

Antep Fıstığı İşleme Atıksularının Elektrooksidasyon Yöntemiyle Ön Arıtım Çalışmaları

Baybars Ali FİL¹ Recep BONCUKCUOĞLU¹ Alper Erdem YILMAZ¹ Serkan BAYAR¹

ÖZET: İleri oksidasyon prosesleri pek çok endüstri atıksuyunun arıtımı için etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada Antep fıstığı işleme atıksularının elektrooksidasyon yöntemi ile arıtımı araştırılmış ve ön çalışmaların sonuçları verilmiştir. Bu atıksu için KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), TOK (Toplam Organik Karbon) ve TF (Toplam Fenol) giderimleri için elde edilen veriler incelenmiştir. Anot materyali olarak grafit katot materyali olarak paslanmaz çelik plakalar kullanılmıştır. Kesikli reaktörde yapılan denemelerde çözelti başlangıç pH değeri (3-9) ve karıştırma hızı (100-600 rpm) gibi parametrelerin KOİ, TOK ve TF arıtımı üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen bu ön arıtım verilerine göre fıstık sanayi işleme atıksularının elektrooksidasyon yöntemi ile arıtılabileceği ve biyolojik arıtmaya girmeden önce bir ön arıtım sistemi olarak önerilebileceği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Antep fıstığı, elektrooksidasyon, fenol, grafit anot, KOİ giderimi



Pre-Treatment Studies of Pistachio Processing Wastewaters by Electro-Oxidation Methods

ABSTRACT: Advanced oxidation processes are used effectively for many industrial wastewater treatments. In this study, pistachio processing wastewater of treatment was investigated by electro-oxidation method and presented the results of pre-treatment. For this wastewater, COD (Chemical Oxygen Demand), TOC (Total Organic Carbon) and TF (Total Phenols) for removal the data obtained were examined. Graphite as the anode material and the stainless steel as the cathode material plates were used. Batch reactor experiments the initial pH value of solution (3-9) and stirring speed (100-600 rpm) parameters such as, COD, TOC, and TF on the effects of treatment were investigated. According to data obtained from this pre-treatment with pistachio processing wastewater electro-oxidation method could be treatment and before entering the biological treatment to be offered as a pre-treatment system can be said.

Keywords: Pistachio vera, electro-oxidation, phenol, graphite anode, COD removal

¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Baybars Ali FİL, baybarsalifil2@gmail.com

GİRİŞ

Antep fıstığı lezzetli ve besin değeri oldukça zengin bir yemıştır. Fıstık ağacının meyveleri salkımlar şeklinde ve pembe renklidir. Fıstığın geniş bir tüketim alanı vardır. Çerez olarak yenildiği gibi tatlılarda ve tuzlu yemeklerde kullanılır. Fıstık, yazları uzun, sıcak ve kurak, kışları nispeten soğuk olan bölgelerde yetişir. Gaziantep ve yöresinde istediği ortamı bulur. Antep fıstığının bileşiminde ortalama % 5.6 Su, % 19.6 Protein, % 53.2 Yağ, % 19 Karbonhidrat ve % 2.6 Kül vardır (Ferguson et al., 1998).

