

## ASİT BROWN 349 BOYAR MADDESİNİN FENTON OKSİDASYON YÖNTEMİYLE GİDERİMİ R1

Macit NURBAŞ<sup>1\*</sup>, Tüba BERBEROĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 26480 Eskişehir, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-1953-6038>

<sup>2</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 26480 Eskişehir, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-0020-0507>

DOI : <http://dx.doi.org/10.31796/ogummf.562360>

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Fenton Oksidasyon Prosesi, Tekstil Atıksuyu, Boyar Madde Giderimi, Asit Brown 349, Renk Giderimi</i>	<i>Tekstil endüstrisinde; Azo sınıfı Asit Brown 349 (AB 349) boyar maddesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, boyar maddenin çevreye olabilecek olumsuz etkilerini en aza indirmek için kesikli Fenton oksidasyon prosesi uygulanmıştır. Bu oksidasyon prosesinde boyar madde giderimi üzerine; başlatıcı derişimi olarak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (C<sub>p</sub>), katalizör derişimi olarak Fe<sup>2+</sup> (C<sub>f</sub>), AB 349 boyar madde başlangıç derişimi (C<sub>o</sub>), çözelti pH'si, çözelti sıcaklığı ve karıştırma hızı gibi parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Optimum koşul; pH=2, C<sub>p</sub> = 1 mM, C<sub>f</sub> = 0,1 mM, sıcaklık 30 °C, karıştırma hızı 250 rpm ve C<sub>o</sub> = 0,12 mM olarak spektrofotometrik yöntemle analiz edilmiştir. Oksidasyon prosesinde optimum koşulda Asit Brown 349 boyar madde giderimi %99,50 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, Fenton oksidasyon prosesinin tekstil atıksularında boyar madde giderimi için etkili bir proses olduğu gözlenmiştir.</i>

### REMOVAL OF ACID BROWN 349 DYESTUFF WITH FENTON OXIDATION METHOD

Keywords	Abstract
<i>Fenton Oxidation Process, Textile Wastewater, Dyestuff Removal, Acid Brown 349, Color Removal</i>	<i>Acid Brown 349 (AB 349) dyestuff from Azo group is widely used in textile industry. In this study, batch Fenton oxidation process was applied to minimize the negative effects of dyes on the environment. In this oxidation process, the effects of parameters such as H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (C<sub>p</sub>) as initiator concentration, Fe<sup>2+</sup> (C<sub>f</sub>) as catalyst concentration, AB 349 dye initial concentration (C<sub>o</sub>), solution pH, solution temperature and mixing speed were investigated. Optimum condition, pH = 2; C<sub>p</sub> = 1 mM; C<sub>f</sub> = 0.1 mM; temperature 30 °C; the mixing speed as 250 rpm and C<sub>o</sub> = 0.12 mM were analyzed by spectrophotometric method. Acid Brown 349 dyestuff removal efficiency was found to be 99.50% in optimum condition in oxidation process. According to the results, it was observed that Fenton oxidation process is an effective process for dye removal in textile wastewater.</i>

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 09.05.2019	Submission Date : 09.05.2019
Kabul Tarihi : 28.10.2019	Accepted Date : 28.10.2019

#### 1. Giriş

Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme sonucu atıksu miktarı gittikçe artmakta ve çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir. Bu endüstrilerden biri olan tekstil endüstrisinin gelişmesi sonucunda, görsel taleplere cevap verebilmek için boyar madde çeşidi ve tüketimi hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak da boyar madde içeren atıksu miktarı ve problemi giderek çoğalmaktadır (Kocaer ve Alkan, 2002).

Tekstil endüstrisi atıksuları, depolama alanlarına deşarj edildiğinde organik yük olarak tanımlanan boyar madde kirliliğine sebebiyet vermektedir. Boyar madde kirliliği atıksularda ışık geçirgenliğini önleyerek canlıların ekosistemini bozmakta ve yaşamlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple, tekstil endüstrisi atıksularının arıtılmasının yanı sıra boyar madde esaslı renklerin de giderilmesi gerekmektedir.

