arttıkça tepkime hız sabitinin azaldığı yorumunda bulunmuşlardır (15).

Compton ve arkadaşları; diklorotriazinil reaktif boyasının pamuk elyaf ile boyama kinetiğinin incelemişlerdir ve elyaf ile boya arasında birinci dereceden bir tepkime olduğunu ve boya miktarı arttıkça tepkime hızının azaldığının ifade etmişlerdir (16).

Compton ve arkadaşları; Orange G ve Yellow FCF azo boyarmaddelerinin pamuk ve naylon kumaş arasındaki boyama kinetiğinin incelemişler ve çalışmalarını 'Channell Flow Cell' elektrokimyasal ölçüm aletiyle yapmışlardır. Boya çözültisinin akış hızı artırıldığı zaman boyanın elyaf üzerindeki adsorpsiyonunun azaldığını bulmuşlardır. Elyaf ile boya

arasında birinci dereceden bir tepkime olduğunu ve boya miktarı arttıkça tepkime hızının azaldığının ifade etmişlerdir (17).

Zamora ve arkadaşları; spektrum etkileşimlerinden dolayı spektrofotometrik yöntemin kullanılmasıyla, organik boya karışımlarının eşzamanlı belirlenmesindeki analitik problemi ortadan kaldırmak için spektrofotometrik deneyler yapmışlardır. Üç farklı reaktif boyanın 16 çeşit karışımlarına 'spektrofotometrik karışım analizi' yöntemi uygulamışlardır (18).

Berkstresser ve arkadaşları; pamuk elyaf üzerindeki Cibacron Yellow R, Scarlet 2GE ve Blue TRE reaktif boya ve boya karışımlarının, kinetik ve optikçe ideallikten sapmalarını incelemişlerdir. Sorpsiyon izotermini Langmuir izoterm tipine ait bulmuşlar ve bu izoterm tipine ait kinetik eşitliği kullanarak tepkime hız sabitlerini değerlendirmişlerdir. Tepkime hız sabitinin, boya konsantrasyonu arttıkça azaldığını belirlemişlerdir (19).

Porter ve arkadaşları; üç farklı direkt boyanın tekli ve karışım halinde selülozik elyaf üzerine uygulayıp adsorpsiyon izotermi ve termodinamik verilerini yorumlamışlardır (20, 21).

Bairathi ve arkadaşları üç farklı renkte (sarı, kırmızı, mavi) direkt boya ve boya karışımlarının pamuk elyafı üzerindeki sorpsiyon izotermiğini incelemişler. Sorpsiyon izotermiğini bilinen Freundlich ve Langmuir izoterm tiplerine uygulamışlar. Regresyon ve istatistiksel F-testini uygulayarak hangi izoterm tipine daha çok uyduğunu bulup ona göre yorum yapmışlardır (22).

Iyer ve arkadaşları; sulu çözeltide pamuk elyaf ile Chlorazol Sky Blue FF arasındaki etkileşmeye farklı elektrolitlerin etkisini incelemişlerdir. Farklı iki sıcaklıkta alkali metal tuzlarını kullanmışlar ve alkali metal katyonunun yarıçapı arttıkça, tuzun sudaki çözünürlüğünün arttığı ve bunun da boyanın sudaki çözünürlüğünü azaltıp, elyaf yüzeyinde boya birikimine neden olduğu sonucunu çıkartmışlardır. Bu da adsorpsiyon olayının artmasına neden olur. Sonuçları termodinamik özelliklere göre de açıklamışlar (23).

II. RENK ve RENK KURAMLARI

II. 1. Renk

Renk, 400-750 nm dalga boyundaki ışığın, gözün retina tabakasına düşmesiyle oluşan karmaşık, fizyolojik ve psikolojik bir olgudur. Bir renk, aynı sistemin içinde üç ayrı oluşumun birbirini izlemesi sonucu oluşur. Bu sistemde göz, ışık ile beyin arasındaki ilişkiyi kuran araçtır (24).

Fiziksel Sistemde Renk

Işığın ölçüler ve rakamlarla geniş bir şekilde incelendiği fiziksel olaylar topluluğudur.

Fizyolojik Sistemde Renk

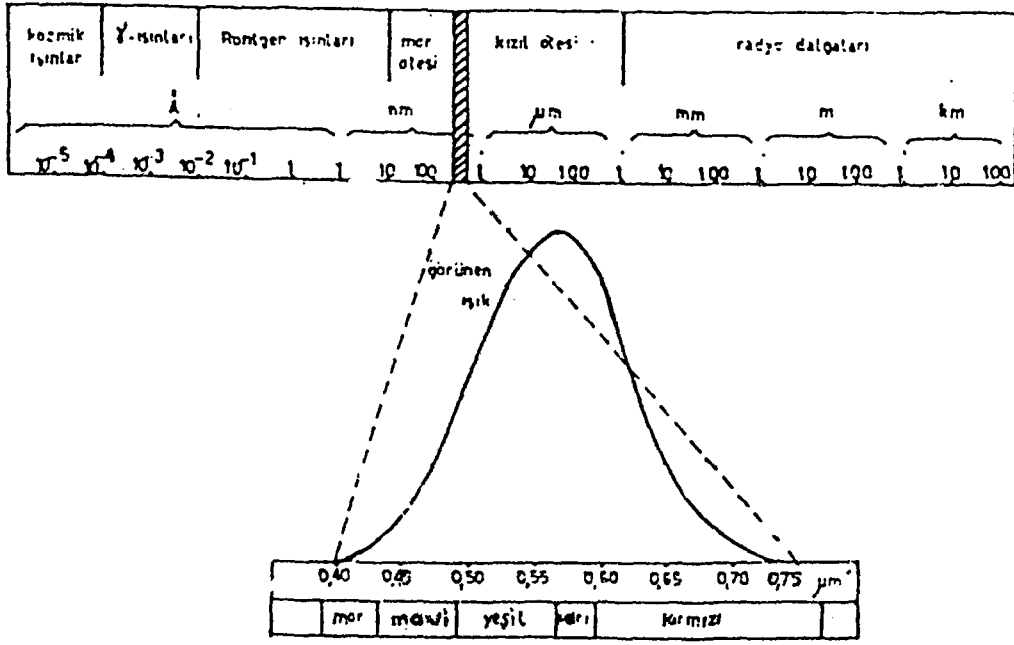
Işığın göz retinası üzerinde ve sinirlerde meydana getirdiği değişimdir.

Psikolojik Sistemde Renk

Çeşitli ışık etkilerinin beyinde uyandırdığı izlenimlerdir.

Renk görme bir dizi fiziksel, kimyasal, fizyolojik ve psikolojik sürece dayanır. İnsan, elektromagnetik spektrumun 400-750 nm arasındaki dalga boyu aralığını görebilir. Işık gazlar, sıvılar ya da katılarca tümüyle soğurulabilir, kısmen soğurulabilir ya da hiç soğurulmaz. Soğurulmayan kısım sıvı ya da katı yüzeyinden yansiyabilir ya da gazların, sıvıların ya da camsı katıların içinden boylu boyunca geçebilir. Bir ışık kaynağından yayımlanan, yansıtılan ya da geçen ışık, insan gözündeki retinaya ulaşır. Burada dalga boyu 400-750 nm arasında uzanan ışık, bir fotokimyasal tepkimeyi başlatır ve bunun ardından, görme pigmentlerinde ışığa bağımlı bir dizi tepkime cereyan eder. Göz ile beyin arasında iletişim aktarımı yoluyla bu süreç, görme algılaması olarak sonuçlanır (25, 26). Yani rengin kavranabilmesi için, bir ışık kaynağına, ışınları yansıtacak bir yüzeye, onu görmek için bir araç olan göze ve onu algılayacak bir beyne ihtiyaç vardır.

Görünen ışık 400-750 nm dalga boyunda olup elektromanyetik spektrumun küçük bir kısmını oluşturur (Şekil II.1).



Şekil II.1. Elektromanyetik spektrum

İnsan gözünün bir cisim görebilmesi için, onun ya görünür bölgede ışık yayması ya da soğurması gerekir. Gerçekte mutlak sıfırdan daha büyük bir sıcaklığa sahip olan her cisim sürekli olarak elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde ışımaya yapar. Buna *kara cisim ışınması* denir. Madde tarafından sürekli ışınların yayılması maddenin yapısından çok, maddenin sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık arttıkça ışımının şiddeti ve frekansı artar, dalga boyu küçülür. Maddenin sıcaklığı görünür bölgede ışın yayacak düzeye çıkınca ışın kaynağına gereksinim duyulmadan onu görürüz (26, 27, 28).

Güneş ışınları, görünür ışınları kapsadığı gibi, ultraviyole alana doğru da uzanır. İnsan gözündeki görme sınırları sadece görünen ışığa karşı duyarlı olduğundan infrared ve ultraviyole alanda absorpsiyon yapan maddeler gözümüze renksiz veya beyaz görünürler. Ultraviyole alanda seçimli ışık absorpsiyonu yapan benzen, bizim gözümüzde renksiz görünürken yakın ultraviyoleyi görebilen böcekler için renklidir.

İnsan gözü ışık fotonlarını sinir pulslarına çevirerek beyine gönderen ve sonuçta görmeyi sağlayan oldukça karmaşık bir organdır. Gözün retinası iki tür foto alıcı içerir. Bunlar şekillerinden dolayı çubuk ve koniler olarak adlandırılır. Koniler, renkli görmeyi ve parlak ışıkta görmeyi sağlar. Konileri olmayan hayvanlar renk köründür. Çubuklar ise siyah-beyaz foto algılamayı ve çok az ışıkta görmeyi sağlar (29).

hiç etkileşmeden geçmesidir. Bu durumda, madde bu ışına karşı saydamdır, denir. İkincisi ise, maddenin ışını kısmen veya tamamen absorplamasıdır. Eğer madde ışını tamamen yansıtırsa biz onu beyaz, bütün ışını absorpluyorsa siyah, kısmen absorpluyorsa absorplayan ışının rengini beyaza tamamlayan renkte görürüz.

Tablo II.1 Cismin beyaz ışıktan absorpladığı ışığın dalga boyu ile cismin görünen rengi

<i>Absorplanan Işın</i>		<i>Maddenin Rengi</i>
<i>Dalga Boyu (nm)</i>	<i>Renk</i>	<i>Tamamlayıcı Renk</i>
400-440	Mor	Yeşil/Sarı
440-480	Mavi	Sarı
480-490	Yeşil/Mavi	Turuncu
490-500	Mavi/Yeşil	Kırmızı
500-560	Yeşil	Eflatun
560-580	Yeşil/Sarı	Mor
580-595	Sarı	Mavi
595-605	Turuncu	Yeşil/Mavi
605-750	Kırmızı	Mavi/Yeşil

Tablo II.1’de görüldüğü gibi, bütün renklerin tamamlayıcı rengi olduğu halde, yeşil ışının tamamlayıcı rengi olan eflatun, spektrumda yer almamaktadır. Eflatun, gerçekte spektrumun iki ucundaki kırmızı ve morun karışması sonucu oluşur. Dolayısıyla, spektrumda yer alması olanaksızdır.

Beyaz ışık, görünür bölgede bulunan farklı dalga boylarındaki ışınların harmanıdır. Bundan iki yüzyıl önce Isaac Newton, beyaz ışığı uygun bir prizmadan geçirerek bileşenlerine ayırdı. Beyaz ışık; kırmızı, mavi ve yeşil ışıktan oluşur. Bunlara *birincil ışık renkleri* adı verilir. Bunların ikişer ikişer karıştırılmasıyla da *ikincil ışık renkleri* olan sarı (yeşil + kırmızı), turkuaz (mavi + yeşil) ve magenta kırmızısı (kırmızı + mavi) elde edilir.

Boyada ise, birincil renkler, ışığın ikincil renkleri olan sarı, turkuaz ve magenta kırmızısıdır. İkincil renkler, ışığın birincil renklerini oluşturan kırmızı, mavi ve yeşildir. Boya renklerinin karıştırılmasıyla beyaz renk elde etme olanağı yoktur. Boya renginde bir yutulmadan dolayı, her renk kendisinde olmayan rengi yuttuğu için, bütün renkler karıştırıldığında, toplam bütün renkler yutulduğundan, siyaha yakın bir koyu renk elde edilmiş olur (24, 30).

II. 2. Renk Kuramları

Simya tarihi boyunca kimyasal maddelerin renkleri büyük önem taşımıştır. **Galilei**, **Boyle** ve **Locke**'un düşüncelerini henüz bilmeyen pek çok simyacı için bir maddenin rengi, o maddenin birincil niteliği ya da temel özelliği idi ve çoğu zaman derin simgesel bir özelliğine sahipti.

Kara renk her zaman safsızlığı, çürüme ya da bir maddenin 'ölümü' ile bütünleşmişti. Simya kuramında ilksel madde kara idi ve bunun üzerine yeni nitelikler eklenebiliyordu. Kara renk aynı zamanda Satürn (kurşun) ile bütünleşen renk idi. Her ne kadar beyaz, saflığın evrensel simgesi ise de, simyada genelde mükemmelliği göstermede kullanılmıştır ; çünkü beyaz renk gümüşle bütünleşmiştir ve gümüş de sarı bir metal olan altına göre mükemmellikte ikinci sıradadır. Ancak altın, Avrupa simyasında daha sık olarak sarı renk yerine kırmızı renkle bütünleşmiş olup bu düşünce kırmızının yeğın sarı olduğu düşüncesiyle bağlantılıdır. Bu durum, **Roger Bacon**'a atfedilen *Speculum Alchemiae*'den bir alıntıda açıkça görülür :

Kırmızı eliksir, maddeleri son derece sarı yapar ve tüm metalleri en saf altına dönmüştür.

Yeşil, bereketle bütünleşmiştir ve uzun süre onun bitkilerde ve hayvanlarda olduğu gibi minerallerde de soyun süregelmesini ve büyümesini gerçekleştirdiği ve *Rosarium philosophorum*'dan alınan aşağıdaki ifadeden doğrulanacağı üzere yeşil maddelerin de belirli bir öneme sahip oldukları düşünülmüştür :

Bakırın (aes) içinde mükemmel olan tek şey, yalnızca onun içindeki yeşildir...Ey, tüm şeyleri üreten mübarek (kutsal) yeşillik...

Bakır bileşiklerin renginin o denli önemli olduğu düşünülmüştür ki **Geber**, bakırın bir tuzunu 'kalsine edilmiş (kavrulmuş) ve çözülmüş bakırdan yapılmış yeşillik' diye nitelemiştir.

Renkler alegorik betimlemelerde sıkça göze çarpacak belirginlikte belirtilmiştir. Bu bağlamda **Bernard Trevisan**, filozof taşının yapımında görüleceği söylenen renklerin aşamalarını aşağıdaki gibi vermiştir :

Ona kralın ne renkte olduğunu sordum. O, önce, altın bir örtülü ile örtülü olduğunu söyledi. Daha sonra ise kadife bir yelek ve kar beyazı bir gömlek giymişti ve kan gibi kırmızı bir teni vardı.

Basil Valentine'den, başka bir alegorik betimleme, bakıra ilişkin olarak şöyle verilebilir :

Yeşil ipliklerle dokunmuş tül kumaşın üzerinde kırmızı bir giysi içinde ve yüzünün tüm güzelliği ve elinde taşıdığı çiçeklerin güzel kokusu ile büyüleyici bir biçimde görünen Bayan Venüs...

Geç dönem simyasında renklerle ilgili böyle zihinsel uğraşların, doğrudan doğruya metalleri istedikleri renge boyamayla uğraşan İskenderiye simyacılarının geleneğiyle bağlantılı olduğu kanıtlanabilir. Tek bir geleneğin yozlaşmış bir devamı olarak renklerle ilgilenmeyi açıklamak üzere yapılmış herhangi bir girişim, tam bir açıklama olarak kabul edilemez. Roma Katolik Kilisesi'ndeki armalarda, resmi giysilerde ve geleneksel süslemelerde v.b. yerlerde örneklerin görüleceği üzere insan toplumunda rengin önemini unutmamalıyız (31).

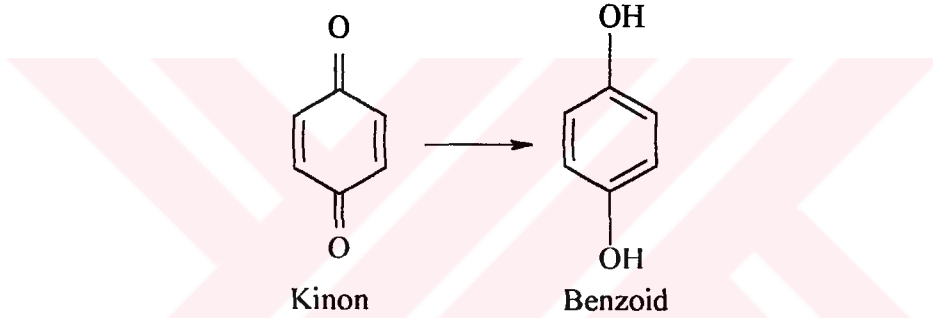
20. yüzyılın başlarında tekstil boyarmaddelerinin hızlı gelişmesi, boyarmadde kavramının sanki yalnızca tekstile özgü imiş gibi yanlış bir fikir doğurmuştur. Oysa bu kavram tekstil dışında bir çok malzemeyi de kapsar. Karoten, hemoglobin ve klorofil bunlardan bazılarıdır. Bir maddenin tekstil boyarmaddesi olabilmesi için renkli olması ve elyaf ile bağ yapması gerekir (27). Renklilik ve bağ yapma özelliği birbirinde ayrı iki özelliktir. Bağ yapma özelliği elyaf ve boyarmaddenin yapısına bağlı olduğu gibi, boyama metoduna da bağlıdır.

1869 yılında **Graebe** ve **Lieberman**, indirgen maddelerin hemen her zaman organik maddelerin renklerini giderdiğini görerek, renkliliğin doymamışlıkla ilgisi olduğu sonucunu çıkardılar. Bugün bile renkliliğin, diğer nedenlerin yanında doymamışlıkla ilişkisi olduğu kabul edilmektedir.

1876'da **Witt** nitro, nitrozo, azo, karbonil, etilenik çifte bağ ve tiyokarbonil gibi grupların maddeye renklilik sağladığını ileri sürerek bunlara kromofor yani renk verici gruplar adını verdi. Bu grupları taşıyan bileşikler ise kromojen olarak adlandırdı.

Molekülde kromofor grup sayısının artması rengin koyuluğunu artırmakla beraber, kromofor grup içeren her madde boyarmadde değildir. Witt'e göre kromojenin boyarmadde özelliğini taşıyabilmesi için kromoforun yanında oksokrom grupları (hidroksil, metoksil, sülfonik, karboksil, amino) da içermesi gerekir. Oksokrom grup, renk oluşmasına katkısının yanı sıra, molekülün suda çözünmesini ve elyafa bağlanmasını da sağlar.

Witt'in bu teorisi tüm olayı açıklamakta yetersiz kalınca, 1888'de H. E. Armstrong renklilik hakkında kinonoid teorisini ortaya attı. Bütün kinonların renkli olup, benzoid yapısına indirgendiklerinde rengin kaybolmasına dayanarak kinon halkasını kromofor kabul etti ve bütün boyarmaddelerde kinoid bir atom sıralanışının bulunması gerektiğini öne sürdü. Bazı renksiz kinoidlerin bulunması ile bu teorinin de yetersizliği görülmüştür.



Wilstätter ve Piccard bu yetersizlikleri Merikinoid Teorisi ile gidermeye çalıştılar. Buna göre renkliliğin nedeni, aynı cins oksokrom grupları taşıyan kinoid ve benzoid halkalarının yan yana olmasıydı. Merikinoid Teorisi bugün geçerli olan Rezonans Teorisine bir çok yönden benzemektedir. Ama ışık absorpsiyonunu açıklamakta yetersiz kalmaktadır (26, 27).

Wilstätter teorisinin bu eksikliğini Dilthey ve Wizinger başka bir yorumla gidermeye çalıştılar. Kinoid gruplaşmayı kabul etmeyerek koordinatif doymamış atomları kromofor olarak tanımladılar. Daha önce Pfeiffer, serbest radikallerin renkliliklerinden dolayı, koordinatif doymamış karbon atomlarını da kromofor sınıfına katmıştır. Dilthey daha ileri giderek Witt'in doymamış atom gruplarından ibaret kromoforlarını koordinatif doymamış tek atomlara ayırdı.

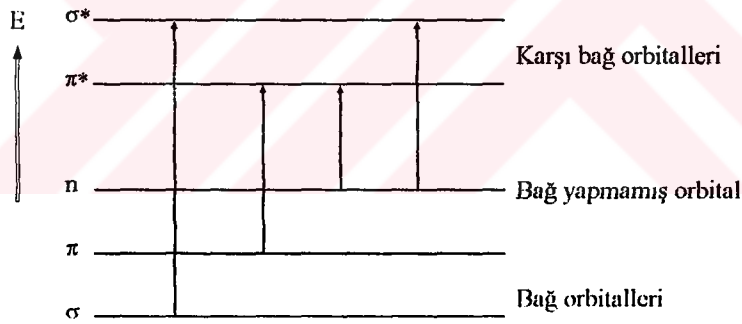
1931 yılında ise F. Arndt ara hal teorisini ortaya attı. Buna göre bütün atomların birbiriyle bağlanma sıraları aynı olan iki formül iki farklı maddeyi değil, bir tek maddeyi gösterir. Bu maddenin gerçek elektron dağılımı iki veya daha fazla sınır formüllerin arasında

bulunur. Daha sonra buna Amerikalı kimyacı **L. Pauling** rezonans, İngiliz kimyacı **C. K. Ingold** ise mezomeri adını verdi.

Sonraları spektroskopideki gelişme, dalga mekaniği ve kuantum teorisinin getirdikleri yeni yorumlar ışık ve rengi daha kolay anlamamıza neden olmuştur. Spektroskopik yoruma göre organik cisimler kromofor içersin içermesin ışığı absorplar. Bazılarının renkli olması, görünür bölgede absorpsiyon yapmasından kaynaklanır. Bu sebeple renk, genel bir olayın özel bir durumudur. Buna en güzel yorumu *moleküler orbital teorisi* getirmiştir (2).

En dış orbitalinde tek elektron bulunan iki veya daha fazla atomun atomik orbitallerinin etkileşmeleri sonucu, molekül orbitalleri oluşur. Her birinin kendine özgü biçimi, boyutu ve enerjisi olan bu orbitaller, σ , σ^* , π , π^* sembolleriyle gösterilirler. Bundan başka, iç kabuk elektronları ve yalnız elektron çiftlerini içeren atomik orbitaller molekül orbitalleri oluşturamazlar ve n ile sembolize edilirler (29).

Bağ çeşitleriyle bunların enerji seviyeleri ve izinli geçişler, Şekil II.2'de gösterilmiştir.

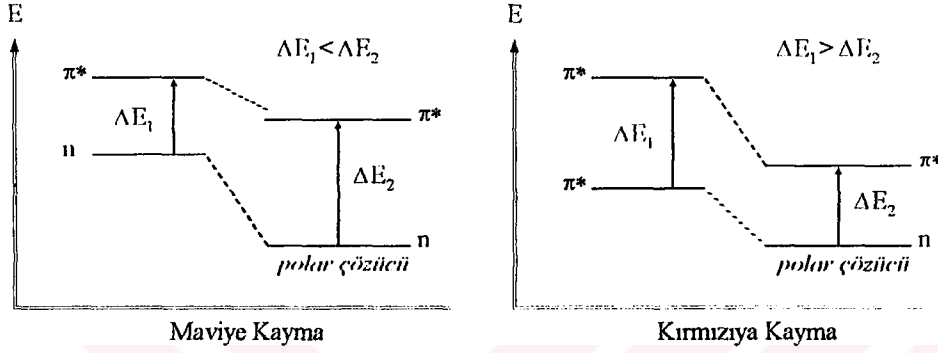


Şekil II.2. Moleküler elektronik enerji seviyeleri ve izinli geçişler

Madde molekülleri üzerine ışık düşmesiyle, moleküllerin en dış orbitalinde temel halde bulunan elektronlar uyarılarak üst enerji düzeyindeki orbitallere geçerler. Soğurulan ışık enerjisi her iki orbitalin enerji seviyeleri arasındaki farklar kadar olup, $\Delta E = hc/\lambda$ eşitliğinden hesaplanır. Enerji farkı ne kadar fazla ise dalga boyu o kadar kısa, ne kadar az ise dalga boyu o kadar uzun olur.

Çift bağların sayısı ile çözücü etkisindeki değişmeler, orbitaller arasındaki enerji farklarının azalıp çoğalmasına neden olur. Enerji farkının artması sonucu absorpsiyonun daha kısa dalga boyuna kaymasına *hipsokromik kayma* veya *maviye kayma*, enerji farkının

ızalması sonucu absorpsiyonun daha uzun dalga boyuna kaymasına *batokromik kayma* veya *kırmızıya kayma* denir (Şekil II.3). Absorpsiyonun şiddetinin artmasına *hiperkromik etki*, ızalmasına ise *hipokromik etki* adı verilir (28) .



Şekil II.3. Işık soğurma üzerincine çözücü etkisi

III. BOYA VE BOYAMA

III. 1. Genel Bilgiler

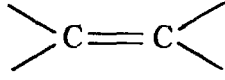
Başka nesnelere renk vermekte kullanılan maddelere genelde **boya** denir. Boyaları başlıca iki gruba ayırabiliriz.

a) **Boyarmaddeler:** Çoğunlukla elyaf boyamada kullanılır. Çözünürken kristal yapıları yok olur. Genellikle organik maddeler olup yapılarında aromatik gruplar vardır.

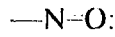
b) **Pigmentler:** Herhangi bir çözücünde çözünmeden ve kristal yapıları bozulmadan kullanılan maddelerdir. İnce öğütülmüş pigmentler karıştırıldıkları maddeleri renklendirirler. Yağlı boyalar farklı renkteki pigmentlerin bezir yağına karıştırılmasıyla hazırlanırlar. Bezir yağı sürüldüğü yüzeyde katılarak ince bir filim tabakası meydana getirir ve içindeki pigmentleri o yüzey üzerinde tutar. Pigmentler çoğunlukla anorganik olmakla beraber son yıllarda organik kökenli pigmentler de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Elektronik geçiş kuralları geliştirilmeden önce, bazı tür organik yapıların renkliliğe yol açtığı, bazılarının ise yol amadığı Witt tarafından gözlenmişti. Renklilik için gerekli bu yapılara ($\pi \rightarrow \pi^*$ ve $n \rightarrow \pi^*$ geçişleri yapan doymamış gruplar) 1876'da *kromofor* adı verilmiştir. Bazı kromoforlar şunlardır:

Etilenik ift bağ



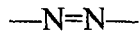
Nitrozo



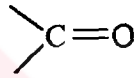
Nitro



Azo



Karbonil



Kromoforların yanında, diğer bazı grupların da renkliliğe katkıda buldukları gözlenmiştir. Bu gruplara *oksokrom* gruplar denir. Bunlar, $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişini yapmazlar, ancak n elektron geçişleri yaparlar. Bazı oksokrom gruplar şunlardır:

Hidroksil



Amin



Slfo



Karboksil



Metoksi

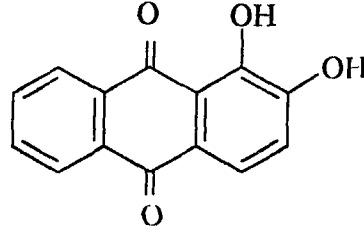


Oksokrom gruplar, yalnız renk oluşumunda kromofor gruplara yardımcı olmakla kalmayıp, moleküllerin suda çözünmesini ve life bağlanmasıdaki ilginin artmasını da sağlar. Ayrıca, maddenin daha fazla ışık soğurarak renk şiddetini ve daha uzun dalga boyunda soğurma yaparak renk derinliğini artırırılar.

Boyanın temel yapısı şöyle açıklanabilir:



Aromatik gruba bağlı kromofor gruba *kromojen* denir. Kromofor kelime olarak 'renk verici' anlamına gelir. Kromofor grup yalnız başına renk oluşurmaya yeterli değildir. Aromatik grup boya molekülündeki rezonansı arttırarak renk oluşumunu kolaylaştırır (32).



Şekil III.1 Boyarmadde Molckülü

III. 2. Boyamanın Tarihçesi

Tarih öncesi zamanlarda boya (renk), hemen hemen tüm kültür çevrelerinin dinsel ve ekonomik yaşamlarında önde gelen önemli faktörlerden biriydi. İklimsel ve jeolojik koşullar özel türde boyarmaddelerin kazanım ve işlenmesini gerektiriyordu. Merkezlerdeki ekonomik ve sosyal durum ise yeni, daha iyi boyanan maddelere olan istemi düzenliyordu. Halklar arasındaki ticari ve kültürel ilişkiler boyaların, hammaddelerin ve bunları işleme tekniklerinin hızla yayılmasını sağlamıştır (33).

Eski çağlarda mineral kaynaklı krom sarısı, doğal zincifre, Schweinfurt yeşili, ultramarin vb. gibi boyarmaddeler pigment olarak elyafa karşı bir ilgi göstermediklerinden bir bağlayıcı madde (örneğin yumurta akı) yardımıyla elyafa tutturuluyordu (34).

Eski Mısır'dan kalma *Leyden Papirüsü*'nde boyamacılık konusunda birkaç, *Stockholm Papirüsü*'nde ise pek çok ilginç reçete vardır. Her iki papirüs de yaklaşık İ.S.300 yıllarında yazılmış ve olasılıklarda aynı yazarın kaleminden çıkmışlardır. *Leyden Papirüsü*'ndeki son reçeteler kumaş boyama yöntemlerine ilişkindir. Örneğin yünün önce şapla (Frigya taşı, şaptaşı) boyanması sonucu purpur (erguvan) rengi boyama elde ediliyordu. *Stockholm Papirüsü*'nde ise boyamacılıkta mazı, idrar (ki bu, kökboya boyamacılığında yakın zamanlara dek kullanılmıştır), sabunağacı kökü, şaraptaşı, şap, demir vitriyolu (demir sülfat, zaç-ı kıbrıs, karaboya), kireçtaşı, tuz, soda, ve boraks gibi maddelerin kullanıldığı belirtilmektedir. Bunlardaki boyama yöntemleri, 19. yüzyıl ortalarına dek uygulanandan pek farklı değildir (35).

Mısırlılar mummyalarındaki sargılar üzerinde İ.Ö 2500 yıllarında yapılmış olan sarı renkli boyamaların bir çiçekten elde edildiği anlaşılmıştır. Sarı rengin çeşitli tonları için ise demir bileşiklerinden yararlanılmıştır. Bu eski boyamalar, her zaman bir mordanlamadan sonra yapılırdı. Romalılar ise ünlü koyu lacivert boyalarını çeşitli odun kabuklarından elde etmişlerdi. Yunanlılar İ.Ö. 1600'lerde yünlüleri meşe kabukları ve palamutları ile boyuyorlardı. Ortaçağa kadar boyamalar böyle sürüp gitmiştir (36).

Mısırlılar renklerini bugüne dek korumuş olan mürekkepler kullanmışlardı. En yaygın renkler siyah ve kırmızıydı. Siyah mürekkebin kandil isinden yapıldığı sanılmaktadır. Mürekkep pigmentinin asıltı halinde kalması ve yazıldığı yere tutunması için içine akasya zankı karıştırılıyordu. Eski Mısır'dan kalma *Ebers Papirüsü* ise kırmızı mürekkeple yazılmış olup pigment olarak kırmızı kurşun oksit (Pb_3O_4) içerdiği saptanmıştır (33).

Eskilerde kök boya, standart kullanılan kırmızı boya idi. Eski Mısır'da Teb kentinin bez boyamacıları Tutankamon'un mumya bezlerini kök boya ile boyamışlardı. Kökboya bitkisi (:"*Rubia tinctorum*") Akdeniz bölgesinde güneşli dağ yamaçlarında yabancı biçimde büyüyordu. Daha sonra Fenikeliler hayvansal kökenli bir boya olarak "kırmız böceği"nin kırmızı renkli öz suyunu kullanmışlardır. Kökboya bitkisi de sonraları Venedikli tüccarlarca İtalya'ya getirilmiştir. Ortaçağ boyunca Venedik ve Floransa'da boyamacılık sanatı yüksek bir düzeye erişmiştir. Bu konudaki bilgiler de çok gizli bir sır olarak saklanmaya çalışılmıştır (37).

Kökboya bitkisinin Anadolu'nun hemen hemen her yerinde yetişmesi ve Batı Anadolu'da bol bulunan şap, tekstil boyamacılığının gelişmesinde önemli etkenler olmuştur. Anadolu'da Foça, Şebinkarahisar ve Kütahya önemli şap üretim merkezleriydi ve şap, önemli bir ihraç malı idi. Antik Philadelphia kentinin 13. yüzyıl başlarında Alaşehir adını alması, burada yapılan boyamacılıktan kaynaklanmaktadır. **Evlia Çelebi**'ye göre 17. yüzyıl ortalarında Alaşehir'de 70 boyahane bulunmaktaydı (35).

Kökboya ile bitkisel elyaf üzerinde uzun ve zahmetli bir boya üretimi uygulanarak elde edilen parlak ve haslığı yüksek renk *Türk kırmızısı* ya da *Edirne kırmızısı* adı altında ün kazanmıştır. Bu rengin elde edilmesi zeytinyağı, mazı öz suyu, şap, kireç ve kökboya kullanılarak yapılan ve yaklaşık bir ay süren 20 basamaklı bir işlemdi. Yüksek haslık veren bu boyama yöntemi Batı Avrupa'da bilinmediğinden, kumaşlar, boyanmak üzere Türkiye'ye

gönderilirdi. Bursa, Edirne, İzmir ve 15. yüzyıldan sonra Teselya, önemli boyama merkezleri olmuşlardır. 18. yüzyılda Edirne bu alanda büyük ün kazanmıştır. Fransızlar 18. yüzyıl ortalarında *Türk kırmızı*'sının sırrını çözerek Türk kırmızısı boyamacılığına başlamışlardır (38).

Doğal indigo (:çivit), sentetik indigonun kullanılmasından 5000 yıl kadar önce Hindistan'da yetişen bir bitki olan "*Indigofera tinctoria*"dan elde edilmekte ve boyamacılıkta kullanılmaktaydı. Kökboya tarih sahnesinden kolayca çekildi ama Antiçağ'ın ünlü mavisi olan indigo, yerini tutacak yapay bir madde yapılmadığından, uzun süre yerini korumuştur. İndigo, Bengal'den Hollanda ve İngiltere'nin boya sanayii işletmelerine, Çin'in ipek ve pamuklu elsanatı boyamacılarına ve Halep, Musul, Bağdat ve Semerkant'lı boya tüccarlarına iletiliyordu. İndigonun en büyük tüketicisi Çin idi (37).

"*Tyrian purpuru*" tüm boyarmaddelerin en romantigi, Roma İmparatorluğunun resmi rengi idi. İmparator **Diokletianus** zamanında bu renge boyalı kumaşlar çok değerliydi. "*Tyrian purpuru*" boyasına inci ve yakuttan daha çok değer veriliyordu. Kabuklu deniz hayvanlarından bu boyanın nasıl hazırlanıp kullanıldığını **Yaşlı Plinius** ve öteki Romalı yazarlar ayrıntılarıyla anlatmışlardır. Bu amaçla Doğu Akdeniz kıyılarında bulunan "*Murex brandaris*" adlı deniz salyangozundan elde edilen ve etkin maddesi 6-6'-dibromindigo olan boyarmadde elde ediliyordu. İ.Ö. 1600'lerde Girit'te krallık ileri gelenlerinin ve din adamlarının tören giysilerinin boyanmasında kullanırdı. İndigo sentezi ilk kez 1879'da **Adolf von Baeyer** tarafından gerçekleştirilmiş ve yapay indigo ancak 1897'de piyasaya sürülmüştür.

Sentetik boyarmadde sanayii İngiltere'de 1856'da, Londra'daki *Royal College of Chemistry*'de kimya profesörü olan **Hofmann**'ın öğrencilerinden, 18 yaşındaki **William Perkin** tarafından "*mauve*"nin (anilin purpuru) keşfi ile başladı. Perkin, bazı anilin türevlerini oksitleyerek kinin elde etmeye çalışırken, ebegümece renkli mükemmel bir boya olan *mauve*'yi elde ettiğinde, katran boyarmadde sanayii birden önem kazandı (39, 40).

19. yüzyıl Avrupasında orta sınıf tüketim toplumunun belirginleşmesiyle birlikte boyalar ve boyarmaddeler, nesnelerin süslenmesinde önem kazanmaya başladı. Bunun sonucunda yeni boyaların ve modadaki yıllık değişimlerin belirlediği güçlü bir pazar oluştu.

J. S. Muspratt'ın "*Chemistry: Theoretical, Practical and Analytical*" (Glasgow, 1854-1860) adlı kitabında boyarmaddelere çok geniş yer verilmiştir. Bu kitaptaki çizelgede 1850'lerde dünyada üretilen doğal tekstil boyarmaddeleri yer almaktadır (39).

Taş kömürü katranına 1830'larda değersiz atık gözü ile bakılıyor ve o zamanlar yalnızca demiryolu traverslerinin korunması amacıyla kullanılıyordu. Fenol ve benzen gibi katranın damıtma ayrımları (fraksiyon) elde edilince bunlar yeni kullanım alanları bulundu. Fenolün mikrop öldürücü (dezenfektan) etkisi keşfedilince hijyenik sabun üretiminde ve kötü lağım kokularını gidermede, benzen ve diğer benzeri maddeler ise çözücü özelliklerinden yararlanılarak kuru temizleme sanayiinde ve ayrıca da yeni vernik ve cilaların üretiminde kullanıldı.

1840'larda kimyanın tekstil boyama ve pamuklu basma üzerine etkisi çok büyük olmuş ve bu konuda başvuru kitapları görülmeye başlanmıştır. Boya araştırmalarını İngiltere'de **Sir James Clark ve Prens Consort**, Almanya'da ise Liebig laboratuvarlarında yetişme **A. W. Hofmann** sürdürmüştür. **Hofmann** 1845 yılında İngiltere'ye geçerek çalışmalarını orada sürdürmüş, ilk olarak katrandan benzeni ayırmış ve bezeni derişik nitrik asitle işleyerek nitrobenzen, onu da indirgeyerek anilini elde etmiştir.

Hofmann'ın Londra'daki daha sonra ünlenecek olan öğrencileri arasında patlayıcı madde uzmanı **Abel**, "*Chemical News*" adlı derginin kurucusu olan **William Crookes**, benzen-toluen ve ksilen kimyasını geliştiren **Charles Mansfield**, İngiliz sentetik boyarmadde sanayiinin kurucularından **William Perkin** ve **Nicholson** ve yine onun boyarmadde kimyacı olarak ön plana çıkmış Alman öğrencileri **Peter Griess** ve **Volhard** bulunmaktadır. **Mansfield** benzen ateşi ile dehşet verici bir şekilde yanarak, **Nicholson** ise gırtlak kanserinden ölmüştür. 1857'nin sonunda **William Perkin**, kardeşi **Thomas** ve babaları **George** ile birlikte "*mauve*" üretimini yapacak küçük bir fabrika kurmuşlardır.

Pek çok yerde yazılmış olmasına rağmen **Perkin**'in *mauve*'si , özünde ilk yapay boyarmadde değildir. Fransa'daki ve Manchester'daki boyacılar yıllardır ürik asit, nitrik asit ve amonyaktan üretilen müreksit (amonyum purpurat) boyasını kullanıyorlardı (39, 40).

Ünlü "*mauve*"nin keşfiyle birlikte 1856'de **William H. Perkin** tarafından kömür katranı boyası sanayiinin kurulması, çok fazla seçenekte yeni boyalar getirmiştir. Boyarmadde üretimi nitrolama, sülfolama, yükseltgeme, ve indirgeme dahil geniş bir organik kimyasal

tepkimelerin anlaşılmasını ve denetlenebilmesini gerektirmiştir. Alman kimyacı **A. W. Hofmann**'ın İngiltere'de *Krallık Kimya Koleji*'ndeki araştırma okulu bizzat kendisi, **Simpson**'un ortakları **Maule** ve **Nicholson**, **Greville Williams** ve AGFA'nın kurucusu **Carl Martius** gibi girişimci kimyacıları da yetiştirmiştir. Böylece bilimsel kimyacılar, sanayiye istila etmiştir (41).

Londra'daki *Royal College of Chemistry* tarafından yürütülen, büyük toprak sahiplerinin tarımsal kimyada yapılmasını bekledikleri araştırmalar pek umulanı vermemiş, bu kuruluş daha çok hafif kimya sanayiine yönelmiştir. Kolejin Profesörü, **Hofmann**, ustası **Liebig** gibi daha çok kimyanın uygulaması ile, özellikle de tıp alanıyla ilgilenmiştir. **Hofmann** doğal oluşumlu ilaçların yapay olarak üretilebileceğine inanıyor, örneğin kininin kömür katranı ürünlerinden yapılabileceğini düşünüyordu. 1856'da onun öğrencilerinden biri olan **William Perkin**, bazı anilin türevlerini oksitleyerek ilaç yapmaya çalıştı. Bunda kinin değil de mükemmel bir boya olan ebeğümece renkli "*mauve*"yi elde etti. Organik kimyacılar molekül yapı kuramını henüz geliştirmemişlerdi ve organik bileşiklerin doğası ve onların tepkimeleri o zamanlar bilinmiyordu. Kinin ise ancak 1945'de sentezlenebildi.

Perkin için bu keşif sınai açıdan çok önemliydi ve 18 yaşındaki bu genç, bu konudaki kimya sanayiinin temelini atarak bir fabrika kurdu. **Perkin**'in çalışması Fransa'da **Girard** ve **de Laire** tarafından genişletildi. Onlar anilin türevlerini farklı oksitleme araçları ile işleyerek başka bir boya olan "magenta"yı ürettiler. Daha sonra "magenta"yı daha fazla anilinle işleyerek "anilin mavileri" diye bilinen boyaların tüm üyelerini elde ettiler. Londra'daki **Hofmann**, **Perkin** ve Fransız kimyacıların hazırladığı bileşikleri daha ileri bir düzeyde inceleyerek 1863'de "Hofmann menekşeleri" diye adlandırılan başka bir boya sınıfı üretti. İki yıl sonra **Hofmann**, Berlin'de organik kimya kürsüsüne geçmek üzere *Royal College of Chemistry*'den ayrıldı. O sırada Manchester'de bir kimya fabrikasında çalışmakta olan **Caro** da yeni kurulan büyük bir kimya işletmesi olan BASF'a yönetici olarak Almanya'ya geri döndü. Bunlardan başlayarak Almanlar kimya biliminde ve kimya sanayiinde gitgide ön sıraya yerleştiler. **Hofmann** Bonn ve Berlin Üniversitelerinde büyük yeni laboratuvarların kurulması tasarılarına yardımcı oldu. 1869'da tamamlanan bu laboratuvarların yetişen kimyacılar, Alman bilimine ve sanayiine güç kattılar.

1859'da **Nicholson, David Price** ile birlikte kırmızı bir boyarmadde olan fuksin'i oluşturmak üzere anilini oksitlemenin başka bir yolunu keşfetti. Bu boya, adı üzerinde cereyan eden mücadeleden sonra önce "*rosaniline*" daha sonra da "*roseine*" adını aldı.