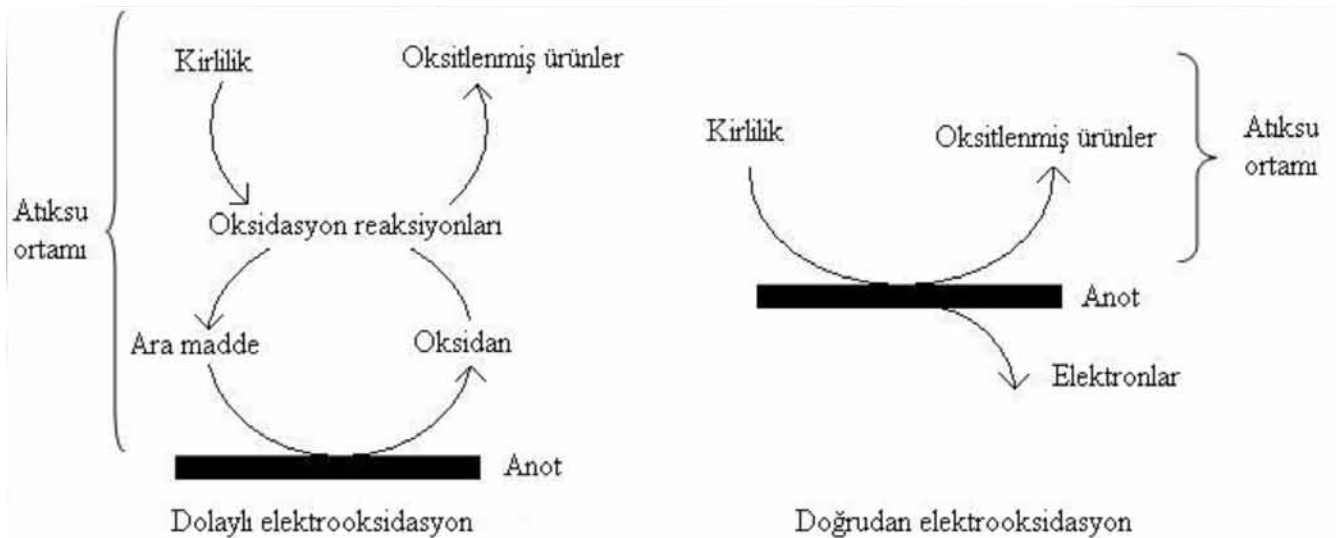
Antep fıstığı meyvesinde bulunan kırmızı kabuğun suyla veya buharla ıslatılıp sert kabuktan ayrılma işlemine kavlatma adı verilir. Islatma esnasında bir süre bekletilerek kırmızı kabuğun yumuşaması (ıslatma süresi 3-5 saat kadar sürer) sağlanmaktadır (Tekin ve ark., 2001). Buharla ıslatma daha kısa süreli olmakta su iç meyveye pek geçmeyip sadece dış kabuğu ıslatmaktadır. Daha sonra ise taş değirmenlerde (yatay ve dikey iki değirmen taşı) veya merdaneler (genelde fiberglastan yapılmış) yardımıyla ezilmektedir. Ezilen kabuklar sürtünme yoluyla sıyrılır ve titreşimli elekler kullanılarak kabuktan ayrılır ve fıstık su ile yıkanarak temizlenir. Nem oranı da kavlatma esnasında % 25-30'lara ulaşır.

Kavlatma sonucu oluşan atıksu yüksek oranda KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), TOK (Toplam Organik Karbon) ve fenol yapılı organik bileşikler içerir. Yüksek oranda KOİ, TOK ve fenol içeren atıksuların arıtımı için birçok kimyasal veya elektrokimyasal yöntem mevcuttur. Bunlar kimyasal oksidasyon (Ghoreishi and Haghghi, 2003; Cho et al., 2009), elektrooksidasyon

(Kannan et al., 1995; Deng and Englehardt, 2007), koagülasyon (Azbar et al., 2004; Zayas Pérez et al., 2007), elektrokoagülasyon (Barrera-Diaz et al., 2010; Bayar et al., 2011), fenton (Deng and Englehardt, 2006; Bedoui et al., 2009), elektrofenton (Boye et al., 2003; Sires et al., 2010) olarak sıralanabilir. Bu yöntemlerden elektrooksidasyon; grafit (Sathish and Viswanath, 2005; Sundarapandiyar et al., 2010), kaplanmış titanyum (Kong et al., 2006; Dutra et al., 2010), platin (Fino et al., 2005; Carbonio et al., 2009), bor kaplı elmas (Anglada et al., 2009; Domínguez et al., 2010) gibi çözünmeyen bir anot malzemesi kullanılarak organik maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak oksitlenmesi esasına dayanır. Organik kirlilikler elektrokimyasal oksidasyon yöntemiyle doğrudan veya dolaylı oksidasyon prosesi ile anot yüzeyinde parçalanabilir (Grimm et al., 1998). Bu iki prosesin şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.

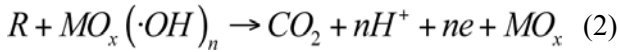
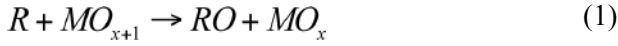
Doğrudan anodik proseste kirliticiler ilk önce anot yüzeyine adsorbe olurlar ve daha sonra anot yüzeyinden elektron transferi gerçekleşir (Chiang, et al., 1995a). Organik kirliticilerin doğrudan oksidasyon hızı, anodun aktif noktalarına organik bileşiklerin difüzyon hızı ve uygulanan akım şiddeti yardımıyla anodun katalitik aktivitesine bağlıdır. Dolaylı elektrooksidasyon süresince organik maddelerin oksidasyonunda etkili olan klor (Naumczyk et al., 1996), hipoklorit (Vlyssides et al., 1997), hidrojen peroksit (Brillas et al., 1995) ve ozon (Stucki et al., 1987) gibi ajanlar anodik olarak üretilebilir.