\* Sorumlu yazar; e-posta: [mnurbas@ogu.edu.tr](mailto:mnurbas@ogu.edu.tr)

Asidik şartlarda yani pH 2-6 aralığında yapılan boyama işlemlerinde kullanılan tekstil boyalarına, asit boyar maddesi denmektedir. Asit boyar maddelerin kimyasal yapısı çoğunlukla azo grubu içermektedir. Asit boyar maddeler, bir veya daha fazla sülfonik veya karboksilik asit tuzu fonksiyonel grupları içerirler. Bu fonksiyonel gruplar suda çözünürlük sağlarlar. Asit boyar maddeleri ucuz ve kolay uygulanabilir olması sebebiyle endüstride tercih edilmektedir (Aygün, 2012).

Atıksularda toksik özellikte organik maddelerin var olması durumunda, biyolojik prosesler görevlerini gerçekleştirememektedir. Bu tip atıksularda BOİ KOİ'den çok küçüktür ve bu sebeple biyolojik arıtım uygun değildir (Martinez, Fernandez, Segura ve Ferrer, 2003).

Literatürde boyar madde giderimine yönelik çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Kimyasal oksidasyon, adsorpsiyon, kimyasal koagülasyon, membran, iyon değişimi ve elektrokimyasal prosesleri gibi birçok proses boyar madde giderimi amacıyla araştırmalarda kullanılmıştır (Aygün, 2012).

İleri oksidasyon prosesleri, yüksek elektrokimyasal oksidasyon potansiyeline sahip hidroksil radikallerinin oluşumuna dayanmaktadır. Hidroksil radikalleri seçici değildir ve tüm organik maddeler ile reaksiyona girerler. Bu reaksiyon sonucunda, son ürün olarak CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O oluştururlar (Martinez ve diğ., 2003).

İleri oksidasyon prosesleri yaklaşık 100 yıl önce ortaya çıkan yeni arıtım yöntemleridir. Bu yöntemler klasik proseslerle giderilemeyen kirleticilerin varlığında kullanılarak serbest hidroksil radikalleri (OH·) meydana getirir. Oluşan OH· radikaller yüksek oksidasyon güçleri ile organik kirleticilerin parçalanmasında etkilidir. Bu ileri oksidasyon proseslerinin içinde Fenton reaksiyonu; maliyetinin düşük olması, Fe<sup>+2</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gibi reaktifleri ve uygulama yönteminin kolay olması nedeniyle ilgi çeken bir proses olmuştur (Samar, Bouasla ve İsmail, 2010).

Fenton metodu; toksisitenin azaltılmasında, organik kirliliklerin yıkımında, biyolojik ayrışma bilirliğin arttırılmasında, koku ve renk gideriminde etkili olarak kullanılmaktadır. Fenton oksidasyon proses metodunun gelecekte bütün boyalı atıksuların arıtımında etkili bir şekilde ve çevresel açıdan da güvenli olarak daha çok uygulanacağı tahmin edilmektedir. Bunun yanında, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, boyama proseslerinde ön arıtma reaktifi olarak da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu da Fenton oksidasyon yönteminin daha ekonomik olmasını sağlamaktadır. Tablo 1'de Fenton oksidasyon prosesinin diğer proseslere göre avantajları ve dezavantajları verilmektedir (Gönder, 2004).

Tablo 1.