19. yüzyılda kullanılan önemli doğal boyalardan ikisi, kökboya bitkisinden elde edilen alizarin ile indigo bitkisinden elde edilen indigo mavisi idi. Yüzyılın sonlarında Almanlar ikisini de sentezleyerek büyük miktarlarda ürettiler. Bilimsel cephedeki önemli kişi, 1860'da Berlin'de kimya bölümüne öğretim üyesi olan **Adolf von Baeyer** idi. **Baeyer** ile öğrencileri **Graebe** ve **Liebermann**, 1866 yılında alizarinin, kömür katranının temel bileşenlerinden biri olan antrasenin bir türevi olduğunu gösterdiler. Kısa bir süre sonra da alizarin laboratuvarında sentezlendi. Onların yöntemi büyük ölçekte alizarin üretimi için pratik değildi. 1869'da **Graebe** ve **Liebermann**, BASF'daki **Caro** ile birlikte ticari olarak uygulanabilen başka bir yöntem geliştirdiler. Aynı yıl **Perkin** İngiltere'de alizarin üretimi konusunda iki farklı yöntem geliştirdi. Oysa **Perkin**'in üretimi 435 ton idi. **Liebig**'in Münih'teki kimya kürsüsüne aldığı **Baeyer** ise 1878'de indigoyu sentezledi (42).

Kömür katranı ürünlerine olan istem, koklaştırma sanayiinin gelişmesine yol açmıştır. Metalurjik amaçlar için kok, özgün olarak fırınlarda üretiliyor ve bu durum, yan ürünlerin geri kazanımına olanak vermiyordu. Benzen, naftalin ve antrasen gibi boya yapımında gerekli olan yan ürünler, havagazı fabrikalarından geliyordu. 1870'lerin sonlarından itibaren bu yan ürünlerin geri kazanımını kolaylaştıran kok fırınları görülmeye ve kokun yanısıra bu yan ürünlerin önemi yavaş yavaş anlaşılmaya başladı. Kömür katranı damıtması da, yeni ayrımların (fraksiyon) sınaî öneme sahip olduklarının anlaşılmasıyla birlikte değişime uğradı. Azoboyalar için naftollere ve ftaleinler için ftalik anhidrite olan istem, üretimin benzenden naftaline doğru kaymasına yol açtı.

Yeni boyaların ortaya çıkmasını sosyal değişimler izledi. Çeşitli boya ve renklerin ortaya çıkması, tüm sosyal sınıfların yaşamına canlılık getirdi. Herhangi bir teknolojik değişimde her zaman için, kazananlar ve kaybedenler vardır. Bu durumda kaybedenler, içeride ve dışarıda boya bitkileri yetiştiricileri oldu (41).

19. yüzyılın sonuna doğru Almanlar boyarmadde konusunda epeyce yol aldılar ve 1886-1900 yılları arasında altı büyük Alman kimya şirketi 948 boyarmaddenin patentini aldı. Aynı dönemde altı büyük İngiliz şirketi ise yalnızca 86 boyarmaddenin patentini almıştı.

Almanya'da Hoechst boya fabrikasının ilk tesisleri 1862'de, Bayer-Leverkusen'inki 1863'de ve BASF'inki 1865'de kurulmuştu. 1913 yılında Almanya, dünya boyarmadde üretiminin yaklaşık %90'ına sahipti. 1900'lerde Almanya'da altı boya şirketi vardı. Bunlardan BASF, Bayer ve AGFA bir grubu, Hoechts ve diğerleri ise başka bir grubu oluşturacak şekilde iki grup halinde birleşmeye gittiler.

Sentetik alizarin ve indigo, kimyasal kuramların ve organik maddelerin ayrıntılı yapılarının bilinmesinin ticari açıdan ne kadar kazançlı olabileceğini gösterdi. Bu durum, büyüklerin yanı sıra küçük kimya fabrikalarını bile, kendi araştırma laboratuvarlarını oluşturmaya ve ürünlerini çeşitlemeye yönlendirdi.

İngiltere'de 1926 yılı sonlarında *British Dyestuffs Corporation (BDC)*, *Imperial Chemical Industries (ICI)*'in bir parçası oldu. 1931'de ise ICI, *British Alizarine Company*'yi kendine bağladı.

1916 yılında Amerika'da boyarmadde alanında 7 şirket vardı ve zamanla bunların sayısı 42'ye çıkmıştır. İkinci Dünya Savaşı sırasında Amerika'da boyarmadde alanında *National Aniline, du Pont, Calco Division of American Cyanamid, General Dyes, Dow Chemical* vö. gibi şirketler vardı.

1870'li yıllar boyunca anilin ve alizarin boyaları biyolojik araştırmalarda doku boyamalarında değerli bir rol oynadı. 1880'lerde sentetik boyalar biyolojik yanmanın incelenmesine uygulandı. Bu olgu, hücre yapısı ve davranışı hakkındaki düşüncelere yol açacak boyaların ve benzerlerinin beden içindeki hastalıklarla savaşmada nasıl kullanılabileceği düşüncesine yol açtı. Azoboyalarla yapılan çok sayıdaki test, başarılı sonuçlar verdi. Bu alandaki en büyük başarı, 1909'da **Ehrlich**'in keşfettiği ilaç olan "*Salvarsan*" oldu. Bu, azo boyanın arsenikli eşdeğeri idi. 1930'larda kırmızı bir azoboya ("*Prontosil*"), sülfonamid serisinin ilkinin oluşturdu (39, 40).

Türkiye eskiden beri en fazla ve en iyi bitkisel boya satan bir ülke olarak tanınmıştır. Ortaçağ'da çok tutulan alizarin boyası, Doğu'da yetişen kimi bitkilerin köklerinden elde ediliyordu. 1700'lerde Türkiye dünya alizarin tüketiminin üçte iki kadarını karşılıyordu. **Evlıya Çelebi**'nin "*Seyahatname*"sine göre o zamanlar alizarin dış satımını padişah yönetiyordu. Boyama sanatı 12. ve 13. yüzyılda doğudan batıya geçmiştir. Avrupalılar bitkisel boya eldesi için bitki üretimine ancak 15. yüzyıldan sonra başlamışlardır (43).

Kökboya Avrupa'da "Türk Kırmızısı" ya da "Edirne kırmızısı" diye ün yapmıştır. Kökboyaya başka adlarda verilmektedir. türkçe'de boyacı otu, kırmızı kök, boya pürçü, yumurta boyası, boya çili, dilkanatan, kırmızı boya, boya kökü, boya sarmaşığı, boya pürü; Fransızca'da *Garance*; İngilizce'de "*Rubiatinctorum*" denmektedir (27). Yurdumuda çoğunlukla İç Anadolu'da yetişen cehri bitkisinin üzüme benzeyen meyvaları kuersetin boya maddesini içerir. Cehri de bir zamanlar kökboya gibi Avrupa'da "Türk cehrisi" ya da "Levanten cehrisi" adıyla ün yapmıştı. Bizde dokuma boyacıları çeşitli boyarmaddeleri nitelirmede kendi türetmeleri olan değişik adlar kullanırlar. Buna göre *Auramine* boyası için "cehri sarısı" İndigo için "küp çiviti", *Rocelin* için "fellahani alı", *Rhodamine* için "şekerci pembesi", *Methyl viyole*t için "topani mor" ve *Orange-II* için "türbai" terimleri kullanılır (36).

Yurdumuzda ilk boyarmadde tesisi 1943 yılında askeri gereksinimleri karşılayacak kumaş boyalarının yerli olarak yapılmasını sağlamak üzere Karabük Demir Çelik Fabrikaları'nın yan bir kuruluşu olarak kurulan Haki Boya Tesisi'dir. Belirli tür dokuma boyalarının dışalımını önleyerek döviz tasarrufu sağlamak için 1954 yılında Mensucat Boyaları Sanayii A.Ş. kurulmuştur. Bu şirket 1966'da Tarsus'ta bir boyarmadde tesisi kurmuştur. Bunu daha sonra özel sektörde kurulan başkaları izlemiştir (44).

III. 3. Boyaların Sınıflandırılması

Kaynaklarına göre *doğal* ve *sentetik* olmak üzere iki ana grup altında toplanan boyalar, ayrıca, kimyasal yapılarına, boyama yöntemlerine ve çözünürlüklerine göre de sınıflandırılabilirler.

III. 3. 1. Boyaların Kimyasal Yapılarına Göre Sınıflandırılması

1. Nitro boyalar (örn. *pikrik asit*)
2. Nitrozo boyalar (örn. *α -nitrozo β -naftol*)
3. Azo boyalar (örn. *anilin*)
4. Difenil metan boyalar (örn. *auramin-0*)
5. Trifenil metan boyalar (örn. *malahit yeşili*)

6. Ksanten boyalar (örn. *fenolftalein*)
7. Kinon-imin boyalar (örn. *metilen mavisi*)
8. Heterosiklik boyalar (örn. *akridin*)
9. Vat boyalar (örn. *indigo*)
10. Antrakinoid boyalar (örn. *alizarin*)
11. Sülfür boyalar (örn. *kükürt siyahı*)
12. Ftalosiyenin boyalar (örn. *koftalosiyenin*) (1)

Boyarmaddeler yapılarında bulunan aromatik gruplar nedeniyle genellikle insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Bu nedenle boyarmaddelerle çalışırken dikkatli olmak gerekir. Ayrıca kullanıldıktan sonra gerekli önlemleri almadan çözeltilerini çevreye rastgele akıtmamak gerekir. Çünkü, temas ettiği zaman vücudu tahriş etmekte ve kaşınmalara sebep olmaktadır. Kullanıldıktan sonra gerekli önlemler alınmadan çözeltileri çevreye rastgele akıtıldığı zaman ise uzun vadede dolaylı yolla insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Ayrıca, aromatik grupların kanserojen özellikleri olduğu dikkate alındığında boyarmaddelerin insan sağlığını ne derece olumsuz etkileyebildikleri daha iyi anlaşılmaktadır (45, 46).

III. 3. 2. Boyaların Boyama Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması

1. Asidik Boyalar

Asit boyalar kendi kimyasal yapılarından hem kromoforik bir grup, hem de suda çözünen bir grup içeren aktif aromatik bileşikler halindedir. Ticari boya, normal olarak sodyum tuzu halinde piyasaya standart olarak sürülmektedir. Genel formülleri $Bm-SO_3^-Na^+$ (Bm : Boyarmadde, renkli kısım) şeklinde yazılabilen asit boyarmaddeleri, molekülde bir veya birden fazla $-SO_3H$ sülfonik asit grubu veya $-COOH$ karboksilik asit grubu içerirler (1, 32).

2. Bazik Boyalar

Organik bazların hidroklorürleri şeklinde olup katyonik grubu renkli kısımda taşırlar. Bazik boyalar, $[Bm-NH_3]^+Cl^-$ genel formülüyle gösterilebilir. Işık ve yıkama hasırları düşüktür. Uygulama alanları önceleri mordanlanmış pamuk üzerineydi. Parlaklığın ve

boyama dayanıklılığının ışık ve yıkama haslığına oranla daha önemli olduğu durumlarda yün ve ipeğe de uygulanır (1, 2, 27).

3. Mordan Boyalar

"Mordan" sözcüğü, boyar maddeyi elyafa bağlayan madde veya bileşik anlamını taşır. Birçok doğal ve sentetik boyarmadde bu sınıfa girer. Selülozik ve protein elyaf bir metal tuzuyla mordanlandıktan sonra boyanabilir (27).

4. Dispers Boyalar

Suda eser miktarda çözünebilen, bu nedenle sudaki dispersiyonları halinde uygulanabilen boyarmaddelerdir. Hidrofob özelliğe sahip primer, sekonder asetatın ve sentetik elyafın boyanmasında dispers boyalar kullanılır. Bunlar, sudaki çözünürlükleri çok az olan organik bileşiklerin çok ince öğütülmüş süspansiyonları şeklinde uygulanır (2, 27).

5. Pigment Boyalar

Boyarmaddenin özel bir grubu olan pigment boyaların tekstil elyafına karşı afinitesi yoktur. Bu nedenle, reçine gibi bağlayıcı bir madde yardımıyla elyafa bağlanır. Bunların üstünlüğü, elyafın kimyasal bileşimine ve histolojik yapısına bakmaksızın, basit bir teknikle her cins elyafa uygulanabilmesidir (27).

6. Direkt Boyalar

Mordan gerektirmeyen ve selülozik elyaf üzerine doğrudan uygulanabilen, suda çözünür boyalardır. İlk başarılı sentetik direkt boya, bir pamuk boyası olan Kongo kırmızısıdır (*C. I. Direct Red 28*). Bunlar genellikle sülfonik asitlerin, bazen de karboksilik asitlerin sodyum tuzlarıdır. $[Bm-SO_3]Na^+$ genel formülüyle gösterilebilirler (27,32).

7. Küpe Boyalar

Kimyasal olarak suda çözünmeyen organik maddeler olup alkali çözelti içinde suda çözünen şekle indirgenerek selülozik elyafa bağlanma gibi kritik bir özelliğe sahiptir. İndirgemeyi sağlayıcı çözelti sodyum ditiyonit ($Na_2S_2O_4$) ve sodyum hidroksit içerir. Bu sınıfın haslık dereceleri iyi, fakat fiyatları yüksektir (27,32).

8. Azoik Boyalar

Bunlar suda çözünmeyen pigmentlerdir. Suda çözünen kenetlenme (naftol) bileşenine özel boyama yöntemi kullanılarak, diazolandırılmış bir bazla muamele sonucu elyaf içinde

oluşturulurlar. Azoik boyalar, elyafa direkt boyaların bağlandığı gibi bağlanırlar. Azoik boyama, günümüzde en yaygın olarak kullanılan boyama yöntemidir (2, 27).

9. Reaktif Boyalar

Elyaf yapısındaki fonksiyonel gruplar ile gerçek kovalent bağ nedeniyle elyaf üzerine kuvvetle tutunurlar. Reaktif grup molekülün renkli kısmına bağlıdır. Bütün reaktif boyarmaddelerin ortak özelliği, hepsinin kromofor taşıyan renkli bir grup yanında bir reaktif, bir de moleküle çözünürlük sağlayan grup içermesidir (27).

III. 3. 3. Boyaların Çözünürlüklerine Göre Sınıflandırılması

1. Suda Çözünen Boyalar

- a) Anyonik boyalar
- b) Katyonik boyalar
- c) "Zwitter" iyon karakterli boyalar

2. Suda Çözünmeyen Boyalar

- a) Substratta çözünen boyalar
- b) Organik çözücülerde boyanan boyalar
- c) Geçici çözünürlüğe sahip boyalar
- d) Polikondensasyon boyaları
- e) Pigmentler
- f) Elyaf içinde oluşturulan boyalar (1)

III. 4. Boyaların Adlandırılması

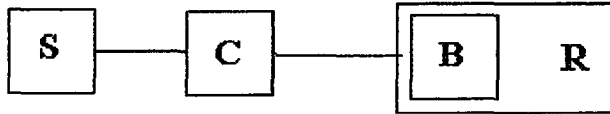
Çok kompleks yapıda olmaları nedeniyle boya moleküllerini adlarıyla tanımak ve öğrenmek zordur. Bunu gidermek için, günümüzde basit adlandırma veya numaralandırma kuralları saptanmıştır. Günümüzde *Amerikan Tekstil Kimyacıları ve Boyacıları Birliği*'nin *Colour Index* adlı yayın organınca verilen adlar ve numaralar kabul görmektedir. Bu adlandırma dışında, bir kurala tabi olmadan verilmiş genel adlar ve üretici firmalar tarafından verilen ticari boya adları da vardır. Ticari adı birden fazla olsa da, boyanın genel adı bir

tanedir. Her ne kadar genel adlar belirli bir kurala uymadan verilirse de, sonlarındaki harfler boyanın rengi, dayanıklılığı ve sınıfı hakkında bilgi verir. Boyaların renk indeksi adları ile genel adları, sonlarında rakam veya harf bulunmasıyla ayırt edilir; renk indeksi adlarının sonunda mutlaka bir rakam, genel adların sonunda ise bir harf bulunur (2).¹Örneğin:

Genel adı:	Fast Blue FFR
Ticari adları:	Altocyl Brillant Blue B Amacel Blue BNN Cibacete Brillant Blue BG
C. I. adı:	Disperse Blue 3
C. I. No.:	61505

III. 5. Reaktif Boyarmaddeler

Tekstil elyafı ile bir kovalent bağ oluşturmak üzere reaksiyon veren boyarmaddelerdir. Yapılarında bulunan reaktif grup, selüloz, yün, ipek, poliamid gibi elyaf türleri ile reaksiyon verebildiğinden bu elyaf sınıfları için boyarmadde olarak kullanılabilir. Bu reaktif boyarmaddelerin karakteristik yapısı şematik olarak şu şekilde gösterilebilir.



S : (suda çözünebilen grup)

Selüloz ve proton elyafı boyayabilen reaktif boyarmaddelerde 1-4 adet sülfonoik asit grubu bulunur. Moleküle çözünürlük sağlayan bu özel gruplara poliamid elyafı boyayan

¹Boyalarda genel adlarının sonunda bulunan harflerin anlamı şöyledir:

- B : Mavi
- G : Sarı
- R : Kırmızı
- S : Sülfü veya ipek boyası
- L : Kolay solar
- F : Solmaz
- W : Yün boyası
- K : Soğukta uygulanan boya

Bu harflerin çoğu Almanca kelimelerin baş harfleridir (örneğin Blau: mavi). Aynı harften birkaçı yan yana gelirse anlam güçlendirilir.

reaktif dispersiyon boyarmaddelerde rastlanmaz. Bunlarla dispers boyama yöntemine göre boyama yapılır.

C: (moleküle renk veren grup)

Reaktif boyarmaddenin molekülünde, renk verici grup olarak kimyasal sınıflamada gördüğümüz her gruba rastlamak mümkündür. Ancak genelleme yapmak istendiğinde sarı, turuncu ve kırmızı boyarmaddelerin basit monoazo yapısında; mor, koyu kırmızı ve lacivert renklerin bakırlı mono ve diazo yapısında; parlak ve açık mavi renklerin ise antrakinin ve ftalosiyanın türevleri olduğu söylenebilir.

B: (köprü bağları)

Moleküldeki renkli grup ile reaktif grubu birbirine bağlayan $-NH-$, $-CO-$, $-SO_2-$ gibi gruplardır. Bunların köprü görevi görmekten başka etkileri de vardır. Örneğin reaktif grubun reaktivitesi üzerine etki eder. Bir imino köprüsünün dissosiyasyonu reaktivitesi üzerine düşürebilir. Böyle durumda substantivite ve buna bağlı olarak bağlanma hızı düşer. Ayrıca köprü bağlarının önemli bir özelliği, boyarmadde ile elyaf bağının ayrılmasını önlemesidir.

R: (reaktif grup)

Elyaftaki fonksiyonel grup ile kovalent bağ oluşturan gruptur. Reaktif grup ile reaksiyon verebilecek olan fonksiyonel gruplar, selülozda hidroksil, yün ve ipekte ise amino, karboksil, hidroksil ve tiyoalkol gruplarıdır. Poliamidde ise birkaç tane uç amino ve karboksil grubu vardır. Bütün bu gruplar nükleofilik karakterdedir ve bu nedenle reaktif grubun yapısındaki elektrofilik merkeze katılırlar. Boyamanın yapıldığı ortamda su da mevcut olduğundan sudaki hidroksit iyonları da reaktif grup ile reaksiyon verebilir. Yani boyarmaddenin hidrolizi söz konusudur. Hidroliz olmuş boyarmadde elyaf ile reaksiyona girmez. Elyaf-boyarmadde bağlanma reaksiyonu ile su-boyarmadde hidroliz reaksiyonu birbirleri ile yarışma halinde olduğundan şartlar bağlanma reaksiyonu yararına olacak şekilde hazırlanmalıdır. İkinci olarak reaktif boyarmaddelerle boyamanın başarısı elyaf boyarmadde arasındaki kovalent bağın stabilitesine de bağlıdır. Bu bağın yıkama ve apre işlemlerinde hidrolize karşı dayanıklı olması önemlidir (1).

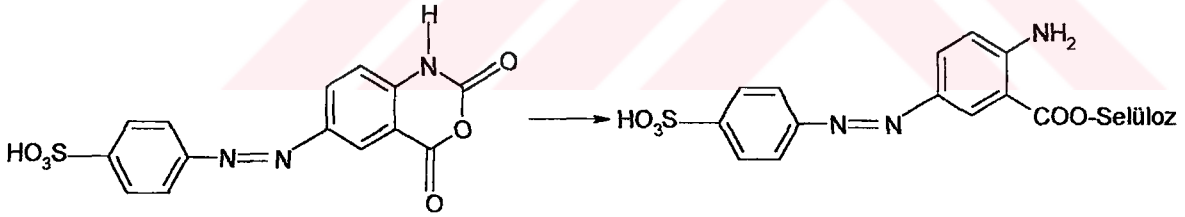
Reaktif grubun elyaf ile yaptığı reaksiyonunun mekanizmasına göre reaktif boyarmaddeleri sınıflandırmak mümkündür:

1. Nükleofilik süstitüsyonla reaksiyon veren reaktif boyarmaddeler

2. Nükleofilik addisyonla reaksiyon veren reaktif boyarmaddeler
3. Birkaç addisyon ve eliminasyon reaksiyonu ile reaksiyon veren reaktif boyarmaddeler
4. Elyaf ile asidik ortamda reaksiyon veren reaktif boyarmaddeler

Selülozik liflerin boyanmasında yüksek yıkama haslığı elde etmek için, 1956'ya kadar ya direkt boyalar kullanılarak hidrojen bağlarıyla ya da azoik, sülfür ve vat boyaları gibi çözünmeyen renklendirici bir maddenin elyaf üzerine yerleştirme sistemiyle çalışılmıştır. Bu sistemlere bir alternatif olacak, elyafı kovalent bağ yapabilecek bir boyanın geliştirilmesi uzun yıllar hayal edilmiştir. Böyle bir boyanın sökülmesi için kimyasal boyanın koparılması gerekecek ve bunun için yüksek miktarda enerji gerekli olduğundan mükemmel bir yaş haslık elde edilecektir.

19. yüzyıl sonlarında **Cross** ve **Bevan** adlı araştırmacılar renklendirilmiş selüloz türevlerinin tanımlamışlardır. Ancak, bu ve buna benzer çok karmaşık çözümler hiçbir zaman ticari bir öneme sahip olamamıştır. Selüloz elyaf için reaktif boya geliştirilmesi konusunda bu yıllarda tek teşebbüs Şekil III.2'de gösterilen izotoik anhidrit kalıntısını içeren bileşiktir.



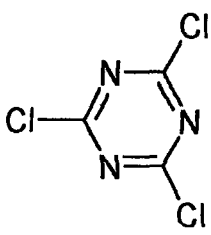
Şekil III.2 İzotoik anhidrit kalıntısını içeren bileşik

III. 5. 1. Siyanürik Klorür Esaslı Reaktif Sistemler

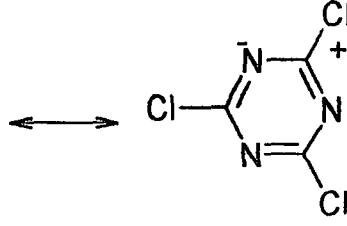
III. 5. 1. 1. Dichloro-s-triazine boyaları

Selülozik elyaf için ilk reaktif boya 1956 yılında Procion ticari ismi adı altında ICI tarafından piyasaya sürüldü. Bu boyalar **Stephan** ve **Ratee** adlı bilim adamlarının yapmış olduğu çalışmalardan yola çıkılarak hazırlanmış olup, ilk üyelerinin molekülünde bir dichloro-s-triazine grubu mevcuttu. Bu boyalar günümüzde Procion MX olarak bilinmektedir. Bu boyaların hazırlanmasında, konik yapısının dağıtılmasıyla karbon atomları zinciri üzerinde pozitif yükler oluşturan (Şekil III.4) cyanuric chlorid (Şekil III.3) kullanılır.

Bu, klor atomunun daha büyük elektronegatifliğe sahip olması nedeniyle meydana gelen karbon-klor bağlarının polarizasyonu (Şekil III.5) ile birlikte üç klor atomu oluşur. Eğer suda çözülen bir amin kullanılırsa reaksiyon cyanuric chloridin amin çözeltisi içinde dağıtılmasıyla 5°C gibi bir sıcaklıkta gerçekleştirilir. Bir alkali ilavesiyle ortam nötralize edilerek dichloro-s-triazinylamino bileşiği elde edilir (Şekil III.6).



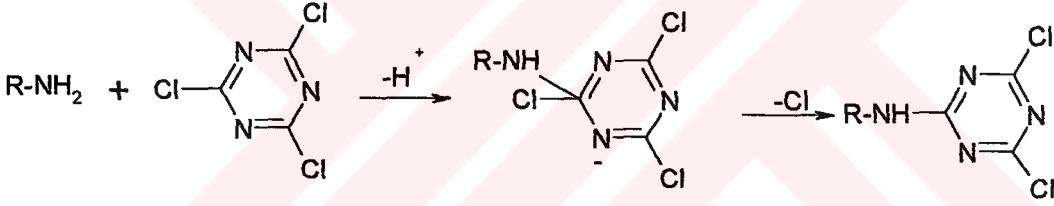
Şekil III.3



Şekil III.4



Şekil III.5

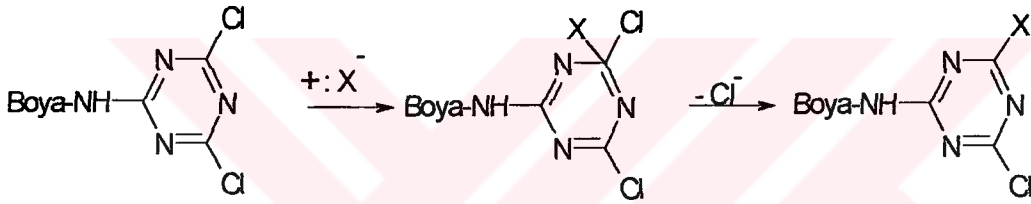


Şekil III.6 Dichloro-s-triazinylamino bileşiği eldesi

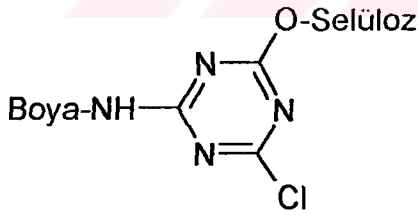
Dichloro-s-triazine boyaları oldukça fazla reaktif olduklarından, selülozik elyafa 30-40°C gibi düşük bir sıcaklıkta uygulanabilir.

Çektirme yöntemiyle uygulanmaları esasında temel kimyasal oluşum mekanizması şu şekilde açıklanabilir. Selülozik materyal su içerisine alındıktan sonra, suda çözülmüş boya ilave edilir. Daha sonra, boyanın kumaş üzerine çektirilmesi için tuz ilave edilir. Bu fiziksel olaylar, hemen hemen hiç nükleofilinin var olmadığı nötral bir ortamda gerçekleştiğinden, kimyasal reaksiyon gerçekleşmez. Boya yeteri miktarda kumaş içerisine çektirildiğinde, banyonun pH'ını 10,5 civarına getirmek için alkali ilave edilir. Bu reaksiyonu gerçekleştirmek için gerekli olan nükleofilinin oluşmasını ve reaktif sisteme saldırmasını sağlar (Şekil III.7). Nükleofilliğe saldırı ya selüloz anyonu (Şekil III.8) ile ya da hidroksit iyonu (Şekil III.9) ile olur. Bu reaksiyon, selüloz anyonu ile olduğunda boyanın kumaşa fiksajı, hidroksit iyonu ile olduğunda ise boyanın hidrolizi gerçekleşir ve bu boyanın

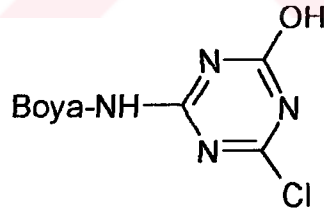
veriminin düşmesine neden olur. Sistemde çok fazla su bulunmasından dolayı, boyanın hidrolizi engellenemez bir reaksiyonmuş gibi tanımlanabilir. Ancak bu olaya engel olan iki önemli faktör vardır. Birinci faktör, boya moleküllerinin çoğu fiziksel olarak elyaf üzerine çekilmiş ve elyaf ile reaksiyona girmek için ideal bir konum almış olmasıdır. İkinci faktör ise; selüloz molekülünün reaksiyona hazır hidroksil grupları elyaf ile dahili bir pH oluştururlar. Bu da hidroksi iyonlarının elyaf içinden elyaf yüzeyine çıkmasına neden olur. Boyanın elyafa fiksesinin boyanın hidrolizinden daha fazla olmasını bu iki etki birlikte sağlar. Reaktif boyaların verimliliği ideal koşullarda %70'e kadar çıkarılabilir. Daha sonra boyama işlemi fikse olmamış boyanın ve inorganik maddelerin tamamen yıkanarak kumaş üzerinden uzaklaştırılmasıyla tamamlanır.



Şekil III.7 Reaktif boyanın nükleofilik reaksiyonu

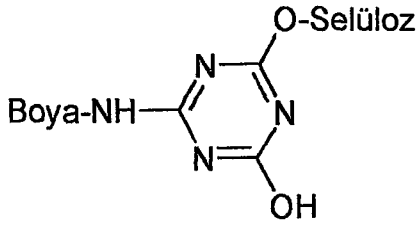


Şekil III.8

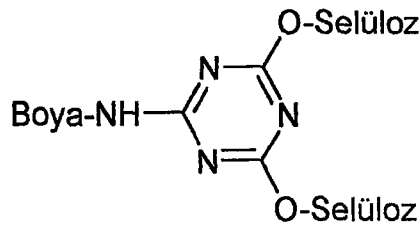


Şekil III.9

Boya hidrolize olduktan sonra (Şekil III.9) geriye kalan klor atomunun yardımıyla bile boyanın elyaf üzerine fiksesini sağlamak için herhangi bir ihtimal yoktur. Boyanın fikse olduğu durumda (Şekil III.8) geriye kalan üçüncü klor atomu ya değişmeden kalır ya da hidrolize olur (Şekil III.11).



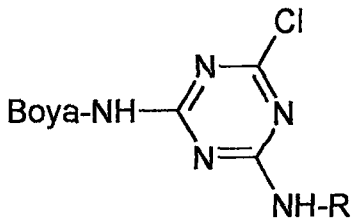
Şekil III.10



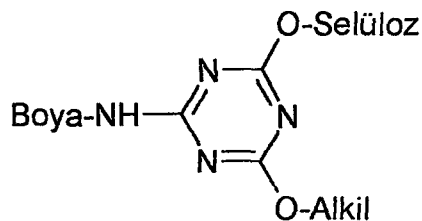
Şekil III.11

III. 5. 1. 2. Monochloro-s-triazine boyaları

25-40°C civarındaki bir sıcaklıkta dichloro-s-triazine boyalarının bir aminle reaksiyonu (klor atomlarından birinin yerine amin grubunun yerleşmesiyle) daha az reaktif olan monochloro-s-triazine boyasını meydana getirir (Şekil III.12). Bu boyalar dichloro-s-triazine boyalarının piyasaya sürülmesinden kısa bir süre sonra Procion H (ICI) ve Cibacron (CIBA) ticari isimleriyle piyasaya sürülmüştür. Monochloro-s-triazine boyaları selüloz ile dichloro boyalarında olduğu gibi aynı yöntem ve mekanizmayla reaksiyona girerler. Aralarındaki fark daha yüksek sıcaklığa (80°C civarında) ve çok az daha yüksek pH'a (11 civarında) ihtiyaçları olmasıdır. Bu boyaların yakın akrabası olan monoalkoxy-monochloro-s-triazine boyaları (Şekil III.13) daha reaktif olup, 70°C civarında uygulanırlar. Bu boyalar, uygun bir alkolün cyanuric chlorid ile reaksiyona girmesiyle elde edilen 2-alkoxy-4, 6-dichloro-s-triazine ya da daha sık 2-methoxy-4, 6-dichloro-s-triazine'in kondenzasyonu ile elde edilir.



Şekil III.12



Şekil III.13

Bu basit monochloro-s-triazineler boyama prosesinde kullanılmasına rağmen, tekstilde baskı işleminde kullanımları daha yaygındır. Bu uygulamada boyanın oda sıcaklığında alkaliye olan ilgisizliği, hem boyanın hem de alkali içeren stabil bir baskı patınının istenen

formülasyonu oluşturmaya engel olur. Bu yüzden önce kumaş üzerine baskı yapılır ve boyacı-elyaf bağının oluşumu genellikle buharla 100°C'a yükseltilmesiyle gerçekleştirilir (47).

III. 5. 2. Boyarmadde Karakterinin Denge Durumuna Etkisi

Difüzyon Hızı

Difüzyon hızı, boyarmaddenin molekül ağırlığına bağlıdır. Molekül ağırlığı arttıkça difüzyon hızı azalır.

Afinite

Afinite, bir boyarmaddenin boya banyosundan elyaf üzerine çekilebilme gücü olup boyarmaddenin elyafa bağlanma enerjisinin bir ölçüsüdür. Bir boyarmaddenin elyaf boya banyosu sisteminde dağılımı, afinitesine bağlıdır. Afinitesi yüksek boyarmaddeler boya banyosundan çok, elyaf üzerinde kalmayı tercih ettiğinden, çekimleri fazladır. Düşük afiniteli olanlarda ise, bunun tam tersidir.

Migrasyon

Boyarmadde moleküllerinin elyaf üzerinde konsantrasyonun yüksek olduğu bölgelerden ayrılarak düşük olduğu bölgelere göç etmesine migrasyon denir.

Elyaf afinitesi az olan boyarmaddeler kolay göç edebildiklerinden, sürekli hareketleri sonucu düzgün dağılma meydana gelir ve böylece dalgasız boyama elde edilir. Yüksek afiniteli boyarmaddeler elyafa sağlam bir şekilde bağlandıklarından, migrasyon yetenekleri çok azdır. Boyama esnasında bir kere bağlandıkları yerden ayrılamayacaklarından, düzgünleşme imkanına sahip değildirler (27).

III. 6. Boyama ve Boyama Dengesi

Katı yüzeyler sadece gazları değil, çözüldüden çözülmüş maddeleri ve bazı hallerde çözücü de adsorbe ederler. Çözünen maddenin molekül kütlesi büyüdükçe, adsorpsiyon artacağından, molekül kütlesi büyük olan bir çözünen, önceden adsorplanmış küçük molekül kütleli çözüneni yerinden çıkarıp kendisi adsorplanmaya eğilimlidir (48, 49).

Organik bileşiklerin adsorpsiyonunu etkileyen temel faktörler polarlık, yapı ve molekül kütesidir. Yüksekçe polar moleküller genellikle çok çözünürler. Çözünürlüğü büyük olan moleküller güçlükle adsorplanabildiğinden adsorpsiyon kolaylığını azaltır. Yüksek molekül kütleli bileşikler genellikle daha az çözünürler ve bunun sonucu olarak genellikle daha kolay adsorplanırlar. Benzer şekilde yüzeyin çekim kuvveti, büyük adsorplanan molekül için daha büyüktür ve onlar daha kolay adsorplanırlar. Ancak bu kural, adsorplanan molekül, adsorplayıcının gözenek boyutundan daha küçük olduğu zaman geçerlidir (50).

Genelde sıvı-katı ara yüzeyindeki yarışmalı adsorpsiyona etki eden etmenler şunlardır (51):

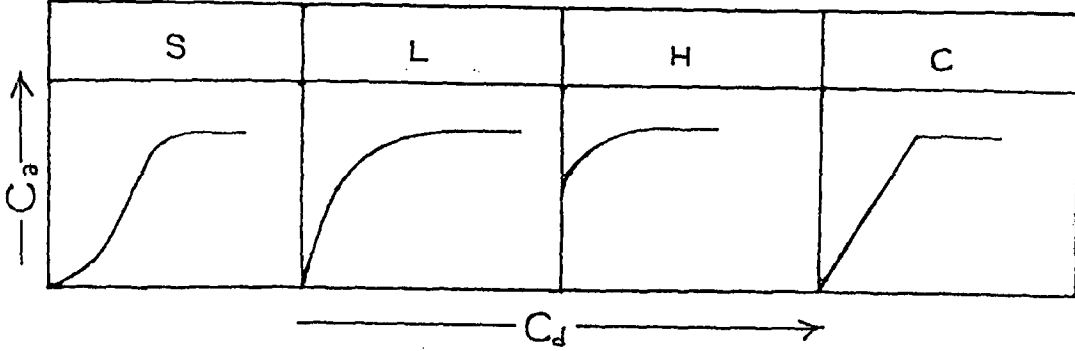
1. Polar katılar üzerinde polar bileşiklerin polar olmayan bileşiklere göre daha kuvvetle adsorplandığı ve bunun tersinin de polar olmayan katılar için doğru olduğu söylenebilir.

2. Homojen bir yüzey, ikili bir karışımın bir bileşenini ötekenden daha kuvvetli olarak adsorplayabilirse, bu durum U şeklinde bir karma izotermle sonuçlanır. Oksit adsorplayıcılarda genelde durum böyledir.

3. Başka etkiler mevcut olmadığında verilen bir çözünen madde, genel olarak zayıf çözücülerdeki çözeltilerinden kuvvetli çözücülerdekine oranla daha kuvvetle adsorplanabilir. Böylece çözünürlük arttıkça adsorpsiyon azalır.

Çözeltiden adsorpsiyona etki eden etmenlerden biri de sıcaklıktır (51, 52). Sıcaklık yükseldikçe izoterm daha düşük düzeylere düşer ve bu düşüş düşük derişim aralığında daha belirgindir. Bu durum, sıcaklık yükseldikçe çözünen ve katı yüzey arasındaki (ve de adsorplanmış komşu moleküller arasındaki) çekme kuvvetlerinin zayıflamasına ve buna karşılık olarak da çözünenin çözünürlüğünün artmasına karşılık gelir.

Giles, çözünmüş madde ile çözücü rekabetinden dolayı çözeltiden adsorpsiyon izotermelerini Şekil III.14'de görüldüğü gibi sınıflandırmıştır (53, 54).



Şekil III.14 Giles izoterm sınıflandırması(53, 54)

S-TİPİ: Bu tip izoterm absis eksenine doğru dış bükeydir ve çözücünün kuvvetli olarak adsorplanmasında, adsorplanmış tabaka içinde kuvvetli bir moleküller arası etkileşimin varlığında ve adsorplayıcının monofonksiyonel olmasında ortaya çıkar.

L-TİPİ: Langmuir tipi izoterm olup absis eksenine doğru iç bükeydir. Çözücü tarafından kuvvetli bir yarışmanın olmadığı durumlarda ortaya çıkar.

H-TİPİ: Başlangıç noktaları ordinat üzerinde bir nokta olup, adsorplayıcı ve adsorplanan arasındaki kuvvetli bir ilgiden, özellikle kemisorpsiyonda ortaya çıkar.

C-TİPİ: Orijinden geçen düz bir doğru şeklindedir. Bu durumda adsorplanacak maddenin çözücü faz ile katı faz arasındaki dağılımı sabittir. Derişim ile adsorplanan arasında sabit bir oran vardır.

Çözeltiden adsorpsiyon da genel olarak, gazlar için verilen ilkelere dayanır ve basınç yerine, derişim koymak suretiyle aynı denklemler kullanılır (51).

Çözeltiden adsorpsiyona dayalı bir yöntem için iki temel ihtiyacın yerine getirilmesi gerekir (51);

1. Katı madde üzerinde tektabaka oluşumunu sağlayacak deney koşullarında çalışılması,

2. Çözünen moleküllerin kesit alanının kesin bilinmesi ve onların adsorplayıcı yüzey üzerindeki yönelimlerinin güvenilir bir şekilde belirlenmiş olması gerekir.

Çözücünün hiç adsorplanmaması halinde, adsorpsiyon sonucunda ölçülen derişim azalması çözünenin adsorplanan miktarına eşittir. Buna **pozitif adsorpsiyon** denir. Yalnız çözücünün adsorplanması halinde ise adsorpsiyon sonucunda ortamda çözünenin derişimi artmış gibi görünür. Bu tür adsorpsiyona da **negatif adsorpsiyon** denir (55).

IV. ADSORPSİYON HAKKINDA GENEL BİLGİLER

IV. 1. Adsorpsiyon Termodinamiği

Atom, iyon ya da moleküllerin bir katı yüzeyinde tutunmasına **adsorpsiyon**, tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılmasına **desorpsiyon**, katıya **adsorplayıcı**, katı yüzeyinde tutunan maddeye ise **adsorplanan** adı verilir(55).

Çeşitli maddelerin hem faz yüzeyinde tutulmasına hem de özümlelenerek o fazın yapısı içine girmesine ise **absorpsiyon** denir. Her iki olay yani adsorpsiyon ve absorpsiyon birlikte oluyor ve ayırt edilemiyorsa bu olaya da **sorpsiyon** denir (56).

Sabit sıcaklık ve sabit basınçta kendiliğinden olduğundan dolayı adsorpsiyon sırasındaki serbest entalpi değişimi yani **adsorpsiyon serbest entalpisi (ΔG)** daima eksi işaretlidir. Diğer taraftan, gaz ya da sıvı ortamında daha düzensiz olan tanecikler katı yüzeyinde tutunarak daha düzenli hale geldiğinden dolayı adsorpsiyon sırasındaki entropi değişimi yani **adsorpsiyon entropisi (ΔS)** de genelde eksi işaretlidir. Adsorpsiyon serbest entalpisi ve adsorpsiyon entropisinin genelde eksi işaretli olması

$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S$$

IV. 1.1

eşitliğı uyarınca adsorpsiyon arasındaki entalpi değişiminin yani **adsorpsiyon entalpisi (ΔH)**'nin eksi işaretli olmasını gerektirmektedir. **Adsorpsiyon ısı** da denilen adsorpsiyon entalpisinin eksi işaretli olması adsorpsiyon olayının ısı veren yani ekzotermik olduğunu göstermektedir. Adsorpsiyon ısı katı yüzeyindeki doymamış kuvvetlerle adsorplanan

tanecikler arasındaki etkileşimlerin bir göstergesidir. Bağ kuvveti arttıkça adsorplananın bir molü başına açığa çıkan ısı artar (55, 57).

Adsorpsiyon sırasındaki serbest entalpi değişimi (ΔG°), entropi değişimi (ΔS°), entalpi değişimi (ΔH°) belirlenerek adsorpsiyon olayı termodinamik olarak incelenir (5, 20,21).

$$\Delta G^\circ = -RT \ln (b) \quad \text{IV. 1.2}$$

eşitlikleri yazılabilir. Burada ΔG° ve b sırasıyla, adsorpsiyon serbest entalpisini ve adsorplananın düşük konsantrasyonlarda adsorplama yeteneğini göstermektedir.

$$[\delta \ln (b)/\delta T] = \Delta H^\circ/RT^2 \quad \text{IV. 1.3}$$

şeklindeki van't Hoff izobarı eşitliğinin kullanılmasıyla ΔH° adsorpsiyon sırasındaki ısı alışverişine eşit olan **adsorpsiyon entalpisini** bulunur. Adsorpsiyon serbest entalpisini ve adsorpsiyon entalpisini arasındaki

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad \text{IV. 1.4}$$

eşitliğinden **adsorpsiyon entropisini** bulunur.

IV. 2. Adsorpsiyon Prensipleri

Adsorpsiyon iki faz arasındaki yüzey veya ara yüzeyde belirli bir bileşenin derişimindeki artış olarak tanımlanabilen bir yüzey olayıdır. Herhangi bir katı veya sıvıda, yüzeydeki atomlar yüzey düzlemine dik olan denkleşmemiş çekim kuvvetlerine tabidir. Adsorpsiyon temelleri tartışılırken, yalnız bağıl olarak zayıf moleküler arası kuvvetler gerektiren **fiziksel adsorpsiyon** ve esas itibariyle sorplanan molekül ve adsorplayıcı yüzeyi arasında kimyasal bir bağ oluşumunu gerektiren **kimyasal adsorpsiyon** arasındaki ayırımı yapmak yararlıdır. Bu fark kavramsal olarak her ne kadar yararlı ise de, çoğu durumlarda bu iki olay birlikte gerçekleşir ve belirli bir sistemi açık bir biçimde sınıflandırmak her zaman mümkün değildir.