Doğrudan anodik oksidasyon elektrokimyasal çevrim ve elektrokimyasal parçalanma olarak iki farklı yolla gerçekleştirilir (Comninellis, 1994). Elektroliz süre-



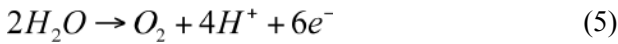
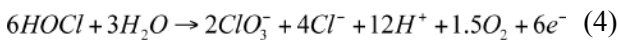
Şekil 1. Elektrokimyasal oksidasyon prosesinde kirliticilerin parçalanması.

since aktif oksijenin iki oksit türü anot yüzeyinde elektrokimyasal olarak üretilir (MO_x). Birisi kimyasal adsorplanmış aktif oksijendir (MO_{x+1}) ve elektrokimyasal çevrimden sorumludur (Eşitlik 1). Diğer elektrokimyasal parçalanmadan sorumlu olan fiziksel olarak adsorplanmış oksijendir ($\cdot OH$) (Eşitlik 2).

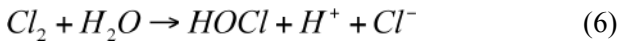


Burada; R, organik bileşikler; n, anot yüzeyinde adsorbe edilmiş olan $\cdot OH$ 'nin sayısıdır. Elektrokimyasal çevrim sürecince organik maddeler sadece belli oranda parçalanır ve ardı sıra gelecek bir biyolojik arıtım gerektirebilir. Aksine elektrokimyasal dönüşümün son ürünleri CO_2 ve su tam bir arıtımın olduğunun göstergesidir (Grimm et al., 1998). Fıstık sanayi işleme atıksularının elektrokimyasal ile arıtımında, anot yüzeyine adsorbe olmuş kirliliklerin belli derecede parçalanmasına doğrudan anodik oksidasyon sebep olmasına rağmen (Li et al., 2001), atıksuda kendinden var olan veya daha sonra eklenmiş olan klorun anodik reaksiyonlar sonucu dönüştüğü hipoklorit vasıtasıyla öncelikle dolaylı elektrokimyasal ile gerçekleştirilebilir (Chiang, et al., 1995b). Elektrokimyasal süresince dolaylı reaksiyonlar aşağıdaki eşitliklerde gösterilmiştir (Eşitlik 3-9). Hipoklorit (OCl^-) (Eşitlik 7) atıksu ortamında organik maddeleri oksitleyebilen güçlü bir oksitleyicidir.

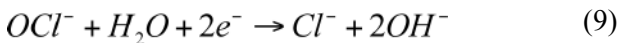
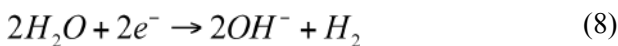
Anodik reaksiyonlar:



Çözelti reaksiyonları:



Katodik reaksiyonlar:

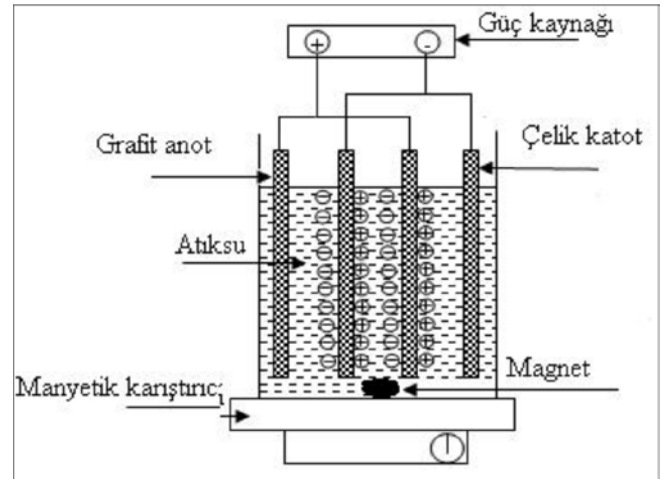


Bu çalışmada fıstık sanayi işleme atıksularının elektrokimyasal yöntemle arıtılabilirliği incelen-