Fenton oksidasyon Prosesinin Diğer Proseslere Göre Avantajları ve Dezavantajları

#### Avantajları

- İlk yatırım maliyetinin düşük olması
- Toksik ve dayanıklı bileşiklerin giderilmesi
- Düşük hidrolik bekleme süresi
- Kolay uygulanan bir proses olması
- Düşük çıkış KOİ değeri

#### Dezavantajları

- İlave kimyasal maliyeti
- Çamur oluşumu ve uzaklaştırma maliyeti
- Korozyon problemi
- Uygun kimyasal reaksiyon şartlarının sürdürülmesinin zor olması

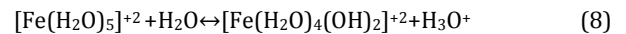
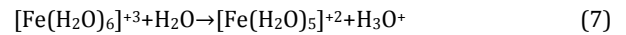
H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve Fe<sup>+2</sup> iyonları asidik ortamda daha kararlı olmasından dolayı, asidik koşullar altında, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve Fe<sup>+2</sup> iyonları organik madde içeren sulu bir sisteme eklenirse redoks tepkimeleri meydana gelir. Fenton oksidasyon prosesi asidik şartlar altında Fe<sup>+2</sup> iyonunun H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile reaksiyonuna dayanmaktadır. Bu reaksiyon sonucunda hidroksil radikalleri meydana gelmektedir (Gökkuş ve Çiner, 2010).



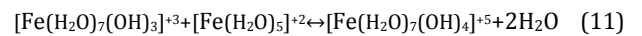
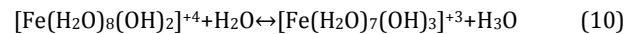
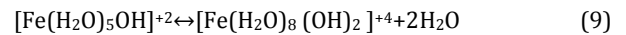
Fe<sup>+2</sup> iyonu, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in ayrışmasını başlatır; katalizör etkisiyle hidroksil radikalleri ortaya çıkar. Radikallerin oluşumu sulu çözeltilerde bir kompleks reaksiyon zinciri şeklindedir.



Oluşan ferrik iyonlar da hidrojen peroksiti kataliz ederek, su ve oksijene ayrıştırır. Demir iyonları ve radikaller de reaksiyonlarda oluşur. Fe<sup>+3</sup> iyonunun H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile reaksiyonu Fenton benzeri proses olarak adlandırılmaktadır (Neyens ve Baeyens, 2003).



pH 3 ve 7 arasında yukarıdaki kompleksler aşağıdaki komplekslere dönüşmektedir.



Bu tepkimelerin mekanizmaları çok karmaşıktır. Reaksiyon şartları ve kullanılan katalitik maddeye bağlı olarak farklılık gösterebilir. Fenton oksidasyon hızı iki önemli faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler;

Hidrojen peroksit dozu: Daha iyi oksidasyon verimi için  
Demir derişimi: Reaksiyon kinetiği açısından (Gökkuş, 2006).

Bu çalışmada, ileri oksidasyon proseslerinden Fenton oksidasyon prosesi kullanılmıştır. Bu proseste Asit Brown 349 (AB 349) azo boyar maddesi kullanılarak hazırlanan sulu çözeltilerde boyar madde giderimi üzerine etki eden parametreler optimizasyonu yapılmıştır.

## 2. Malzemeler ve Metodlar

Bu çalışmada, ileri oksidasyon prosesi olan Fenton oksidasyon prosesinin azo boyar maddeler gibi organik bileşikler ayırt etmeksizin oksitlenmeye sahip hidroksil radikali oluşturan prosesin boyar madde giderimindeki performansı belirlenmiştir. Atıksu derişiminin belirlenmesi spektrofotometrik analiz yöntemle gerçekleştirilmiştir.

Bursa Organize Sanayi Bölgesinde bulunan, Burboya boya fabrikasından alınan Asit Brown 349 (AB 349) adlı ticari kalitede boya kullanılmış ve 1 gram boyar madde 1 litre saf suda çözülerek stok boya çözeltisi hazırlanmıştır.