Fiziksel adsorpsiyon aşağıdaki kriterlerden birine veya daha fazlasına göre kimyasal adsorpsiyondan ayırt edilebilir:

1. Fiziksel adsorpsiyon elektronların paylaşımını veya transferini gerektirmez ve böylece etkileşen türlerin özelliğini korur. Etkileşmeler tamamen tersinirdir, aynı sıcaklıkta

desorpsiyon gerçekleşebilir, ancak bu işlem difüzyon etkileri sebebiyle yavaş olabilir. Kimyasal adsorpsiyon kimyasal bağlanmayı gerektirir ve tersinmezdir.

2. Fiziksel adsorpsiyon yer spesifik değildir; adsorplanan moleküller bütün yüzeyi kaplamada serbesttirler. Bu, katı adsorplayıcıların yüzey alanı ölçümlerini mümkün kılar. Aksine, kimyasal adsorpsiyon yer spesifiktir, kemisorplanmış moleküller belirli yerlerde sabittirler.

3. Fiziksel adsorpsiyon ısısı kimyasal adsorpsiyon ısısına nazaran düşüktür; bununla birlikte, adsorpsiyon ısısı genellikle kesin bir kriter değildir. Fiziksel adsorpsiyonun üst sınırı çok dar gözenekli adsorplayıcılar üzerindeki adsorpsiyon için 20 kcal/mol'dan daha yüksek olabilirler. Kimyasal adsorpsiyon ısısı 10-100 kcal/mol arasında değişir.

Kimyasal adsorpsiyon başlıca kimyasal bağların değerine yaklaşan yüksek adsorpsiyon ısılarına götüren büyük etkileşim potansiyelleri ile karakterize edilir. Bu gerçek, diğer spektroskopik, elektron spin rezonans ve manyetik süsseptibilite (alınanlık) ölçümleri ile birleştirilmiş, kimyasal adsorpsiyonun elektronların transferini ve adsorplanan ve katı yüzeyi arasında gerçek kimyasal bağlanmanın oluşumunu gerektirdiğini doğrulamaktadır. Çünkü kimyasal adsorpsiyon kimyasal bağlanmayı gerektirir, çoğu kez yüksek sıcaklıklarda meydana gelir ve genellikle aktivasyon enerjisi ile ilişkilidir. Ayrıca, adsorplanmış moleküller, belirli yerlerde yerleşmişlerdir ve bundan dolayı, yüzeyin her tarafına dağılmada serbest değillerdir (58).

Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonun çeşitli kriterlere göre birbirleriyle karşılaştırılması Tablo IV.1'de verilmiştir (59, 60).

Tablo IV.1 Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon arasında temel karşılaştırma kriterleri

Karşılaştırma Kriteri	Fizisorpsiyon	Kemisorpsiyon
Adsorplayıcı-adsorplanan ilişkisine bağlılık	Adsorplananın kritik sıcaklığı altında herhangi bir adsorplayıcı-adsorplanan ikilisi arasında cereyan eder.	Adsorplayıcı ile adsorplanan arasında özel bir kimyasal ilgiyi gerektirir ve her ikili arasında cereyan etmez.
Sıcaklığa bağlılık	Düşük sıcaklıklarda cereyan eder ve sıcaklık yükseldikçe azalır.	Yüksek sıcaklıklarda cereyan eder ve sıcaklık yükseldikçe artar.
Etkin olan kuvvetler	Van der Waals kuvvetleri etkindir.	Kimyasal bağ kuvvetleri etkindir.
Adsorpsiyon ısısı	Adsorplananın yoğunlaşma ısısı mertebesindedir. (5-10 kcal/mol)	Kimyasal tepkime ısısı mertebesinde olup, yüksektir. (10-100 kcal/mol)
Olayın hızı ve aktiflenme enerjisi	Çok hızlı olup, sıfıra yakın bir aktiflenme enerjisi eşliğinde yürür.	Kemisorpsiyonun hızını ise aktiflenme enerjisinin büyüklüğü belirler.
Yüzey örtünmesi	Tektabakalı veya çok tabakalı adsorpsiyon olabilir.	En fazla tektabaka kaplanması olabilir.
Tersinirlik	Adsorpsiyon dengesi tersinirdir ve fizisorplanmış bir gaz, sıcaklığın yükseltip basıncın düşürülmesiyle kolayca ve tümüyle desorplanabilir.	Çoğu kez tersinmezdir, desorpsiyonu çok zordur ve desorpsiyon için çok zorlanılırsa beklenmedik başka reaksiyonlara yol açılabilir.

IV. 3. Adsorpsiyon Hızı

Katı yüzeyi ile gaz veya buhar molekülleri esnek veya esnek olmayan çarpışma yaparlar. Esnek çarpışmada herhangi bir enerji değişimi olmaksızın molekül geri sıçrar. Esnek olmayan çarpışmada ise molekül, katı yüzeyinde belirli bir süre temas halinde kalır.

Frenkel, dinamik adsorpsiyon dengesinin yürüyüşü sırasında adsorplanmış molekülün yüzeyde ortalama tutunma süresini (τ) şu denklemlerle vermiştir.

$$\tau = \tau_0 \cdot e^{Q/RT}$$

IV. 3.1

Burada;

τ_0 : Bir gaz molekülünün titreşim süresi olup, Lindemann tarafından çoğu sistemler için 10^{-13} s civarında olduğu bulunmuştur. Bu süre, adsorplayıcı atomlarının titreşim süresi büyüklüğü mertebesindedir.

Q : Mol başına adsorpsiyon enerjisidir.

$\tau > \tau_0$ olduğu zaman molekülün adsorplandığı kabul edilir. Kimyasal adsorpsiyonda Q değerleri, fiziksel adsorpsiyona göre daha büyük olduğundan $\tau \gg \tau_0$ dır. Bu nedenle kimyasal adsorpsiyon hızlı cereyan eder.

Gözenekli adsorplayıcılar dışındaki adsorplayıcılarda fiziksel adsorpsiyon dengesi çok hızlı kurulur ve tersinirdir. Gözenekli adsorplayıcılarda ise dengenin kurulması bazen uzun zaman alabilir (56).

IV. 4. Adsorpsiyon Dengesi

Verilen bir gaz için, verilen bir adsorplayıcının birim kütlesi başına adsorplanan miktar (V_a), denge basıncının (P) ve sıcaklığın (T) bir fonksiyonudur.

$$V_a = f(P, T)$$

IV. 4.1

adsorpsiyonda bu üç değişkenden biri sabit tutularak çeşitli eğriler elde edilir (56):

a) **Adsorpsiyon izotermi:** Sabit sıcaklıkta, adsorplanmış miktarın denge basıncına bağlılığını gösterir.

$$V_a = f(P)_T \quad \text{IV. 4.2}$$

b) **Adsorpsiyon izobarı:** Sabit basınçta, adsorplanmış miktarın sıcaklığa bağlılığını gösterir.

$$V_a = f(T)_P \quad \text{IV. 4.3}$$

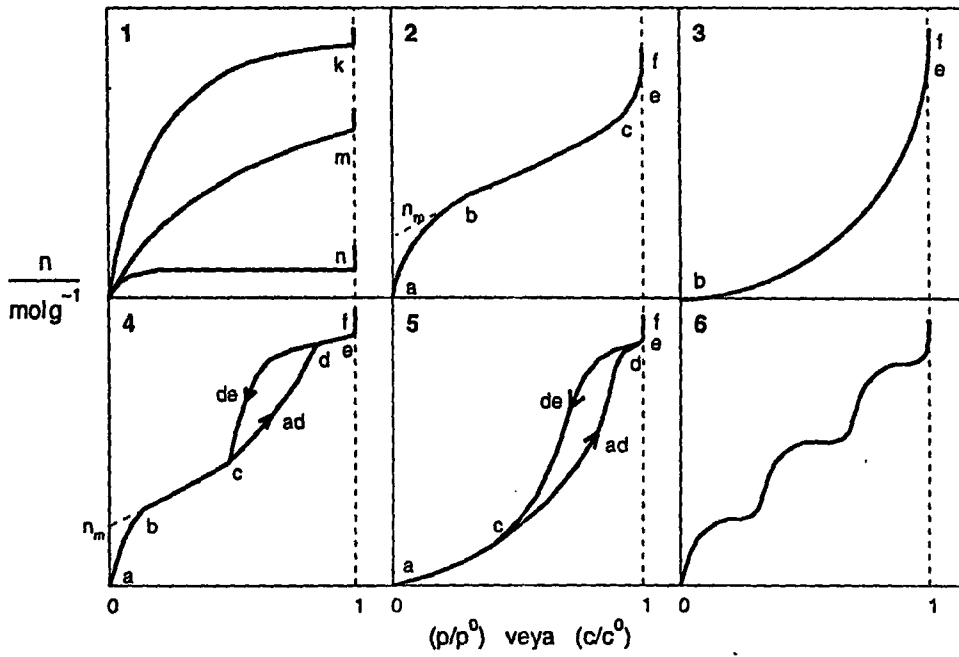
c) **Adsorpsiyon izosteri:** Adsorplanmış bir gazın belirli bir miktarı için, denge basıncının adsorpsiyon sıcaklığına bağlılığını gösterir.

$$P = f(T)_V \quad \text{IV. 4.4}$$

IV. 5. Adsorpsiyon İzotermi ve Denklemleri

Adsorplayıcı ile dengede bulunan adsorplanan madde miktarını, adsorplanan madde derişimine ya da basıncına bağlayan grafiğe **adsorpsiyon izotermi** denir. İzoterm, sabit sıcaklıkta denge koşullarının bir grafiğidir (55). Bir adsorpsiyon süreci en iyi şekilde izotermiyle anlaşılabilir, ama izotermiyle adsorpsiyon hızı hakkında bir bilgi edinilemez (57).

Denel yoldan belirlenen adsorpsiyon izotermi Şekil 1.1'de şematik olarak çizilen 6 tip izoterm eğrisinden birine daha çok benzemektedir. Daha çok buhar fazından adsorpsiyon için çizilen bu izotermi bazılarını çözeltiden adsorpsiyon için de geçerlidir. Şekildeki P/P_0 bağıl denge basıncını, C/C_0 ise bağıl denge derişimini göstermektedir. Buradaki P_0 doygun buharın basıncını, C_0 ise doygun çözeltinin derişimini yani çözünürlüğü göstermektedir. Aynı izotermi P/P_0 yerine P denge basıncı C/C_0 yerine de C denge derişimi alınarak da çizilebilir.



Şekil IV.5. 1 Adsorpsiyon izotermelerinin 6 karakteristik tipi (55)

Şekildeki $P/P_0 = 1$ ya da $C/C_0 = 1$ değerlerinde adsorplanan madde yığın olarak ayrıldığından izoterm eğrileri dikey olarak yükselmeye başlamaktadır. Bu dikey yükselme noktasına gelindiğinde adsorpsiyon tamamlanmış demektir. Bu izoterm tiplerini sırayla daha yakından incelemeye çalışacağız.

1. Monomoleküler yani tektabakalı olan kimyasal adsorpsiyon izotermi k ve n eğrilerine benzemektedir. Diğer taraftan, mikrogözenekli katılardaki adsorpsiyon izotermi k eğrisine makrogözenekli katılardaki adsorpsiyon izotermi ise n eğrisine yakındır. Adsorplama gücü yüksek olan mikrogözeneklerin yüzeyleri monomoleküler olarak kaplandığında gözenekler tümüyle dolduğundan adsorpsiyon tamamlanmış olacaktır. Diğer taraftan, adsorplama gücü düşük olan makrogözeneklerin gözenekleri monomoleküler olarak kaplandığında adsorpsiyon yine tamamlanmış olacaktır. Bu nedenle, mikro ve makrogözenekli katılardaki adsorpsiyon izotermi aralarındaki yükseklik farkı dışında şeklen birbirine benzemektedir. Çözeltideki adsorpsiyon izotermi k, n ve m eğrilerinden birine yakın olarak ortaya çıkmaktadır.

2. Birinci tabakanın adsorpsiyon ısıtı yoğunlaşma ısıtıdan daha büyük olan ve kılcal yoğunlaşmanın az olduğu adsorpsiyon izotermi bu eğriye benzemektedir. İzotermin ab parçası boyunca tektabakalı adsorpsiyon, bc parçası boyunca ise çok tabakalı adsorpsiyon ve cal yoğunlaşma tamamlanmaktadır. İzotermin b noktasından sonraki doğrusal kısmının antısından V_m tektabaka kapasitesi grafikten yaklaşık olarak okunabilir. Doygunluk

noktasına gelindiğinden dolayı ef boyunca adsorplanan madde sıvı ya da katı olarak yığın halde ayrılır.

3. Birinci tabakanın adsorpsiyon ısısı yoğunlaşma ısısından daha küçük olan ve kılcal yoğunlaşmanın az olduğu adsorpsiyon izotermi bu eğriye benzemektedir. Adsorplama gücü çok küçük olan katılardaki adsorpsiyon izotermi bu tipe uymaktadır. Eğrinin gidişinden V_m tektabaka kapasitesini bulmak olası değildir.

4. Birinci tabakanın adsorpsiyon ısısı yoğunlaşma ısısından daha büyük olan ve kılcal yoğunlaşmanın çok olduğu adsorpsiyon izotermi bu eğriye benzemektedir. Şekilde görüldüğü gibi adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermlerinin farklı yollar izlemesine **adsorpsiyon histerezisi** denir. Bu durum, dar ağızlarından dolan gözeneklerin geniş ağızlarından boşalmasıyla açıklanabilmektedir. İzotermin ab parçası boyunca tektabakalı adsorpsiyon, bc parçası boyunca çok tabakalı adsorpsiyon, Cd parçası boyunca ise kılcal yoğunlaşma olmaktadır. Kılcal yoğunlaşma tamamlandıktan sonra gözeneklerin ağızlarındaki çukur yüzeyler de boyunca dolmakta ve ef boyunca adsorplanan madde yığın olarak ayrılmaktadır. Genellikle mikro- ve mezogözenek içeren katılardaki adsorpsiyon izotermi bu tipe uymaktadır. Bu izotermden de V_m tektabaka kapasitesi yaklaşık olarak bulunmaktadır.

5. Birinci tabakanın adsorpsiyon ısısı yoğunlaşma ısısından daha küçük olan ve kılcal yoğunlaşmanın çok olduğu adsorpsiyon izotermi bu eğriye benzemektedir. İzotermin ac parçası boyunca yüzey tektabakalı ya da çok tabakalı olarak kaplandıktan sonra cd boyunca kılcal yoğunlaşma olmaktadır. Adsorplama gücü düşük olan mezogözenekli katılardaki adsorpsiyon izotermi bu tipe benzemektedir.

6. Basamaklı olan bu izoterm tipine çok az rastlanmaktadır. Mikrogözenekler yanında farklı boyutlarda mezogözenek grupları içeren katılardaki adsorpsiyon izotermi bu tipe benzemektedir (55).

Denel yoldan belirlenen adsorpsiyon izotermelerini ve diğer adsorpsiyon verilerini değerlendirebilmek için çok sayıda denklem türetilmiştir. Adsorplanan ve adsorplayıcı maddelerin özelliklerine göre bir adsorpsiyon için bu eşitliklerden biri ya da birkaçı daha uygun olmaktadır. Burada, çok kullanılan adsorpsiyon denklemlerini kısaca incelemeye çalışacağız.

Freundlich Adsorpsiyon İzotermi: Freundlich izotermi denilen üstel izoterm, orta basınç veya derişimlerde adsorpsiyonu tamamen ampirik olarak vermektedir (56, 58).

Bu izoterm,

$$V_a = kP_d^{1/n} \quad \text{IV. 5.1}$$

veya

$$C_a = kC_d^{1/n} \quad \text{IV. 5.2}$$

biçimindedirler. Bunlardan ilki gaz adsorpsiyonuna, ikincisi ise çözülden adsorpsiyona uygulanır. Burada V_a ve C_a ile P_d ve C_d sırasıyla gaz fazından ve çözelti fazından adsorpsiyona ilişkin adsorplanan miktarları ile denge basıncı ve denge derişimini ifade etmektedir. k ve n terimleri sabit olup, k -terimi adsorplayıcının adsorplama yeteneği ile, n -terimi ise adsorplananın adsorplanma eğilimi ile orantılı olan büyüklüklerdir. k 'nın büyük olması adsorpsiyon izotermine daha yüksekten seyretmesi ile, n 'nin büyük olması ise izotermine düşük denge basıncında keskin köşe yapması ile sonuçlanır.

Freundlich izotermine göre düşük basınçlarda adsorplanmış hacim, basıncın birinci kuvveti ile orantılı olup ($n = 1$) **Henry Kanunu** ile özdeşleşir.

$$V_a = kP_d \quad \text{IV. 5.3}$$

Yüksek basınçlarda adsorplanmış hacim basınca bağlı olmayıp ($n = \infty$) sabit bir k değerine eşittir.

$$V_a = k \quad \text{IV. 5.4}$$

Orta basınçlarda ise adsorpsiyon basıncın birden küçük sıfırdan büyük bir kuvveti ile orantılıdır ($\infty > n > 1$).

Freundlich izoterm denkleminin çizgisel şekli;

$$\log V_a = \log k + \frac{1}{n} \log P_d \quad \text{IV. 5.5}$$

olup $\log P_d$ değerlerine karşı $\log V_a$ değerleri grafiğe geçirilirse düşey eksenini kestiği nokta $\log k$ ve eğimi $1/n$ olan bir doğru elde edilir.

İyonik katılardaki adsorpsiyonlarda gözleendiği gibi, fiziksel adsorpsiyon nicel olarak tamamlanan iyon değişimi gibi bir kimyasal olaydan sonra başlar. Çözeltinin derişimini sıfırlayarak yürüyen ve nicel olarak tamamlanan kimyasal adsorpsiyonda tutunan madde miktarını V_{ka} , çözeltinin derişimine paralel olarak artan fiziksel adsorpsiyonda tutunan madde miktarını ise V_{fa} ile gösterdiğimizde adsorpsiyonun herhangi bir anında tutunan toplam madde miktarı,

$$V_a = V_{ka} + V_{fa} \quad \text{IV. 5.6}$$

olacaktır. Bu durumda Freundlich denklemini,

$$\log (V_a - V_{ka}) = \log k + \frac{1}{n} \log C_d \quad \text{IV. 5.7}$$

şeklinde yazılır. Adsorpsiyon izoterminin $C = 0$ iken sahip olduğu maksimum yükseklik V_{ka} kimyasal adsorpsiyon, daha sonraki artmalar V_{fa} fiziksel adsorpsiyon olarak alınır. Kimyasal adsorpsiyondan katyon değiştirme kapasitesi gibi bazı kimyasal özelliklere, fiziksel adsorpsiyondan ise özgül yüzey alanına geçilebilmektedir (55, 61).

Langmuir Adsorpsiyon İzotermi: Langmuir tarafından verilen adsorpsiyon izotermi kuramı fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon için verilen kuramların ilki olup izoterm denklemini her basınç aralığında kullanılabilir (56, 59). Langmuir izoterm kuramı, tektabaka lizisorpsiyonu ve kemisorpsiyonunu yansıtır.

Adsorpsiyonda birbirine ters iki etki düşünölmektedir;

1. Gazın yüzeyde adsorpsiyonu,
2. Yüzeyde tutulan gaz moleküllerinin yüzeyden desorpsiyonu.

Bu iki olayın hızı eşit olduğunda adsorpsiyon dengesi kurulur. Yüzeyin adsorplanan moleküllerle kaplanan kesri ise;

$$\theta = \frac{V_a}{V_m} \quad \text{IV. 5.8}$$

Burada V_a adsorplayıcının birim kütlesi başına adsorplanan gazın normal koşullardaki hacmi, V_m ise birim kütledeki adsorplayıcı yüzeyini tektabakalı olarak örtecek gazın normal koşullardaki hacmi olup tektabaka kapasitesi diye nitelenir.

$$\text{Adsorpsiyon hızı} = k_1(1-\theta)P \quad \text{IV. 5.9}$$

$$\text{Desorpsiyon hızı} = k_2\theta \quad \text{IV. 5.10}$$

$$\text{Dengede:} \quad k_1(1-\theta)P = k_2\theta \quad \text{IV. 5.11}$$

adsorpsiyon ve desorpsiyon hız sabitlerinin oranı için $b = k_1/k_2$ alınırsa,

$$\theta = \frac{bP}{1+bP} \quad \text{IV. 5.12}$$

bulunur.

Adsorplayıcının birim kütlesi başına adsorplanan gaz hacmi,

$$V_a = V_m \theta = V_m \frac{bP}{1+bP} \quad \text{IV. 5.13}$$

olur ve bu denklem, Langmuir izotermi denklemdir.

Düşük basınçlarda paydadaki bP terimi ihmal edilebilir ve denklem k' bir sabit olmak üzere

$$V_a = (V_m b)P = k'P \quad \text{IV. 5.14}$$

biçimine, yani Henry kanununa indirgenir.

Yüksek basınçlarda ise paydadaki 1 terimi ihmal edilebilir ve denklem k'' bir sabit olmak üzere

$$V_a = V_m = k'' \quad \text{IV. 5.15}$$

biçimine indirgenir. Bu durum adsorplayıcının tektabaka örtünmesine karşılık gelir.

Orta basınç aralığında Langmuir denklemi çizgisel biçimine dönüştürülebilir;

$$\frac{P}{V_a} = \frac{1}{V_m b} + \frac{P}{V_m} \quad \text{IV. 5.16}$$

P değerlerine karşılık P/V_a değerleri grafiğe geçirildiğinde eğimi $1/V_m$ ve kayması ise $1/V_m b$ olan bir doğru elde edilir. Eğim ve kayma değerlerinden V_m ve b sabitleri bulunabilir. V_m sıcaklığa bağlı değildir. b sabiti ise Arrhenius denklemi fonksiyonelliğindeki hız sabitlerinin oranı olup sıcaklığa bağlıdır ve;

$$b = b_0 \cdot \exp Q_{ads} / RT$$

IV. 5.17

bağıntısı ile verilir. Langmuir denklemindeki b sabitinin değeri büyükse adsorpsiyon düşük basınçlarda tamamlanır ve adsorpsiyon izotermi keskin köşe yapar ve b-terimi büyük ise adsorplayıcının adsorplama yeteneği düşük denge basıncı aralığında iyi demektir. V_m büyük ise adsorplayıcının adsorplama kapasitesi büyüktür. Genel olarak adsorpsiyon ısı büyük ise b büyüktür ve adsorplayıcı geniş bir yüzey alanına sahip ise V_m büyüktür.

Aynı durum Freundlich izotermindeki k ve n sabitleri için de geçerlidir. Langmuir denklemindeki V_m -terimi k'ya ve b-terimi ise n'ye karşılık olmaktadır(59).

Langmuir Adsorpsiyon Kinetiği

Elyafın reaktif boyama prosesi; boya banyosundan elyafa ve elyaftan boya banyosuna desorpsiyonu ile ilgili boya sorpsiyonuna ait terimleri içeren diferansiyel bir eşitlikle tanımlanabilmektedir. Boyama hızı veya zamana bağlı olarak elyaftaki boya konsantrasyonunun değişimi toplam boyama hızıdır ($v=dC_a/dt$) ve Langmuir kinetik modelinin ideal hali ile ifade edilir:

$v=dC_a/dt= k_a(C_d)(V_m-C_a) - k_d(C_a)$	IV. 5.18
---	----------

k_a , adsorpsiyon hız sabitini; k_d , desorpsiyon hız sabiini ifade etmektedir. Denge anında $dC_a/dt=0$ 'dır ve boyanın adsorpsiyon ve desorpsiyon zıt hızları arasındaki kinetik dengeyi ifade eder (19).

Langmuir Adsorpsiyon Hız Sabiti

Boyama prosesinde ($t \rightarrow 0$) C_a 0'a yakındır ve $(V_m - C_a) = V_m$ 'dir. Böylece, IV. 5.18 eşitliği şu hale gelir:

$dC_a/dt= k_a(C_d)(V_m)$	IV. 5.19
--------------------------	----------

Langmuir Desorpsiyon Hız Sabit

Langmuir kinetik modelinin kısa süre yaklaşımının kullanılmasıyla k_d , desorpsiyon hız sabiti bulundu. Boyama prosesinde ($t \rightarrow 0$) C_d , sifira yakındır ve $(V_m - C_a) = V_m$ 'dir. Böylece, IV. 5.18 eşitliği şu hale gelir:

$dC_a/dt= - k_d(C_a)$	IV. 5.20
-----------------------	----------

Brunauer-Emmett-Teller (BET) denklemi: Çok tabakalı fiziksel adsorpsiyon için türetilen bu denklem

$$\frac{P}{V_a (P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C-1)}{V_m C} \cdot \frac{P}{P_0} \quad \text{IV. 5.21}$$

şeklinde yazılabilir. Bağlı denge basıncı P/P_0 yerine bağlı denge değişimi C/C_0 alınarak çözümlenen adsorpsiyon için de kullanılabilir. Deney verileri bu denkleme göre grafiğe geçirildiğinde $0.05 < P/P_0 < 0.35$ aralığında bir doğru bulunmaktadır. Bu doğrunun eğim ve kayması sırayla $(C-1)/V_m C$ ve $1/V_m C$ niceliklerine eşitlenerek bulunan iki denklemin ortak çözümünden V_m tektabaka kapasitesiyle C sabiti bulunur. Adsorplama gücünün bir ölçüsü olan C sabiti

$$C = \exp [(q_1 - q_L) / RT] \quad \text{IV. 5.22}$$

olarak verilmektedir. Buradaki q_1 birinci tabakanın adsorpsiyon ısısını, q_L adsorplanan maddenin yoğunlaşma ısısını, $q_1 - q_L = q$ net adsorpsiyon ısısını göstermektedir. Yoğunlaşma ısısı belli olduğundan C sabitinden son bağıntı yardımıyla birinci tabakanın q_1 adsorpsiyon ısısı bulunur. Yüzeyin adsorplanma gücü yüksek olduğundan q_1 çok büyük olacak ve q_L sabit olduğuna göre son bağıntı uyarınca C sabiti de çok yüksek olacaktır. Bu durumda BET denkleminde göre çizilen doğru merkezden geçer ve bu doğrunun eğimi $1/V_m$ olur.

BET denklemindeki P_0 adsorplananın deney sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, P adsorpsiyonun ölçüldüğü esnadaki buhar basıncı, V_a 0°C ve 1 atm basınçta adsorbe edilmiş gazın hacmi ve V_m ise daha önceden de belirtildiği gibi teorik olarak 1 gram adsorplayıcının 0°C ve 1 atm basınçta yüzeyini tektabaka halinde örtmeye yetecek miktardaki gazın hacmidir (55).

V. PAMUK ELYAF

Pamuk, keten ve yün ile birlikte tekstilde kullanılan en eski elyaftır. Anavatanı Hindistan'dır. M.Ö. 3000 yılında ait Hind mezarlarında pamuklu materyal örneklerine rastlanmıştır. M.S. 800 yıllarında Hindistan'dan Japonya'ya ve Çin'e geçmiş; 13. yüzyılda Marco Polo tarafından Avrupa'ya getirilmiştir. Kristof Kolomb, Amerika kıtasını keşfettiğinde orada pamuk bitkisi vardı ve tekstil alanında kullanılmakta idi. Şöyle ki, Peru'nun keşfinde mezarlarda pamuklu dokumalar bulunmuştur.

Pamuk bitkisi, Antartika dışında dünyanın her yerinde yetişir. Pamuk bitkisi daha çok nemli ve sıcak iklimi sever. Dünyanın en fazla pamuk üreten 10 ülkesi arasında Türkiye de vardır. Bunlar üretim miktarı sırasına göre, A.B.D., Özbekistan, Kazakistan, Çin, Hindistan, Meksika, Pakistan, Brezilya, Türkiye, Mısır ve Sudan'dır. Türkiye'deki üretim Ege, Çukurova ve Antalya olmak üzere başlıca üç bölgede yapılmaktadır. Ayrıca, az miktarda Güney Doğu Anadolu Bölgesi, Trakya, Iğdır ovası ve Orta Anadolu'da da yetiştirilmektedir. Üretilen pamuk türleri: Coker, Deltapine, Carolina Queen ve yerli maydos pamuklarıdır (62).

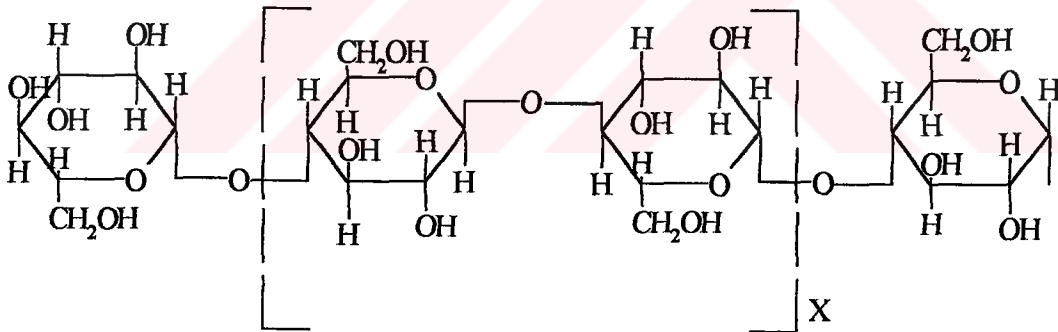
V. 1. Pamuk Elyafın Yapısı

Ham pamuk ve bundan elde edilmiş olan ham pamuklu kumaşın üzerinde çok miktarda yabancı madde vardır.

Tablo V.1 Olgun ve olgun olmayan pamuğun bileşimi

	Olgun Pamuk	Olgunlaşmamış Pamuk
Selüloz	%90-95	Azalı
Pektin	%0,7-1,2	-
Şeker	%0,3	-
Yağlar ve Vakslar	%0,4-1,0	Artar
Protein	%1,1-1,9	Artar
Kül	%0,7-1,6	-
Diğer Organik Maddeler	%0,5-1,0	Artar
Renkli Maddeler	Eser miktarda	Artar

Selüloz: Genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan bir polisakkarittir. Makromoleküller β -D glikoz yapı taşının 1. ve 4. karbon atomu üzerinden, köprüleriyle birbirlerine bağlanması sonucu oluşmuştur.



Pektin: Selülozun hücre çeperinde kalsiyum, magnezyum ve demirin suda çözünmeyen tuzları halinde bulunur.

Yağlar ve vakslar: Yağlar genel olarak gliserinin yağ asitleri ile esterleşmesi sonucunda meydana gelen ürünlerdir. Vakslar ise yağ asitlerinin uzun zincirli monohidrik alkollerle esterleşmesi sonucu meydana gelen maddelerdir.

Proteinler: Asparik ve Glutamik asit

Organik Maddeler: Maleik asit ve Sellabios

Kül: Külün bileşimi pamuğun bileşimine bağlı olarak değişmektedir. Çeşitli pamuk örneklerinin yakılması ile elde edilen bileşimler şu şekilde saptanmıştır:

Potasyum karbonat:	%45
Potasyum fosfat:	%11
Potasyum klorür:	%10
Potasyum sülfat:	%9
Kalsiyum fosfat:	%9
Magnezyum fosfat:	%8
Demir oksit:	%3
Diğer artıklar:	%1

Pamuk morfolojik açıdan incelenirse dıştan içe doğru şu tabakadan oluştuğu gözlenmiştir:

Kütikül: En dışta bulunan ve lifi koruyan çok ince bir çeperdir. Bileşimi tam olarak bilinmemekle beraber vaks ve pektini içerdiği bilinmektedir.

Primer çeper: Primer çeper başlıca selüloz içerir. Ancak primer çeperin selülozu fibriler bir yapıya sahiptir. Bu fibrillerin selülozu çözen maddelere karşı çok geç reaksiyon vermesi fibrillerin selülozdan başka safsızlık içerdiği kanaatini uyandırır. Bu safsızlık muhtemelen pektindir.

Sekonder çeper: Bu kısım lifin toplam ağırlığının %90'ını teşkil eder ve selüloz tabakalarından ibarettir.

Lümen: Olgun liflerde büzülmüş halde bulunan bu kanalda protein artıkları mevcuttur. Keza mineral tuzları ve renkli maddelerin belli bir kısmı burada toplanmıştır.

Düşük kaliteli pamuk oldukça yüksek miktarda kalsiyum ve demirin yanı sıra ölü ve olgunlaşmamış lifler de içerir. Bu nedenle terbiyecinin düzgün (üniform) bir mal elde etmesi güçleşir. Ölü ve olgunlaşmamış liflerin fazlalığı düğüme neden olur.

Morfolojik yapısından da görüldüğü gibi, pamuk, üzerinde çok fazla miktarda yabancı madde içerir. Liflerin arasında lifler toplanırken ve çırçırılırken karışmış olan yaprak, koza, çekirdek kabuğu gibi artıklar bulunmaktadır. Keza dokuma performansını arttırmak amacıyla çözgü ipliklerinde uygulanan haşıl da selülozdan uzaklaştırılması gereken safsızlıklardandır. Haşıl miktarı ham kumaş ağırlığının %8-10'u kadardır. Bu oran %15'e kadar çıkabilir. Tekstil

malzemeleri üretim sırasında buluşan kir ve makine yağlarını da ihtiva ederler. Böylece ön terbiye işlemleri ile uzaklaştırılması gereken safsızlıklar ortalama %20'yi bulur (63).

V. 2. Fiziksel Özellikler

Yoğunluk :	1,54
Nem İçeriği :	%8,5
Isıya Karşı Davranışı:	120°C civarında sararır ve 150°C'in yukarısında bozunur
Isıya Karşı Dayanım:	Oldukça iyidir. Çok uzun süre maruz kalırsa sararır.
Termal İletkenlik:	Orta
Dinamometrik Özellikler:	Tenasite: 25-40 g tex Kopma uzaması: %6-8(kuru), %7-10(ıslak)

V. 3. Kimyasal Özellikler

Suyun Etkisi : Su liflerin şişmesine neden olur. Bununla birlikte lifteki büküm kuruduğu zaman tekrar oluşur.

Asitlerin Etkisi: Mineral asitler seyreltilmiş dahi olsalar, sıcak koşullar altında selülozu bozarlar. Bununla birlikte çalkalama ve nötralize etme proseslerinde düşük sıcaklıklarda kullanılabilirler. Konsantre nitrik asit, soğukta selülozu nitroselüloza dönüştürür ki bunun bileşimi ve özellikleri asidin konsantrasyonuna göre değişir. Asit karakterli tuzlar (kalsiyum klorür, çinko klorür, alüminyum klorür) yüksek konsantrasyonlarda, mineral asitler gibi bazı etkiler gösterirler. Uçucu organik asitler (formik ve asetik asit) selüloza zarar vermezler.

Bazların Etkisi: Seyreltik bazik çözeltiler, kaynama sıcaklığında bile selüloz üzerinde ciddi bir hasara neden olmazlar. Aksine bunlar selülozdaki safsızlıkları çözer ki bu durum onların hidrofilleştirme işlemindeki yararını açıklar. Yüksek konsantrasyon ve sıcaklıklarda ise alkaliler pamuğu hızla parçalar. %18-25 konsantrasyonlardaki ve oda sıcaklığındaki sudkostik ise selülozu şişirir. Bu özellik ise pamuğun mercerize edilmesini açıklar.

Yüksek Maddelerin Etkisi: düşük konsantrasyonlarda bunlar pamuğun doğal rengini giderirler. Yüksek konsantrasyonlarda ise pamuğa zarar verirler (63).

V. 4. Pamuk Elyafın Boyanması

Pamuk elyafın boyanmasında boyama adımları basitleştirilmiş olarak şu şekildedir :

1. Liflerin ıslanması ve suyun etkisiyle suyla şişmiş kanalların oluşması: Kuru sellüloz liflerde kristal yapı taşları arasındaki gözeneklerin çapları genellikle boyarmadde moleküllerinden küçük olduğundan herhangi bir şekilde liflerin yüzeyinde adsorbe olmuş bulunan boyarmadde molekül veya iyonları liflerin içerisine nüfuz edememektedir.

2. Boyarmadde moleküllerinin lif yüzeyinde adsorpsiyonu : Boyarmadde moleküllerinin liflerin yüzeyinde adsorbe olmalarına çeşitli etkenler rol oynayabilmektedir. Genel olarak boyarmaddeler suyun yüzey gerilimini düşürdüklerinden yüzeyde daha fazla toplanmaktadır. Diğer taraftan bir çözeltideki çözünmüş bulunan madde, enerjisinin düşük olduğu bölgelerde bulunmayı tercih eder. Lif ve su arasındaki sınır yüzeyinin gerilimi ise saf suyun yüzey geriliminden daha düşük olduğundan sulu boyarmadde çözeltisindeki boyarmadde molekülleri genel olarak lif yüzeyinde toplanma özelliğine sahiptir. Suda çözülmüş olarak bulunan hidrofil boyarmadde molekülleriyle sellüloz lifleri arasında van der Waals kuvvetleri, H-köprüleri gibi çekim kuvvetleri oluşabilmektedir. Bu çekim kuvvetleri ne kadar etkili olursa boyarmadde parçacıklarının lifler tarafından boya banyosudan çekilip alınması o kadar fazla olmaktadır.

3. Boyarmadde moleküllerinin lif içerisine diffüzyonu : boyarmadde molekülleri Brown hareketleriyle, lifin yapısına ve boyama koşullarına bağlı olarak değişen bir hızla lifin içerisine doğru ilerlemektedir. Boyarmaddenin lifler tarafından alınması sırasında genellikle en yavaş adım, boyarmadde moleküllerinin diffüzyonu olduğundan, boyarmadde alınma hızı bu adım tarafından belirlenmektedir. Fakat diffüzyon, boyarmadde moleküllerinin lif yüzeyünde adsorpsiyon adımını izleyen bir adım olduğundan diffüzyon hızı ve miktarı da adsorpsiyon hızı ve adımından etkilenebilir (64).

VI. MATERYAL VE METOD

VI. 1. Materyal

VI. 1. 1. Elyaf

Çalışmada, Kayseri *Karsu Tekstil* fabrikasından sağlanan, ip haline getirilmiş, %100 pamuk elyaf kullanıldı.

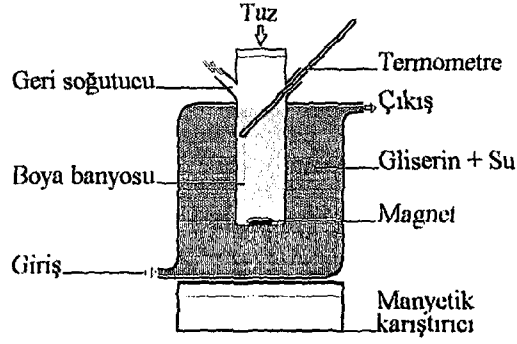
VI. 1. 2. Boyarmaddeler

Bu çalışmada kullanılan üç reaktif boya [P. Yellow HE4R (*C. I. Reactive Yellow 84*), P. Red HE7B (*C. I. Reactive Red 141*), P. Blau HERD (*C. I. Reactive Blue 160*)], Kayseri *Karsu Tekstil* fabrikasından sağlandı. NaCl çözeltisi varlığında, belirlenen sabit sıcaklıklarda pamuğu kolayca boyayan bu reaktif boyalar, ticari açıdan uygun karışımlardır.

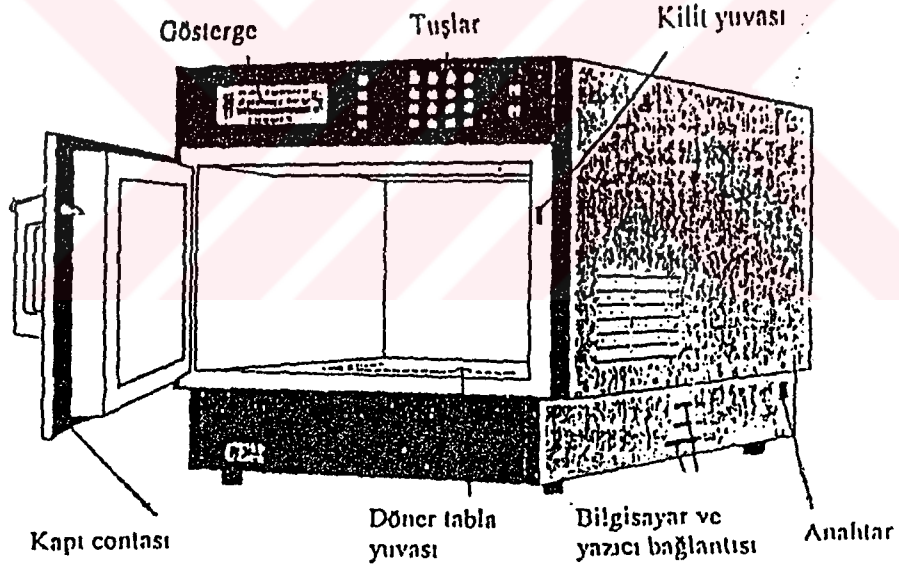
VI. 1. 3. Aletler

Tampon çözeltilerin pH'sını ayarlamak için NEL-pH 890 kullanıldı.

Bütün boyama işlemleri, bu amaçla özel olarak yaptırılan reaktörde ve CEM MDS-2000 mikrodalga fırında gerçekleştirildi (Şekil VI.1-Şekil VI.2). Reaktörün sabit sıcaklıkta kalmasını sağlamak için termostat kullanıldı. Absorbans okumaları *Shimadzu UV-160* spektrofotometresiyle yapıldı.



Şekil VI.1 Boyamanın yapıldığı reaktör sistemi



Şekil VI.2 Mikrodalga fırın

VI. 2. Metod

VI. 2. 1. Maksimum Absorpsiyon Dalga Boyunun Belirlenmesi

Dalga boyu taraması *Shimadzu UV-160* spektrofotometresiyle yapıldı. Analitik hatayı azaltmak için maksimum absorbanstaki dalga boyunun belirlenmesi işlemi üçer kez

tekrarlandı. Elde edilen maksimum absorpsiyon dalga boyları, üç ayrı boya için şöyledir (Şekil VII.1-Şekil VII.3):

C. I. Reactive Yellow 84 410 nm

C. I. Reactive Red 141 544 nm

C. I. Reactive Blue 160 617 nm

VI. 2. 2. Kalibrasyon Eğrisinin Çizimi

Stok çözeltilerden uygun seyreltmelerle hazırlanan bir seri çözeltinin maksimum absorpsiyon dalga boyundaki derişimleri okunarak her bir boya için kalibrasyon eğrileri elde edildi (Şekil VII.5).

VI. 2. 3. Tampon Çözeltilerin Hazırlanması

NaHCO_3 - NaOH 'ın $\text{pH}=9,0$ ve $\text{pH}=10,5$ tampon çözeltileri kullanıldı (65).

VI. 2. 4. Boyama Denge Süresinin Belirlenmesi

Boya banyoları, tekli boyalara ve boya karışımlarına 20 g/L tuzun (NaCl) eklenmesiyle sağlandı. Boya banyosu ('boya banyosu') oranı [elyaf miktarı/banyo hacmi] 1/200, banyo hacmi 100 ml olarak kullanıldı. 0,5 g'lık pamuk örnekleri reaktördeki boya banyosuna daldırıldı. Spektrofotometre kullanılarak denge absorbans okumasına kadar, tekli ve karışım halindeki boyalarda yarım saat, artan aralıklarda boya banyosunun absorbansları okundu. Her bir boya ve boya karışımları için, belirlenen zamanlarda dengeye varma süreleri belirlendi. Bu belirlemeler, boya sorpsiyon izotermelerini belirlemek için kullanıldı. Tekli boyalar için dengeye varma süresi yaklaşık üç saattir. Boya karışımları için çözeltinin boya molekülleri arasındaki etkileşimden dolayı dengeye varma süresi, dört saat olup beklendiği gibi daha fazla çıkmaktadır.