miştir. Çalışmada anot materyali olarak grafit plakalar kullanılmıştır. KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), TOK (Toplam Organik Karbon) ve TF (Toplam Fenol) giderim verimi üzerine karıştırma hızı ve pH gibi parametrelerin etkisi incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Elektrokimyasal yöntemle fıstık sanayi işleme atıklarından KOİ, TOK ve TF giderimini araştırmak için 1 L atıksu için 3 amper akım şiddetinde pH ve karıştırma hızının etkisi incelenmiştir. Atıksu başlangıç pH değerinin incelendiği denemelerde pH değerleri 3-9 arasında seçilmiştir. Karıştırma hızının incelendiği denemelerde çözelti doğal pH değerinde 100-600 rpm arasında değişen değerlerde çalışılmıştır. Anot materyali olarak grafit, katot materyali olarak paslanmaz çelik kullanılmıştır. Tüm plaka boyutlarının yaklaşık yüzey alanı 1000 cm^2 olarak hesaplanmıştır. Plakalar arası mesafe 5 mm olarak seçilmiş ve toplam 10 plaka (5 anot ve 5 katot) ile çalışılmıştır. Doğru akım güç kaynağı kullanılarak sisteme elektrik sağlanmış ve manyetik karıştırıcı yardımıyla çözelti sürekli karıştırılmıştır. Deneysel düzenek ve atıksuyun karakteristik özellikleri Şekil 2 ve Çizelge 1'de verilmiştir. Zamana karşı numuneler alınmış ve bu numunelerden gerekli seyreltme yapılarak giderim verimi Eşitlik 10 kullanılarak hesaplanmış ve grafik edilmiştir:



Şekil 2. Deneysel düzenek.

$$\% \text{Giderim} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (10)$$

Çizelge 1. Antep fıstığı işleme atıksuyunun özellikleri

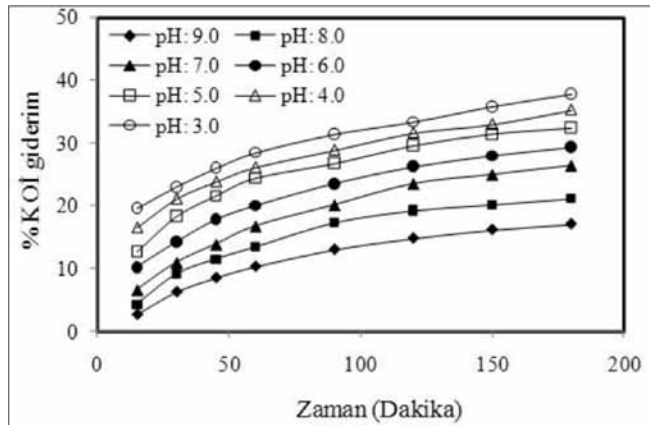
Parametre	Değer
KOİ (Kimyasal oksijen ihtiyacı) (mg L ⁻¹)	18000 – 20000
TOK (Toplam organik karbon) (mg L ⁻¹)	4000 – 5000
TF (toplam fenol)	3200 – 4000
İletkenlik (μs cm ⁻¹)	6000-7000
pH	5.2 – 5.4
Klorür (mg L ⁻¹)	600 – 650
Sülfat (mg L ⁻¹)	20 – 30

Burada; C_0 ; KOİ, TOK ve TF için başlangıç anındaki konsantrasyonu (mg L⁻¹), C_t ; KOİ, TOK ve TF için herhangi bir t anındaki konsantrasyonu (mg L⁻¹)

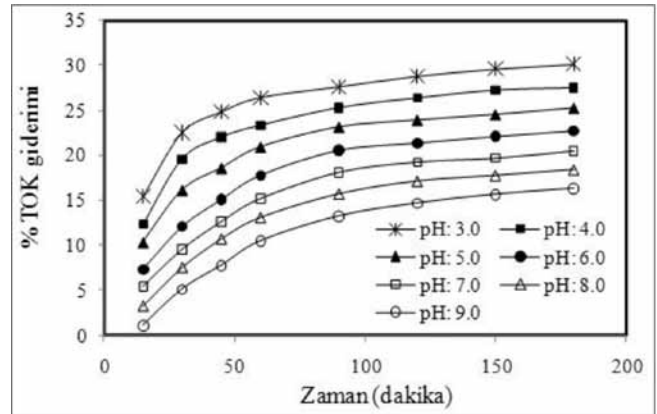
BULGULAR ve TARTIŞMA

Atıksu Başlangıç pH'sının Etkisi: Başlangıç pH'sının incelendiği denemelerde akım şiddeti 3 amper ve karıştırma hızı 400 rpm seçilmiştir. Çalışılan pH aralığı 3-9 olarak seçilmiştir. Deney süresince pH sabit tutulmamıştır. Elde edilen veriler Şekil 3-5'de gösterilmiştir.