Fenton oksidasyon deneylerinde reaktif olarak kullanılan  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ve  $H_2O_2$  gibi bu maddeler Merck firmasından alınmıştır. Numunelerin pH değerlerini ayarlamak için  $H_2SO_4$  ve NaOH çözeltisi kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasal maddeler;

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (Merck),  $H_2O_2$  (Merck),  $H_2SO_4$  (Merck), NaOH (Merck), Asit Brown 349: MA = 798 g/mol (Burboya)

Fenton oksidasyon prosesi için yapılan deneyler kesikli sistemde aşağıda verildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

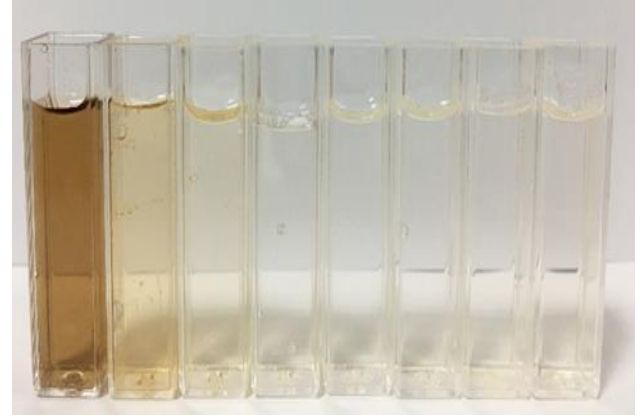
- Deneysel çalışmada kullanılan 250 ml'lik erlene; 1000 ml'lik boyar madde stok çözeltisinden (0,12 mM) 20 ml, 500 ml'lik  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  stok çözeltisinden (0.1 mM) 20 ml ve 500 ml  $H_2O_2$  stok çözeltisinden (1 mM) 10 ml ilave edilmiştir.
- AB 349 boyar madde sulu çözeltisinin pH' 1 NaOH ve  $H_2SO_4$  kullanılarak 2 değerine ayarlanmıştır.
- Boyar madde sulu çözeltisine  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ve  $H_2O_2$  ilave edilerek OH<sup>-</sup> radikallerinin oluşumu sağlanmıştır.
- Karıştırma hızı 250 rpm ve sıcaklık 30 °C olarak belirlenmiştir.

Reaksiyon süresince her 10 dakikada bir alınan numunelerin absorbans ölçümleri 440 nm dalga

boyunda Jenway 6105 UV- Visible spektrofotometre kullanılarak okunmuştur ve derişim değerleri hesaplanmıştır.

Çözelti: Stok çözeltisi kullanılarak farklı derişimlerde 50 ml'lik çözeltiler hazırlanarak oksidasyon çalışmaları yapılmıştır.

Kesikli sistemde Fenton oksidasyon prosesi ile yapılan deneysel çalışmalarda zamanla boyar madde giderimi Şekil 1'de verilmiştir.



t(dk): 0 5 10 20 30 40 50 60

Şekil 1. AB 349 Boyar Madde Gideriminin Zamanla Değişimi ( $C_0 = 0,12$  mM, Karıştırma hızı=250 rpm, pH=2,  $C_p = 1$  mM,  $C_f = 1$  mM, Sıcaklık=30°C)

Yapılan deneysel çalışmalarda tekstil boyar madde giderimi için Fenton oksidasyon prosesi kullanılmıştır. Bu proses de boyar madde giderimine etki eden faktörler olarak pH,  $C_f$ ,  $C_p$ ,  $C_0$ , sıcaklık ve karıştırma hızı gibi parametreler belirlenmiş ve bu parametrelerin optimum değerleri saptanmıştır.

*Optimizasyon çalışması:* Seçtiğimiz bir parametre hariç diğer parametreler sabit tutulmuştur ve seçilen parametre belirli aralıklarla değiştirilmiştir. En yüksek boyar madde giderim verimini veren değer optimum olarak belirlenmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Tekstil boyası olarak Asit Brown 349 kullanılmıştır. Absorbans kalibrasyonu için, stok çözeltisi kullanılarak AB 349 boyası içeren farklı derişimlerde çözeltiler hazırlanmıştır.

*AB 349 boyasının absorbans değerinin tayini:*  $C_0 = 0,12$  mM boyar madde çözeltisine 400-580 nm dalga boyları arasında okumalar yapılarak optimum dalga boyu 440 nm olarak bulunmuştur.