VI. 2. 5. Sorpsiyon İzotermi

Çalışma süresince boyama yüzdesi, %0,28 - %6,0 olarak belirlendi. 100 mL'lik boya banyosu için 20 g/L'lik tuz (NaCl) kullanıldı. Daha önce çizilen kalibrasyon eğrisinden yararlanarak her bir çözeltiye ait başlangıç (C_0) ve denge derişimleri (C_d) belirlendi. Denge derişimleri 100 mL boya çözeltisine düşen gram boya (g/100 mL) şekline çevrildi. Başlangıç derişiminden denge derişimini çıkarmakla da, pamuk üzerine adsorplanan boya derişimi (C_a) belirlendi. Bulunan C_a değeri, 100 g pamuk başına düşen adsorplanmış gram boya (g/100 g elyaf) şekline dönüştürüldü. Denge derişimine karşı adsorplanan miktar grafiğe geçirilerek her bir boya çözeltisine ait adsorpsiyon izotermi elde edildi.

VI. 2. 6. Boya Banyosu Denge Konsantrasyonunun Belirlenmesi

VI. 2. 6. 1. Tekli Boyalar İçin

Çalışmada kullanılan üç direkt boyanın maksimum absorbanstaki dalga boyu kullanılarak boyama sonrası boya banyosundan alınan belirli miktardaki örneklerin, uygun seyreltmelerle, C_d değerleri belirlendi. Bunun için kalibrasyon eğrisinden yararlanıldı.

VI. 2. 6. 2. Boya Karışımları İçin

Üç direkt boya birbirinden etkilendiği için, denge boya konsantrasyonunun (C_d) belirlenmesinde şu yöntem kullanıldı (28, 66):

$\lambda_1 < \lambda_2$ olmak üzere, bu dalga boylarında absorpsiyon ölçümleri alınır.

$$\lambda_1 \text{ 'de} \quad A_1 = a_{\lambda_1, M} \cdot C_M + a_{\lambda_1, K} \cdot C_K \quad \text{VI. 2.1}$$

$$\lambda_2 \text{ 'de} \quad A_2 = a'_{\lambda_2, M} \cdot C_M + a'_{\lambda_2, K} \cdot C_K \quad \text{VI. 2.2}$$

Bu iki denklemin eşanlı çözümünden C_M ve C_K değerlerini belirlemek için, $a_{\lambda_1, M}$, $a_{\lambda_1, K}$, $a'_{\lambda_2, M}$ ve $a'_{\lambda_2, K}$ değerlerini bilmek gerekir. Bunun için, saf M ve K maddelerinin belirli

bir C_M ve C_K konsantrasyonlarındaki çözeltisinin λ_1 ve λ_2 dalga boylarındaki absorpsiyonları okunur.

$$A_1 = a'_{\lambda_1, M} \cdot C_M$$

$$A_1 = a'_{\lambda_1, K} \cdot C_K$$

$$A_2 = a'_{\lambda_2, M} \cdot C_M$$

$$A_2 = a'_{\lambda_2, K} \cdot C_K$$

$a'_{\lambda_1, M}$, $a'_{\lambda_1, K}$, $a'_{\lambda_2, M}$ ve $a'_{\lambda_2, K}$ değerleri hesaplanır. Bu değerler (1) ve (2) denklemlerinde yerlerine konarak eşanlı çözümünden C_M ve C_K hesaplanır. Bu yöntem, n ayrı dalga boyunda ölçme yapmak suretiyle n bileşenli çözeltilere de uygulanabilir. Bulunan deneysel a sayıları şöyledir:

	a_{544}	a_{617}	a_{410}
Kırmızı	22,63	21,49	22,40
Mavi	9,15	9,19	9,11
Sarı	15,89	17,75	15,85

Kırmızı ve mavi boyada birinin absorpsiyon yaptığı bölgede diğeri de absorpsiyon yaptığı için Lambert-Beer yasasından türetilen (1) ve (2) eşitlikleri kullanılarak ikili ve üçlü karışımların boya banyosu denge konsantrasyonları bulunmuştur. Metinde karışımlar durumunda adsorpsiyonu incelenen boya cinsi, nitelermelerde ilk harf olarak gösterilmiştir.

VI. 3. Adsorpsiyon ve Desorpsiyon Hız Sabitlerinin Bulunması

Denge süresi tekli ve boya karışımları için, ilk bir saatte 15'er dakika aralıklarda, sonraki okumalar birer saat artan aralıklarla yapılarak her defasında çözeltiden 5 mL örnek alındı. Uygun seyreltmeler yapılarak spektrofotometrede absorpsiyon ölçümlerinin konsantrasyona çevrilmesiyle her süreye ait denge konsantrasyonları bulundu. Eşitlik IV. 5.19-IV. 5.20'a göre; t 'ye karşı C_d grafiğe geçirildi (Grafik VII.26). Boya adsorpsiyon ve desorpsiyon hız sabitini belirlemek için 15-60 dk aralığını, Langmuir'in kinetik modelinin kısa zaman yaklaşımını belirlemek için kullandık. Adsorpsiyon ve desorpsiyon hız sabitleri Tablo VII.49-VII.72'de gösterilmiştir.

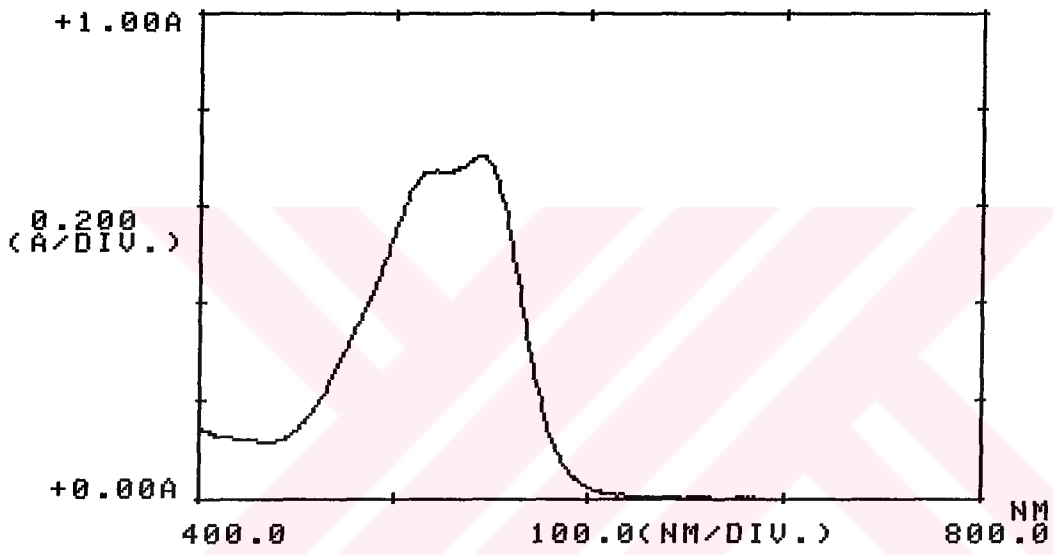
VI. 4. Adsorpsiyon Termodinamik Değerlerinin Hesaplanması

C_a 'ya karşı C_a/C_d grafiğe geçirilerek, Langmuir adsorpsiyon izoterminin çizgisel hali elde edildi (Grafik VII.24). Grafiğin eğiminden elde edilen 'b' değerleri $\Delta G^\circ = -RT \ln(b)$ eşitliğinde yerine konularak ΔG° değerleri hesaplandı (Tablo VII.73-VII.84). $\ln(b) = -\Delta H^\circ/RT$ eşitliği gereğince, $1/T$ 'ye karşı $\ln b$ değerleri grafiğe geçirildi ve grafiğin eğiminden ΔH° değerleri elde edildi. $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ$ eşitliğinde ifade edildiği gibi, T 'ye karşı ΔG° grafiğinin eğiminden ΔS° değerleri bulundu (Grafik VII.28).

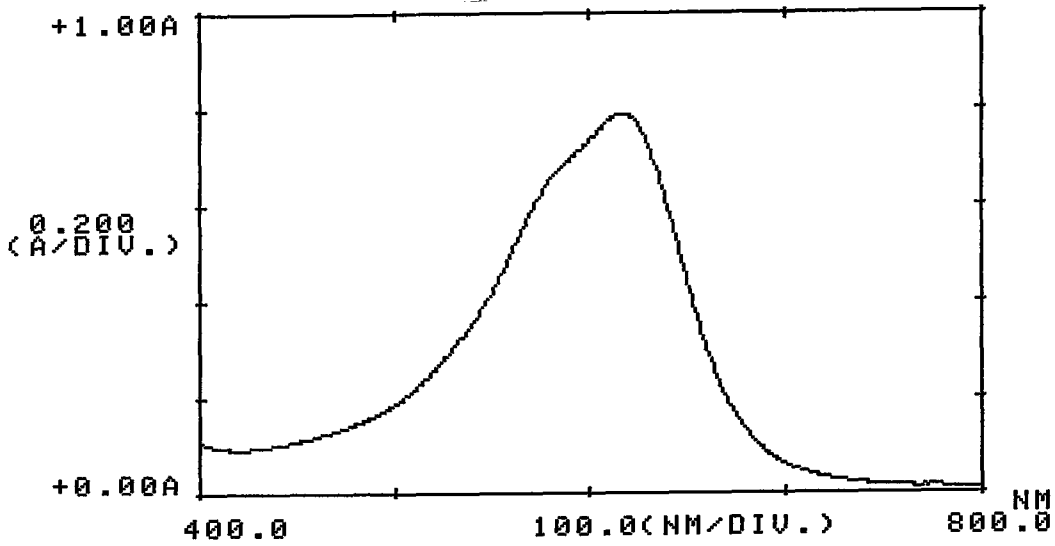


VII. BULGULAR

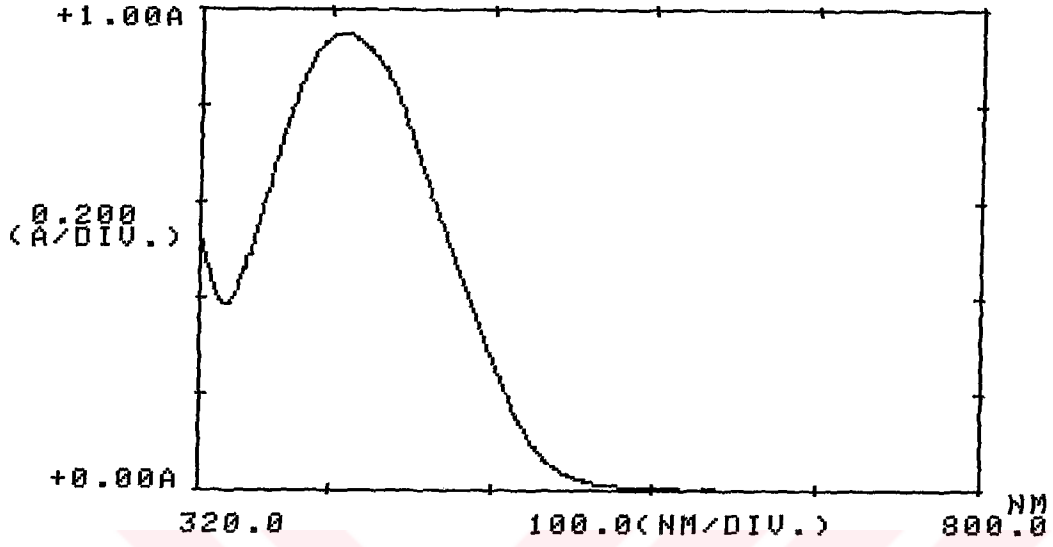
VII. 1. Maksimum Absorpsiyon Dalga Boyları



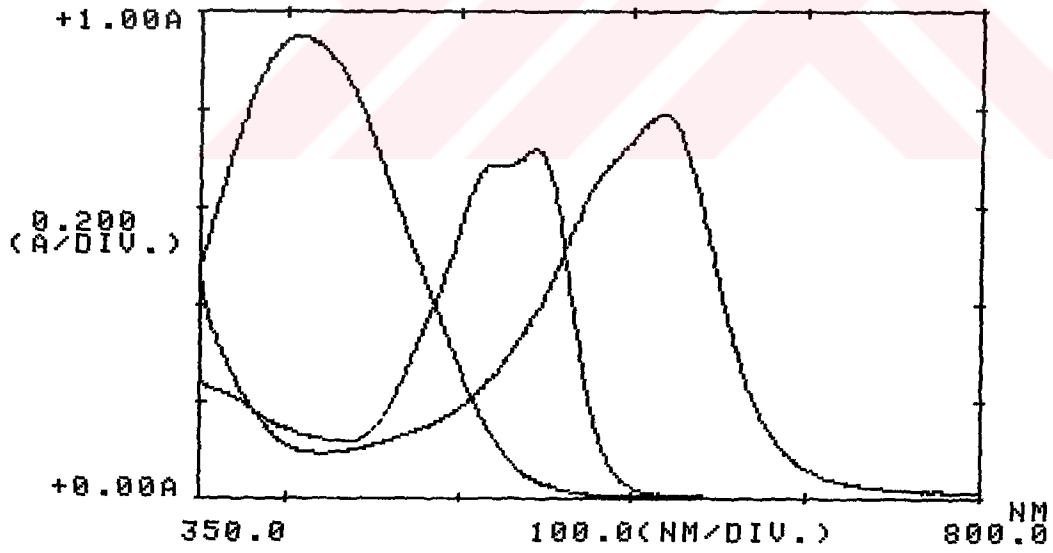
Şekil VII.1 C. I. Reactive Red 141'in absorpsiyon spektrumu ($\lambda_{\text{max}}=544$ nm)



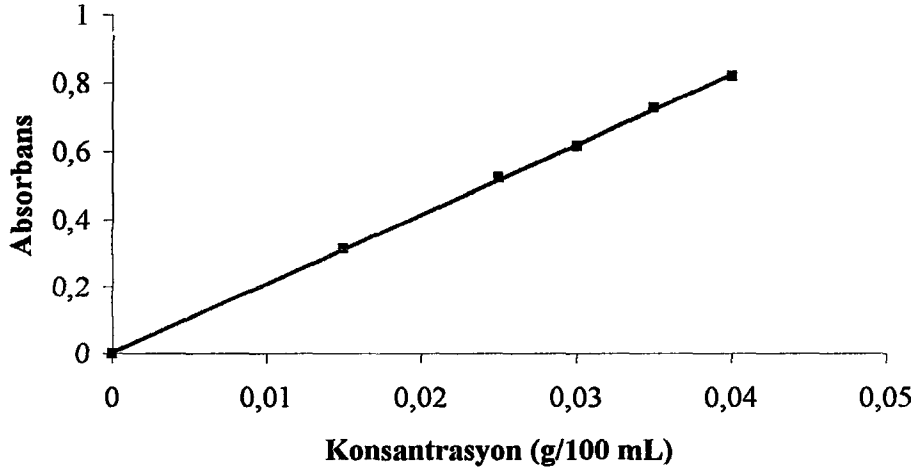
Şekil VII.2 C. I. Reactive Blue 160'in absorpsiyon spektrumu ($\lambda_{\text{max}}=617$ nm)



Şekil VII.3 C. I. Reactive Yellow 84'ün absorpsiyon spektrumu ($\lambda_{\max} \approx 410$ nm)



Şekil VII.4 C. I. Reactive Red 141, C. I. Reactive Blue 160 , C. I. Reactive Yellow 84 absorpsiyon spektrumlarının bir arada gösterimleri



Şekil VII.5 C. I. *Reactive Red 141*'in pH=10,5'deki kalibrasyon eğrisi ($K=A \times 0,0486 - 0,0002$)

VII. 2. Veri Tabloları

Tablo VII.1 pH=6,8'de Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00057	0,17	0,00059	0,14	0,00109	0,16
0,00109	0,31	0,00108	0,24	0,00177	0,26
0,00207	0,51	0,00168	0,36	0,00409	0,47
0,00590	0,96	0,00534	0,75	0,00725	0,70
0,00769	1,03	0,01105	1,05	0,01313	0,84
0,01517	1,24	0,01551	1,14	0,01583	0,95
0,01911	1,38	0,01960	1,21	0,01923	1,04
0,02234	1,43	0,02238	1,27	0,02239	1,09

Tablo VII.2 pH=9,0'da Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00025	0,20	0,00031	0,12	0,00043	0,10
0,00049	0,36	0,00077	0,28	0,00107	0,25
0,00250	1,13	0,00172	0,55	0,00247	0,51
0,00426	1,45	0,00376	0,88	0,00576	0,86
0,00575	1,61	0,00608	1,18	0,00840	1,02
0,00827	1,77	0,01060	1,48	0,01280	1,23
0,01430	2,00	0,01720	1,68	0,01754	1,37
0,02185	2,15	0,01977	1,78	0,01986	1,43

Tablo VII.3 pH=10,5'deki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Veriler

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00007	0,26	0,00008	0,10	0,00009	0,05
0,00012	0,41	0,00021	0,28	0,00330	0,18
0,00020	0,60	0,00056	0,62	0,00110	0,48
0,00119	1,52	0,00195	1,16	0,00277	0,86
0,00730	1,98	0,00195	1,60	0,00504	1,16
0,01380	2,29	0,00768	1,81	0,01278	1,44
0,01900	2,50	0,01939	1,94	0,01855	1,56
0,02150	2,54	0,02134	1,98	0,02121	1,61

Tablo VII.4 pH=6,8'de Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00116	0,11	0,00129	0,09	0,00012	0,07
0,00220	0,19	0,00237	0,15	0,00231	0,13
0,00509	0,38	0,00366	0,22	0,00316	0,17
0,00676	0,47	0,00934	0,47	0,00943	0,42
0,01122	0,66	0,01416	0,62	0,01290	0,52
0,01677	0,79	0,01950	0,73	0,01840	0,66
0,02400	0,91	0,02480	0,83	0,02412	0,75
0,02950	0,98	0,02940	0,88	0,02950	0,80

Tablo VII.5 pH=9,0'da Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00110	0,17	0,00093	0,11	0,00092	0,08
0,00144	0,22	0,00140	0,16	0,00159	0,13
0,00243	0,34	0,00253	0,27	0,00283	0,22
0,00702	0,76	0,00829	0,68	0,01133	0,68
0,01011	0,92	0,01153	0,83	0,01500	0,79
0,01333	1,04	0,01410	0,93	0,01838	0,85
0,02136	1,26	0,01860	1,08	0,02152	0,91
0,02430	1,30	0,02410	1,17	0,02310	0,93

Tablo VII.6 pH=10,5'deki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00071	0,13	0,00077	0,095	0,00082	0,07
0,00160	0,26	0,00180	0,21	0,00181	0,16
0,00284	0,43	0,00314	0,35	0,00404	0,32
0,00625	0,75	0,00921	0,74	0,01070	0,72
0,01016	0,97	0,01388	0,93	0,01404	0,81
0,01474	1,17	0,01817	1,09	0,02092	0,93
0,01930	1,30	0,02150	1,19	0,02630	1,04
0,03090	1,50	0,03080	1,33	0,03110	1,14

Tablo VII.7 pH=6,8'deki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00104	0,05	0,00102	0,04	0,00100	0,03
0,00237	0,11	0,00212	0,08	0,00175	0,05
0,00457	0,19	0,00462	0,16	0,00476	0,14
0,01396	0,46	0,01353	0,39	0,01540	0,35
0,01650	0,51	0,01726	0,45	0,01902	0,41
0,01965	0,57	0,02020	0,51	0,02157	0,44
0,02100	0,60	0,02233	0,54	0,02355	0,46
0,02379	0,62	0,02321	0,55	0,02728	0,50

Tablo VII.8 pH=9,0'daki Sarı boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00066	0,06	0,00061	0,04	0,00055	0,03
0,00184	0,16	0,00182	0,11	0,00150	0,07
0,00292	0,24	0,00343	0,19	0,00369	0,16
0,01069	0,61	0,01302	0,54	0,01258	0,41
0,01390	0,69	0,01635	0,62	0,01843	0,52
0,01689	0,76	0,01958	0,66	0,02175	0,57
0,02240	0,85	0,02400	0,72	0,02400	0,60
0,02688	0,91	0,02730	0,77	0,026917	0,63

Tablo VII.9 pH=10,5'deki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00072	0,07	0,00065	0,05	0,00098	0,05
0,00180	0,17	0,00191	0,15	0,00188	0,10
0,00348	0,31	0,00373	0,26	0,00432	0,21
0,00826	0,58	0,00858	0,49	0,00878	0,36
0,01182	0,71	0,01222	0,60	0,01082	0,41
0,01570	0,82	0,01612	0,68	0,01756	0,57
0,02120	0,92	0,02100	0,79	0,02240	0,63
0,02583	0,98	0,02573	0,86	0,02543	0,69

Tablo VII.10 pH=6,8'deki KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00065	0,08	0,00060	0,04	0,00027	0,02
0,00109	0,12	0,00146	0,10	0,00126	0,07
0,00197	0,20	0,00259	0,16	0,00214	0,12
0,00619	0,46	0,00716	0,33	0,00714	0,29
0,00781	0,53	0,00873	0,37	0,00793	0,31
0,01027	0,61	0,00954	0,39	0,00902	0,33
0,01180	0,64	0,01070	0,41	0,00975	0,35
0,01320	0,67	0,01277	0,45	0,01110	0,38

Tablo VII.11 pH=9,0'daki KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00028	0,09	0,00026	0,06	0,00030	0,04
0,00059	0,17	0,00074	0,15	0,00080	0,11
0,00138	0,34	0,00146	0,27	0,00158	0,20
0,00287	0,59	0,00317	0,47	0,00478	0,44
0,00474	0,79	0,00460	0,58	0,00612	0,52
0,00652	0,91	0,00556	0,71	0,00739	0,58
0,00776	0,99	0,00797	0,83	0,00924	0,65
0,01031	1,09	0,01068	0,91	0,01037	0,70

Tablo VII.12 pH=10,5'deki KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL.)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL.)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL.)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00015	0,01	0,00016	0,07	0,00019	0,05
0,00031	0,19	0,00036	0,14	0,00042	0,11
0,00065	0,36	0,00088	0,29	0,00094	0,21
0,00190	0,74	0,00252	0,57	0,00307	0,50
0,00318	0,94	0,00328	0,64	0,00433	0,59
0,00430	1,07	0,00442	0,72	0,00694	0,72
0,00697	1,22	0,00686	0,83	0,00854	0,76
0,01117	1,39	0,01163	0,93	0,00988	0,79

Tablo VII.13 pH=6,8'deki KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL.)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL.)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL.)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00052	0,08	0,00080	0,05	0,00041	0,02
0,00308	0,37	0,00163	0,11	0,00302	0,13
0,00423	0,46	0,00272	0,16	0,00605	0,23
0,01070	0,74	0,01086	0,43	0,01240	0,36
0,01210	0,78	0,01357	0,48	0,01570	0,41
0,01420	0,83	0,01585	0,52	0,01650	0,42
0,01690	0,87	0,01908	0,56	0,01860	0,44
0,02050	0,92	0,02143	0,58	0,02170	0,47

Tablo VII.14 pH=9,0'daki KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL.)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL.)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL.)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00031	0,10	0,00027	0,06	0,00033	0,05
0,00062	0,20	0,00070	0,14	0,00079	0,12
0,00117	0,33	0,00157	0,28	0,00183	0,25
0,00280	0,70	0,00340	0,49	0,00551	0,48
0,00476	0,87	0,00496	0,63	0,00651	0,46
0,00702	1,01	0,00628	0,80	0,00728	0,68
0,00878	1,10	0,00906	0,97	0,00828	0,74
0,01171	1,23	0,01300	1,10	0,00930	0,78

Tablo VII.15 pH=10,5'deki KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00016	0,12	0,00016	0,08	0,00021	0,05
0,00037	0,25	0,00044	0,19	0,00064	0,16
0,00062	0,38	0,00068	0,28	0,00106	0,25
0,00143	0,69	0,00220	0,57	0,00287	0,52
0,00328	1,02	0,00299	0,66	0,00366	0,61
0,00496	1,19	0,00372	0,75	0,00496	0,73
0,00726	1,34	0,00539	0,85	0,00724	0,84
0,01263	1,47	0,00871	1,00	0,00937	0,94

Tablo VII.16 pH=6,8'deki MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00062	0,03	0,00074	0,03	0,00080	0,03
0,00166	0,08	0,00195	0,08	0,00158	0,06
0,00253	0,12	0,00272	0,11	0,00251	0,09
0,00596	0,24	0,00694	0,24	0,00563	0,18
0,00864	0,32	0,00858	0,28	0,00761	0,23
0,00965	0,33	0,01040	0,32	0,00918	0,27
0,01017	0,34	0,01280	0,37	0,01096	0,31
0,01029	0,35	0,01320	0,37	0,01160	0,32

Tablo VII.17 pH=9,0'deki MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00077	0,06	0,00062	0,04	0,00043	0,02
0,00143	0,15	0,00126	0,09	0,00119	0,06
0,00238	0,24	0,00223	0,14	0,00225	0,11
0,00617	0,40	0,00547	0,30	0,00789	0,32
0,00779	0,46	0,00727	0,37	0,00858	0,34
0,00902	0,48	0,00793	0,41	0,00911	0,36
0,00998	0,51	0,00907	0,45	0,01013	0,39
0,01054	0,53	0,01006	0,46	0,01122	0,41

Tablo VII.18 pH=10,5'deki MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00050	0,06	0,00044	0,04	0,00042	0,03
0,00118	0,14	0,00105	0,08	0,00089	0,06
0,00194	0,22	0,00252	0,18	0,00143	0,09
0,00497	0,44	0,00508	0,31	0,00303	0,18
0,00624	0,52	0,00668	0,37	0,00556	0,29
0,00833	0,61	0,00771	0,43	0,00852	0,39
0,01010	0,66	0,00945	0,48	0,00961	0,42
0,01150	0,71	0,01067	0,50	0,01105	0,46

Tablo VII.19 pH=6,8'deki MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00089	0,05	0,00064	0,03	0,00045	0,02
0,00183	0,09	0,00149	0,07	0,00119	0,05
0,00333	0,16	0,00306	0,13	0,00274	0,10
0,00668	0,29	0,00824	0,30	0,00588	0,21
0,00855	0,34	0,00966	0,34	0,00781	0,26
0,01051	0,39	0,01110	0,37	0,00868	0,29
0,01138	0,41	0,01124	0,38	0,00903	0,30
0,01225	0,44	0,01190	0,39	0,00975	0,32

Tablo VII.20 pH=9,0'daki MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00032	0,05	0,00017	0,02	0,00016	0,01
0,00065	0,09	0,00064	0,07	0,00064	0,05
0,00193	0,25	0,00164	0,16	0,00167	0,13
0,00480	0,48	0,00464	0,37	0,00481	0,30
0,00636	0,57	0,00658	0,47	0,00752	0,42
0,00720	0,61	0,00735	0,50	0,00828	0,45
0,00883	0,68	0,00884	0,56	0,00990	0,51
0,01017	0,73	0,01030	0,61	0,01059	0,53

Tablo VII.21 pH=10,5'deki MS İkilili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00027	0,06	0,00022	0,04	0,00021	0,02
0,00063	0,13	0,00063	0,10	0,00070	0,07
0,00144	0,26	0,00134	0,19	0,00156	0,15
0,00246	0,48	0,00382	0,41	0,00464	0,34
0,00518	0,59	0,00645	0,54	0,00761	0,46
0,00745	0,70	0,00680	0,56	0,00766	0,47
0,00900	0,75	0,00760	0,60	0,00898	0,51
0,01000	0,79	0,00885	0,65	0,00921	0,53

Tablo VII.22 pH=6,8'deki SK İkilili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00058	0,02	0,00020	0,01	0,00031	0,01
0,00183	0,07	0,00137	0,04	0,00135	0,03
0,00342	0,12	0,00423	0,11	0,00332	0,07
0,00743	0,22	0,00810	0,19	0,00810	0,15
0,00870	0,25	0,01072	0,24	0,00946	0,18
0,00960	0,27	0,01105	0,24	0,01070	0,19
0,01048	0,28	0,01167	0,25	0,01140	0,20
0,01118	0,29	0,01186	0,26	0,01230	0,21

Tablo VII.23 pH=9,0'daki SK İkilili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00085	0,05	0,00076	0,04	0,00051	0,02
0,00184	0,11	0,00214	0,10	0,00273	0,08
0,00641	0,32	0,00398	0,17	0,00459	0,12
0,01028	0,44	0,00763	0,29	0,01061	0,24
0,01240	0,50	0,01055	0,37	0,01201	0,27
0,01534	0,57	0,01315	0,43	0,01309	0,28
0,01781	0,61	0,01492	0,46	0,01460	0,31
0,01840	0,62	0,01643	0,49	0,01560	0,32

Tablo VII.24 pH=10,5'deki SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00058	0,05	0,00028	0,02	0,00013	0,01
0,00188	0,14	0,00215	0,11	0,00093	0,04
0,00328	0,23	0,00444	0,21	0,00312	0,11
0,00769	0,45	0,00881	0,36	0,00855	0,26
0,01044	0,55	0,01123	0,42	0,01052	0,30
0,01295	0,63	0,01371	0,48	0,01229	0,34
0,01438	0,67	0,01758	0,55	0,01314	0,36
0,01651	0,72	0,01852	0,56	0,01401	0,37

Tablo VII.25 pH=6,8'deki SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00029	0,02	0,00035	0,02	0,00018	0,01
0,00051	0,03	0,00054	0,03	0,00064	0,02
0,00155	0,08	0,00186	0,08	0,00121	0,04
0,00293	0,13	0,00317	0,12	0,00482	0,12
0,00643	0,20	0,00735	0,19	0,00628	0,14
0,01004	0,23	0,00823	0,20	0,00917	0,14
0,01143	0,25	0,01140	0,23	0,01061	0,17
0,01217	0,26	0,01284	0,24	0,01115	0,18

Tablo VII.26 pH=9,0'daki SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00034	0,02	0,00029	0,01	0,00022	0,01
0,00091	0,06	0,00095	0,04	0,00117	0,04
0,00227	0,12	0,00246	0,10	0,00300	0,09
0,00582	0,26	0,00561	0,21	0,00553	0,15
0,00847	0,33	0,00864	0,29	0,00877	0,21
0,01064	0,38	0,01068	0,33	0,01061	0,24
0,01174	0,40	0,01260	0,37	0,01152	0,26
0,01384	0,44	0,01387	0,39	0,01332	0,29

Tablo VII.27 pH=10,5'deki SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00029	0,02	0,00041	0,02	0,00033	0,01
0,00118	0,09	0,00133	0,07	0,00124	0,05
0,00222	0,16	0,00278	0,13	0,00196	0,07
0,00568	0,33	0,00786	0,28	0,00672	0,21
0,00766	0,40	0,01025	0,33	0,00982	0,28
0,01050	0,48	0,01095	0,36	0,01160	0,31
0,01340	0,55	0,01208	0,38	0,01220	0,31
0,01580	0,59	0,01283	0,39	0,01287	0,33

Tablo VII.28 pH=6,8'deki KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00065	0,07	0,00064	0,05	0,00073	0,04
0,00107	0,11	0,00109	0,08	0,00129	0,07
0,00152	0,15	0,00146	0,10	0,00193	0,10
0,00397	0,30	0,00297	0,18	0,00621	0,24
0,00597	0,38	0,00490	0,25	0,00865	0,29
0,00691	0,41	0,00655	0,29	0,01070	0,32
0,00856	0,45	0,01040	0,36	0,01270	0,35
0,00943	0,47	0,01330	0,40	0,01370	0,36

Tablo VII.29 pH=9,0'daki KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00018	0,08	0,00017	0,05	0,00015	0,02
0,00036	0,14	0,00044	0,12	0,00062	0,09
0,00077	0,27	0,00088	0,22	0,00149	0,20
0,00164	0,47	0,00345	0,58	0,00319	0,35
0,00280	0,65	0,00399	0,63	0,00396	0,40
0,00405	0,77	0,00472	0,69	0,00552	0,48
0,00593	0,90	0,00539	0,73	0,00618	0,51
0,00726	0,97	0,00589	0,76	0,00682	0,54

Tablo VII.30 pH=10,5'deki KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00011	0,06	0,00013	0,05	0,00010	0,02
0,00025	0,12	0,00039	0,13	0,00033	0,08
0,00110	0,42	0,00092	0,27	0,00114	0,23
0,00167	0,56	0,00243	0,53	0,00329	0,50
0,00289	0,76	0,00280	0,58	0,004203	0,58
0,00423	0,90	0,00330	0,69	0,00558	0,67
0,00604	1,02	0,00446	0,79	0,00634	0,72
0,00658	1,05	0,00571	0,84	0,00731	0,77

Tablo VII.31 pH=6,8'deki MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00044	0,05	0,00042	0,04	0,00035	0,03
0,00065	0,07	0,00058	0,06	0,00057	0,04
0,00084	0,09	0,00088	0,08	0,00099	0,06
0,00206	0,16	0,00260	0,16	0,00328	0,16
0,00267	0,19	0,00463	0,21	0,00512	0,18
0,00516	0,24	0,00630	0,23	0,00656	0,20
0,00846	0,28	0,00756	0,24	0,00723	0,21
0,00931	0,29	0,00908	0,25	0,00805	0,22

Tablo VII.32 pH=9,0'daki MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00030	0,04	0,00037	0,03	0,00043	0,03
0,00059	0,07	0,00073	0,06	0,00070	0,05
0,00118	0,13	0,00143	0,12	0,00143	0,10
0,00328	0,27	0,00442	0,27	0,00353	0,20
0,00478	0,33	0,00470	0,28	0,00447	0,24
0,00579	0,37	0,00563	0,31	0,00551	0,28
0,00697	0,40	0,00650	0,33	0,00614	0,30
0,00800	0,42	0,00770	0,37	0,00681	0,32

Tablo VII.33 pH=10,5'deki MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00015	0,03	0,00022	0,03	0,00028	0,02
0,00042	0,07	0,00050	0,06	0,00063	0,05
0,00109	0,16	0,00125	0,13	0,00116	0,09
0,00251	0,30	0,00288	0,25	0,00292	0,20
0,00367	0,37	0,00400	0,30	0,00384	0,25
0,00535	0,45	0,00431	0,32	0,00483	0,29
0,00637	0,48	0,00506	0,36	0,00532	0,31
0,00722	0,51	0,00640	0,40	0,00551	0,32

Tablo VII.34 pH=6,8'deki SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00021	0,01	0,000187	0,01	0,000179	0,01
0,00047	0,03	0,000602	0,03	0,000846	0,02
0,00152	0,07	0,001579	0,06	0,002095	0,05
0,00516	0,18	0,005818	0,16	0,005841	0,13
0,00632	0,20	0,007233	0,18	0,007059	0,14
0,00715	0,21	0,008312	0,20	0,00755	0,15
0,00792	0,23	0,008641	0,20	0,008402	0,16
0,00913	0,24	0,009591	0,21	0,008586	0,17

Tablo VII.35 pH=9,0'daki SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00030	0,02	0,00066	0,04	0,00038	0,02
0,00087	0,06	0,00152	0,08	0,00067	0,03
0,00191	0,12	0,00348	0,16	0,00206	0,08
0,00370	0,19	0,00665	0,24	0,00529	0,17
0,00612	0,26	0,00737	0,26	0,00760	0,23
0,00722	0,28	0,00868	0,28	0,00900	0,25
0,00905	0,31	0,00990	0,30	0,00943	0,26
0,01111	0,34	0,01100	0,32	0,01026	0,27

Tablo VII.36 pH=10,5'deki SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri

343 (K)		353 (K)		363 (K)	
Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)	Cd (g/100 mL)	Ca (g/100 g elyaf)
0,00028	0,03	0,00047	0,03	0,00042	0,02
0,00092	0,09	0,00107	0,07	0,00093	0,05
0,00243	0,18	0,00228	0,13	0,00333	0,13
0,00447	0,25	0,00608	0,24	0,00556	0,20
0,00685	0,29	0,00754	0,27	0,00724	0,23
0,00808	0,31	0,00785	0,28	0,00952	0,26
0,01012	0,33	0,00873	0,30	0,01111	0,28
0,01139	0,34	0,00984	0,31	0,01176	0,29

Tablo VII.37 Kırmızı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	V _m	b	V _m	b	V _m	b
6,8	1,8	187,56	1,6	168,05	1,5	113,82
9,0	2,3	364,54	2,0	208,97	2,0	132,52
10,5	2,4	1628,7	2,0	773,58	2,0	321,75

Tablo VII.38 Mavi Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	V _m	b	V _m	b	V _m	b
6,8	1,5	68,3	1,6	45,5	1,5	40,0
9,0	2,0	89,0	2,0	60,1	1,8	48,0
10,5	2,0	95,3	2,0	65,5	2,0	50,8

Tablo VII.39 Sarı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	Vm	b	Vm	b	Vm	b
6,8	1,4	34,0	1,3	30,4	1,2	26,8
9,0	1,4	68,6	1,4	48,8	1,2	40,4
10,5	2,0	71,2	2,0	52,5	2,0	40,5

Tablo VII.40 KS İkilili Karışımdaki Kırmızı Boyanın İkilili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	Vm	b	Vm	b	Vm	b
6,8	1,1	109,9	1,0	93,1	1,0	79,6
9,0	1,5	196,0	1,0	170,6	1,0	125,0
10,5	1,6	432,9	1,1	396,0	1,1	249,6

Tablo VII.41 KM İkilili Karışımdaki Kırmızı Boyanın İkilili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	Vm	b	Vm	b	Vm	b
6,8	1,3	135,6	1,0	76,3	1,0	61,4
9,0	1,7	210,9	1,6	131,6	1,7	92,1
10,5	1,7	463,5	1,4	417,1	1,5	178,6

Tablo VII.42 MK İkili Karışımdaki Mavi Boyanın İkili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	Vm	b	Vm	b	Vm	b
6,8	1,0	55,5	1,0	48,8	1,2	32,8
9,0	1,3	65,6	1,3	58,2	1,4	36,7
10,5	1,3	101,7	1,1	74,3	1,2	56,0

Tablo VII.43 MS İkili Karışımdaki Mavi Boyanın İkili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	Vm	b	Vm	b	Vm	b
6,8	1,3	43,8	1,4	33,8	1,4	26,4
9,0	1,4	115,6	1,3	86,5	1,3	63,1
10,5	1,2	201,6	1,1	154,6	1,1	104,7

Tablo VII.44 SK İkili Karışımdaki Sarı Boyanın İkili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	Vm	b	Vm	b	Vm	b
6,8	0,9	41,65	0,9	36,9	0,9	25,3
9,0	1,3	50,6	1,3	38,1	1,1	28,4
10,5	1,5	57,6	1,3	47,2	1,2	32,6

Tablo VII.45 SM İkili Karışımdaki Sarı Boyanın İki Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	V _m	b	V _m	b	V _m	b
6,8	0,4	191,6	0,4	163,4	0,3	137,4
9,0	1,0	63,9	1,0	46,1	1,0	37,7
10,5	1,1	78,3	1,0	60,1	1,0	44,5

Tablo VII.46 KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyanın Üç Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	V _m	b	V _m	b	V _m	b
6,8	1,0	153,7	1,0	132,2	1,0	97,2
9,0	1,4	312,6	1,4	222,8	1,0	161,5
10,5	1,5	355,3	1,4	286,9	1,4	178,8

Tablo VII.47 MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyanın Üç Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	V _m	b	V _m	b	V _m	b
6,8	0,4	378,6	0,3	365,3	0,3	236,2
9,0	0,7	198,6	0,7	130,0	0,8	82,7
10,5	0,8	232,0	0,7	187,0	0,9	95,9

Tablo VII.48 SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyanın Üçlü Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri

pH	343 K		353 K		363 K	
	V _m	b	V _m	b	V _m	b
6,8	0,4	135,8	0,4	102,8	0,5	55,4
9,0	0,6	148,8	0,6	109,8	0,7	61,7
10,5	0,5	265,4	0,5	161,5	0,5	103,2

Tablo VII.49 Kırmızı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin ka Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
ka _(343 K) (g/100 mL·dk)	ka _(353 K) (g/100 mL·dk)	ka _(363 K) (g/100 mL·dk)	ka _(343 K) (g/100 mL·dk)	ka _(353 K) (g/100 mL·dk)	ka _(363 K) (g/100 mL·dk)	ka _(343 K) (g/100 mL·dk)	ka _(353 K) (g/100 mL·dk)	ka _(363 K) (g/100 mL·dk)
3,6x10 ⁻¹	3,3 x10 ⁻¹	2,3 x10 ⁻¹	8,2 x10 ⁻¹	3,9 x10 ⁻¹	4,2 x10 ⁻¹	9,3 x10 ⁻¹	4,8 x10 ⁻¹	4,8 x10 ⁻¹
3,2 x10 ⁻¹	2,7 x10 ⁻¹	2,2 x10 ⁻¹	7,1 x10 ⁻¹	3,5 x10 ⁻¹	3,7 x10 ⁻¹	8,9 x10 ⁻¹	3,7 x10 ⁻¹	4,3 x10 ⁻¹
2,9 x10 ⁻¹	2,4 x10 ⁻¹	2,0 x10 ⁻¹	5,6 x10 ⁻¹	3,2 x10 ⁻¹	3,0 x10 ⁻¹	6,9 x10 ⁻¹	3,5 x10 ⁻¹	3,8 x10 ⁻¹
2,0 x10 ⁻¹	2,2 x10 ⁻¹	1,7 x10 ⁻¹	3,7 x10 ⁻¹	2,3 x10 ⁻¹	2,5 x10 ⁻¹	5,1 x10 ⁻¹	2,8 x10 ⁻¹	2,9 x10 ⁻¹
1,6 x10 ⁻¹	1,7 x10 ⁻¹	1,0 x10 ⁻¹	3,1 x10 ⁻¹	2,0 x10 ⁻¹	2,2 x10 ⁻¹	4,9 x10 ⁻¹	2,6 x10 ⁻¹	2,7 x10 ⁻¹
1,1 x10 ⁻¹	9,4 x10 ⁻²	9,1 x10 ⁻²	2,5 x10 ⁻¹	1,8x10 ⁻¹	1,7 x10 ⁻¹	3,7 x10 ⁻¹	2,4 x10 ⁻¹	2,5 x10 ⁻¹
9,8 x10 ⁻²	8,8 x10 ⁻²	8,1 x10 ⁻²	2,3 x10 ⁻¹	1,6 x10 ⁻¹	1,5 x10 ⁻¹	3,4 x10 ⁻¹	1,9 x10 ⁻¹	2,0 x10 ⁻¹
9,5 x10 ⁻²	8,2 x10 ⁻²	7,6 x10 ⁻²	2,2 x10 ⁻¹	1,4 x10 ⁻¹	1,2 x10 ⁻¹	2,9 x10 ⁻¹	1,7 x10 ⁻¹	1,7 x10 ⁻¹

Tablo VII.50 Mavi Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin k_a Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)
$5,4 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-1}$	$6,2 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-1}$	$7,7 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$
$5,2 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-1}$	$5,8 \times 10^{-2}$	$5,3 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-1}$	$7,3 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$
$4,5 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-1}$	$5,9 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$
$4,0 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$6,2 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-1}$	$5,4 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$
$3,8 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$5,3 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-2}$
$3,2 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$6,8 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$
$2,8 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-2}$	$6,2 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$
$2,2 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-2}$

Tablo VII.51 Sarı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin k_a Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)
$5,7 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$	$8,4 \times 10^{-2}$	$6,7 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-2}$	$8,9 \times 10^{-2}$	$7,1 \times 10^{-2}$	$6,2 \times 10^{-2}$
$5,5 \times 10^{-2}$	$5,3 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$8,0 \times 10^{-2}$	$6,2 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10^{-2}$	$8,5 \times 10^{-2}$	$6,8 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-2}$
$5,0 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$7,6 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-2}$	$6,4 \times 10^{-2}$	$5,3 \times 10^{-2}$
$4,4 \times 10^{-2}$	$4,1 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$7,2 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$
$4,0 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$6,9 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-2}$
$3,8 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$6,3 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$
$2,9 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$
$1,7 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-2}$