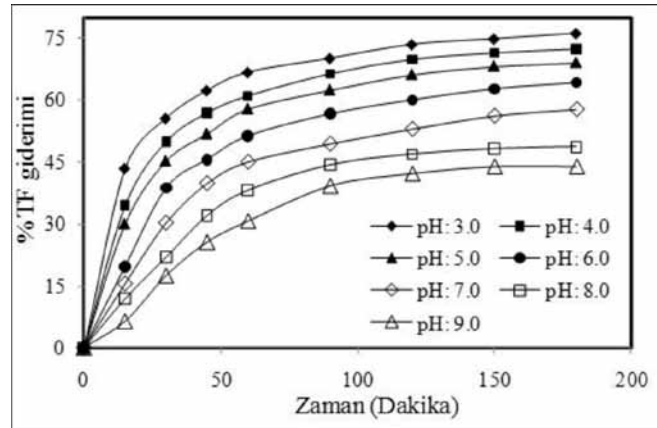
pH, ortamda oluşan elektrolitik reaksiyonları doğrudan olarak etkilediği için büyük öneme sahiptir. Gerek elektrooksidasyon için hidroksil radikallerinin oluşumu ve gerekse elektrokoagülasyon için metal hidroksitlerin oluşumunda pH birinci dereceden etkilidir. Prosesler sonucunda pH'nın değişimi de söz konusudur. Elektrooksidasyonun baskın olduğu durumlarda pH'da sabit kalma veya bir miktar artma eğilimi gözlenmektedir. Giderim verimleri başlangıç pH değerine bağlı olduğu kadar son durumdaki pH değerlerine de bağlıdır (Deng and Englehardt, 2006).



Şekil 3. KOİ giderimi üzerine atıksu başlangıç pH değerinin etkisi.

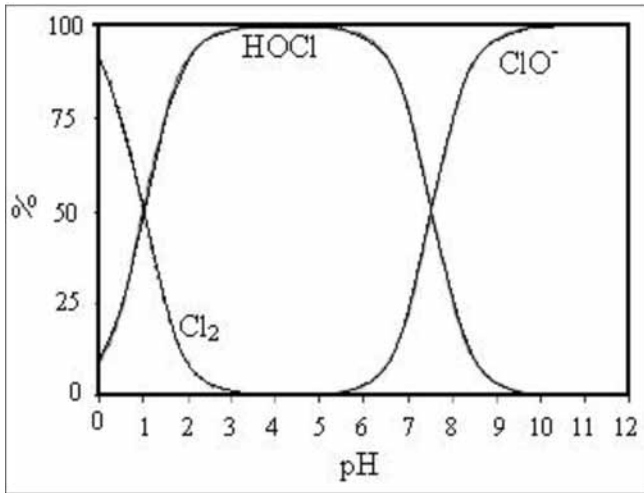


Şekil 4. TOK giderimi üzerine atıksu başlangıç pH değerinin etkisi.



Şekil 5. TF giderimi üzerine atıksu başlangıç pH değerinin etkisi.

Grafiklerden görüleceği gibi çözelti başlangıç pH değerinin artmasıyla birlikte giderim veriminde azalma görülmektedir. Denemeler boyunca ayarlanan atıksu pH değerlerinde reaksiyon sonunda bir miktar yükselme gözlenmiştir. Başlangıç pH değerine göre artan pH ile birlikte klorun oksidant özelliği fazla olan hipoklorit (OCl⁻) etkisiyle birlikte giderim veriminin artması beklenmektedir (Şekil 6). Fakat atıksuda klor içeriğinin yok denecek kadar az olmasından dolayı burada sistem doğrudan elektrooksidasyon üzerinden yürümektedir. Doğrudan elektrooksidasyonda düşük pH değerlerinde organik kirliliklerin anot yüzeyine difüzyonu daha fazla olmaktadır ve atıksu pH değeri azaldıkça giderim verimi artmaktadır. pH: 3.0 için KOİ, TOK ve TF giderim verimleri sırasıyla % 37.83, % 30.11 ve % 76.02 ve pH: 9.0 için KOİ, TOK ve TF giderim verimleri sırasıyla % 17.08, % 16.33 ve % 43.78 olarak bulunmuştur. Böylece doğrudan elektrooksidasyon için optimum pH yaklaşık 3 olduğu söylenebilir. Benzer sonuçlarda literatürlerde verilmiştir (Bandara et al., 2007; Ma et al., 2009).