Tablo 2

## Boyar Madde Giderim Çalışması Üzerinde Etkili Parametrelerin Optimizasyonu

T (°C)	$\mu$	pH	$\mu$	$C_p$ (mM)	$\mu$
10	91,7	1,5	98,5	0,125	83,8
20	98,6	2	99,5	0,25	86,3
30	99,5	2,5	95,9	0,5	98,2
40	98,5	3	92,7	1	99,5
50	98,3	3,5	90,7	1,5	97,5
60	98,1	4	87,8	2	96,8

$C_i$ (mM)	$\mu$	$C_o$ (mM)	$\mu$	rpm	$\mu$
0,0125	97,4	0,1	98,9	100	96,4
0,025	98,3	0,12	99,5	200	97,8
0,05	98,2	0,14	98,2	250	99,2
0,1	99,5	0,16	97,9	300	98,3
0,2	98,2	0,18	97,8	400	97,8
0,4	91,7	0,2	97,3	500	97,3

Not:  $\mu$ — Boyar madde giderim verimi (%).

Kullanılan spektrofotometrik yöntemde, okunan absorbans değerinden derişim değerine geçebilmek için kalibrasyon doğrusu hazırlanmıştır. En iyi absorbans dalga boyu olan 440 nm değerinde AB 349 boyar maddesinin absorbans değerleri, hazırlanan farklı derişimlerdeki çözeltiler için ölçülmüş ve kalibrasyon doğrusu denklemi  $y=0,0938x$  olarak belirlenmiştir.

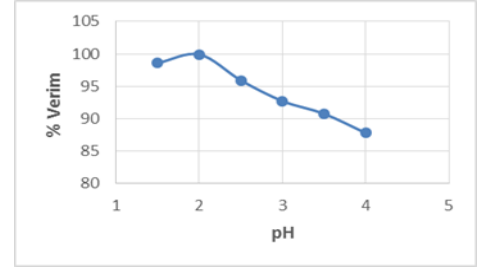
$$\text{Yüzde giderim ; \% Giderim} = \frac{(C_o - C)}{C_o} \times 100 \quad (12)$$

$C_o$  = Başlangıçtaki boyar madde derişimi (mM)

$C$  = t anında, çözeltideki boyar madde derişimleri (mM)

### 3.1. pH etkisi

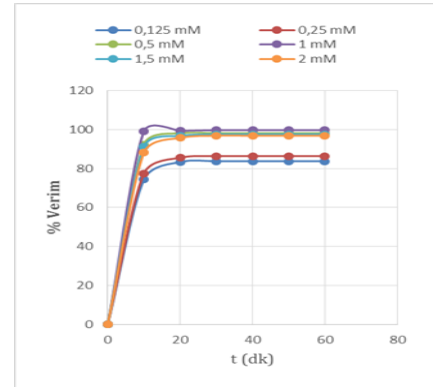
0,12 mM derişimindeki AB 349 boya çözeltilisinin Fenton oksidasyon prosesi ile arıtımı incelenmiştir. Optimum pH değerinin tayin edilebilmesi için pH 1,5 – 4 aralığında sabit  $C_f$  ve  $C_p$ ,  $C_o = 0,12$  mM, sıcaklık 30 °C ve karıştırma hızı 250 rpm'de numunelere Fenton oksidasyon prosesi uygulanmıştır. %99,5 boyar madde giderim verimi optimum pH=2 değerinde varılmıştır. Boyar madde giderim veriminin pH ile derişimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. AB 349 için Boyar Madde Giderimi-pH' a Bağlı Değişimi ( $C_o = 0,12$  mM, Sıcaklık=30 °C, Karıştırma hızı= 250 rpm,  $C_p = 1$  mM,  $C_f = 0,1$  mM)