Tablo VII.52 KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin k_a Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)
$7,2 \times 10^{-2}$	$6,8 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-1}$	$8,2 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-1}$	$2,6 \times 10^{-1}$	$9,8 \times 10^{-2}$
$6,7 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-1}$	$9,5 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-1}$	$2,1 \times 10^{-1}$	$9,2 \times 10^{-2}$
$6,2 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$8,7 \times 10^{-2}$	$7,9 \times 10^{-2}$	$6,5 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-1}$	$9,2 \times 10^{-2}$	$7,3 \times 10^{-2}$
$5,2 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$8,2 \times 10^{-2}$	$7,3 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-2}$	$6,7 \times 10^{-2}$
$3,7 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-2}$	$6,5 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-1}$	$8,2 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$
$2,3 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$6,3 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-1}$	$7,8 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-2}$
$2,1 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$8,8 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-1}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$
$2,0 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-3}$	$5,9 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-1}$	$6,5 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$

Tablo VII.53 KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin k_a Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)
$8,1 \times 10^{-2}$	$6,2 \times 10^{-2}$	$4,1 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-1}$	$1,6 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-2}$	$5,6 \times 10^{-1}$	$2,9 \times 10^{-1}$	$1,4 \times 10^{-1}$
$7,5 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1}$	$8,4 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-1}$	$2,3 \times 10^{-1}$	$9,8 \times 10^{-2}$
$6,8 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-1}$	$9,2 \times 10^{-2}$	$7,9 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-1}$	$1,5 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-2}$
$6,2 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-1}$	$8,2 \times 10^{-2}$	$6,4 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-1}$	$9,7 \times 10^{-2}$	$8,2 \times 10^{-2}$
$4,8 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$9,7 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-1}$	$8,5 \times 10^{-2}$	$6,7 \times 10^{-2}$
$3,7 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$9,2 \times 10^{-2}$	$6,6 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-1}$	$8,0 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$
$3,1 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$8,8 \times 10^{-2}$	$6,2 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-1}$	$7,7 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-2}$
$2,8 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$9,8 \times 10^{-3}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-1}$	$7,1 \times 10^{-2}$	$5,6 \times 10^{-2}$

Tablo VII.54 MS İkilili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
ka _(343 K) (g/100 mL·dk)	ka _(353 K) (g/100 mL·dk)	ka _(363 K) (g/100 mL·dk)	ka _(343 K) (g/100 mL·dk)	ka _(353 K) (g/100 mL·dk)	ka _(363 K) (g/100 mL·dk)	ka _(343 K) (g/100 mL·dk)	ka _(353 K) (g/100 mL·dk)	ka _(363 K) (g/100 mL·dk)
4,9 x10 ⁻²	4,7 x10 ⁻²	4,5 x10 ⁻²	1,1 x10 ⁻¹	6,0 x10 ⁻²	5,8 x10 ⁻²	1,2 x10 ⁻¹	6,1 x10 ⁻²	5,9 x10 ⁻²
4,7 x10 ⁻²	4,5 x10 ⁻²	4,3 x10 ⁻²	9,6 x10 ⁻²	5,6 x10 ⁻²	5,4 x10 ⁻²	9,8 x10 ⁻²	5,7 x10 ⁻²	5,5 x10 ⁻²
3,9 x10 ⁻²	3,7 x10 ⁻²	3,5 x10 ⁻²	8,7 x10 ⁻²	5,0 x10 ⁻²	4,8 x10 ⁻²	9,2 x10 ⁻²	5,1 x10 ⁻²	4,9 x10 ⁻²
3,5 x10 ⁻²	3,3 x10 ⁻²	3,1 x10 ⁻²	5,4 x10 ⁻²	4,5 x10 ⁻²	4,3 x10 ⁻²	5,8 x10 ⁻²	4,7 x10 ⁻²	4,4 x10 ⁻²
3,2 x10 ⁻²	3,0 x10 ⁻²	2,9 x10 ⁻²	4,9 x10 ⁻²	4,2 x10 ⁻²	4,0 x10 ⁻²	5,0 x10 ⁻²	4,3 x10 ⁻²	4,1 x10 ⁻²
2,7 x10 ⁻²	2,5 x10 ⁻²	2,4 x10 ⁻²	4,5 x10 ⁻²	3,8 x10 ⁻²	3,6 x10 ⁻²	4,7 x10 ⁻²	3,9 x10 ⁻²	3,7 x10 ⁻²
2,2 x10 ⁻²	2,0 x10 ⁻²	1,8 x10 ⁻²	3,9 x10 ⁻²	3,4 x10 ⁻²	3,2 x10 ⁻²	4,4 x10 ⁻²	3,5 x10 ⁻²	3,3 x10 ⁻²
1,7 x10 ⁻²	1,5 x10 ⁻²	1,3 x10 ⁻²	3,6 x10 ⁻²	3,0 x10 ⁻²	2,7 x10 ⁻²	3,9 x10 ⁻²	3,1 x10 ⁻²	2,9 x10 ⁻²

Tablo VII.55 MK İkilili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
ka _(343 K) (g/100 mL·dk)	ka _(353 K) (g/100 mL·dk)	ka _(363 K) (g/100 mL·dk)	ka _(343 K) (g/100 mL·dk)	ka _(353 K) (g/100 mL·dk)	ka _(363 K) (g/100 mL·dk)	ka _(343 K) (g/100 mL·dk)	ka _(353 K) (g/100 mL·dk)	ka _(363 K) (g/100 mL·dk)
4,6 x10 ⁻²	4,5 x10 ⁻²	4,4 x10 ⁻²	5,1 x10 ⁻²	4,9 x10 ⁻²	4,7 x10 ⁻²	9,8 x10 ⁻²	5,0 x10 ⁻²	4,8 x10 ⁻²
4,4 x10 ⁻²	4,3 x10 ⁻²	4,2 x10 ⁻²	4,9 x10 ⁻²	4,7 x10 ⁻²	4,5 x10 ⁻²	9,1 x10 ⁻²	4,8 x10 ⁻²	4,6 x10 ⁻²
3,6 x10 ⁻²	3,5 x10 ⁻²	3,4 x10 ⁻²	4,1 x10 ⁻²	3,9 x10 ⁻²	3,7 x10 ⁻²	8,5 x10 ⁻²	4,0 x10 ⁻²	3,8 x10 ⁻²
3,2 x10 ⁻²	3,1 x10 ⁻²	3,0 x10 ⁻²	3,7 x10 ⁻²	3,5 x10 ⁻²	3,3 x10 ⁻²	5,2 x10 ⁻²	3,6 x10 ⁻²	3,4 x10 ⁻²
3,0 x10 ⁻²	2,9 x10 ⁻²	2,7 x10 ⁻²	3,5 x10 ⁻²	3,3 x10 ⁻²	3,1 x10 ⁻²	4,7 x10 ⁻²	3,4 x10 ⁻²	3,2 x10 ⁻²
2,4 x10 ⁻²	2,3 x10 ⁻²	2,0 x10 ⁻²	2,9 x10 ⁻²	2,7 x10 ⁻²	2,5 x10 ⁻²	4,1 x10 ⁻²	2,8 x10 ⁻²	2,6 x10 ⁻²
2,0 x10 ⁻²	1,9 x10 ⁻²	1,8 x10 ⁻²	2,5 x10 ⁻²	2,3 x10 ⁻²	2,1 x10 ⁻²	3,7 x10 ⁻²	2,4 x10 ⁻²	2,2 x10 ⁻²
1,4 x10 ⁻²	1,3 x10 ⁻²	1,2 x10 ⁻²	1,9 x10 ⁻²	1,7 x10 ⁻²	1,5 x10 ⁻²	3,3 x10 ⁻²	1,8 x10 ⁻²	1,6 x10 ⁻²

Tablo VII.56 SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin k_a Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)
$4,8 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$8,2 \times 10^{-2}$	$8,0 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-2}$	$8,3 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-2}$	$7,9 \times 10^{-2}$
$4,6 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-2}$	$7,8 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$7,2 \times 10^{-2}$	$7,9 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-2}$	$7,4 \times 10^{-2}$
$3,8 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$7,2 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$6,7 \times 10^{-2}$	$7,4 \times 10^{-2}$	$7,1 \times 10^{-2}$	$6,9 \times 10^{-2}$
$3,4 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$6,9 \times 10^{-2}$	$6,5 \times 10^{-2}$	$6,3 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$6,7 \times 10^{-2}$	$6,4 \times 10^{-2}$
$3,2 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$6,4 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-2}$	$6,8 \times 10^{-2}$	$6,2 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-2}$
$2,6 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-2}$	$5,3 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$
$2,1 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$
$1,6 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$

Tablo VII.57 SM İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin k_a Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_a_{(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)
$4,7 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$5,6 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$
$4,5 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$
$3,7 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$7,1 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$
$3,3 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$6,8 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$
$3,1 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$6,3 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$
$2,5 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$5,6 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$
$2,0 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$
$1,5 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$

Tablo VII.58 KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin k_a Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)
$7,0 \times 10^{-2}$	$6,5 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-1}$	$9,8 \times 10^{-2}$	$7,8 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1}$	$8,0 \times 10^{-2}$
$6,5 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-1}$	$9,1 \times 10^{-2}$	$7,3 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-1}$	$9,3 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$
$6,0 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$8,3 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$6,1 \times 10^{-2}$	$8,5 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-2}$	$6,3 \times 10^{-2}$
$5,0 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$7,8 \times 10^{-2}$	$6,9 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$8,0 \times 10^{-2}$	$7,1 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 10^{-2}$
$3,5 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$7,3 \times 10^{-2}$	$6,1 \times 10^{-2}$	$4,1 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$	$6,3 \times 10^{-2}$	$4,1 \times 10^{-2}$
$2,1 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$7,1 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$7,3 \times 10^{-2}$	$6,1 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-2}$
$1,9 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$8,6 \times 10^{-3}$	$5,8 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$
$1,7 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$

Tablo VII.59 MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin k_a Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)
$4,6 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$
$4,3 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-2}$
$3,5 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$
$3,1 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$
$2,8 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$
$2,3 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$
$1,8 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$
$1,3 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$

Tablo VII.60 SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin k_a Hız Sabitleri

pH=6,8			pH=9,0			pH=10,5		
$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(343\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(353\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)	$k_{a(363\text{ K})}$ (g/100 mL·dk)
$4,4 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$
$4,2 \times 10^{-2}$	$4,1 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$
$3,4 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$4,1 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$
$2,9 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$
$2,5 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$3,5 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$
$2,1 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$
$1,7 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$
$1,2 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$9,8 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$

Tablo VII.61 Kırmızı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin k_d Hız Sabitleri

pH	$k_{d(343\text{ K})}$ (dk ⁻¹)	$k_{d(353\text{ K})}$ (dk ⁻¹)	$k_{d(363\text{ K})}$ (dk ⁻¹)
6,8	$1,1 \times 10^{-1}$	$1,9 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1}$
9,0	$1,8 \times 10^{-1}$	$1,3 \times 10^{-1}$	$1,3 \times 10^{-1}$
10,5	$2,3 \times 10^{-1}$	$1,5 \times 10^{-1}$	$1,4 \times 10^{-1}$

Tablo VII.62 Mavi Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin k_d Hız Sabitleri

pH	$k_{d(343\text{ K})}$ (dk ⁻¹)	$k_{d(353\text{ K})}$ (dk ⁻¹)	$k_{d(363\text{ K})}$ (dk ⁻¹)
6,8	$2,6 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-2}$
9,0	$3,9 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$
10,5	$5,9 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-2}$

Tablo VII.63 Sarı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin k_d Hız Sabitleri

pH	$k_{d(343\text{ K})}$ (dk ⁻¹)	$k_{d(353\text{ K})}$ (dk ⁻¹)	$k_{d(363\text{ K})}$ (dk ⁻¹)
6,8	$3,0 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$
9,0	$4,7 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$
10,5	$4,8 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$

Tablo VII.64 KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri

pH	kd _(343 K) (dk ⁻¹)	kd _(353 K) (dk ⁻¹)	kd _(363 K) (dk ⁻¹)
6,8	3,9 x10 ⁻²	3,8 x10 ⁻²	1,9 x10 ⁻²
9,0	6,5 x10 ⁻²	5,7 x10 ⁻²	4,3 x10 ⁻²
10,5	1,6 x10 ⁻¹	1,0 x10 ⁻¹	6,2 x10 ⁻²

Tablo VII.65 KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri

pH	kd _(343 K) (dk ⁻¹)	kd _(353 K) (dk ⁻¹)	kd _(363 K) (dk ⁻¹)
6,8	4,3 x10 ⁻²	4,1 x10 ⁻²	2,7 x10 ⁻²
9,0	1,0 x10 ⁻¹	5,4 x10 ⁻²	3,8 x10 ⁻²
10,5	2,1 x10 ⁻¹	1,1 x10 ⁻¹	5,3 x10 ⁻²

Tablo VII.66 MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri

pH	kd _(343 K) (dk ⁻¹)	kd _(353 K) (dk ⁻¹)	kd _(363 K) (dk ⁻¹)
6,8	2,7 x10 ⁻²	2,3 x10 ⁻²	1,9 x10 ⁻²
9,0	4,8 x10 ⁻²	3,4 x10 ⁻²	3,2 x10 ⁻²
10,5	5,9 x10 ⁻²	4,1 x10 ⁻²	4,0 x10 ⁻²

Tablo VII.67 MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri

pH	kd _(343 K) (dk ⁻¹)	kd _(353 K) (dk ⁻¹)	kd _(363 K) (dk ⁻¹)
6,8	3,2 x10 ⁻²	3,1 x10 ⁻²	2,5 x10 ⁻²
9,0	2,8 x10 ⁻²	2,7 x10 ⁻²	2,2 x10 ⁻²
10,5	4,6 x10 ⁻²	3,1 x10 ⁻²	2,7 x10 ⁻²

Tablo VII.68 SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri

pH	kd _(343 K) (dk ⁻¹)	kd _(353 K) (dk ⁻¹)	kd _(363 K) (dk ⁻¹)
6,8	2,9 x10 ⁻³	3,0 x10 ⁻³	3,0 x10 ⁻³
9,0	4,9 x10 ⁻²	4,8 x10 ⁻²	5,6 x10 ⁻²
10,5	4,4 x10 ⁻²	4,7 x10 ⁻²	5,0 x10 ⁻²

Tablo VII.69 SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri

pH	$kd_{(343\text{ K})} (dk^{-1})$	$kd_{(353\text{ K})} (dk^{-1})$	$kd_{(363\text{ K})} (dk^{-1})$
6,8	$8,8 \times 10^{-2}$	$8,7 \times 10^{-2}$	$9,5 \times 10^{-2}$
9,0	$1,1 \times 10^{-1}$	$3,6 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$
10,5	$1,4 \times 10^{-1}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$

Tablo VII.70 KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri

pH	$kd_{(343\text{ K})} (dk^{-1})$	$kd_{(353\text{ K})} (dk^{-1})$	$kd_{(363\text{ K})} (dk^{-1})$
6,8	$3,7 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-3}$
9,0	$6,7 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-2}$
10,5	$6,6 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$

Tablo VII.71 MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri

pH	$kd_{(343\text{ K})} (dk^{-1})$	$kd_{(353\text{ K})} (dk^{-1})$	$kd_{(363\text{ K})} (dk^{-1})$
6,8	$2,6 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$
9,0	$3,1 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-3}$
10,5	$3,3 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$

Tablo VII.72 SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri

pH	$kd_{(343\text{ K})} (dk^{-1})$	$kd_{(353\text{ K})} (dk^{-1})$	$kd_{(363\text{ K})} (dk^{-1})$
6,8	$2,5 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$
9,0	$3,0 \times 10^{-3}$	$3,1 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-3}$
10,5	$3,2 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-3}$

Tablo VII.73 Kırmızı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	14,93	25,71	0,024	15,04	25,71	0,024	14,29	25,71	0,024
9,0	16,82	52,41	0,104	15,68	52,41	0,104	14,75	52,41	0,104
10,5	21,09	83,86	0,183	19,52	83,86	0,183	17,43	83,86	0,183

Tablo VII.74 Mavi Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	12,03	27,64	0,045	11,21	27,64	0,045	11,13	27,64	0,045
9,0	12,80	32,10	0,056	12,02	32,10	0,056	11,68	32,10	0,056
10,5	12,99	32,59	0,057	12,27	32,59	0,057	11,86	32,59	0,057

Tablo VII.75 Sarı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	10,06	12,34	0,007	10,02	12,34	0,007	9,92	12,34	0,007
9,0	12,06	27,49	0,045	11,41	27,49	0,045	11,16	27,49	0,045
10,5	12,16	29,19	0,050	11,62	29,19	0,050	11,17	29,19	0,050

Tablo VII.76 KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	13,40	16,67	0,010	13,31	16,67	0,010	13,21	16,67	0,010
9,0	15,05	23,20	0,024	15,08	23,20	0,024	14,57	23,20	0,024
10,5	17,31	28,25	0,033	17,56	28,25	0,033	16,66	28,25	0,033

Tablo VII.77 KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	14,00	41,21	0,079	12,72	41,21	0,079	12,42	41,21	0,079
9,0	15,26	42,56	0,081	14,32	42,56	0,081	13,65	42,56	0,081
10,5	17,51	48,98	0,093	17,71	48,98	0,093	15,65	48,98	0,093

Tablo VII.78 MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	11,45	26,99	0,048	11,41	26,99	0,048	10,54	26,99	0,048
9,0	11,93	29,90	0,051	11,93	29,90	0,051	10,87	29,90	0,051
10,5	13,18	30,84	0,052	12,64	30,84	0,052	12,15	30,84	0,052

Tablo VII.79 MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	10,78	26,17	0,045	10,33	26,17	0,045	9,88	26,17	0,045
9,0	13,55	31,28	0,052	13,09	31,28	0,052	12,51	31,28	0,052
10,5	15,13	33,85	0,055	14,79	33,85	0,055	14,04	33,85	0,055

Tablo VII.80 SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	11,63	25,76	0,044	10,51	25,76	0,044	9,74	25,76	0,044
9,0	11,13	27,22	0,046	10,68	27,22	0,046	10,10	27,22	0,046
10,5	11,56	29,40	0,047	11,31	29,40	0,047	10,52	29,40	0,047

Tablo VII.81 SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (k.J.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (k.J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	14,99	17,22	0,007	14,96	17,22	0,007	14,86	17,22	0,007
9,0	11,86	27,38	0,045	11,25	27,38	0,045	10,96	27,38	0,045
10,5	12,43	29,24	0,049	12,02	29,24	0,049	11,45	29,24	0,049

Tablo VII.82 KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (kJ.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (kJ.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (kJ.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	14,36	23,64	0,028	14,34	23,64	0,028	13,81	23,64	0,028
9,0	16,38	34,18	0,052	15,87	34,18	0,052	15,34	34,18	0,052
10,5	16,75	35,40	0,055	16,40	35,40	0,055	15,65	35,40	0,055

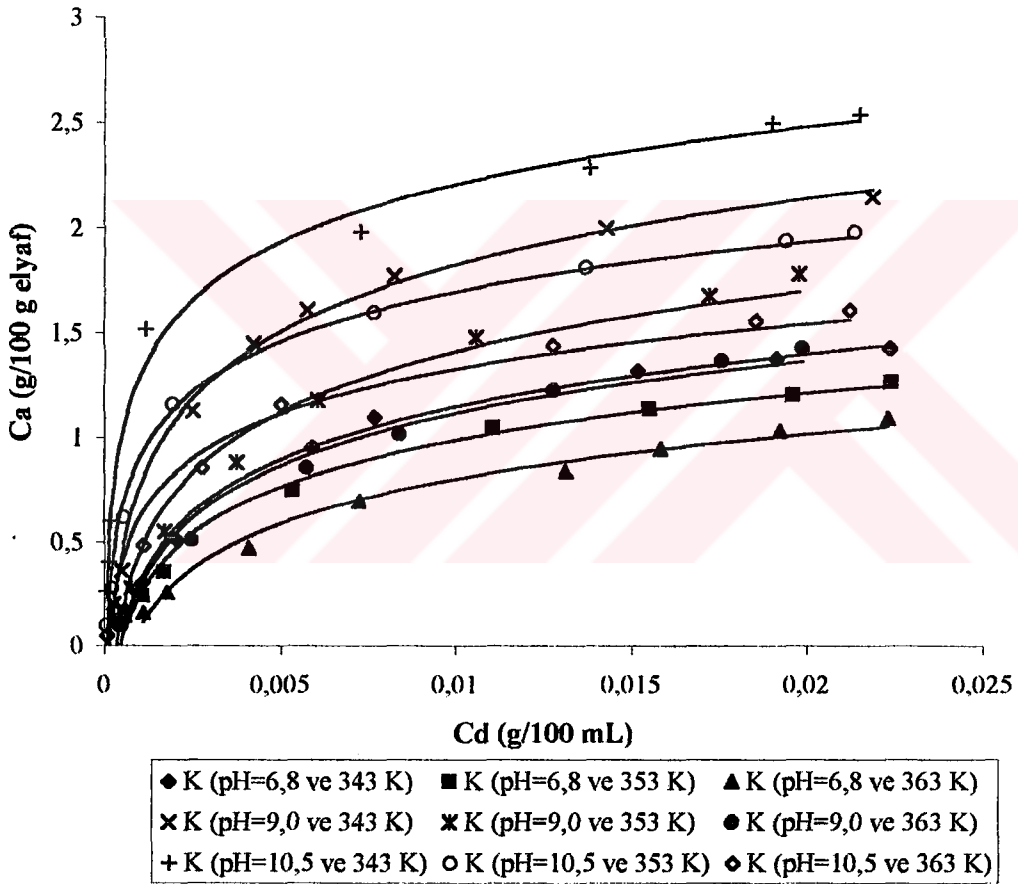
Tablo VII.83 MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri

pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (kJ.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (kJ.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (kJ.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	16,93	24,22	0,022	17,32	24,22	0,022	16,49	24,22	0,022
9,0	15,09	45,34	0,088	14,29	45,34	0,088	13,33	45,34	0,088
10,5	15,53	45,47	0,088	15,34	45,47	0,088	13,77	45,47	0,088

Tablo VII.84 SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri

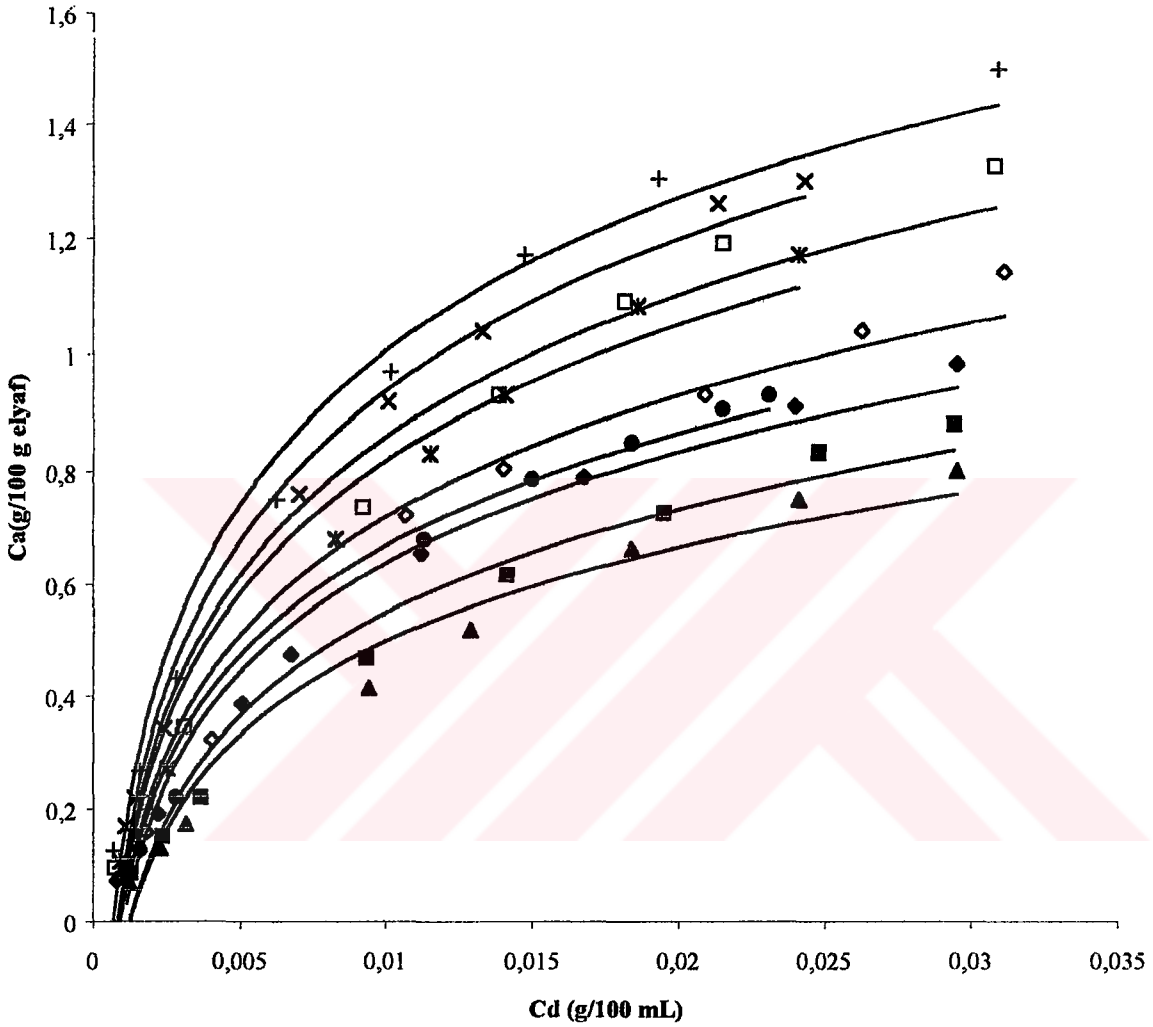
pH	343 K			353 K			363 K		
	$-\Delta G^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (kJ.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (kJ.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$-\Delta G^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	$-\Delta S^0$ (kJ.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
6,8	14,00	44,18	0,091	13,60	44,18	0,091	12,12	44,18	0,091
9,0	14,26	45,41	0,092	13,79	45,41	0,092	12,44	45,41	0,092
10,5	15,92	48,90	0,097	14,92	48,90	0,097	13,99	48,90	0,097

VII. 3. Adsorpsiyon İzotermeleri



Grafik VII.1 Kırmızı boyanın tekli boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermeleri

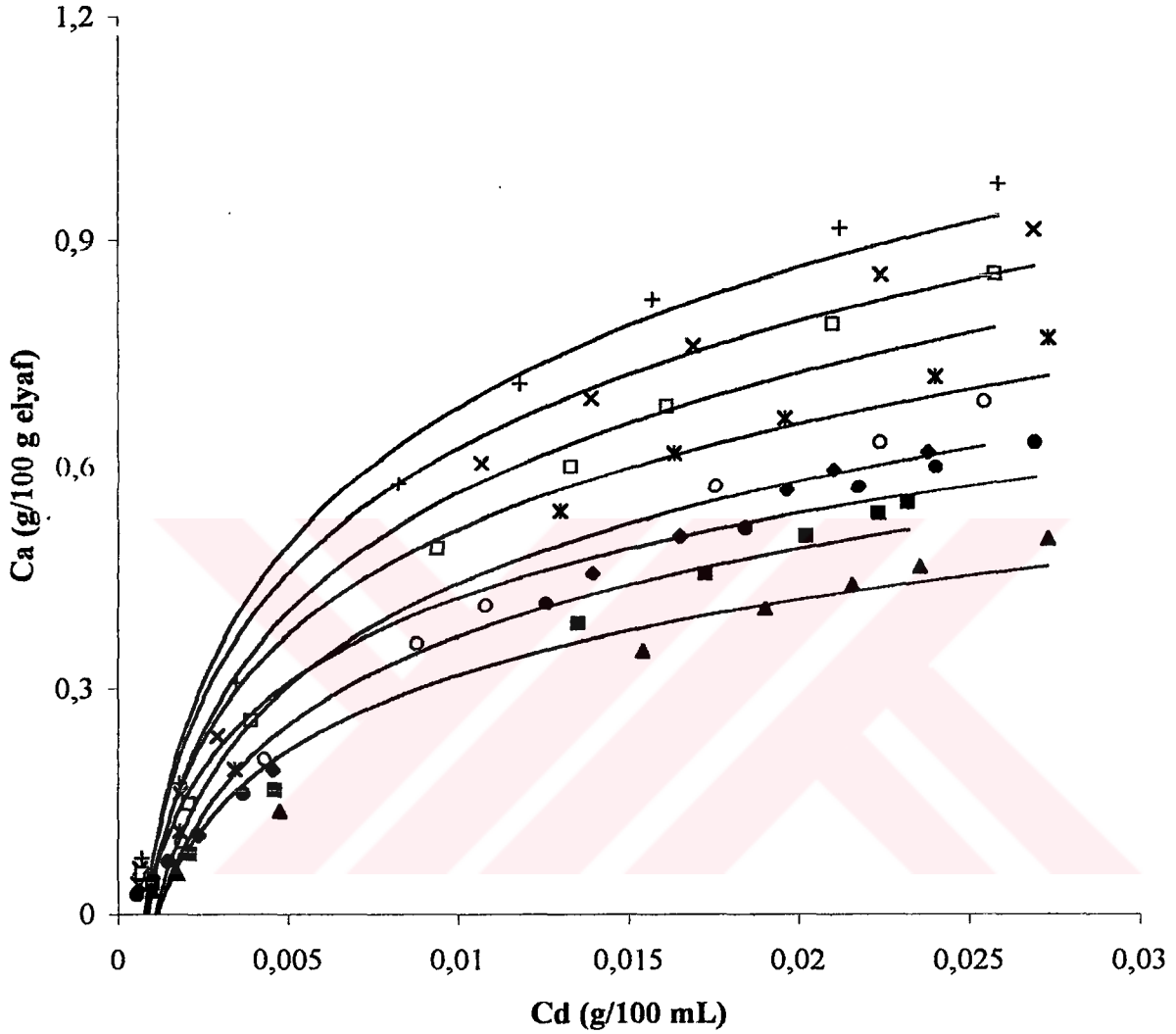
K (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,994$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,960$
 K (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,998$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,976$
 K (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,981$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,979$
 K (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,947$
 K (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,997$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,969$
 K (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,988$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,980$
 K (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,975$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,944$
 K (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,993$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,943$
 K (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,989$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,913$



◆ M (pH=6,8 ve 343 K)	■ M (pH=6,8 ve 353 K)	▲ M (pH=6,8 ve 363 K)
× M (pH=9,0 ve 343 K)	* M (pH=9,0 ve 353 K)	● M (pH=9,0 ve 363 K)
+ M (pH=10,5 ve 343 K)	□ M (pH=10,5 ve 353 K)	◇ M (pH=10,5 ve 363 K)

Grafik VII.2 Mavi boyanın tekli boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

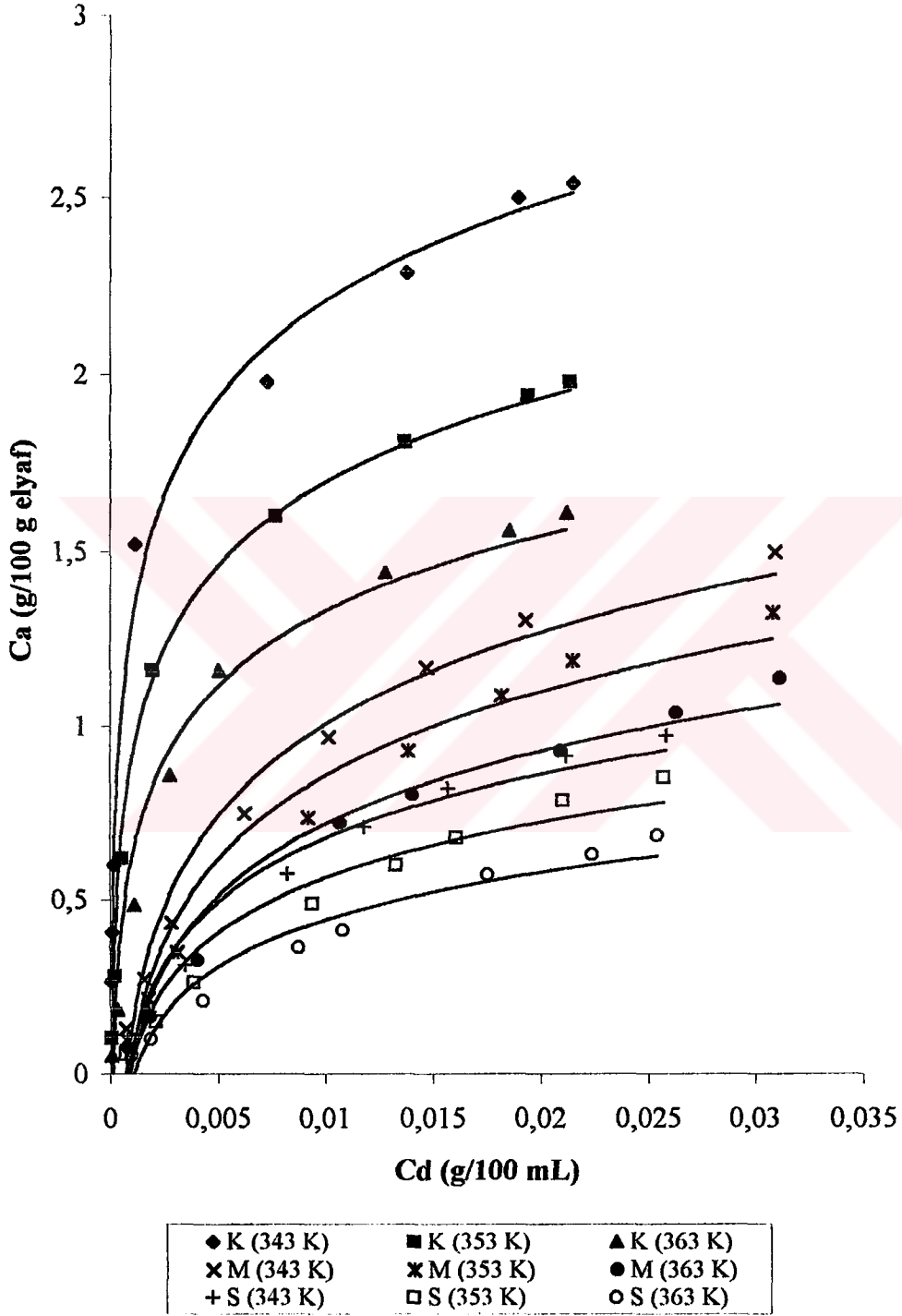
M (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,997$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,983$
M (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,998$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,991$
M (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,991$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,990$
M (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,997$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,983$
M (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,996$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,991$
M (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,978$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,996$
M (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,976$
M (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,996$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,987$
M (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,991$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,990$



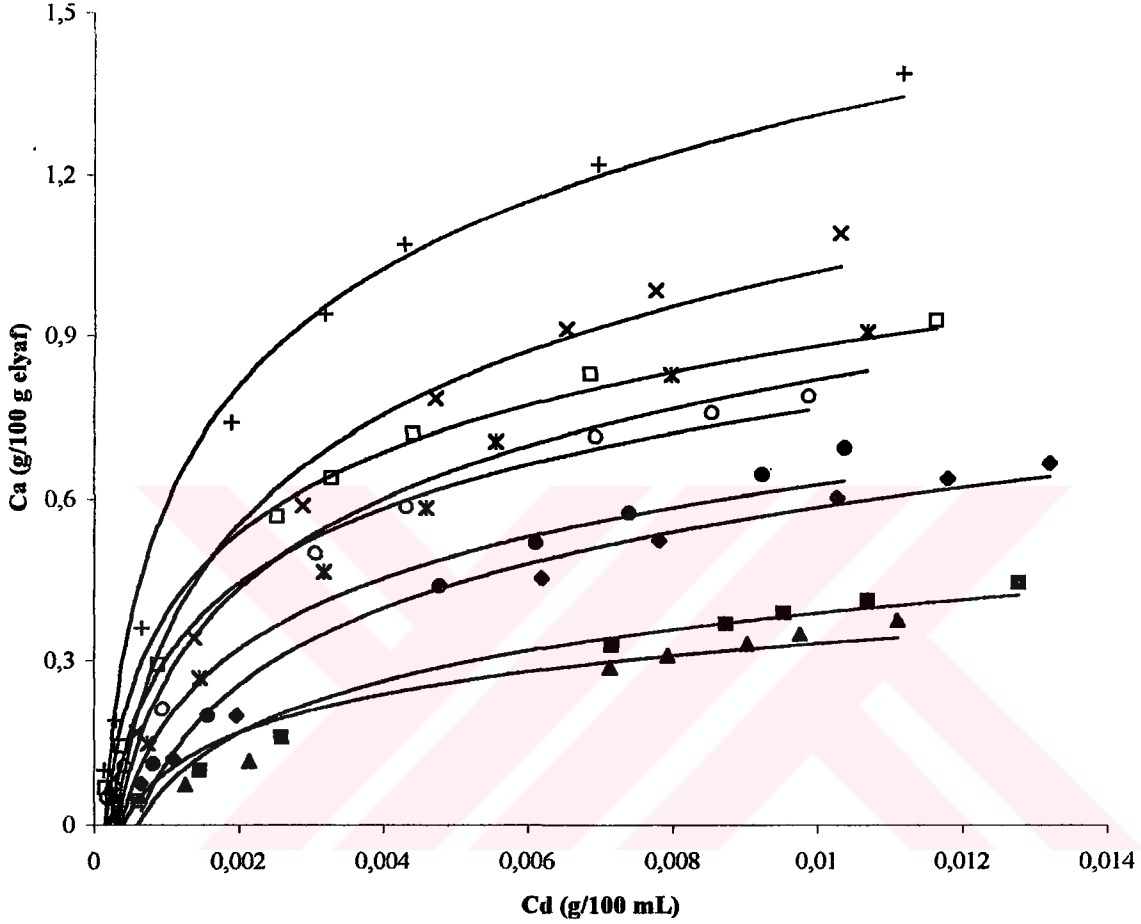
◆ S (pH=6,8 ve 343 K)	■ S (pH=6,8 ve 353 K)	▲ S (pH=6,8 ve 363 K)
× S (pH=9,0 ve 343 K)	✖ S (pH=9,0 ve 353 K)	● S (pH=9,0 ve 363 K)
+ S (pH=10,5 ve 343 K)	□ S (pH=10,5 ve 353 K)	○ S (pH=10,5 ve 363 K)

Grafik VII.3 Sarı boyanın tekli boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

S (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,997$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,996$
 S (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,997$
 S (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,998$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,997$
 S (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,987$
 S (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,995$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,992$
 S (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,998$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,994$
 S (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,996$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,983$
 S (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,997$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,991$
 S (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,994$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,992$



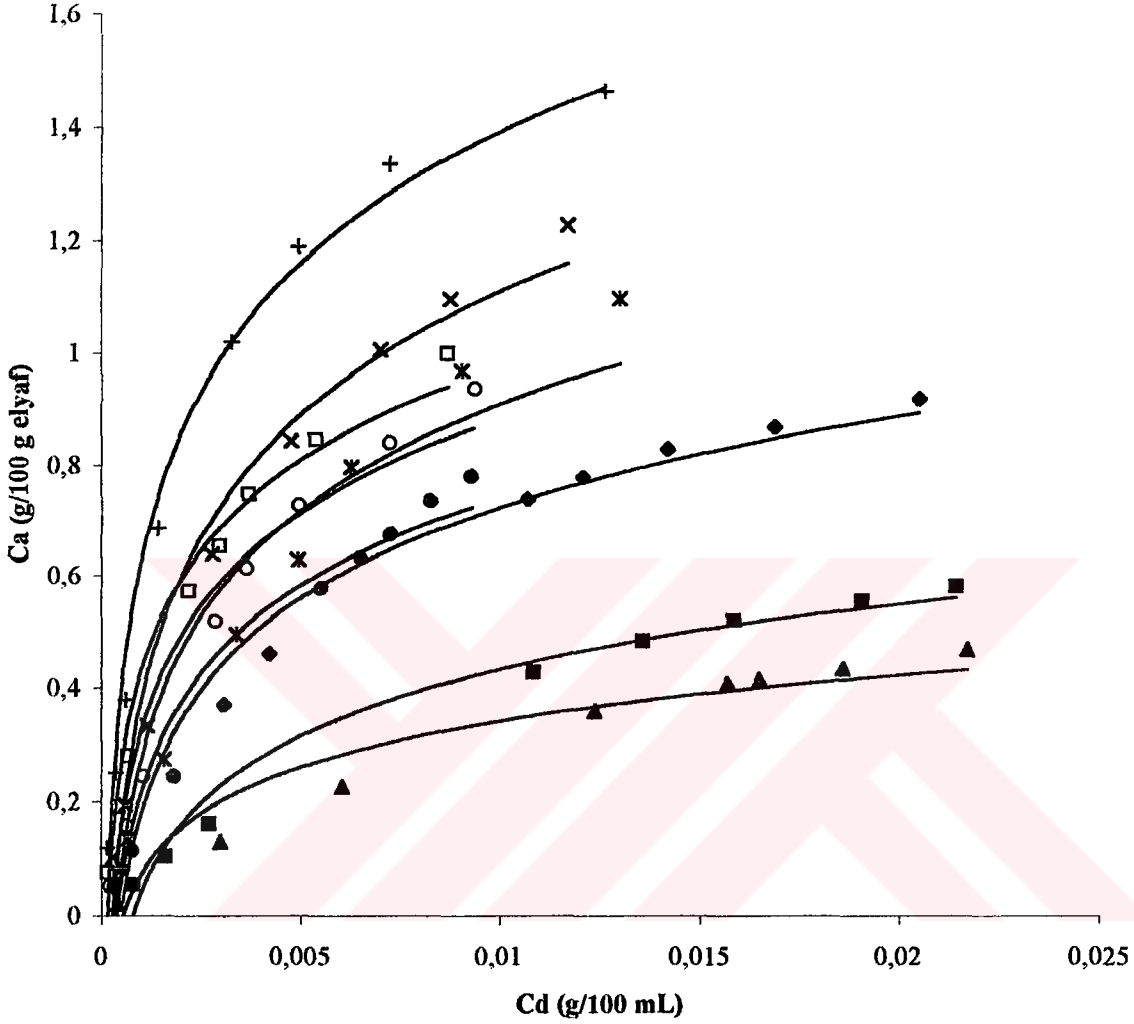
Grafik VII.4 pH=10,5'de tekli boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermeleri



◆ KS (pH=6,8 ve 343 K)	■ KS (pH=6,8 ve 353 K)	▲ KS (pH=6,8 ve 363 K)
× KS (pH=9,0 ve 343 K)	✱ KS (pH=9,0 ve 353 K)	● KS (pH=9,0 ve 363 K)
+ KS (pH=10,5 ve 343 K)	□ KS (pH=10,5 ve 353 K)	○ KS (pH=10,5 ve 363 K)

Grafik VII.5 Kırmızı boyanın KS'deki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