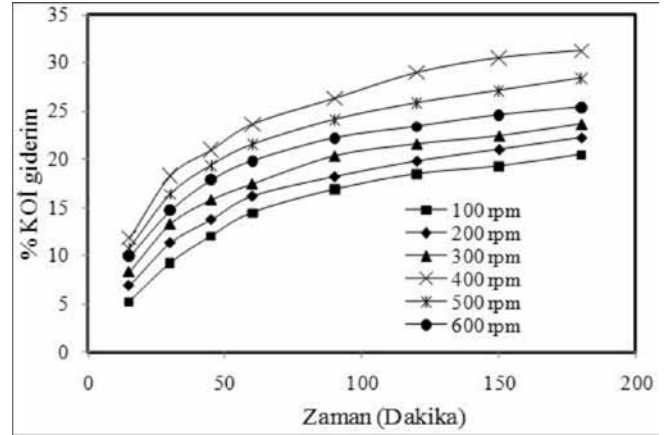
Şekil 6. pH değerinin bir fonksiyonu olarak sulu çözeltilerde klor türlerinin göreceli olarak dağılımı (Miled et al., 2010).

Bu nedenle KOİ, TOK ve TF giderimin de başlangıç pH değeri arttıkça giderim veriminde azalma olmuştur.

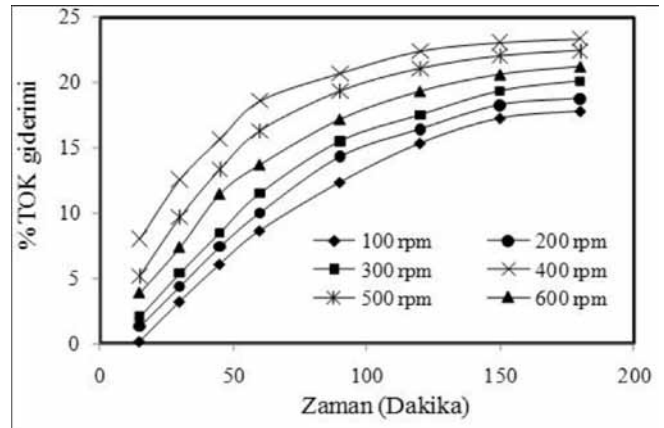
Karıştırma Hızının Etkisi: Karıştırma hızının etkisi incelenirken atıksu manyetik karıştırıcı yardımıyla deney süresince sürekli karıştırılmıştır. Atıksuyun doğal pH değerinde (5.2–5.4), oda sıcaklığında yapılan denemelerde 100-600 rpm arasında değişen karıştırma hızlarının etkisi incelenmiştir. Zamana karşı alınan numunelerden uygun miktarda seyreltmeler yapılarak KOİ, TOK ve TF analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 7-9 arasında grafik edilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi karıştırma hızındaki artış giderim verimlerini bir miktar artırmıştır. Karıştırma hızı 100 rpm'den 400 rpm'e arttığında KOİ giderim verimi 3 saatlik zamanın sonunda % 20.44'den % 31.23'e, TOK giderim verimi % 17.82'den % 23.36'ya ve TF giderimi de % 51.11'den % 67.51'e artmıştır. Fakat karıştırma hızı 400 rpm'den 600 rpm'e çıkarıldığında KOİ, TOK ve TF giderim verimlerinde % 5.89, % 2.12 ve % 4.85'lik azalmalar görülmüştür. Karıştırma hızının belli değere artması organik kirleticilerin anot yüzeyine difüzyonunu hızlandırmaktadır. Buda her üç parametre için (KOİ, TOK ve TF) giderim verimlerini artırmaktadır. Fakat aşırı artan karıştırma hızı anot yüzeyinde difüzyon etkisini azaltarak giderim verimini düşürmektedir (Yılmaz, 2009; Bayar et al., 2011). Fıstık sanayi işleme atıksularının grafit anot kullanılarak ön arıtım prosesinde optimum karıştırma hızı 400 rpm olarak önerilebilir.

SONUÇ

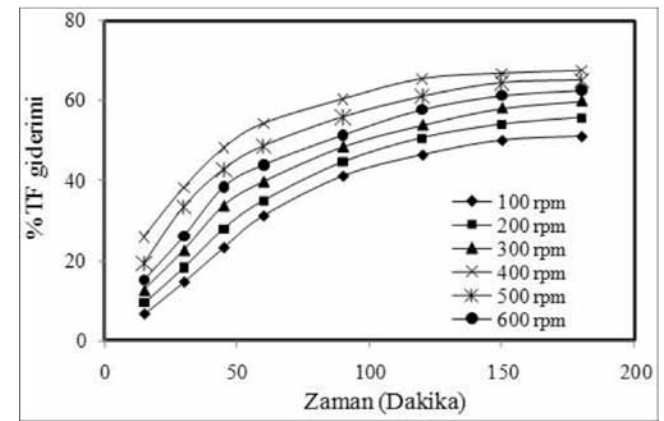
Fıstık sanayi işleme atıksularının elektrooksidasyon yöntemiyle grafit anot kullanılarak KOİ, TOK ve



Şekil 7. KOİ giderimi üzerine karıştırma hızının etkisi.