### 3.2. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> derişiminin ( $C_p$ ) etkisi

Optimum  $C_p$ 'nin tayin edilebilmesi için, Tablo 2'de bulunan optimum pH değerinde proses verimine etki eden faktörler; sabit  $C_f = 0,1$  mM, pH = 2,  $C_o = 0,12$  mM, sıcaklık 30 °C ve karıştırma hızı 250 rpm'de numunelere Fenton oksidasyon prosesi uygulanmıştır. Optimum  $C_p$  tayin edilebilmesi için  $C_p$  0,125 mM'dan 2 mM'a kadar artırılmıştır. Boyar madde giderim veriminin  $C_p$  ile derişimi Şekil 3'te verilmiştir. Kararlı duruma 60 dakikalık reaksiyonun sonunda ulaşılmıştır. Kararlı duruma ulaşıldıktan sonra, boyar madde giderim veriminde derişiklik gözlenmemiştir.  $C_p$  arttıkça boyar madde gideriminin arttığı gözlemlenmiştir ve bu durum OH<sup>-</sup> radikallerinin artmasıyla yorumlanabilir.

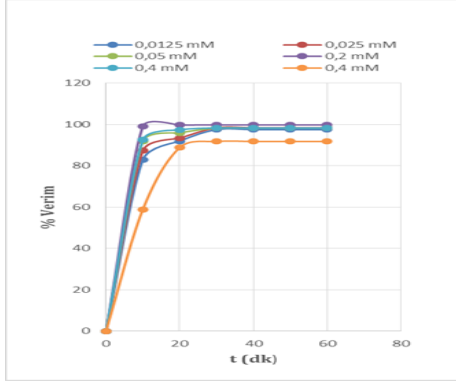


Şekil 3. AB 349 için Boyar Madde Giderimi -  $C_p$  Bağlı Değişimi ( $C_o = 0,12$  mM, pH=2,  $C_f = 0,1$  mM, Sıcaklık = 30 °C, Karıştırma hızı = 250 rpm)

### 3.3. Fe<sup>+2</sup> derişiminin ( $C_f$ ) etkisi

Optimum  $C_f$  tayin edilebilmesi için, proses verimine etki eden faktörler; sabit  $C_p = 1$  mM, pH = 2,  $C_o = 0,12$  mM, sıcaklık 30 °C ve karıştırma hızı 250 rpm'de numunelere Fenton oksidasyon prosesi uygulanmıştır. Optimum  $C_f$  tayin edilebilmesi  $C_f$  0,0125 mM'dan 4 mM'a kadar artırılmıştır. Boyar madde giderim veriminin  $C_f$  ile derişimi Şekil 4'de verilmiştir. 30 dakikalık reaksiyonun

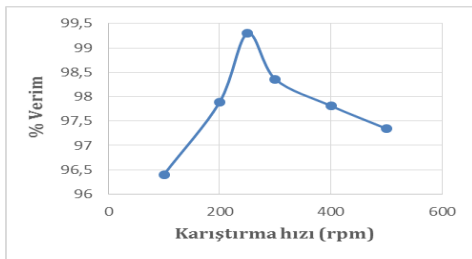
sonunda,  $C_f = 0,1$  mM da en yüksek verime ulaşılmıştır. 60 dakikalık reaksiyonun sonunda, boyar madde giderim veriminde değişiklik gözlenmemiştir.  $C_f$  arttıkça, boyar madde gideriminin arttığı gözlemlenmiştir ve bu durum OH<sup>-</sup> radikallerinin ortaya çıkması ile yorumlanabilir.



Şekil 4. AB 349 İçin Boyar Madde Giderimi -  $C_f$  Bağlı Değişimi ( $C_o = 0,12$  mM,  $C_p = 1$  mM, Karıştırma hızı = 250 rpm Sıcaklık = 30 °C, pH = 2)