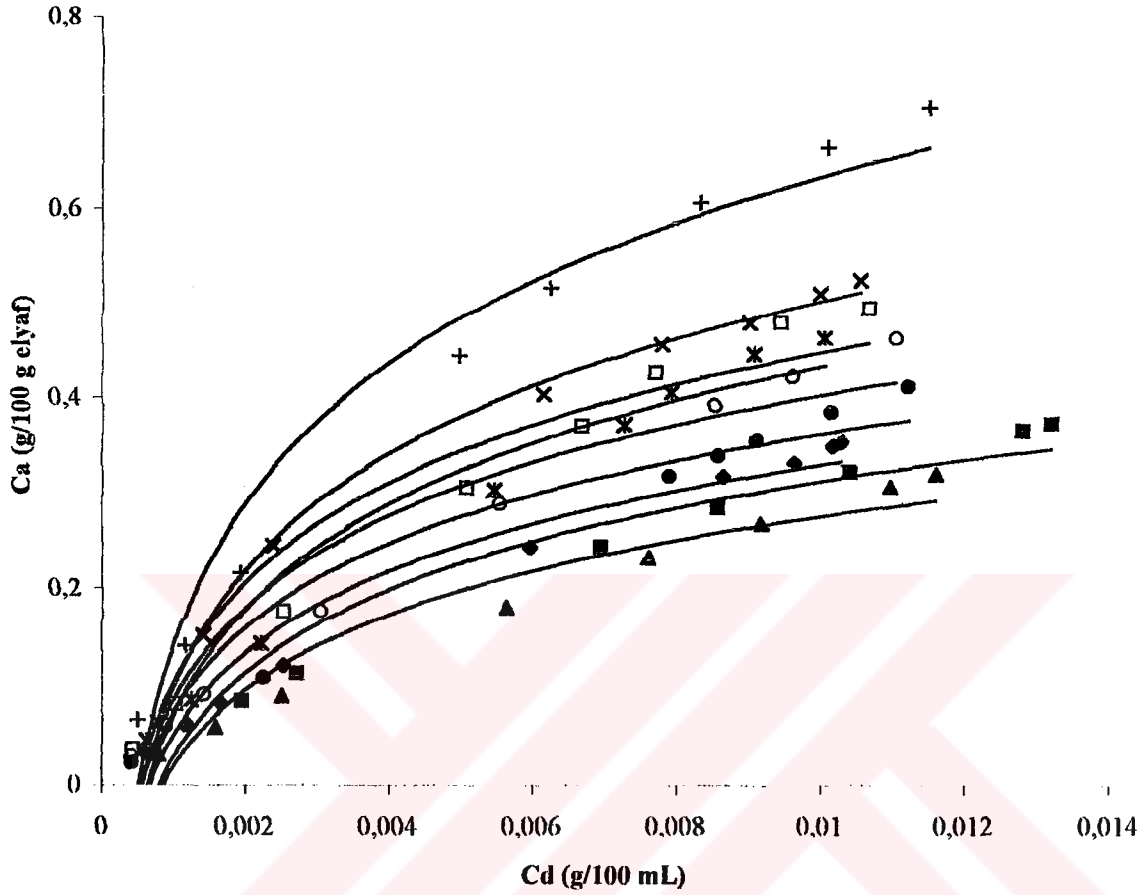
KS (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,994$
 KS (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,994$
 KS (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,995$
 KS (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,985$
 KS (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,989$
 KS (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,996$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,993$
 KS (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,998$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,968$
 KS (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,994$
 KS (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,998$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,982$



◆ KM (pH=6,8 ve 343 K)	■ KM (pH=6,8 ve 353 K)	▲ KM (pH=6,8 ve 363 K)
× KM (pH=9,0 ve 343 K)	✖ KM (pH=9,0 ve 353 K)	● KM (pH=9,0 ve 363 K)
+ KM (pH=10,5 ve 343 K)	□ KM (pH=10,5 ve 353 K)	○ KM (pH=10,5 ve 363 K)

Grafik VII.6 Kırmızı boyanın KM'deki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

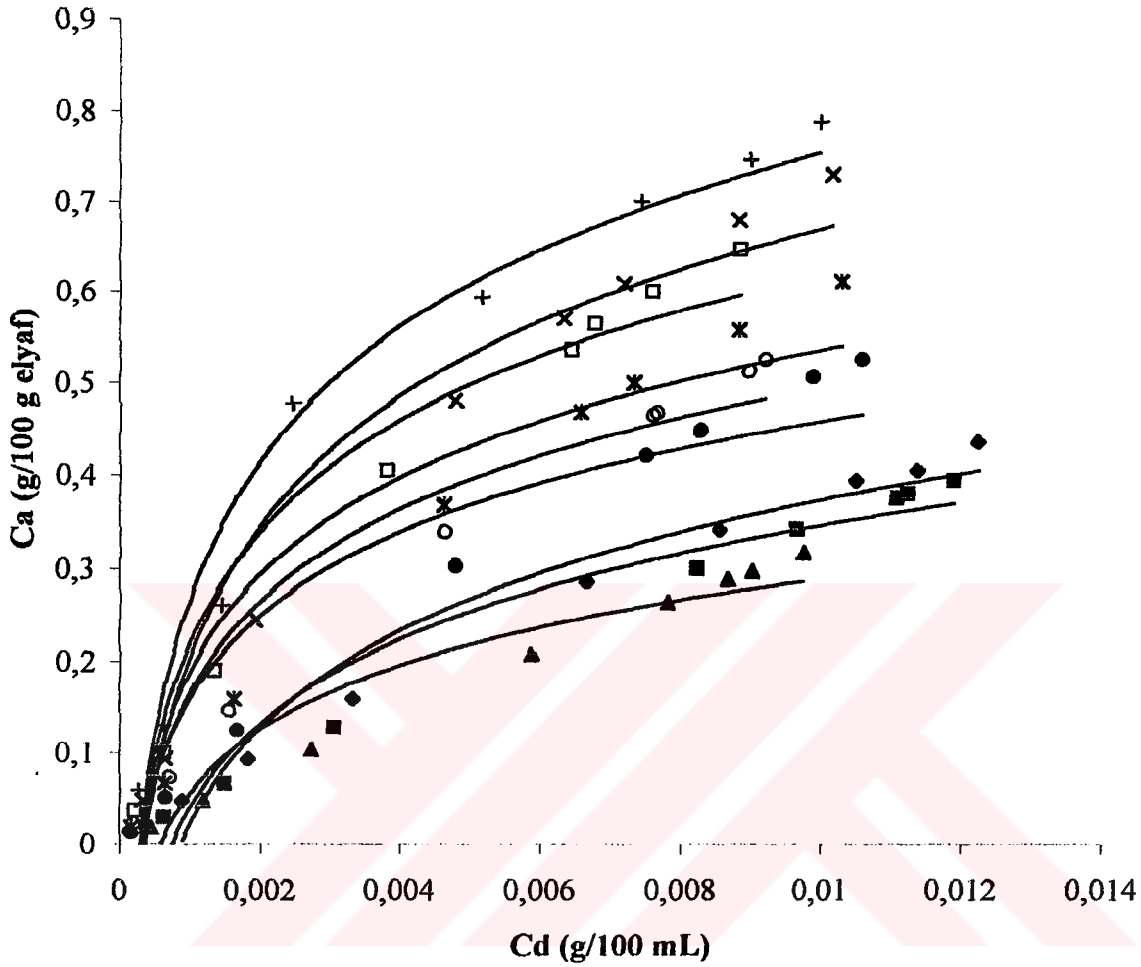
KM (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,983$
 KM (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,991$
 KM (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,997$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,990$
 KM (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,998$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,983$
 KM (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,991$
 KM (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,996$
 KM (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,960$
 KM (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,991$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,989$
 KM (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,991$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,983$



◆ MK (pH=6,8 ve 343 K)	■ MK (pH=6,8 ve 353 K)	▲ MK (pH=6,8 ve 363 K)
× MK (pH=9,0 ve 343 K)	✱ MK (pH=9,0 ve 353 K)	● MK (pH=9,0 ve 363 K)
+ MK (pH=10,5 ve 343 K)	□ MK (pH=10,5 ve 353 K)	○ MK (pH=10,5 ve 363 K)

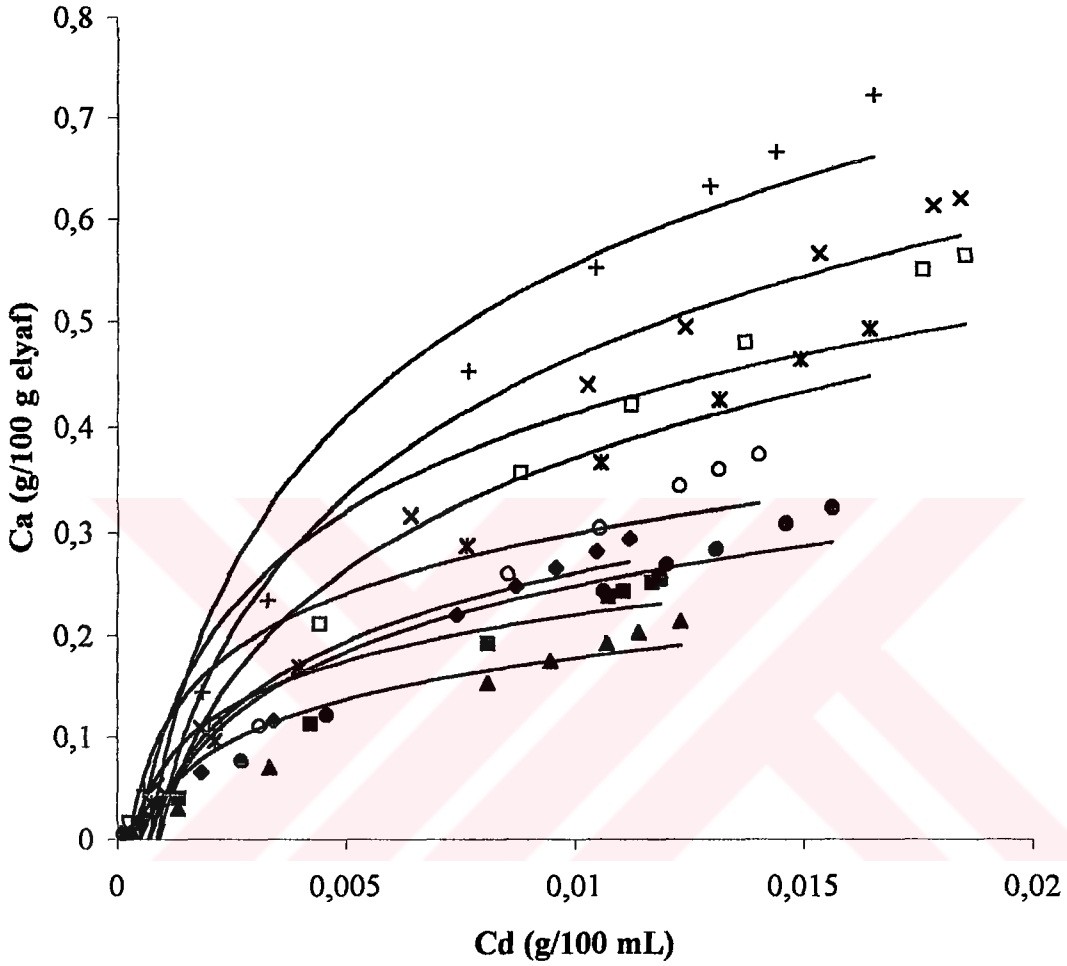
Grafik VII.7 Mavi boyanın MK'daki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

MK (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,983$
 MK (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,991$
 MK (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,990$
 MK (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,997$
 MK (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,998$
 MK (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,999$
 MK (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,992$
 MK (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,997$
 MK (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,997$:



Grafik VII.8 Mavi boyanın MS'daki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

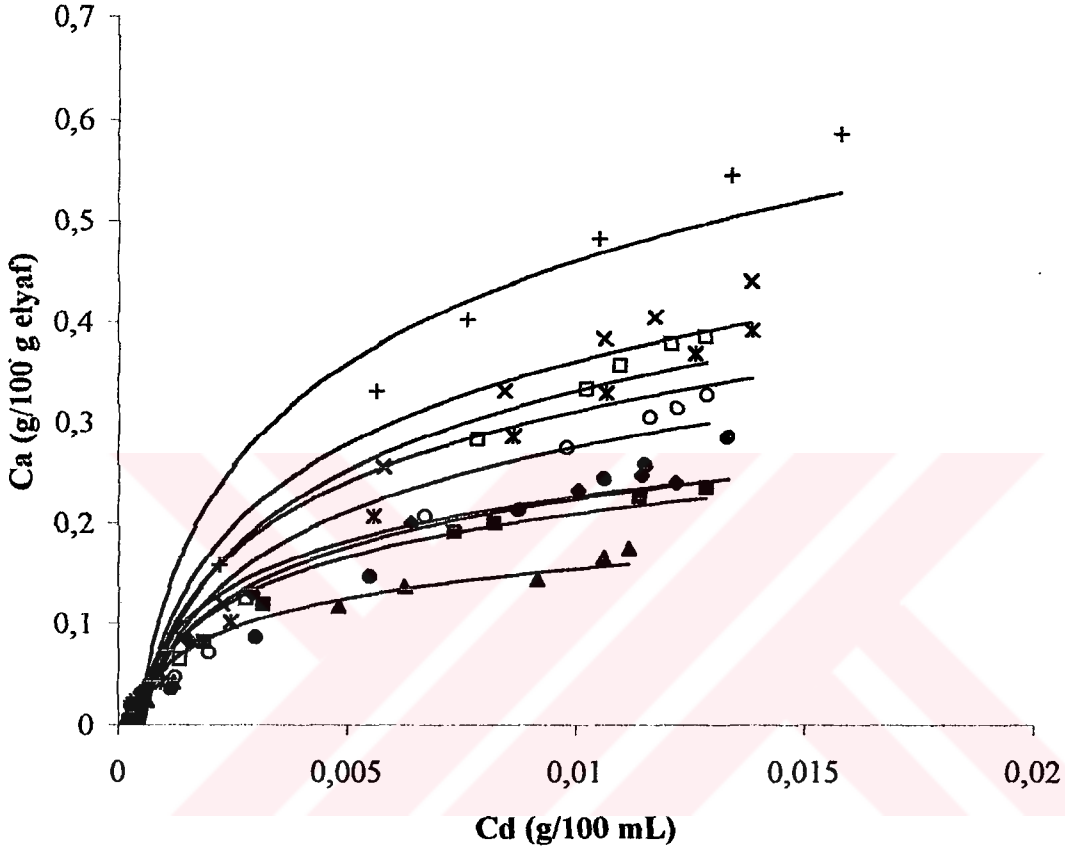
MS (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,983$
 MS (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,991$
 MS (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,990$
 MS (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,994$
 MS (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,996$
 MS (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,967$
 MS (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,998$
 MS (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,993$
 MS (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,997$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,995$



◆ SK (pH=6,8 ve 343 K)	■ SK (pH=6,8 ve 353 K)	▲ SK (pH=6,8 ve 363 K)
× SK (pH=9,0 ve 343 K)	* SK (pH=9,0 ve 353 K)	● SK (pH=9,0 ve 363 K)
+ SK (pH=10,5 ve 343 K)	□ SK (pH=10,5 ve 353 K)	○ SK (pH=10,5 ve 363 K)

Grafik VII.9 Sarı boyanın SK'daki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

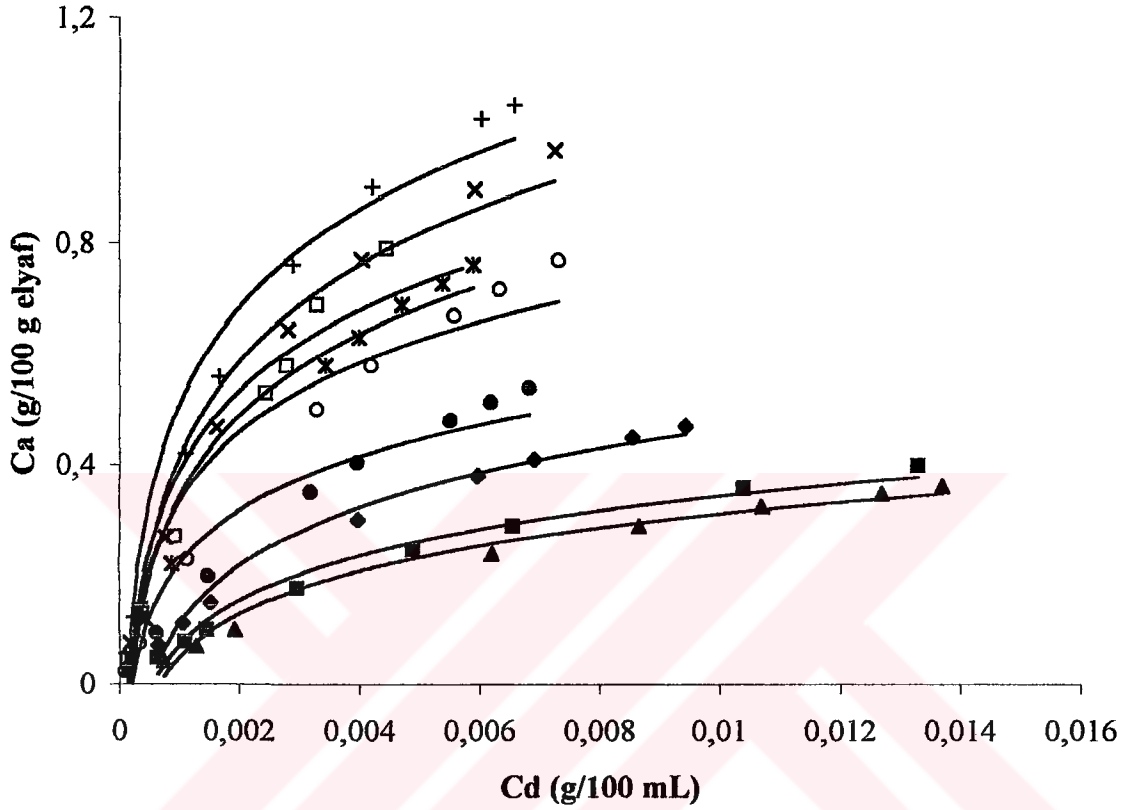
SK (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,998$
 SK (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,998$
 SK (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,998$
 SK (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,995$
 SK (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,997$
 SK (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,968$
 SK (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,995$
 SK (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,994$
 SK (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,998$



● SM (pH=6,8 ve 343 K)	■ SM (pH=6,8 ve 353 K)	▲ SM (pH=6,8 ve 363 K)
× SM (pH=9,0 ve 343 K)	* SM (pH=9,0 ve 353 K)	● SM (pH=9,0 ve 363 K)
+ SM (pH=10,5 ve 343 K)	□ SM (pH=10,5 ve 353 K)	○ SM (pH=10,5 ve 363 K)

Grafik VII.10 Sarı boyanın SM'daki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

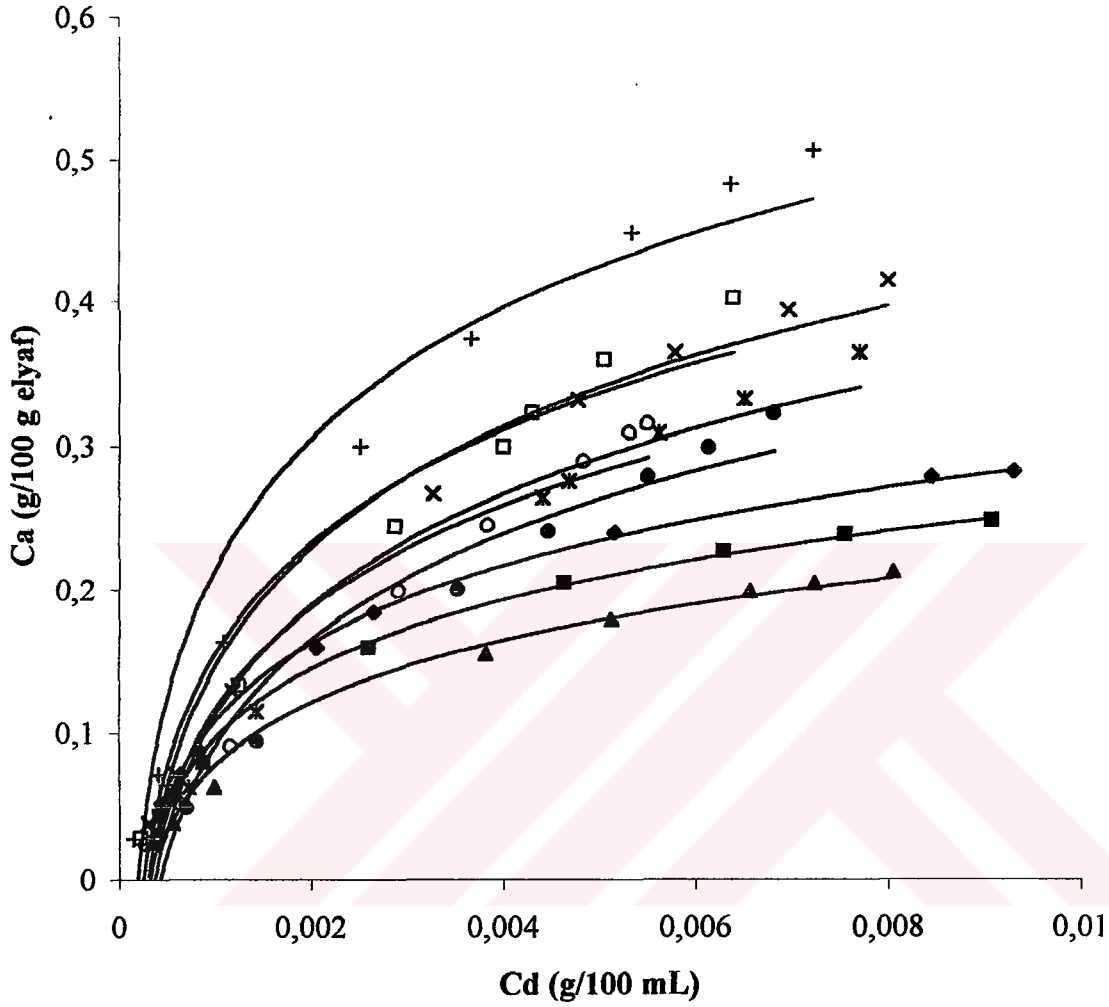
SM (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,988$
 SM (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,988$
 SM (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,986$
 SM (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,995$
 SM (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,997$
 SM (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,968$
 SM (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,990$
 SM (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,997$
 SM (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,998$



- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ◆ KMS (pH=6,8 ve 343 K) | ■ KMS (pH=6,8 ve 353 K) | ▲ KMS (pH=6,8 ve 363 K) |
| × KMS (pH=9,0 ve 343 K) | ✖ KMS (pH=9,0 ve 353 K) | ● KMS (pH=9,0 ve 363 K) |
| + KMS (pH=10,5 ve 343 K) | □ KMS (pH=10,5 ve 353 K) | ○ KMS (pH=10,5 ve 363 K) |

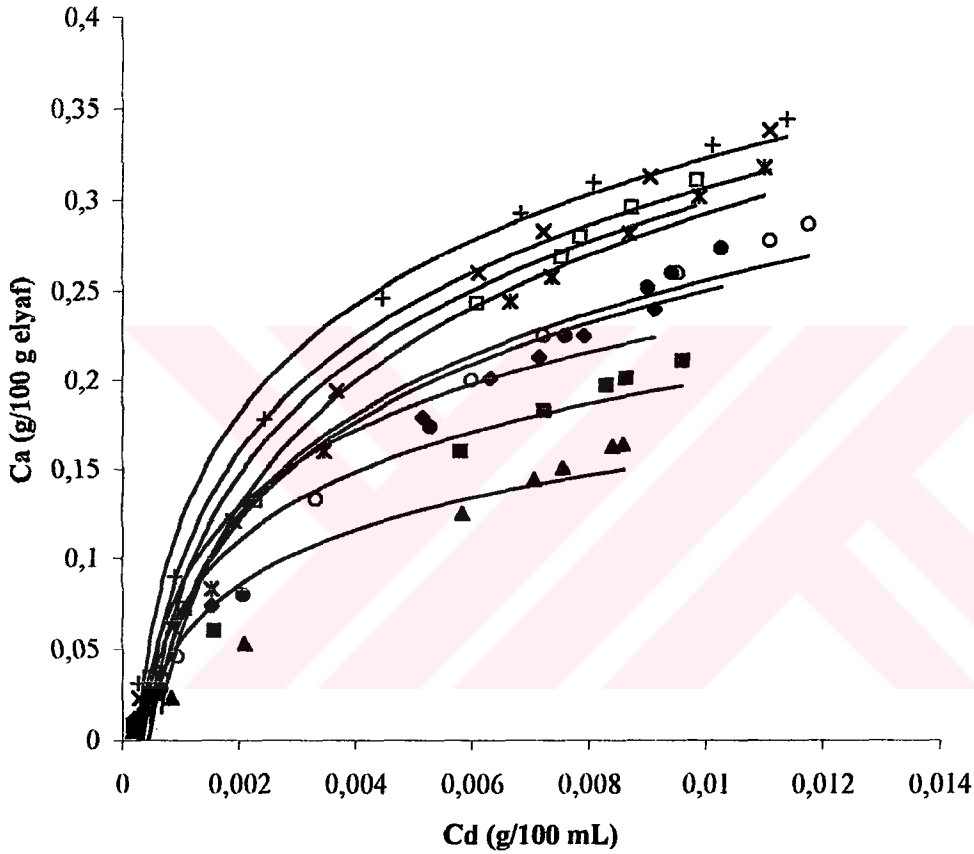
Grafik VII.11 Kırmızı boyanın KMS'daki üçlü boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

KMS (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,993$
 KMS (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,987$
 KMS (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,994$
 KMS (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,983$
 KMS (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,994$
 KMS (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,991$
 KMS (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,981$
 KMS (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,991$
 KMS (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,993$



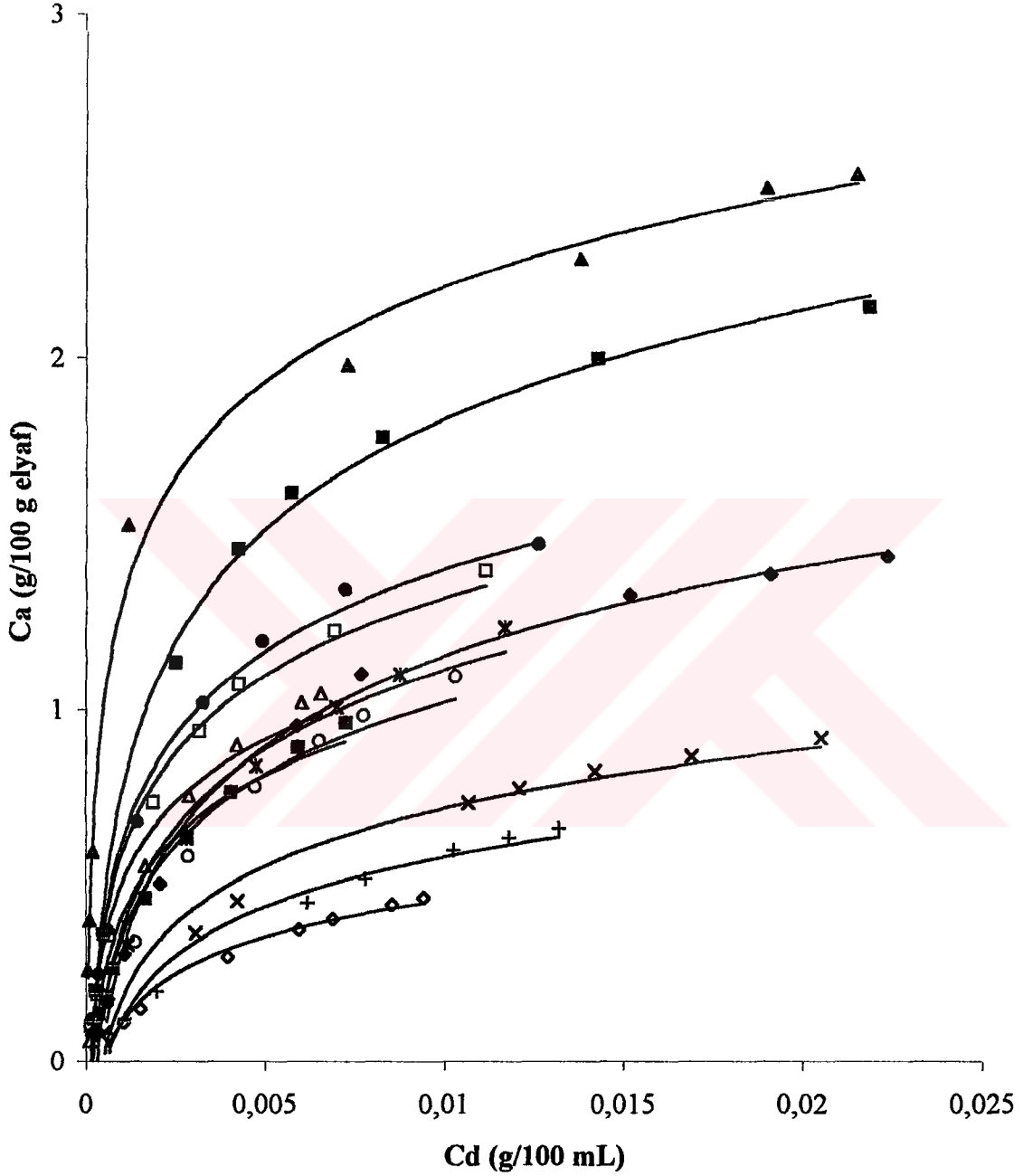
Grafik VII.12 Mavi boyanın MSK'daki üçlü boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

MSK (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,973$
 MSK (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,982$
 MSK (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,991$
 MSK (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,991$
 MSK (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,995$
 MSK (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,998$
 MSK (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,988$
 MSK (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,995$
 MSK (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2=0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2=0,998$



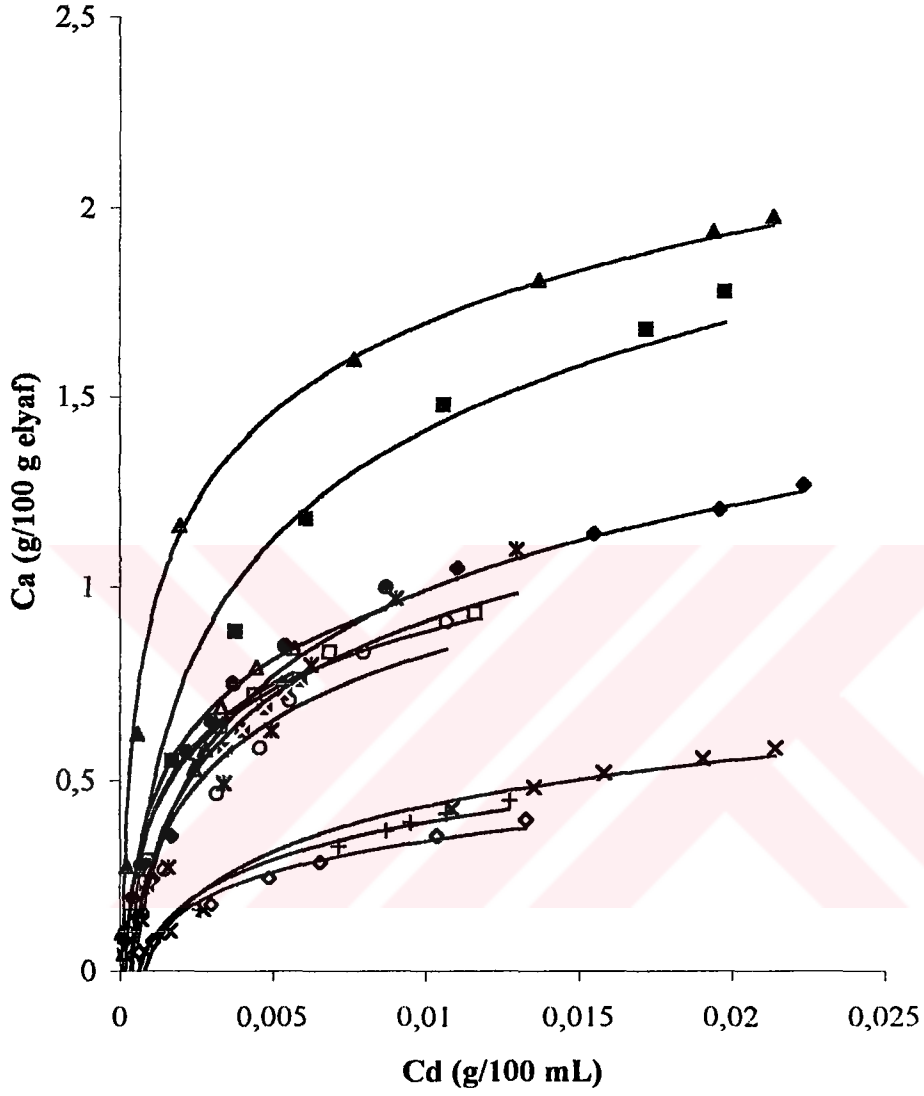
Grafik VII.13 Sarı boyanın SKM'daki üçlü boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi

SKM (pH=6,8 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,995$
 SKM (pH=6,8 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,995$
 SKM (pH=6,8 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,998$
 SKM (pH=9,0 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,987$
 SKM (pH=9,0 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,993$
 SKM (pH=9,0 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,997$
 SKM (pH=10,5 ve 343 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,974$
 SKM (pH=10,5 ve 353 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,993$
 SKM (pH=10,5 ve 363 K) Langmuir doğrusal izotermi $R^2= 0,999$ - Freundlich doğrusal izotermi $R^2= 0,993$



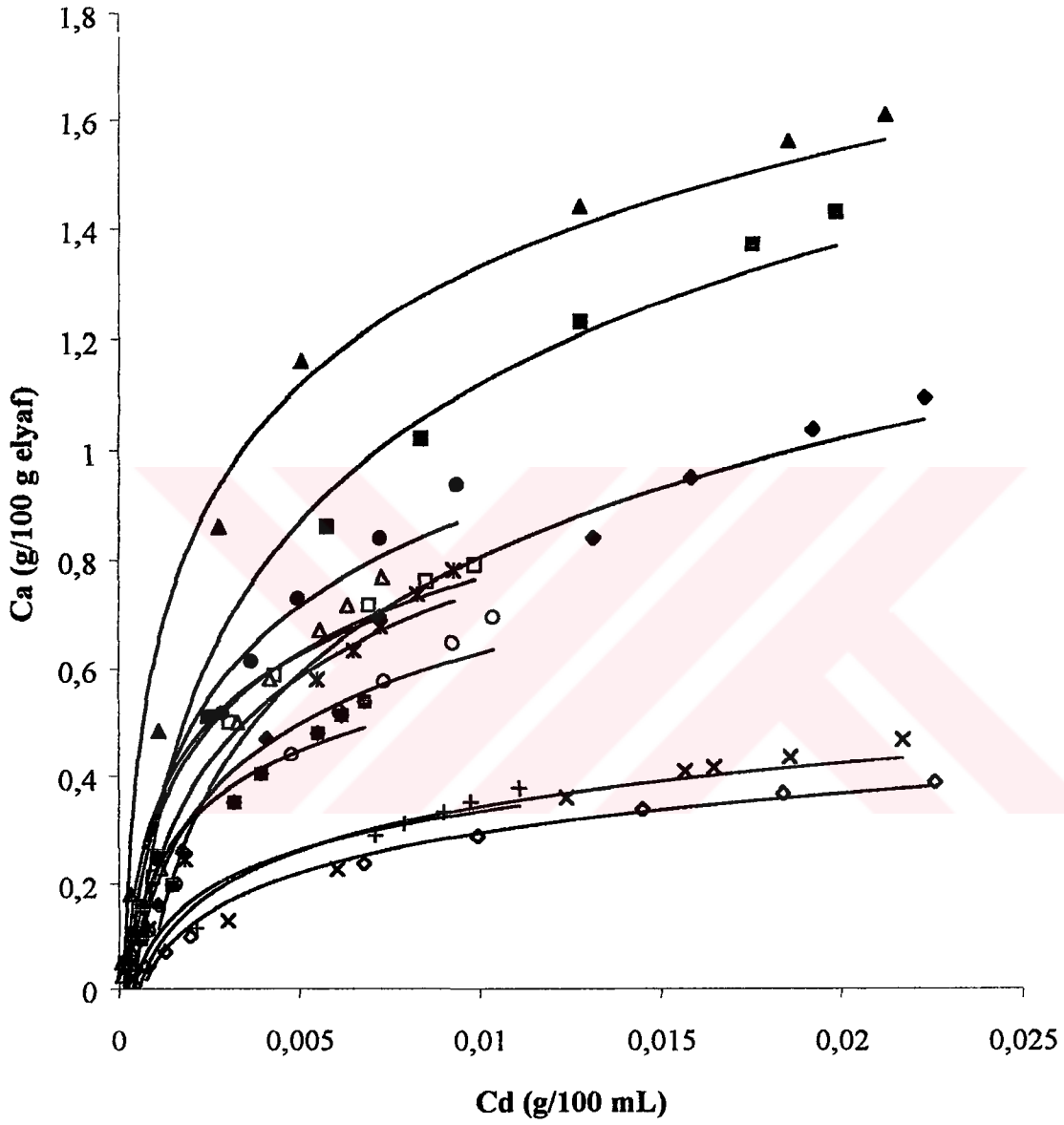
◆ K (pH=6,8)	■ K (pH=9,0)	▲ K (pH=10,5)	× KM (pH=6,8)
× KM (pH=9,0)	● KM (pH=10,5)	+ KS (pH=6,8)	○ KS (pH=9,0)
□ KS (pH=10,5)	◇ KMS (pH=6,8)	■ KMS (pH=9,0)	▲ KMS (pH=10,5)

Grafik VII.14 Kırmızı Boyanın 343 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermeleri

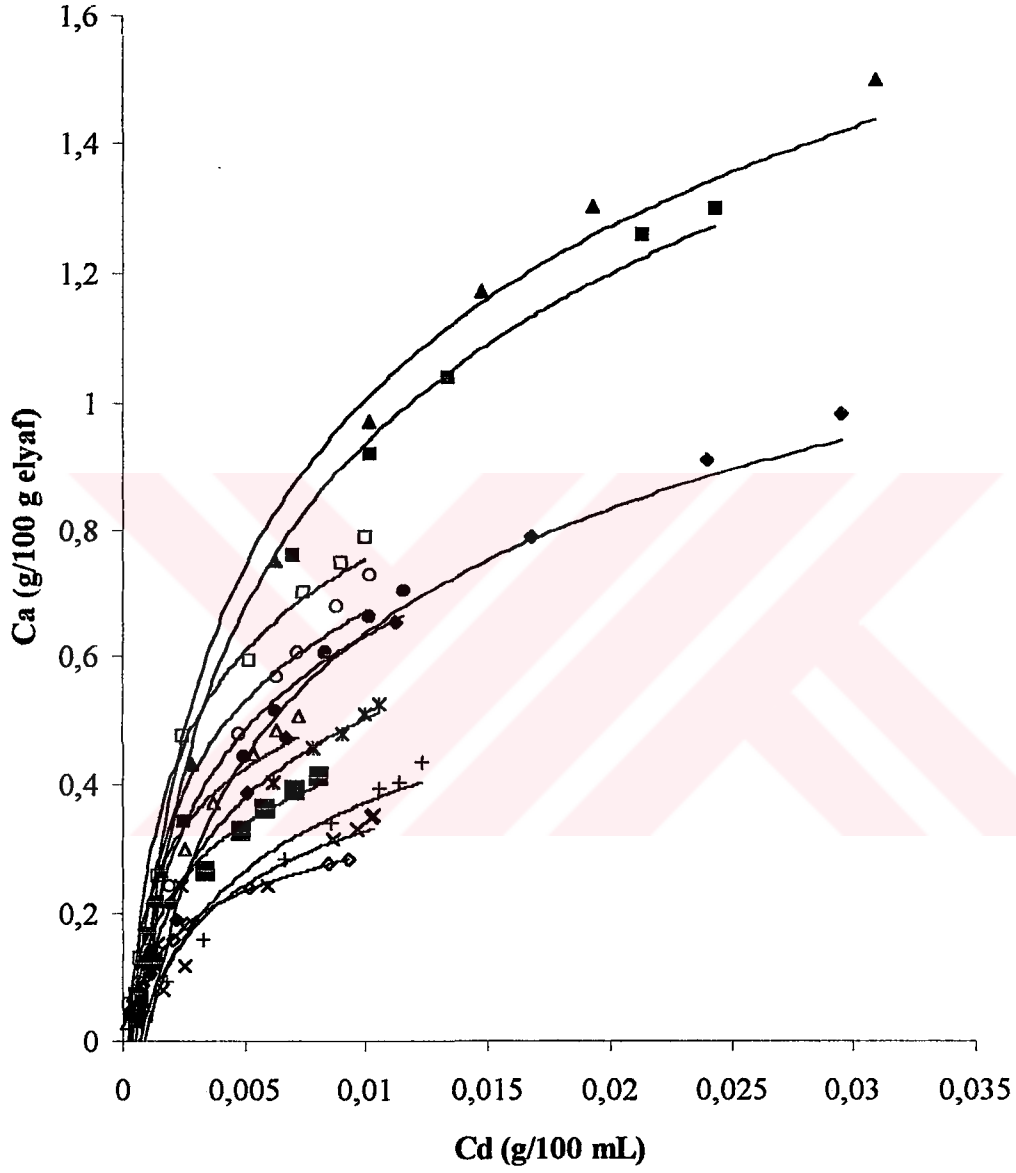


◆ K (pH=6,8)	■ K (pH=9,0)	▲ K (pH=10,5)	× KM (pH=6,8)
× KM (pH=9,0)	● KM (pH=10,5)	+ KS (pH=6,8)	○ KS (pH=9,0)
□ KS (pH=10,5)	◇ KMS (pH=6,8)	⊗ KMS (pH=9,0)	△ KMS (pH=10,5)

Grafik VII.15 Kırmızı Boyanın 353 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermeleri

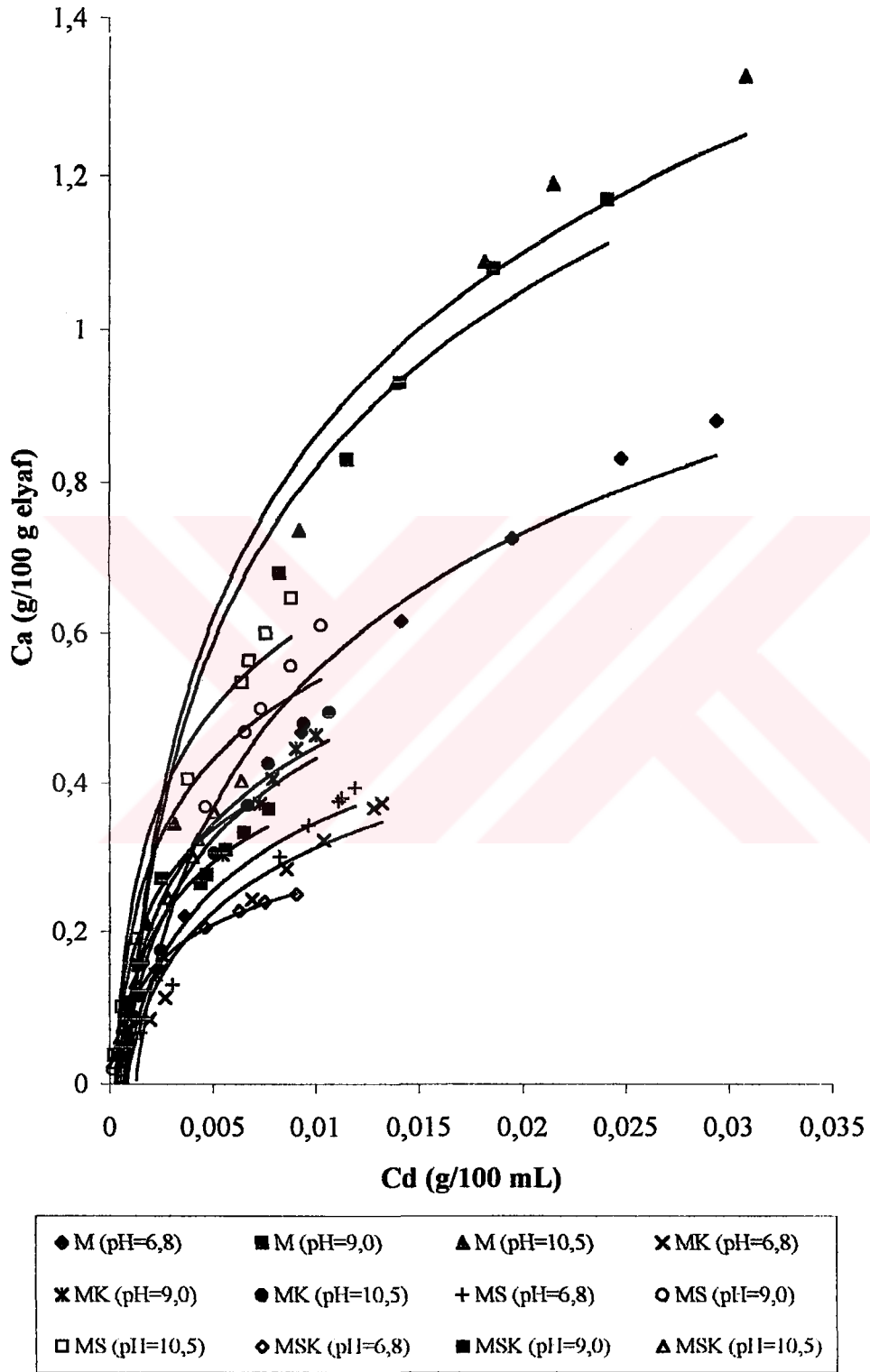


Grafik VII.16 Kırmızı Boyanın 363 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermeleri

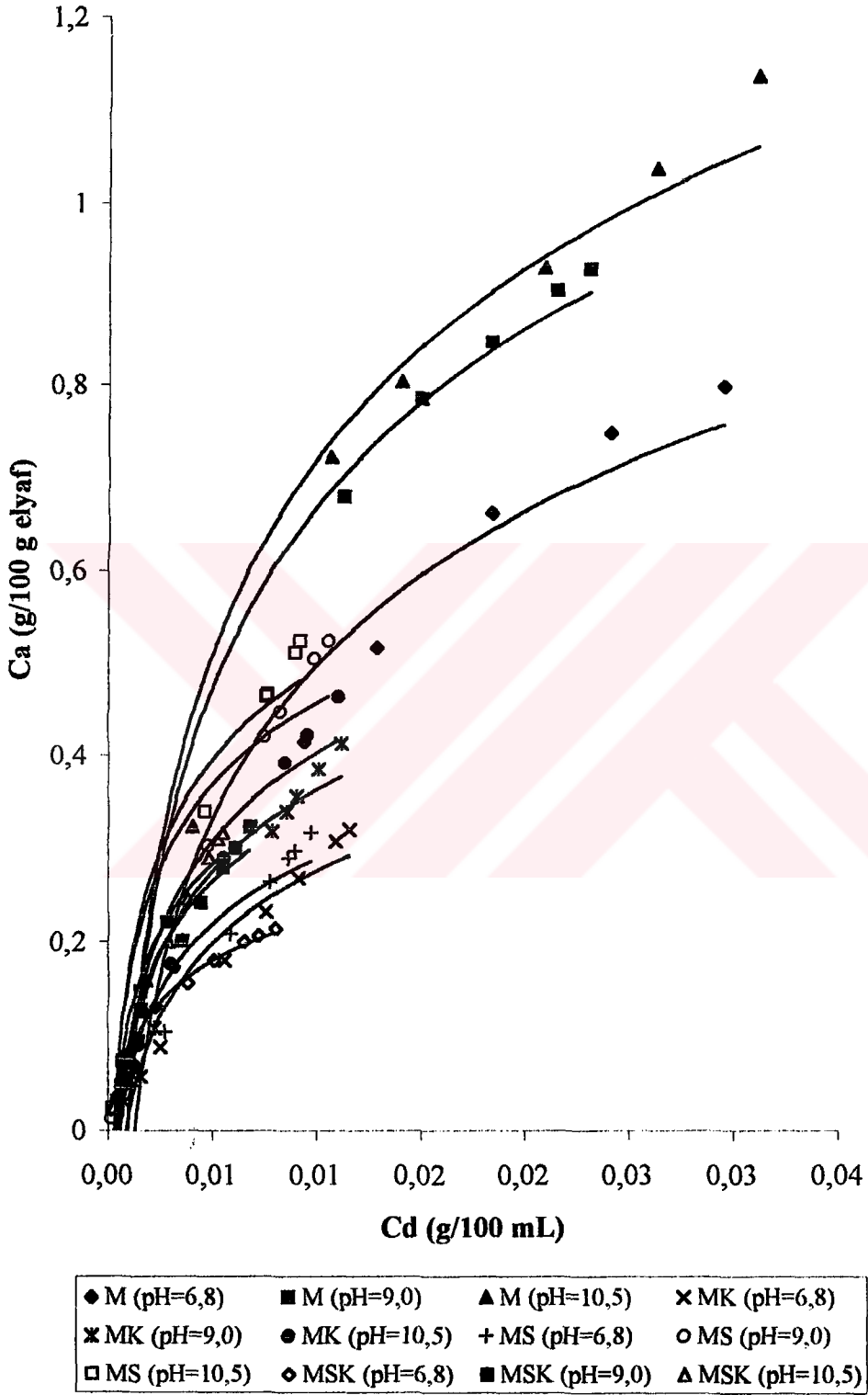


◆ M (pH=6,8)	■ M (pH=9,0)	▲ M (pH=10,5)	× MK (pH=6,8)
× MK (pH=9,0)	● MK (pH=10,5)	+ MS (pH=6,8)	○ MS (pH=9,0)
□ MS (pH=10,5)	◇ MSK (pH=6,8)	■ MSK (pH=9,0)	▲ MSK (pH=10,5)

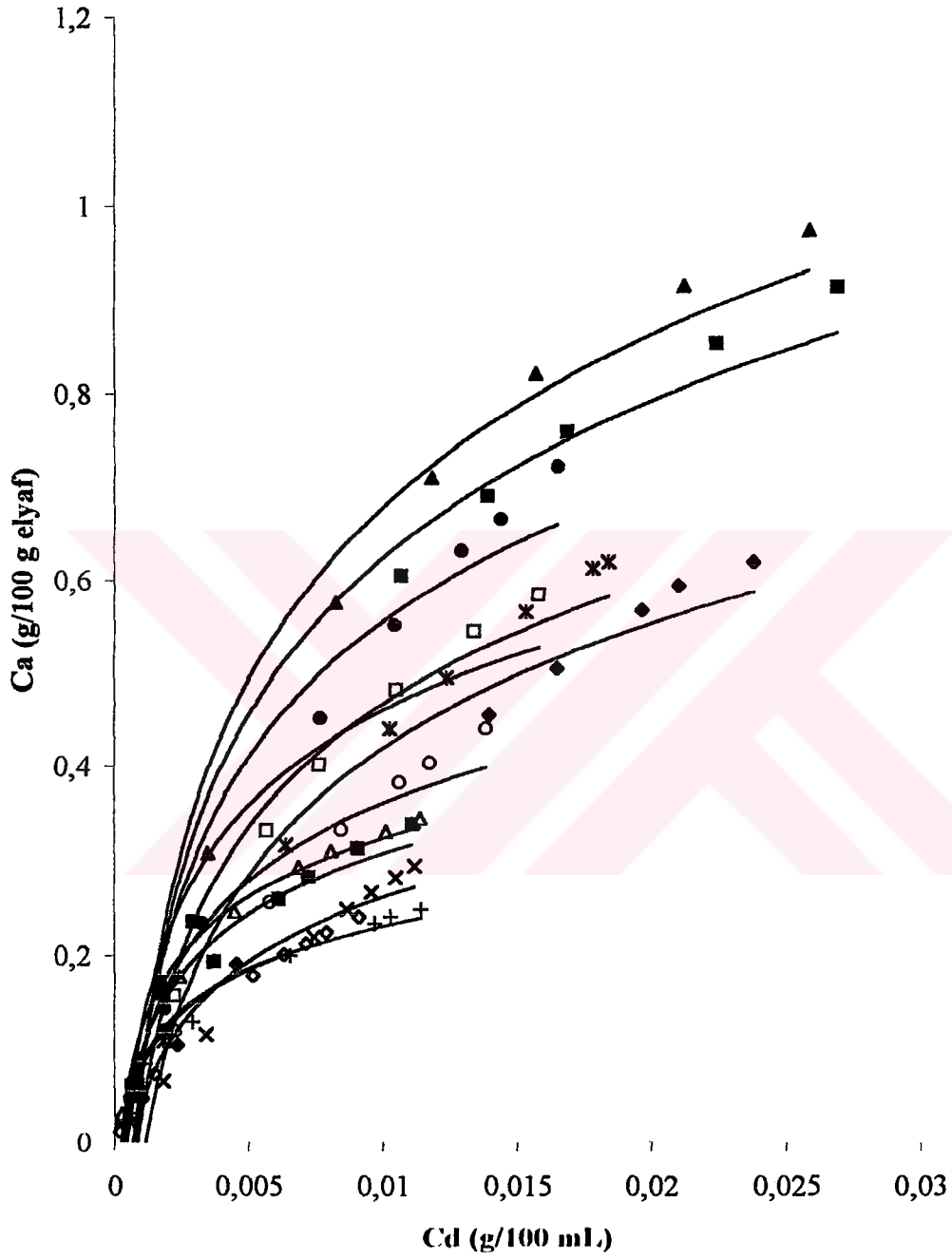
Grafik VII.17 Mavi Boyanın 343 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermeleri



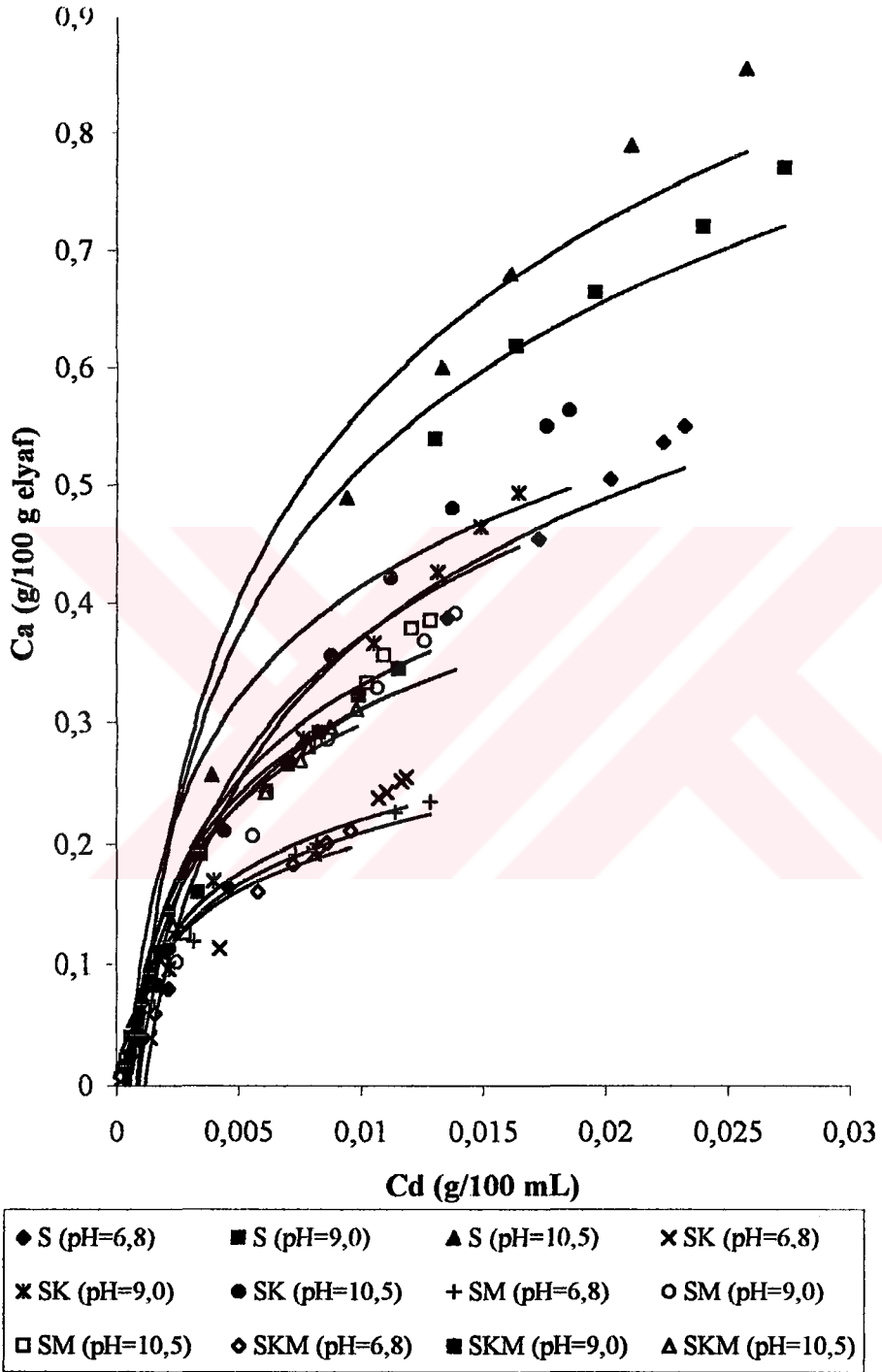
Grafik VII.18 Mavi Boyanım 353 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermeleri



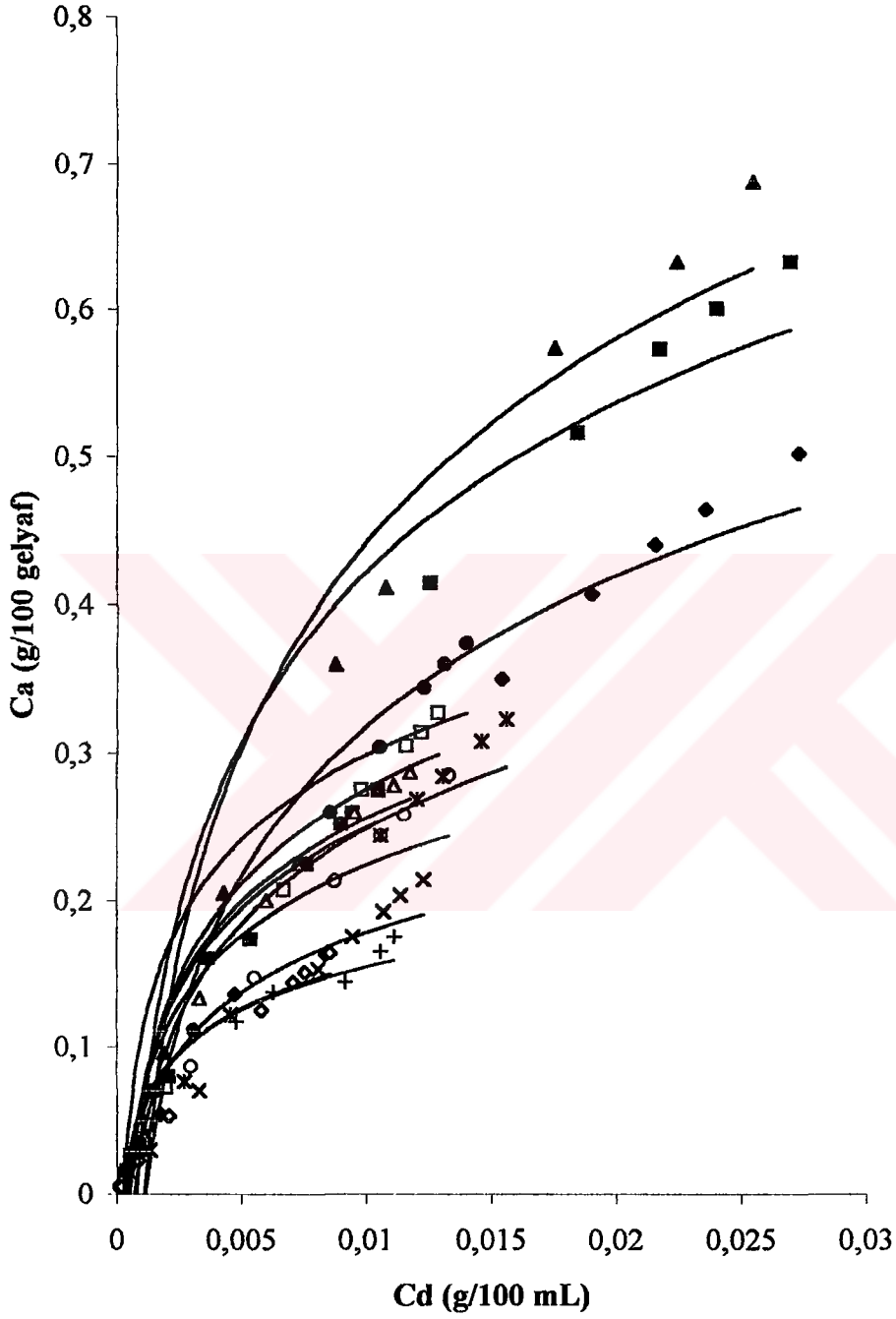
Grafik VII.19 Mavi Boyanın 363 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermeleri



Grafik VII.20 Sarı Boyanın 343 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermeleri

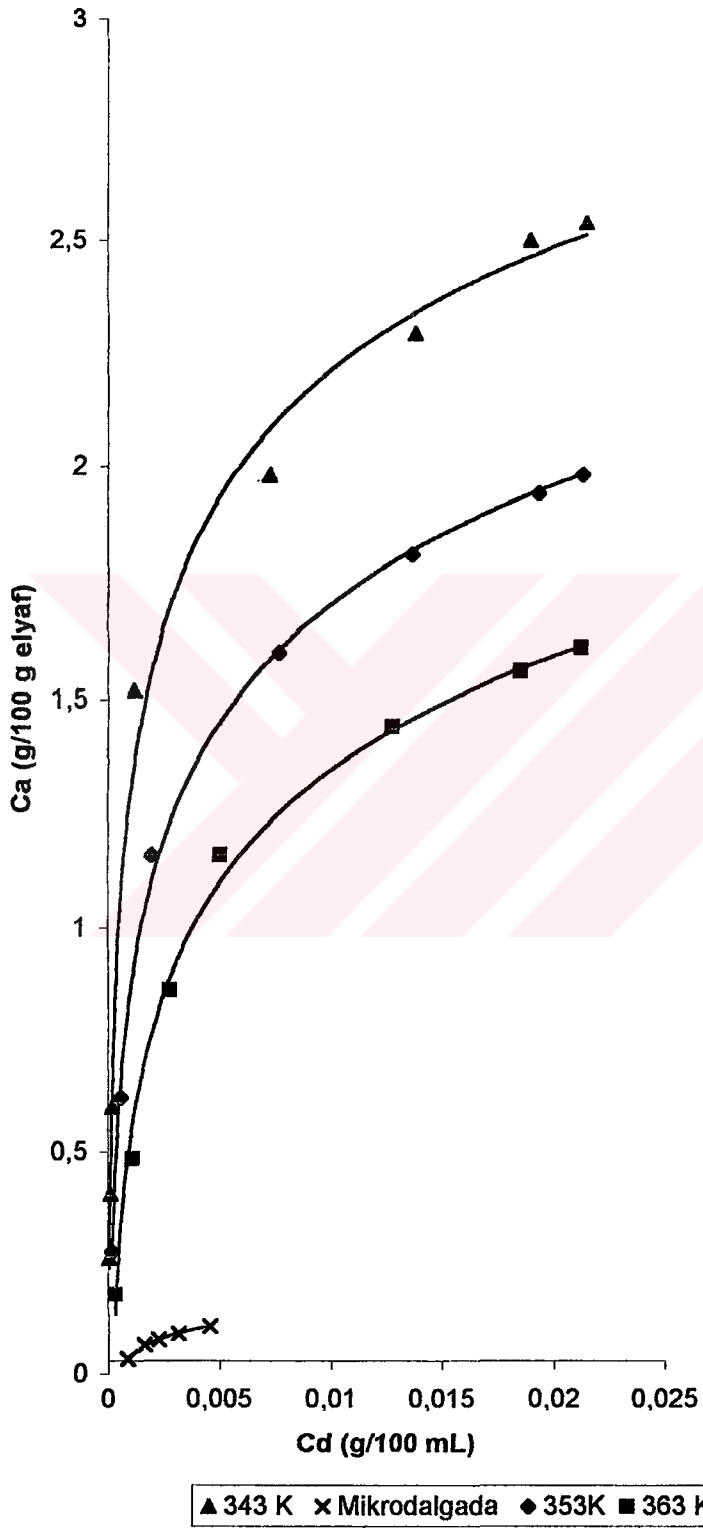


Grafik VII.21 Sarı Boyanın 353 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi

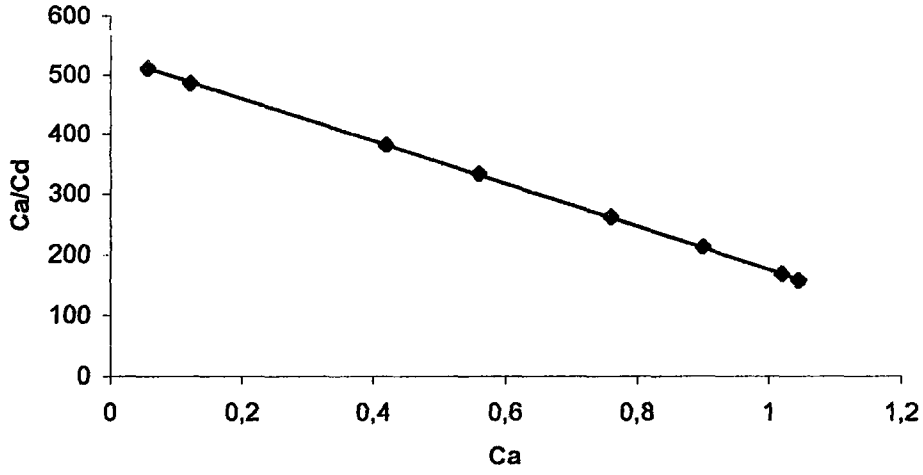


◆ S (pH=6,8)	■ S (pH=9,0)	▲ S (pH=10,5)	× SK (pH=6,8)
× SK (pH=9,0)	● SK (pH=10,5)	+ SM (pH=6,8)	○ SM (pH=9,0)
□ SM (pH=10,5)	◆ SKM (pH=6,8)	■ SKM (pH=9,0)	▲ SKM (pH=10,5)

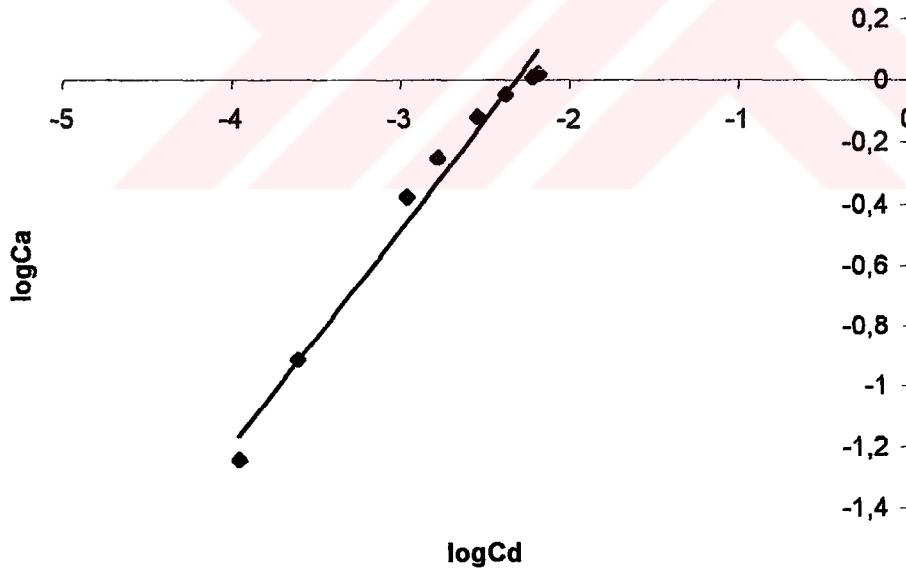
Grafik VII.22 Sarı Boyanın 363 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermeleri



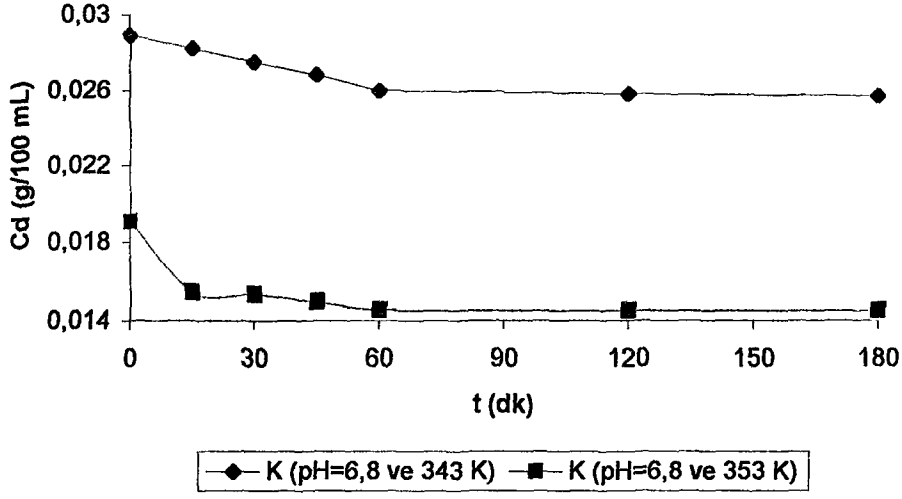
Grafik VII.23 Kırmızı boyanın pH=10,5 ve mikrodalgada yapılan boyamalara ait adsorpsiyon izotermi



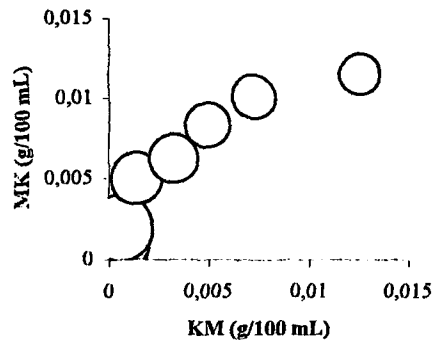
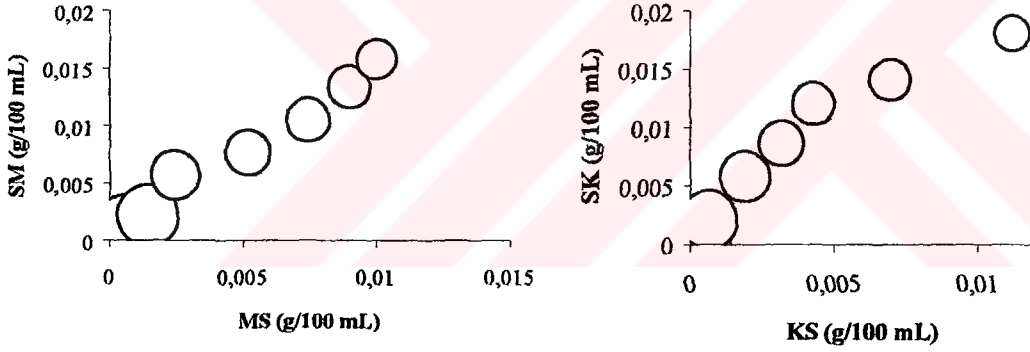
Grafik VII.24 pH=10,5 ve 343 K'de KMS'daki üçlü boyamalara ait Langmuir doğrusal izotermi ($R^2=0,999$)



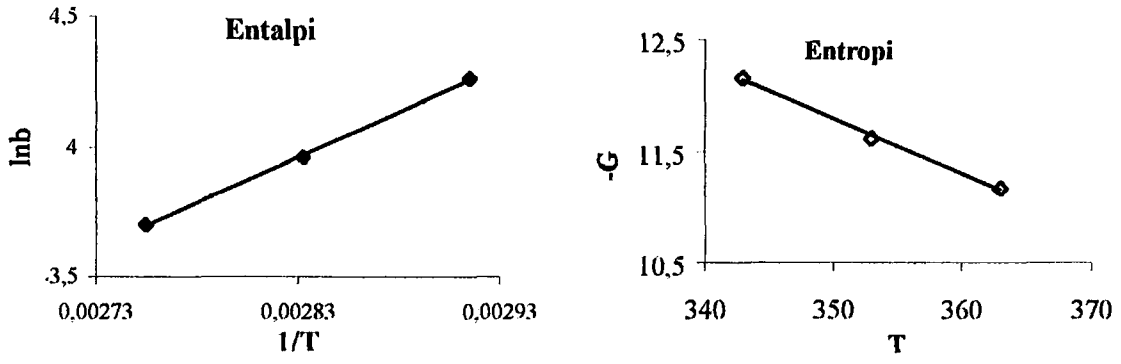
Grafik VII.25 pH=10,5 ve 343 K'de KMS'daki üçlü boyamalara ait Freundlich doğrusal izotermi ($R^2=0,981$)



Grafik VII.26 Kırmızı boyanın ka hız sabitinin belirlenmesi



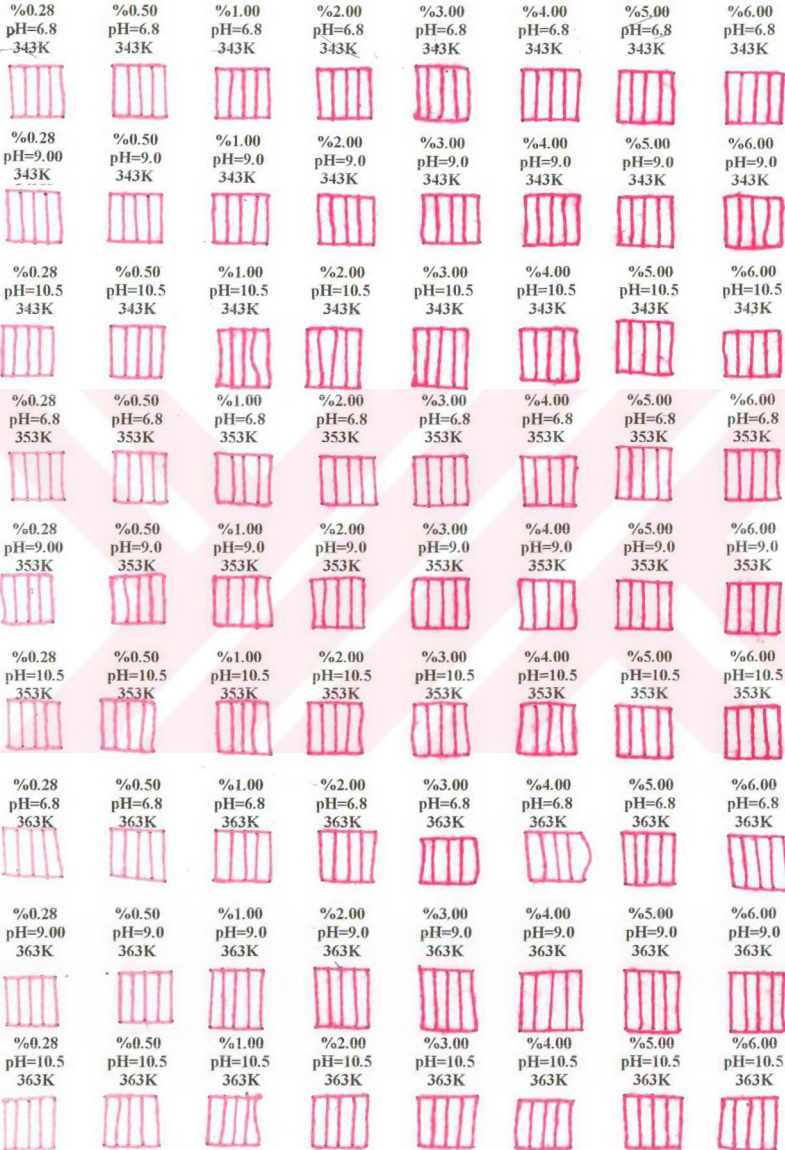
Grafik VII.27 pH=10,5 ve 343 K'de ikili boyamalara ait ka hız sabiti değışimi



Grafik VII.28 pH=10,5'da tekli Sarı boyamalara ait adsorpsiyon termodinamiği

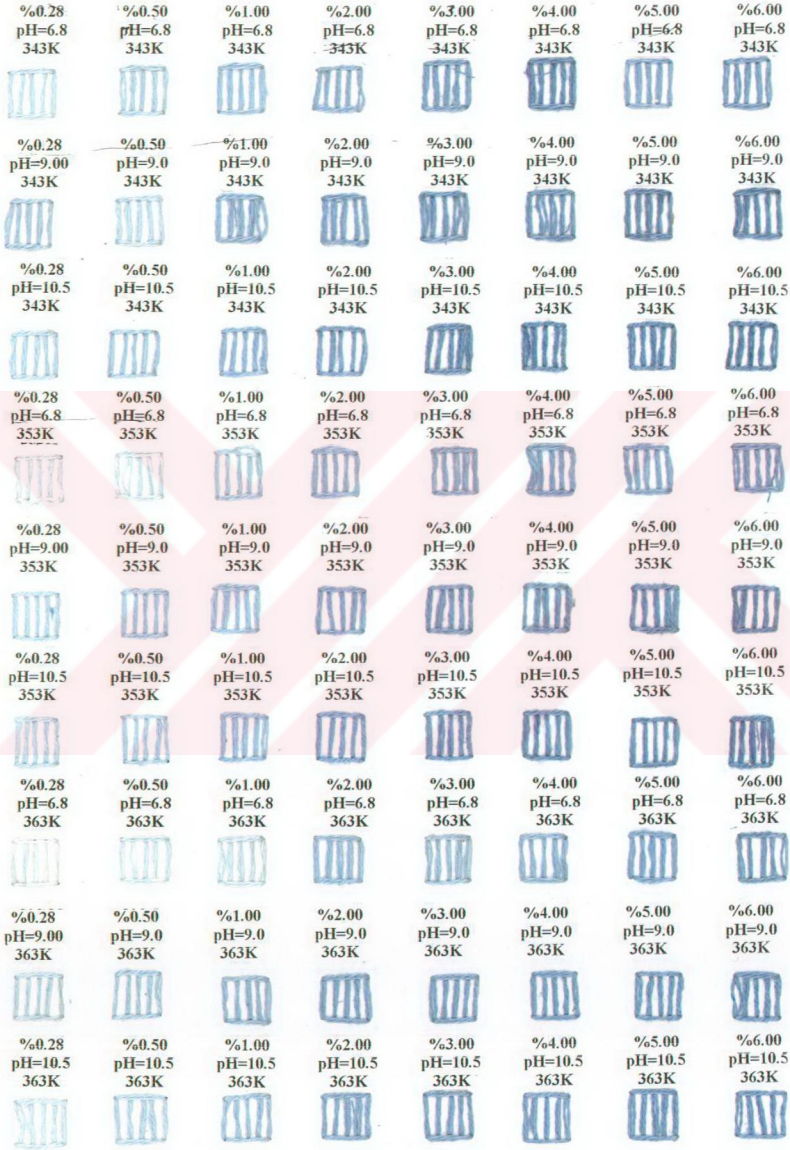


C.I. Reactive Red 141











































































Resim 1 C.I. Reactive Red 141 ile boyanmış pamuk elyaflar

C.I. Reactive Blue 160



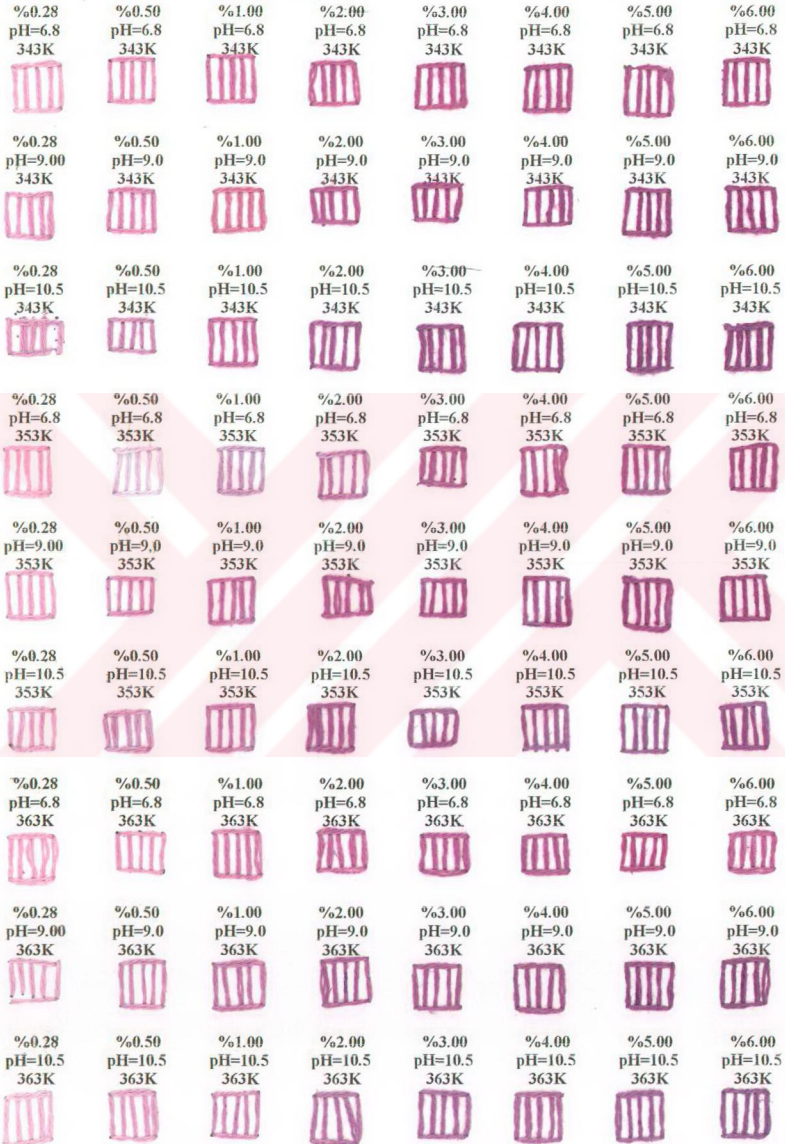
Resim 2 C.I. Reactive Blue 160 ile boyanmış pamuk elyaflar

C.I. Reactive Yellow 84

%0.28 pH=6.8 343K 	%0.50 pH=6.8 343K 	%1.00 pH=6.8 343K 	%2.00 pH=6.8 343K 	%3.00 pH=6.8 343K 	%4.00 pH=6.8 343K 	%5.00 pH=6.8 343K 	%6.00 pH=6.8 343K 
%0.28 pH=9.00 343K 	%0.50 pH=9.0 343K 	%1.00 pH=9.0 343K 	%2.00 pH=9.0 343K 	%3.00 pH=9.0 343K 	%4.00 pH=9.0 343K 	%5.00 pH=9.0 343K 	%6.00 pH=9.0 343K 
%0.28 pH=10.5 343K 	%0.50 pH=10.5 343K 	%1.00 pH=10.5 343K 	%2.00 pH=10.5 343K 	%3.00 pH=10.5 343K 	%4.00 pH=10.5 343K 	%5.00 pH=10.5 343K 	%6.00 pH=10.5 343K 
%0.28 pH=6.8 353K 	%0.50 pH=6.8 353K 	%1.00 pH=6.8 353K 	%2.00 pH=6.8 353K 	%3.00 pH=6.8 353K 	%4.00 pH=6.8 353K 	%5.00 pH=6.8 353K 	%6.00 pH=6.8 353K 
%0.28 pH=9.00 353K 	%0.50 pH=9.0 353K 	%1.00 pH=9.0 353K 	%2.00 pH=9.0 353K 	%3.00 pH=9.0 353K 	%4.00 pH=9.0 353K 	%5.00 pH=9.0 353K 	%6.00 pH=9.0 353K 
%0.28 pH=10.5 353K 	%0.50 pH=10.5 353K 	%1.00 pH=10.5 353K 	%2.00 pH=10.5 353K 	%3.00 pH=10.5 353K 	%4.00 pH=10.5 353K 	%5.00 pH=10.5 353K 	%6.00 pH=10.5 353K 
%0.28 pH=6.8 363K 	%0.50 pH=6.8 363K 	%1.00 pH=6.8 363K 	%2.00 pH=6.8 363K 	%3.00 pH=6.8 363K 	%4.00 pH=6.8 363K 	%5.00 pH=6.8 363K 	%6.00 pH=6.8 363K 
%0.28 pH=9.00 363K 	%0.50 pH=9.0 363K 	%1.00 pH=9.0 363K 	%2.00 pH=9.0 363K 	%3.00 pH=9.0 363K 	%4.00 pH=9.0 363K 	%5.00 pH=9.0 363K 	%6.00 pH=9.0 363K 
%0.28 pH=10.5 363K 	%0.50 pH=10.5 363K 	%1.00 pH=10.5 363K 	%2.00 pH=10.5 363K 	%3.00 pH=10.5 363K 	%4.00 pH=10.5 363K 	%5.00 pH=10.5 363K 	%6.00 pH=10.5 363K 

Resim 3 C.I. Reactive Yellow 84 ile boyanmış pamuk elyaflar

C.I. Reactive Red 141& C.I. Reactive Blue 160











































































Resim 4 C.I. Reactive Red 141& C.I. Reactive Blue 160 ile boyanmış pamuk elyaflar

C.I. Reactive Red 141& C.I. Reactive Yellow 84

%0.28 pH=6.8 343K	%0.50 pH=6.8 343K	%1.00 pH=6.8 343K	%2.00 pH=6.8 343K	%3.00 pH=6.8 343K	%4.00 pH=6.8 343K	%5.00 pH=6.8 343K	%6.00 pH=6.8 343K
%0.28 pH=9.00 343K	%0.50 pH=9.0 343K	%1.00 pH=9.0 343K	%2.00 pH=9.0 343K	%3.00 pH=9.0 343K	%4.00 pH=9.0 343K	%5.00 pH=9.0 343K	%6.00 pH=9.0 343K
%0.28 pH=10.5 343K	%0.50 pH=10.5 343K	%1.00 pH=10.5 343K	%2.00 pH=10.5 343K	%3.00 pH=10.5 343K	%4.00 pH=10.5 343K	%5.00 pH=10.5 343K	%6.00 pH=10.5 343K
%0.28 pH=6.8 353K	%0.50 pH=6.8 353K	%1.00 pH=6.8 353K	%2.00 pH=6.8 353K	%3.00 pH=6.8 353K	%4.00 pH=6.8 353K	%5.00 pH=6.8 353K	%6.00 pH=6.8 353K
%0.28 pH=9.00 353K	%0.50 pH=9.0 353K	%1.00 pH=9.0 353K	%2.00 pH=9.0 353K	%3.00 pH=9.0 353K	%4.00 pH=9.0 353K	%5.00 pH=9.0 353K	%6.00 pH=9.0 353K
%0.28 pH=10.5 353K	%0.50 pH=10.5 353K	%1.00 pH=10.5 353K	%2.00 pH=10.5 353K	%3.00 pH=10.5 353K	%4.00 pH=10.5 353K	%5.00 pH=10.5 353K	%6.00 pH=10.5 353K
%0.28 pH=6.8 363K	%0.50 pH=6.8 363K	%1.00 pH=6.8 363K	%2.00 pH=6.8 363K	%3.00 pH=6.8 363K	%4.00 pH=6.8 363K	%5.00 pH=6.8 363K	%6.00 pH=6.8 363K
%0.28 pH=9.00 363K	%0.50 pH=9.0 363K	%1.00 pH=9.0 363K	%2.00 pH=9.0 363K	%3.00 pH=9.0 363K	%4.00 pH=9.0 363K	%5.00 pH=9.0 363K	%6.00 pH=9.0 363K
%0.28 pH=10.5 363K	%0.50 pH=10.5 363K	%1.00 pH=10.5 363K	%2.00 pH=10.5 363K	%3.00 pH=10.5 363K	%4.00 pH=10.5 363K	%5.00 pH=10.5 363K	%6.00 pH=10.5 363K