Şekil 8. TOK giderimi üzerine karıştırma hızının etkisi.



Şekil 9. TF giderimi üzerine karıştırma hızının etkisi.

TF giderimi üzerine atıksu başlangıç pH değeri ve karıştırma hızının incelendiği ön arıtılabilirlik çalışmalarında aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

- Artan atıksu başlangıç pH değeri KOİ, TOK ve TF gideriminde azaltıcı yönde etkisi olduğu; pH değeri 3'ten 9'e arttığında KOİ giderim verimi % 37.83'den

% 17.08'ye, TOK giderimi % 30.11'den % 16.33'e ve TF giderimi % 76.02'den % 43.78'e azaldığı belirlenmiştir. En yüksek giderim verimlerinin her üç parametreye içinde pH:3 değerinde olduğu saptanmıştır.

- Karıştırma hızının giderim verimi üzerinde belli değere kadar pozitif etki yaptığı belli değerden sonra azaltıcı yönde etkilediği belirlenmiştir. Karıştırma hızı 100 rpm'den 400 rpm'ye arttığında KOİ, TOK ve TF giderim verimleri sırasıyla % 10.79, % 5.54 ve % 16.4 oranlarında arttığı, 400rpm'den 600 rpm'ye arttığında sırasıyla % 5.89, % 2.12 ve % 4.85 oranlarında azaldığı belirlenmiştir. En yüksek giderim veriminin 400 rpm karıştırma hızında olduğu belirlenmiştir.

- Yapılan bu ön çalışmalar sonucunda grafit anodun kullanıldığı elektrooksidasyon yönteminin Antep fıstığı işleme atıksuları için bir ön arıtım yöntemi olarak önerilebileceği sonuçları çıkarılabilir.