### 3.4. Karıştırma hızının etkisi

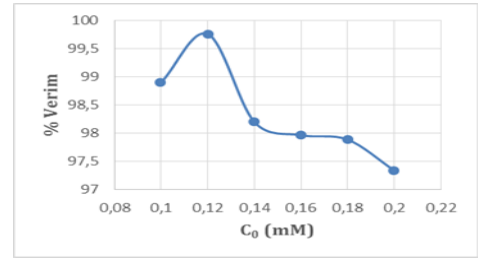
Optimum karıştırma hızının belirlenmesi için, proses verimine etki eden faktörler; sabit  $C_p = 1$  mM, sabit  $C_f = 0,1$  mM, pH = 2,  $C_o = 0,12$  mM, sıcaklık 30 °C'deki numunelere Fenton oksidasyon prosesi uygulanmıştır. Optimum karıştırma hızının tayin edilebilmesi için karıştırma hızının 100 rpm'den 500 rpm'ye kadar artırılmıştır. 30 dakikalık reaksiyon süresi boyunca, optimum 250 rpm'de karıştırma hızının maksimum boyar madde giderimi %99,2 olarak tayin edilmiştir. Boyar madde giderim veriminin karıştırma hızı ile değişimi Şekil 5'de verilmiştir. İdeal karıştırma hızından farklı karıştırma hızlarında HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve CO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonları oluşur (Samar, Bouasla ve İsmail, 2010). Oluşan iyonlar OH<sup>-</sup> radikallerine tutunurlar. OH<sup>-</sup> radikallerinin bitmesi ile boyar madde giderim verimi azalır.



Şekil 5. AB 349 İçin Boyar Madde Giderimi - Karıştırma Hızına Bağlı Değişimi ( $C_o = 0,12$  mM,  $C_p = 1$  mM,  $C_f = 0,1$  mM, Sıcaklık=30 °C, pH=2)

### 3.5. Boyar madde derişimi ( $C_o$ ) etkisi

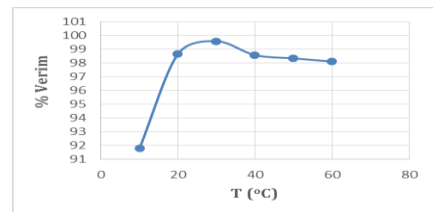
Optimum boyar madde derişiminin belirlenmesi için, proses verimine etki eden faktörler; sabit  $C_p = 1$  mM, sabit  $C_f = 0,1$  mM, pH = 2, karıştırma hızı 250 rpm, sıcaklık 30 °C'de ki numunelere Fenton oksidasyon prosesi uygulanmıştır. Optimum  $C_o$  tayin edilebilmesi için  $C_o$ , 0,1 mM' dan 0,2 mM' a kadar artırılmıştır. 60 dakikalık reaksiyon süresi boyunca optimum 0,12 mM'da boyar madde derişiminin maksimum boyar madde giderimi %99,5 olarak tayin edilmiştir. Boyar madde giderim veriminin  $C_o$  ile değişimi Şekil 6'da verilmiştir.  $C_o$  arttıkça, giderim veriminin azaldığı görülmüştür. Bunun nedeni, sabit  $C_p$  ve  $C_f$ 'de, yüksek boyar madde derişimi nedeniyle H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sona erer ve boyar madde giderim verimi azalır.



Şekil 6. AB 349 İçin Boyar Madde Giderimi -  $C_o$  Bağlı Değişimi ( $C_p = 1$  mM,  $C_f = 0,1$  mM, Karıştırma hızı = 250 rpm, Sıcaklık=30 °C, pH=2)

### 3.6. Sıcaklığın etkisi

Optimum sıcaklığın belirlenmesi için, optimum pH değerinde proses verimine etki eden faktörler; sabit  $C_p = 1$  mM, sabit  $C_f = 0,1$  mM, pH = 2 karıştırma hızı 250 rpm,  $C_o = 0,12$  mM'da ki numunelere Fenton oksidasyon prosesi uygulanmıştır. Optimum sıcaklığın tayin edilebilmesi için sıcaklığı 10°C'den 60°C'ye kadar artırılmıştır. 30 dakikalık reaksiyon boyunca optimum sıcaklık 30°C'de gözlemlenmiştir ve maksimum boyar madde giderimi %99,5 olarak tayin edilmiştir. Boyar madde giderim veriminin sıcaklık ile değişimi Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. AB 349 İçin Boyar Madde Giderimi - Sıcaklığa Bağlı Değişimi ( $C_o = 0,12$  mM, Karıştırma hızı = 250 rpm,  $C_p = 1$  mM, pH=2,  $C_f = 0,1$  mM)