Resim 5 C.I. Reactive Red 141& C.I. Reactive Yellow 84 ile boyanmış pamuk elyaflar

C.I. Reactive Blue 160& C.I. Reactive Yellow 84

%0.28 pH=6.8 343K 	%0.50 pH=6.8 343K 	%1.00 pH=6.8 343K 	%2.00 pH=6.8 343K 	%3.00 pH=6.8 343K 	%4.00 pH=6.8 343K 	%5.00 pH=6.8 343K 	%6.00 pH=6.8 343K 
%0.28 pH=9.00 343K 	%0.50 pH=9.0 343K 	%1.00 pH=9.0 343K 	%2.00 pH=9.0 343K 	%3.00 pH=9.0 343K 	%4.00 pH=9.0 343K 	%5.00 pH=9.0 343K 	%6.00 pH=9.0 343K 
%0.28 pH=10.5 343K 	%0.50 pH=10.5 343K 	%1.00 pH=10.5 343K 	%2.00 pH=10.5 343K 	%3.00 pH=10.5 343K 	%4.00 pH=10.5 343K 	%5.00 pH=10.5 343K 	%6.00 pH=10.5 343K 
%0.28 pH=6.8 353K 	%0.50 pH=6.8 353K 	%1.00 pH=6.8 353K 	%2.00 pH=6.8 353K 	%3.00 pH=6.8 353K 	%4.00 pH=6.8 353K 	%5.00 pH=6.8 353K 	%6.00 pH=6.8 353K 
%0.28 pH=9.00 353K 	%0.50 pH=9.0 353K 	%1.00 pH=9.0 353K 	%2.00 pH=9.0 353K 	%3.00 pH=9.0 353K 	%4.00 pH=9.0 353K 	%5.00 pH=9.0 353K 	%6.00 pH=9.0 353K 
%0.28 pH=10.5 353K 	%0.50 pH=10.5 353K 	%1.00 pH=10.5 353K 	%2.00 pH=10.5 353K 	%3.00 pH=10.5 353K 	%4.00 pH=10.5 353K 	%5.00 pH=10.5 353K 	%6.00 pH=10.5 353K 
%0.28 pH=6.8 363K 	%0.50 pH=6.8 363K 	%1.00 pH=6.8 363K 	%2.00 pH=6.8 363K 	%3.00 pH=6.8 363K 	%4.00 pH=6.8 363K 	%5.00 pH=6.8 363K 	%6.00 pH=6.8 363K 
%0.28 pH=9.00 363K 	%0.50 pH=9.0 363K 	%1.00 pH=9.0 363K 	%2.00 pH=9.0 363K 	%3.00 pH=9.0 363K 	%4.00 pH=9.0 363K 	%5.00 pH=9.0 363K 	%6.00 pH=9.0 363K 
%0.28 pH=10.5 363K 	%0.50 pH=10.5 363K 	%1.00 pH=10.5 363K 	%2.00 pH=10.5 363K 	%3.00 pH=10.5 363K 	%4.00 pH=10.5 363K 	%5.00 pH=10.5 363K 	%6.00 pH=10.5 363K 

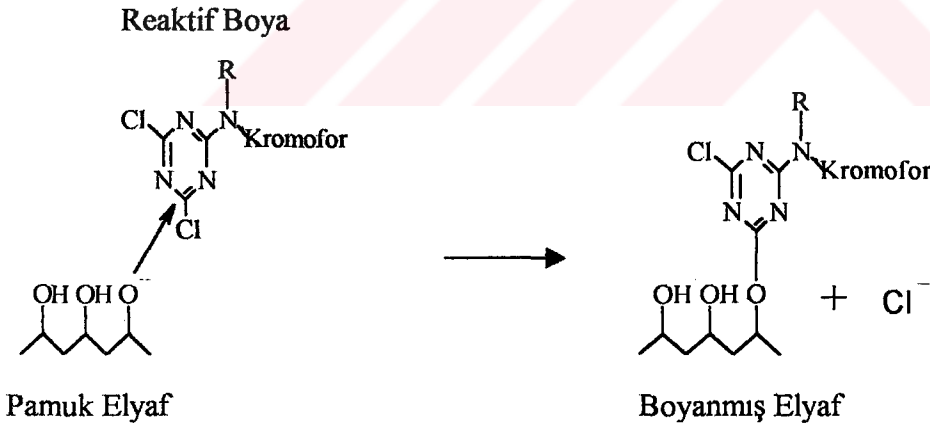
Resim 6 C.I. Reactive Blue & C.I. Reactive Yellow 84 ile boyanmış pamuk elyaflar

C.I. Reactive Red 141		C.I. Reactive Blue 160		C.I. Reactive Yellow 84			
%0.28 pH=6.8 343K	%0.50 pH=6.8 343K	%1.00 pH=6.8 343K	%2.00 pH=6.8 343K	%3.00 pH=6.8 343K	%4.00 pH=6.8 343K	%5.00 pH=6.8 343K	%6.00 pH=6.8 343K
%0.28 pH=9.00 343K	%0.50 pH=9.0 343K	%1.00 pH=9.0 343K	%2.00 pH=9.0 343K	%3.00 pH=9.0 343K	%4.00 pH=9.0 343K	%5.00 pH=9.0 343K	%6.00 pH=9.0 343K
%0.28 pH=10.5 343K	%0.50 pH=10.5 343K	%1.00 pH=10.5 343K	%2.00 pH=10.5 343K	%3.00 pH=10.5 343K	%4.00 pH=10.5 343K	%5.00 pH=10.5 343K	%6.00 pH=10.5 343K
%0.28 pH=6.8 353K	%0.50 pH=6.8 353K	%1.00 pH=6.8 353K	%2.00 pH=6.8 353K	%3.00 pH=6.8 353K	%4.00 pH=6.8 353K	%5.00 pH=6.8 353K	%6.00 pH=6.8 353K
%0.28 pH=9.00 353K	%0.50 pH=9.0 353K	%1.00 pH=9.0 353K	%2.00 pH=9.0 353K	%3.00 pH=9.0 353K	%4.00 pH=9.0 353K	%5.00 pH=9.0 353K	%6.00 pH=9.0 353K
%0.28 pH=10.5 353K	%0.50 pH=10.5 353K	%1.00 pH=10.5 353K	%2.00 pH=10.5 353K	%3.00 pH=10.5 353K	%4.00 pH=10.5 353K	%5.00 pH=10.5 353K	%6.00 pH=10.5 353K
%0.28 pH=6.8 363K	%0.50 pH=6.8 363K	%1.00 pH=6.8 363K	%2.00 pH=6.8 363K	%3.00 pH=6.8 363K	%4.00 pH=6.8 363K	%5.00 pH=6.8 363K	%6.00 pH=6.8 363K
%0.28 pH=9.00 363K	%0.50 pH=9.0 363K	%1.00 pH=9.0 363K	%2.00 pH=9.0 363K	%3.00 pH=9.0 363K	%4.00 pH=9.0 363K	%5.00 pH=9.0 363K	%6.00 pH=9.0 363K
%0.28 pH=10.5 363K	%0.50 pH=10.5 363K	%1.00 pH=10.5 363K	%2.00 pH=10.5 363K	%3.00 pH=10.5 363K	%4.00 pH=10.5 363K	%5.00 pH=10.5 363K	%6.00 pH=10.5 363K

Resim 7 C.I. Reactive Red 141 & C.I. Reactive Blue & C.I. Reactive Yellow 84 ile boyanmış pamuk elyaflar

VIII. TARTIŞMA VE SONUÇ

Reaktif boyalar, boyarmaddelerin en popüler üyesidir. Kovalent bağın oluşmasıyla selülozik elyafa uygulanabilir ve diğer boyalara nazaran olağanüstü bir yaş haslığa sahiptir. Reaktif boyalar, bir elektrolit içeren sulu banyoda selüloza uygulanır. Çeşitli nedenlerle, boyanın elyafa bağlanmasını artırmak için basit tuzların ilave edilmesi, yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ek olarak, reaktif boyalar suda çözünebilir ve geniş renk tonu aralıkları mevcuttur (67). Boyanın selülozik elyafa bağlanması SN2 reaksiyonu üzerinden gerçekleşir. Boyaya ait klorür iyonunun nükleofilik yerdeğiştirmesi ile elyafa ait hidroksi grup arasında bir kovalent bağ oluşumuna ait diyagram aşağıdaki gibidir (15).



Şekil VIII.1Reaktif boyanın pamuk clyaf ile reaksiyonu

Ticari ve kısmen çevresel endişelerden dolayı boyama proseslerinin geliştirilmesi son zamanlarda önem kazanmıştır. Çoğu araştırmacılar sulu çözeltilerde bireysel boya ve boya karışımlarının miktara bağlı adsorpsiyon izotermelerini incelemişler ancak boyama kinetiği ve çözeltideki agregasyona ait miktara bağlı korelasyonu incelememişlerdir (20, 22, 23). Porter ve arkadaşları boya-denge tüketimini teorik olarak belirlemek için matematiksel teknikler geliştirmişler ancak çözeltideki boya molekülleri arasındaki etkileşime açıklık getirememişlerdir (21). Compton ve arkadaşları elektrokimyasal bir yöntemi kullanarak

getirememişlerdir (21). Compton ve arkadaşları elektrokimyasal bir yöntemi kullanarak bireysel boyaların kinetiğine açıklık getirmişler ancak boya karışımlarına ait çalışmalarda bulunmamışlardır. Bizim çalışmamız boya konsantrasyonuna ve boyalar arası etkileşime bağlı olarak tepkime hız sabitlerinin değişimini, adsorpsiyon ve termodinamik açıklamalar ile birlikte değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma boyama prosesinin seçimi ve uygulamasında önemli bir fayda sağlar (15, 16, 17).

Boyama ölçüm sonuçları sorpsiyon izotermi ile rapor edilmektedir. Örneğin, sabit sıcaklıktaki boya banyosunda elyafa tutunan boyanın denge konsantrasyonunun oranındaki değişme gibi (68). Dengedeki boya ile elyaf yüzeyine tutunan boya konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi belirlemek için, belirli konsantrasyonlarda boyama işlemi yapılmıştır. Sorpsiyon izoterm eğilimini anlamak için denge boya banyosu konsantrasyonuna karşı elyafa adsorplanan boya konsantrasyonu grafiğe geçirilmiştir (Grafik VII.1- VII.23). Bütün bu eğriler, başlangıçta düzgün bir artış modeli gösterir, bunu takiben sorpsiyon izotermine geri kalan kısmı yayvan bir eğilim gösterir. Bu işlem, geniş boya konsantrasyonu aralığında yapılmıştır.

Reaktif boyaların yaygın olarak kullanılması, tekli ve karışım halindeki reaktif boya izotermine araştırılmasında ve anlaşılmasında yardımcı olur. Selüloz elyafı üzerinde tekli boyaların denge sorpsiyonunu tanımlamak için çok yaygın olarak kullanılan eşitlikler Freundlich ve Langmuir tarafından önerilmiştir (12, 22). Bu çalışmada, Freundlich ve Langmuir izotermine ait regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonucunda, gerek boya karışımları gerekse tekli boyalar için sorpsiyon verileri karşılıklı ilişkisinin en iyi olarak Langmuir izotermine olduğu gözlenmiştir. Boya karışımlarının ve tekli boyaların sorpsiyon izotermi Freundlich eşitliği ile de açıklanabilir. Porter & Perkins, direkt boyalar ile yaptıkları benzer çalışmalarda, izoterm şeklinin Freundlich ve Langmuir izotermine uyduğunu, ama tekstil substratı üzerinde olay monomoleküler seviyede gerçekleştiğinde, teorisinin sonucunda Langmuir modeline daha uygun olduğunu belirtmişlerdir (21).

Neale & Stringfellow, benzer bir şekilde *Chryphenine G* ve *Skyblue 6B* karışımlarında *Skyblue 6B* nin karışım halindeki sorpsiyonunun tek başına kullanıldığı zamanki sorpsiyonundan daha az çıktığını gözlemlemişlerdir (69).

- Kullanılabilir yüzeyler için boyaların yarışması
- Sorplanan boya molekülünün yükünden dolayı elyaf yüzeyinde boyanın elektriksel itmesi
- Elyaf yüzeyi üzerinde bir boyanın diğerini çekme gücü
- Çözeltideki boya molekülleri arasında karşılıklı etkileşme

Genel Saptamalar

Freundlich adsorpsiyon izoterm denklemi

$$C_a = k \cdot C_d^{1/n}$$

ve bunun doğrusal hali ise

$$\log C_a = \log k + 1/n \log C_d$$

şeklindedir. Langmuir adsorpsiyon izoterm denklemi

$$C_a = V_m \cdot b \cdot C_d / (1 + b \cdot C_d)$$

ve bunun doğrusal hali ise

$$C_a / C_d = b \cdot V_m - b \cdot C_a$$

şeklindedir. Langmuir denklemindeki V_m -terimi k 'ya ve b -terimi ise n 'ye karşılık olmaktadır(59). V_m sabiti, adsorplayıcının adsorplama kapasitesi ile ilgilidir. Bu çalışmada tek tip elyaf kullanılmıştır. b sabiti ise adsorplananın düşük konsantrasyonlarda adsorplama yeteneği ile ilgilidir.

Regresyon, değişkenlerden birinin durumunu bilerek diğerini tahmin etmedir. R^2 ; 1'e ne kadar yakınsa, sonuçlar o kadar sağlıklıdır. Grafik VII.24'de görüldüğü gibi, noktaların, çizginin altında ve üstünde düzgün dağılımı sonucu R^2 değeri daha büyük çıkmıştır. Grafik VII.25'de ise, durum böyle değildir. Dolayısıyla, KMS izotermine Langmuir izotermine daha uygun olduğunu R^2 değerlerinin yüksek çıkmasından ve noktaların düzgün dağılımından anlayabiliriz. Aynı durum Freundlich izotermine k ve n sabitleri için de geçerlidir.

Boyarmadde sanayiinde tekli renk olarak mavi, sarı, kırmızı kullanılır. Diğer renkler bunların ikili ve üçlü karışımları sonucu elde edilir. Bu çalışmada, piyasada kullanılabilecek

çok sayıda renk, üç temel renkten yola çıkılarak elde edilmiştir. Bu da piyasa verimliliğini geliştirmede fayda sağlar.

Bu çalışmada, ağırlıklı olarak boya karışımlarıyla boyama amaçlanmış ve Lambert-Beer yasasından türetilerek elde edilen ikili ve üçlü karışımlar için ikili ve üçlü denklem sisteminin ortak çözülmesiyle izoterm verileri elde edilmiştir. Bu yöntem boyalardan birinin maksimum absorpsiyon yaptığı bölgede diğerlerinin de kısmen absorpsiyon yaptığı durumlarda kullanılmıştır. Anılan yöntemin boya karışımlarına uygulanmasında doyurucu ve yorumlanabilir sonuçlara ulaşıldığı anlaşılmıştır.

Tekstil sanayisinde reaktif boyalarla boyama bazik koşullarda ya çektirme yöntemi ile ya da 363 K veya 353 K sabit bir sıcaklıkta yapılmaktadır (64). Bu bilgilerden yararlanılarak adsorpsiyon izotermi elde edildi. Grafik VIII.1-VIII.13'de görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça adsorpsiyon azalmaktadır. Bu da, muhtemelen adsorpsiyonun fiziksel kuvvetlerle gerçekleştiğini gösterir. Çünkü fizisorpsiyonda sıcaklık arttıkça adsorpsiyon azalmaktadır.

Tekli Boyama

Tekli boyamalarda en iyi sonuç 343 K ve pH=10,5'de elde edildi (Grafik VII.1-VII.3). Kırmızı boyanın mavi ve sarı boyaya göre daha iyi adsorplandığı, Grafik VII.4'de görülmektedir. Kırmızı, mavi ve sarı boyanın ise Langmuir izotermine uyduğu, doğrusal grafiklerin R^2 değerlerinden anlaşılmaktadır. Hem düşük hem de yüksek konsantrasyonlarda kırmızı boya, mavi ve sarı boyalara göre daha iyi adsorplama yeteneğine sahiptir (Tablo VII.37-VII.38). Yüksek pH'larda adsorpsiyonun daha iyi çıkması, boyadaki hidroksil ve imino gibi fonksiyonel grupların dissosiyasyon olmasından kaynaklanır. Daha önceki araştırmacılar, pH=10,5 üzerinde yapmış oldukları adsorpsiyon çalışmalarında, adsorpsiyonun daha az olduğunu bulmuşlardır. Bunun da sellüloz üzerindeki hidroksil gruplarının dissosiyasyon olmasından kaynaklandığı sonucuna varmışlardır (14). Sıcaklık düştükçe adsorpsiyon artmaktadır. Klančnik; 50-80°C'de monoklorotriazinil reaktif boyasının alkali hidroliz ve metanoliz reaksiyon kinetiğini incelemiş ve bu reaksiyonlara ait hız sabitlerini belirlemiştir. Sıcaklığı 10 °C arttırarak yaptıkları deneylerde; metanoliz reaksiyon hızının hidroliz reaksiyonundan 6-13 kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Sıcaklık arttıkça hidrolize karşı metanoliz hız sabitleri oranının azaldığını ve bundan dolayı reaktif boyanın düşük

sıcaklıklarda selülozik elyafa ilgisinin daha fazla olacağı sonucuna varmıştır (11). Ortama NaCl eklenerek boyama yapılmıştır. Bunun nedeni; tuz ilavesiyle, sulu ortamda boya agregasyonunun arttırarak boyanın elyaf yüzeyine yaklaşması sağlanmıştır.

İkili Boyama

Kırmızı boyanın mavi ve sarı boyaya göre daha çok adsorplanma yeteneğine sahip olduğu, Grafik VII.5- VII.10 'da görülmektedir. Bunun nedeni, boya banyosu çözeltisindeki boyalar arası etkileşme, bir boyanın diğer boya molekülleri arasındaki elektriksel itmesi ve uygun yüzeyler için reaktif boyaların yarışması olabilir.

Üçlü Boyama

Üçlü boya karışımındaki (M: mavi, S: sarı, K: kırmızı) boya davranışının, ikili boya karışımındaki boya davranışına benzediği gözlenmiştir (Grafik VIII.11-VIII.13). Üçlü karışımlardan elde edilen veriler Langmuir izoterm şekline uymaktadır. Kırmızı boya, ikili karışımlarda olduğu gibi, daha iyi adsorplanma yeteneğine sahiptir. Bunu takiben mavi, sonra da sarı gelmektedir. Bunun nedeni, boya banyosu çözeltisindeki boyalar arası etkileşme, bir boyanın diğer boya molekülleri arasındaki elektriksel itmesi ve uygun yüzeyler için boya moleküllerinin yarışması olabilir.

Mavi, Kırmızı ve Sarı Boya ile Tekli, İkili ve Üçlü Boyama

Kırmızı, mavi ve sarı boyanın karışım halindeki sorpsiyonunun tek başına kullanıldığı zamanki sorpsiyonundan daha az çıktığı görülmüştür (Grafik VIII.14- VIII.22). Bunun nedeni, uygun yüzeyde boyaların adsorpsiyonu için reaktif boyaların yarışması, çözeltideki boya molekülleri arasındaki etkileşme ve elektriksel itmeye bağlı olarak bir boyanın diğer boya ya da boyalar tarafından bloklanması olabilir.

Mikrodalgada Boyama

Mikrodalgada yapılan boyama çalışmasından elde edilen adsorpsiyon izotermi çok düşük çıkmıştır (Grafik VII.23). Bunun nedeni mikrodalgada ısıtmanın, kısa sürede çok yüksek sıcaklığa gelmesinden kaynaklanmaktadır. Adsorpsiyon ise düşük sıcaklıklarda daha iyi sonuç vermiştir.

V_m ve b Değerleri

V_m değerleri sıcaklığa bağlı değildir ve aynı pH'lardaki boyamalara bakıldığında birbiriyle oldukça tutarlıdır. Örneğin pH=10,5'de tekli kırmızı boyamaya ait V_m değerleri ortalama 2,0'dır (Tablo VII.37-VII.48). b sabiti ise boyama hızına karşılık gelir: $b=k_a/k_d$. b sabiti tekli boyamalar için sırasıyla K>M>S şeklindedir.

k_a Değerleri

Boyama adsorpsiyon hız sabitleri hem tekli hemde karışım halinde boya konsantrasyonu arttıkça azalmaktadır (Tablo VII.49-VII.60) (Grafik VII.26). Agregasyon partikül boyutu arttıkça artar ve dolayısıyla boyanın elyafa diffüzyonunu azaltır. Yüksek sıcaklıklarda da aynı olay geçerlidir.

k_d Değerleri

Çözeltideki boya konsantrasyonuna bağlı olmadığı gözlenmiştir. Adsorpsiyon hız sabiti ile doğru orantılıdır.

Adsorpsiyon Serbest Entalpisi

Tekli ve karışım halindeki boyamalara ait entalpi değerleri eksi çıkmıştır. Bu sonuç, sabit sıcaklıkta adsorpsiyonun kendiliğinden gerçekleştiğini gösterir.

Adsorpsiyon Entropisi

Adsorpsiyon entropisi eksi çıkmıştır. Bu sonuç, düzensiz olarak çözeltide bulunan boya moleküllerinin elyaf yüzeyinde daha düzenli hale geldiğinin bir göstergesidir.

Adsorpsiyon Entalpisi

Adsorpsiyon entalpisinin eksi çıkması adsorpsiyon olayının daima ısı veren yani ekzotermik olduğunu göstermektedir. Adsorpsiyon ısı katı yüzeyindeki doymamış kuvvetlerle adsorplanan tanecikler arasındaki etkileşimlerin bir göstergesidir. Bağ kuvveti arttıkça adsorplananın bir molü başına açığa çıkan ısı artar. Tekli boyamalara ait adsorpsiyon entalpi değerleri karışım halindeki boyamalara göre daha büyüktür. Bu sonuç bize tekli boyamaların elyaf yüzeyinde daha iyi bağlandığını ifade eder.

KAYNAKLAR

1. BAŞER, İ., İNANICI, Y., "Boyarmadde Kimyası", Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümü, İstanbul, (1992).
2. AYDIN, A. H., "Bitkisel Boyarmadde Çözeltileriyle Yün ve İpeğin Boyanması ve Boyamada Adsorpsiyon İzotermelerinin İncelenmesi", Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, (1995).
3. VEDNERE, S. et al., *Colourage*, 37(20), 48-49, (1990).
4. KOYUNCU, I., *Desalination*, 143, 243-253, (2002).
5. KONGKACHUICHAY, P., SHITANGKON, A., CHINWONGAMORN, N., *Dyes and Pigments*, 53, 179-185, (2002).
6. PHILLIPS, D., TAYLOR, J., PASHA, K., *Dyes and Pigments*, 51, 145-152, (2001).
7. HO, Y., CHIANG, C., HSU, Y., *Separation Science and Technology*, 36(11), 2473-2488, (2001).
8. KUAN, W., LO, S., CHANG, C., WANG, M., *Chemosphere*, 41, 1741-1747, (2000).
9. SIMONČIČ, B., ŠPAN, J., *Dyes and Pigments*, 46, 1-8, (2000).
10. HIHARA, T., OKADA, Y., MORITA, Z., *Dyes and Pigments*, 45, 131-143, (2000).
11. KLANČNIK, M., *Dyes and Pigments*, 46, 9-15, (2000).
12. BURKINSHAW, S. M., MIGNANELLI, M., FROEHLING, P. E., BIDE, M. J., *Dyes and Pigments*, 47, 259-267, (2000).
13. WHITING, A., HAMLIN, J. D., PHILLIPS, D. A. S., *Dyes and Pigments*, 41, 137-142, (1999).
14. MORITA, Z., BAE, S., MOTUMARA, H., *Dyes and Pigments*, 36(1), 61-67, (1998).
15. COMPTON, R. G., TAM, K. Y., SMITH, E. R., BOOTH, J., *Journal of Colloid and Interface Science*, 186, 387-398, (1997).
16. COMPTON, R.G., *Journal of Applied Electrochemistry*, 20, 793-797, (1990).

17. COMPTON, R. G., GOODING, J. J., *Journal of Colloid and Interface Science*, 180, 605-613, (1996).
18. ZAMORA, P., KUNZ, A., NAGATA, N., POPPI, R., *Talanta*, 47, 77-84, (1998).
19. BERKSTRESSER, G., SNYDER, W., SMITH, B., BECK, K., *Textile Research Journal*, 67(8), 571-579, (1997).
20. PORTER, J. J., *Textile Chemist and Colorist*, 25(2), 27, (1993).
21. PORTER, J. J., PERKINS, S. W., LIMB, *Textile Research Journal*, 40, 704, (1970).
22. BAIRATHI, A., *Textile Chemist and Colorist*, 25(12), 41-46, (1993).
23. IYER, S. R., SRINIVASAN, G., BADDI, N. T., *Textile Research Journal*, 38, 693-711, (1968).
24. TEMİZSOYLU, N., "Renk ve Resimde Kullanımı", İstanbul, (1987).
25. TEZ, Z., "Renkler Nasıl Oluşuyor? ", *Cumhuriyet Bilim Teknik*, 103, 15, (1989).
26. SÖNMEZ, H. Y., "Sığır Kuyruğu (*Verbascum*) ve Alkana (*Arnebia densiflora*) Özütlerinden Geçiş Metalleriyle Boya Kompleksleri Eldesi ve Bunların Yün Boyamacılığında Kullanılabilirliği", Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, (1992).
27. ÖZCAN, Y., "Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği", İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, (1978).
28. GÜNDÜZ, T., "Enstrümental Analiz", Bilge Yayıncılık, Ankara, (1993).
29. FESSENDEN, R. J., FESSENDEN, J. S., "Organik Chemistry", University of Montana, California, (1990).
30. PARRAMON, J. M., "Resimdeki Renk ve Uygulanışı", Çev.: N. Yılmaz, İstanbul, (1991).
31. CROSLAND, M. P., "Kimya Dili Üzerine Tarihsel Gelişmeler", Çev.: Z. Tez, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, (2000).
32. OTHMER, K., "Encyclopedia of Chemical Technology", 2nd Ed., Vol. VII, Interscience Publ., John Wiley and Sons, New York, (1967).

33. TEZ, Z., "Antikaçağının Renk Dünyası", Bilim Tarihi, 12, 12-21, (1992).
34. ÇİFTÇİ, A., ÇİFTÇİ, M. F., "Pamuk Basmacılığı", KMO Yay., No: 7, (1975).
35. TEZ, Z., "Bilimde ve Sanayide Kimya Tarihi", Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, (2000).
36. ABUT, A., "Türkiye'de Kimya Sanayii II. Semineri", TMMOB-KMO, İstanbul Şubesi, 401, (1969).
37. W. Haynes, "This Chemical Age (The Miracle of Man-Made Materials)", Secker and Warburg, London, (1946).
38. E. Dölen, "Tekstil Tarihi: Dünya'da ve Türkiye'de Tekstil Teknolojisinin ve Sanayiinin Tarihsel Gelişimi", Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fak. Yay., No.92/1, İstanbul, (1992).
39. W. H. Brock, "The Fontana History of Chemistry", Fontana Press, London, (1992).
40. P. J. T. Morris, W. A. Campbell, H. L. Roberts (eds.), "Milestones in 150 Years of the Chemical Industry", The Royal Society of Chemistry, Bristol, (1991).
41. TEZ, Z., " Kimya Sanayii Tarihideki Kilometre Taşları ", Bilim Tarihi, 30, 25-30,(2000).
42. S. F. Mason, " A History of the Sciences ", Collier Books, Macmillan Publ., New York, (1962).
43. N. R. Korur, "Türkiyede Nebati Boyalar", Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü Yayını, No:41, Ankara (1937).
44. Ö. Tolunay, A. Ceylan, S. Aslanoğlu, "50. Yıl Sanayi Kongresi, 3/8 Eylül 1973. Tebliğler ve Tartışmalar", TMMOb-KMO, Ankara, s:115.
45. D. Sver, M. Cetina and B. Bach-Dragutinoviae, "Elimination of Textile Dyestuffs from Water Solutions by means of Isothermal Adsorption at 25 °C", Tekstil, 40, 4, 157-161, 1991.
46. G.T. Austin, "Shreve's Chemical Process Industries", 5. Edition, McGraw-Hill Book Company; New York, St Louis, San Francisco, Auckland, Bogota, Hamburg, London, Madrid, Mexico, Montreal, New Delhi, Panama, Paris, Sao Paulo, Singapore, Sydney, Tokyo, Toronto (1984).

47. F. Parlak, "Selülozik Elyafın Boyanmasında Kullanılan Reaktif Boyalar ve Boyama Mekanizmaları", Gemesan Teknik Bülten, Sayı:17, İstanbul, (Ekim-Aralık 1995).
48. J.M. Smith, "Chemical Engineering Kinetics", 2nd Ed., Mc Graw-Hill Comp., N.Y. London (1970).
49. E.A. Hauser, "Colloidal Phenomena", Mc Graw-Hill Comp., N.Y. London (1939).
50. F.E. Bernardin, "Chemical Engineering Deskbook Issue", Oct. 18, 77, 1976.
51. J.J. Kipling, "Adsorption from Solutions of Non-Electrolytes", Academic Press, N.Y. London (1965).
52. C.H. Giles, J.J. Greczek and S.M. Makhawa, J. Chem. Soc., 93, 1961.
53. C.H. Giles, Trans. Faraday Soc., 62, 1963, 1966.
54. C.H. Giles, T.H. MacEwan, S.M. Nakhwa and D. Smith, "Studies in Adsorption. Part IV. A System of Classification of Solution Adsorption Isotherms and its Use in Diagnosis of Adsorption Mechanisms and in Measurement of Specific Surface Areas of Solids", J. Chem. Soc., 3, 3973, 1960.
55. Y. Sarıkaya, "Fizikokimya", 1. Gazi Büro Kitapevi, Ankara (1993).
56. Z. Tez, "Çeşitli Yerli Kil Örneklerinin Adsorpsiyon Yetenekleri", Doktora Tezi, A.Ü.F.F., Ankara (1977).
57. S. Brunauer, "The Adsorption of Gases and Vapors", Vol.1, Oxford University Press, London (1942).
58. K.E. Noll, V. Gounaris and Wain-Sun Hou, "Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control", Lewis Publishers, Inc., USA (1992).
59. F. Güzel, "Fındık ve Badem Kabuklarından Çeşitli Hazırlama Koşullarında Aktif Karbon Üretimi ve Bunların Adsorpsiyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır (1991).
60. İ. Uzun, "Aktif Karbonla Sulu Çözeltilerden Bazı Ağır Metallerin Adsorpsiyon Kinetiği ile İzotermelerinin İncelenmesi ve Diğer Bazı Adsorplayıcıları ile Yüzde Adsorpsiyon Sonuçlarının Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır (1997).
61. S. Yıldız, "Fizikokimya I", 1. Baskı, Bizim Büro Basımevi, Konya (1995).
62. BAŞER, İ., "Elyaf Bilgisi", Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümü, İstanbul, (1992).
63. ANIŞ, P., "Tekstil Ön Terbiyesi", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, ALFA Yayımevi, No:458, İstanbul, (1998).
64. ALAR, M. S., "Reaktif Boyama Teknikleri ve Boyama Sonrası Kalite-Kontrol Testleri", İ.T.Ü. Kimya ve Metalurji Fakültesi, Bitirme Ödevi, İstanbul, (1999).

65. PERRIN, D. D., DEMPSEY, B., "Buffers for pH and Metal Ion Control", Champan and Hall Ltd., London, 1979.
66. SKOOG, D., HOLLER, F. J., NIEMAN, "Enstrümantal Analiz",T., Çev.: E. Kılıç, F. Köseoğlu, H. Yılmaz, Bilim Yayıncılık, Ankara, (1997). SKOOG, D., HOLLER, F. J., NIEMAN, "Enstrümantal Analiz",T., Çev.: E. Kılıç, F. Köseoğlu, H. Yılmaz, Bilim Yayıncılık, Ankara, (1997).
67. YANG, Y., LI, S., Textile Chemist and Colorist&American Dyestuff Reporter, 32(3), 38-45, (2000).
68. VICKERSTAFF, T., "The Physical chemistry of Dyeing", interscience Publishers, New York, 97-242, (1954).
69. TROTMAN, E. R., "Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibers", Wiley Interscience, New York, 353, (1984).



Tablo, Grafik, Şekil ve Resim Listesi

Tablo II.1 Cismin beyaz ışıktan absorpladığı ışığın dalga boyu ile cismin görünen rengi.....	9
Tablo IV.1 Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon arasında temel karşılaştırma kriterleri.....	39
Tablo V.1 Olgun ve olgun olmayan pamuğun bileşimi.....	50
Tablo VII.1 pH=6,8'de Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	63
Tablo VII.2 pH=9,0'da Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	63
Tablo VII.3 pH=10,5'deki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	64
Tablo VII.4 pH=6,8'de Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	64
Tablo VII.5 pH=9,0'da Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	64
Tablo VII.6 pH=10,5'deki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	65
Tablo VII.7 pH=6,8'deki Sarı Boyaya ilişkin adsorpsiyon verileri.....	65
Tablo VII.8 pH=9,0'daki Sarı boyaya ilişkin adsorpsiyon verileri.....	65
Tablo VII.9 pH=10,5'deki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	66
Tablo VII.10 pH=6,8'deki KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	66
Tablo VII.11 pH=9,0'daki KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	66
Tablo VII.12 pH=10,5'deki KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	67
Tablo VII.13 pH=6,8'deki KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	67
Tablo VII.14 pH=9,0'daki KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	67
Tablo VII.15 pH=10,5'deki KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	68
Tablo VII.16 pH=6,8'deki MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	68
Tablo VII.17 pH=9,0'daki MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	68
Tablo VII.18 pH=10,5'deki MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	69
Tablo VII.19 pH=6,8'deki MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	69
Tablo VII.20 pH=9,0'daki MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	69
Tablo VII.21 pH=10,5'deki MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	70
Tablo VII.22 pH=6,8'deki SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	70
Tablo VII.23 pH=9,0'daki SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	70
Tablo VII.24 pH=10,5'deki SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	71
Tablo VII.25 pH=6,8'deki SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	71
Tablo VII.26 pH=9,0'daki SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	71
Tablo VII.27 pH=10,5'deki SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	72
Tablo VII.28 pH=6,8'deki KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	72
Tablo VII.29 pH=9,0'daki KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	72
Tablo VII.30 pH=10,5'deki KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	73
Tablo VII.31 pH=6,8'deki MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	73
Tablo VII.32 pH=9,0'daki MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	73
Tablo VII.33 pH=10,5'deki MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	74
Tablo VII.34 pH=6,8'deki SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	74
Tablo VII.35 pH=9,0'daki SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	74
Tablo VII.36 pH=10,5'deki SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Adsorpsiyon Verileri.....	75
Tablo VII.37 Kırmızı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	75
Tablo VII.38 Mavi Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	75
Tablo VII.39 Sarı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	76
Tablo VII.40 KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyanın İkili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	76
Tablo VII.41 KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyanın İkili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	76
Tablo VII.42 MK İkili Karışımdaki Mavi Boyanın İkili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	77
Tablo VII.43 MS İkili Karışımdaki Mavi Boyanın İkili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	77
Tablo VII.44 SK İkili Karışımdaki Sarı Boyanın İkili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	77
Tablo VII.45 SM İkili Karışımdaki Sarı Boyanın İkili Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	78
Tablo VII.46 KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyanın Üçlü Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	78
Tablo VII.47 MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyanın Üçlü Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	78
Tablo VII.48 SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyanın Üçlü Boyamalara İlişkin Langmuir Sabitleri.....	79
Tablo VII.49 Kırmızı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin ka Hız Sabitleri.....	79
Tablo VII.50 Mavi Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin ka Hız Sabitleri.....	80
Tablo VII.51 Sarı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin ka Hız Sabitleri.....	80
Tablo VII.52 KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri.....	81
Tablo VII.53 KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri.....	81
Tablo VII.54 MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri.....	82
Tablo VII.55 MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri.....	82
Tablo VII.56 SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri.....	83

Tablo VII.57 SM İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri.....	83
Tablo VII.58 KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri.....	84
Tablo VII.59 MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri.....	84
Tablo VII.60 SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin ka Hız Sabitleri.....	85
Tablo VII.61 Kırmızı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin kd Hız Sabitleri.....	85
Tablo VII.62 Mavi Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin kd Hız Sabitleri.....	85
Tablo VII.63 Sarı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin kd Hız Sabitleri.....	85
Tablo VII.64 KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	86
Tablo VII.65 KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	86
Tablo VII.65 KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	86
Tablo VII.66 MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	86
Tablo VII.67 MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	86
Tablo VII.68 SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	86
Tablo VII.69 SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	87
Tablo VII.70 KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	87
Tablo VII.71 MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	87
Tablo VII.72 SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin kd Hız Sabitleri.....	87
Tablo VII.73 Kırmızı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Termodinamik Değerleri.....	88
Tablo VII.74 Mavi Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Termodinamik Değerleri.....	88
Tablo VII.75 Sarı Boyanın Tekli Boyamalara İlişkin Termodinamik Değerleri.....	88
Tablo VII.76 KS İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri.....	89
Tablo VII.77 KM İkili Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri.....	89
Tablo VII.78 MK İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri.....	89
Tablo VII.79 MS İkili Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri.....	90
Tablo VII.80 SK İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri.....	90
Tablo VII.81 SM İkili Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri.....	90
Tablo VII.82 KMS Üçlü Karışımdaki Kırmızı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri.....	90
Tablo VII.83 MSK Üçlü Karışımdaki Mavi Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri.....	91
Tablo VII.84 SKM Üçlü Karışımdaki Sarı Boyaya İlişkin Termodinamik Değerleri.....	91

Grafik VIII.1 Kırmızı boyanın tekli boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	90
Grafik VIII.2 Mavi boyanın tekli boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	91
Grafik VIII.3 Sarı boyanın tekli boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	92
Grafik VIII.4 pH=10,5' de tekli boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	93
Grafik VIII.5 Kırmızı boyanın KS'deki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	94
Grafik VIII.6 Kırmızı boyanın KM'deki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	95
Grafik VIII.7 Mavi boyanın MK'deki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	96
Grafik VIII.8 Mavi boyanın MS'deki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	97
Grafik VIII.9 Sarı boyanın SK'deki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	98
Grafik VIII.10 Sarı boyanın SM'deki ikili boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	99
Grafik VIII.11 Kırmızı boyanın KMS'deki üçlü boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	100
Grafik VIII.12 Mavi boyanın MSK'deki üçlü boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	101
Grafik VIII.13 Sarı boyanın SKM'deki üçlü boyamalara ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	102
Grafik VIII.14 Kırmızı Boyanın 343 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	103
Grafik VIII.15 Kırmızı Boyanın 353 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	104
Grafik VII.16 Kırmızı Boyanın 363 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	105
Grafik VII.17 Mavi Boyanın 343 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	106
Grafik VII.18 Mavi Boyanın 353 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	107
Grafik VII.19 Mavi Boyanın 363 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	108
Grafik VII.20 Sarı Boyanın 343 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	109
Grafik VII.21 Sarı Boyanın 353 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	110
Grafik VII.22 Sarı Boyanın 363 K'de tekli, ikili, üçlü karışımlarına ilişkin adsorpsiyon izotermi.....	111
Grafik VII.23 Kırmızı boyanın pH=10,5 ve mikrodalgada yapılan boyamalara ait adsorpsiyon izotermi.....	112
Grafik VII.24 pH=10,5 ve 343 K'de KMS'deki üçlü boyamalara ait Langmuir doğrusal izotermi.....	113
Grafik VII.25 pH=10,5 ve 343 K'de KMS'deki üçlü boyamalara ait Freundlich doğrusal izotermi.....	114
Grafik VII.26 Kırmızı boyanın ka hız sabitinin belirlenmesi.....	115
Grafik VII.27 pH=10,5 ve 343 K'de ikili boyamalara ait ka hız sabiti değişimi.....	116
Grafik VII.28 pH=10,5'da tekli Sarı boyamalara ait adsorpsiyon termodinamiği.....	117

Şekil II.1. Elektromanyetik spektrum.....	8
Şekil II.2. Moleküller elektronik enerji seviyeleri ve izinli geçişler.....	13

Şekil II.1. Elektromanyetik spektrum.....	8
Şekil II.2. Moleküller elektronik enerji seviyeleri ve izinli geçişler.....	13
Şekil II.3. Işık soğurma üzerine çözücü etkisi.....	14
Şekil III.1 Boyarmadde Molekülü.....	16
Şekil III.2 İzotoik anhidrit kalıntısını içeren bileşik.....	29
Şekil III.6 Dichloro-s-triazinylamino bileşiği eldesi.....	30
Şekil III.7 Reaktif boyanın nükleofilik reaksiyonu.....	31
Şekil VIII.2 Giles izoterm sınıflandırması.....	35
Şekil VIII.3 Adsorpsiyon izotermelerinin 6 karakteristik tipi.....	43
Şekil VI.1 Boyamanın yapıldığı reaktör sistemi.....	55
Şekil VI.2 Mikrodalga fırın.....	55
Şekil VII.1 C. I. Reactive Red 141'in absorpsiyon spektrumu.....	60
Şekil VII.2 C. I. Reactive Blue 160'in absorpsiyon spektrumu ($\lambda_{max}=617$ nm).....	60
Şekil VII.3 C. I. Reactive Yellow 84'ün absorpsiyon spektrumu($\lambda_{max}=410$ nm).....	61
Şekil VIII.4 C. I. Reactive Red 141, C. I. Reactive Yellow 84, C. I. Reactive Blue 160 absorpsiyon spektrumlarının bir arada gösterimleri.....	61
Şekil VIII.5 C. I. Reactive Red 141'in pH=10,5'deki kalibrasyon eğrisi.....	62
Şekil VIII.1 Reaktif boyanın pamuk elyaf ile reaksiyonu.....	125
Resim 1 C.I. Reactive Red 141 ile boyanmış pamuk elyaflar.....	118
Resim 2 C.I. Reactive Blue 160 ile boyanmış pamuk elyaflar.....	119
Resim 3 C.I. Reactive Yellow 84 ile boyanmış pamuk elyaflar.....	120
Resim 4 C.I. Reactive Red 141 & C.I. Reactive Blue 160 ile boyanmış pamuk elyaflar.....	121
Resim 5 C.I. Reactive Red 141 & C.I. Reactive Yellow 84 ile boyanmış pamuk elyaflar.....	122
Resim 6 C.I. Reactive Blue & C.I. Reactive Yellow 84 ile boyanmış pamuk elyaflar.....	123
Resim 7 C.I. Reactive Red 141 & C.I. Reactive Blue & C.I. Reactive Yellow 84 ile boyanmış pamuk elyaflar.....	124

Özgeçmiş

1972 Afyon doğumluyum. İlkokulu Gümüşhane'de, ortaöğrenimimi Erzincan'da tamamladım.

1995 yılında Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden mezun oldum.

1995-1996 öğretim yılında Hakkari'de öğretmenlik yaptım.

1996 yılında Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladım.

1998 Pamuk Elyafi Üzerinde Çeşitli Direkt Boyaların (*Direct Red 80*, *Direct Yellow 50* ve *Direct Blue 79*) ve Bunların İkili ve Üçlü Karışımlarının Sorpsiyonunun İncelenmesi isimli çalışmamı Prof. Dr. Zeki TEZ danışmanlığında tamamladım.

1999 Prof. Dr. Zeki TEZ danışmanlığında aynı enstitüde Doktora öğrenimine başladım.

2002 Prof Dr. Bahattin GÜMGÜM danışmanlığında Doktora öğrenimine devam ettim.

2003 Halen Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde Araştırma görevlisi olarak çalışmaktayım.

14.05.2003

Elif ŞAHİN IŞGIN