#### 4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışma da AB 349 azo grubu boyasını içeren sulu çözelti hazırlanarak Fenton oksidasyon prosesi ile boyar madde gideriminin verimliliği incelenmiştir. Fenton oksidasyonun da etkili olan parametreler: Başlatıcı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> derişimi, katalizör Fe<sup>2+</sup> derişimi, çözelti pH'ı, başlangıç AB 349 derişimi, çözelti sıcaklığı ve karıştırma hızı gibi çeşitli parametrelerinin boyar madde giderimi üzerine etkileri incelenmiştir ve optimizasyon çalışması yapılmıştır. Sonuçlar; C<sub>f</sub> = 0,2 mM, C<sub>p</sub> = 1mM, sıcaklık 30 °C, pH 2, karıştırma hızı 250 rpm ve C<sub>0</sub> = 0,12 mM olarak belirlenmiş ve maksimum boyar madde giderim verimi %99,5 olarak bulunmuştur. AB 349 azo sınıfı boyar maddenin kesikli Fenton oksidasyon prosesi ile boyar madde giderimi laboratuvar ortamında incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, çalışmalarımızın devamında sürekli bir sistem de kullanılacaktır. Endüstride kullanılan atıksuyun kapasitesine bağlı olarak kesikli ve ya sürekli bir sistem kullanılabilir.

#### Teşekkür

Bu çalışmada kullandığımız AB 349 Azo grubu tekstil boyar maddesi, Bursa Organize Sanayisinde faaliyet gösteren Burboya firmasından temin edilmiştir.

#### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

#### Kaynaklar

- Aygün, A. (2012). *Tekstil endüstrisi reaktif ve dispers boya banyo atıksularının elektrokoagülasyon prosesi ile arıtımı: Yanıt yüzey yöntemi ile optimizasyon* (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya. Erişim adresi: <http://acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080/xmlui/handle/123456789/1423>
- Gökkuş, Ö. (2006). *Dispers boyarmadde içeren tekstil endüstrisi atıksularından renk giderimi* (Yüksek Lisans Tezi). Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas. Erişim adresi: <https://www.ulusaltezmerkezi.net/dispers-boyarmadde-iceren-tekstil-atıksularında-renk-giderimi/5/>
- Gökkuş, Ö. ve Çiner, F. (2010). Dispers sarı 119 ve dispers kırmızı 167 içeren atıksuların Fenton oksidasyon prosesi ile renk ve KOI giderimlerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi mühendislik mimarlık fakültesi dergisi*, 25(1), 49-55. Erişim adresi:

<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/75665>

- Gönder, B. (2004). *Fenton prosesi ve iyon değişimi kombinasyonu ile renkli atıksuların arıtımı* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul. Erişim adresi: <http://acikerisim.istanbul.edu.tr/bitstream/handle/123456789/5048/39380.pdf?sequence=1>
- Kocaer, F.O., Alkan, U., 2002, Boyar Madde İçeren Tekstil Atıksularının Arıtım Alternatifleri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1), 47. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/uumfd/issue/21690/233480>
- Martinez, N.S.S, Fernandez, J.F., Segura, X.F. ve Ferrer, A.S. (2003). Pre-oxidation of an extremely polluted industrial wastewater by the Fenton's reagent. *Journal of Hazardous Materials*, 101(3), 315-322. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(03\)00207-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(03)00207-3)
- Neyens, E. ve Baeyens, J. (2003). A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *Journal of Hazardous Materials*, 98(1-3), 33-50. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(02\)00282-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(02)00282-0)
- Samar, M. E., Bouasla, C., ve İsmail, F. (2010). Degradation of methyl violet 6B dye by the fenton process, *Desalination*, 254(1-3), 35, 41. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.12.017>