KAYNAKLAR

- Anglada, A., Urtiaga, A., Ortiz, I., 2009. Pilot scale performance of the electro-oxidation of landfill leachate at boron-doped diamond anodes. *Environmental Science and Technology*, 43(6): 2035-2040.
- Azbar, N., Yonar, T., Kestioglu, K., 2004. Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent. *Chemosphere*, 55(1): 35-43.
- Bandara, J., Wansapura, P.T., Jayathilaka, S.P.B., 2007. Indium tin oxide coated conducting glass electrode for electrochemical destruction of textile colorants. *Electrochimica Acta*, 52(12): 4161-4166.
- Barrera-Diaz, C., Linares-Hernandez, I., Bilyeu, B., Juarez-Garciaojas, P., Campos-Medina, E., 2010. A combined electrocoagulation-electrooxidation treatment for industrial wastewater. *Journal of hazardous materials*, 175(1-3): 688-694.
- Bayar, S., Yıldız, Y.Ş., Yılmaz, A.E., İrdemez, Ş., 2011. The effect of stirring speed and current density on removal efficiency of poultry slaughterhouse wastewater by electrocoagulation method. *Desalination*, 280(1-3): 103-107.
- Bedoui, A., Ahmadi, M.F., Bensalah, N., Gadri, A., 2009. Comparative study of Eriochrome black T treatment by BDD-anodic oxidation and Fenton process. *Chemical Engineering Journal*, 146(1): 98-104.
- Boye, B., Morième Dieng, M., Brillas, E., 2003. Anodic oxidation, electro-Fenton and photoelectro-Fenton treatments of 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 557: 135-146.
- Brillas, E., Bastida, R.M., Llosa, E., Casado, J., 1995. Electrochemical destruction of aniline and 4-chloroaniline for wastewater treatment using a carbon-PTFE O₂-fed cathode. *Journal of the Electrochemical Society*, 142(6): 1733-1741.
- Carbonio, E.A., Nagao, R., Gonzalez, E.R., Varela, H., 2009. Temperature effects on the oscillatory electro-oxidation of methanol on platinum. *Physical chemistry chemical physics: PCCP*, 11(4): 665-670.
- Chiang, L.-C., Chang, J.-E., Wen, T.-C., 1995a. Indirect oxidation effect in electrochemical oxidation treatment of landfill leachate. *Water Research*, 29(2): 671-678.
- Chiang, L.C., Chang, J.E., Wen, T.C., 1995b. Electrochemical treatability of refractory pollutants in landfill leachate, *Hazardous Wastes and Hazardous Materials*, 12(1): 71-82.
- Cho, E.-A., Tameda, K., Hanashima, M., Yamada, T., Higuchi, S., 2009. Toxicological evaluation of the chemical oxidation methods for landfill stabilization. *Waste Management*, 29(3): 1006-1011.
- Cominellis, C., 1994. Electrocatalysis in the electrochemical conversion/combustion of organic pollutants for waste water treatment. *Electrochimica Acta*, 39(11-12): 1857-1862.
- Deng, Y., Englehardt, J.D., 2006. Treatment of landfill leachate by the Fenton process. *Water research*, 40(20): 3683-3694.
- Deng, Y., Englehardt, J.D., 2007. Electrochemical oxidation for landfill leachate treatment. *Waste Manag.*, 27(3): 380-388.
- Dominguez, J.R., González, T., Palo, P., Sánchez-Martín, J., 2010. Anodic oxidation of ketoprofen on boron-doped diamond (BDD) electrodes. Role of operative parameters. *Chemical Engineering Journal*, 162(3): 1012-1018.
- Dutra, A.J.B., Santos, I.D., Afonso, J.C., 2010. Behavior of a Ti/RuO₂ anode in concentrated chloride medium for phenol and their chlorinated intermediates electrooxidation. *Separation and Purification Technology*, 76(2): 151-157.
- Ferguson, L., Kader, A., Thompson, J., 1998. Harvesting Transporting, Processing and Grading. In: *Economic Considerations in Pistachio Production*. Adana Turkey.
- Fino, D., Jara, C., Saracco, G., Specchia, V., Spinelli, P., 2005. Deactivation and regeneration of Pt anodes for the electro-oxidation of phenol. *Journal of Applied Electrochemistry*, 35(4): 405-411.
- Ghoreishi, S.M., Haghghi, R., 2003. Chemical catalytic reaction and biological oxidation for treatment of non-biodegradable textile effluent. *Chemical Engineering Journal*, 95(1-3): 163-169.
- Grimm, J., Bessarabov, D., Sanderson, R., 1998. Review of electro-assisted methods for water purification. *Desalination*, 115(3): 285-294.
- Kannan, N., Sivadurai, S.N., Berchmans, L.J., Vijayavalli, R., 1995. Removal of phenolic compounds by electrooxidation method. *Journal of Environmental Science and Health*, A30(10): 2185-2203.
- Kong, W., Wang, B., Ma, H., Gu, L., 2006. Electrochemical treatment of anionic surfactants in synthetic wastewater with three-dimensional electrodes. *Journal of hazardous materials*, 137(3): 1532-1537.

- Li, X.M., Wang, M., Jiao, Z.K., Chen, Z.Y., 2001. Study on electrolytic oxidation for landfill leachate treatment. *China Water and Wastewater*, 17(8): 14-17.
- Ma, H., Zhuo, Q., Wang, B., 2009. Electro-catalytic degradation of methylene blue wastewater assisted by Fe₂O₃-modified kaolin. *Chemical Engineering Journal*, 155(1-2): 248-253.
- Miled, W., Said, H.A., Roudesli, S., 2010. Decolorization of high polluted textile wastewater by indirect electrochemical oxidation process. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 6(3): 1-6.
- Naumczyk, J., Szpyrkowicz, L., Zilio-Grandi, F., 1996. Electrochemical treatment of textile wastewater. *Water Science and Technology*, 34(17): 17-24.
- Sathish, M., Viswanath, R., 2005. Electrochemical degradation of aqueous phenols using graphite electrode in a divided electrolytic cell. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 22(3): 358-363.
- Sires, I., Oturan, N., Oturan, M.A., 2010. Electrochemical degradation of beta-blockers. *Studies on single and multicomponent synthetic aqueous solutions. Water research*, 44(10): 3109-3120.
- Stucki, S., Baumann, H., Christen, H.J., Kotz, R., 1987. Performance of a pressurized electrochemical ozone generator. *Journal of Applied Electrochemistry*, 17(4): 773-778.
- Sundarapandiyan, S., Chandrasekar, R., Ramanaiah, B., Krishnan, S., Saravanan, P., 2010. Electrochemical oxidation and reuse of tannery saline wastewater. *Journal of hazardous materials*, 180(1-3): 197-203.
- Tekin, H., Arpacı, S., Atlı, H., Açar, İ., Karadağ, S., Yükçeken, Y., Yaman, A., 2001. Antep fıstığı yetiştiriciliği. Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Gaziantep.
- Vlyssides, A.G., Israilides, C.J., Loizidou, M., Karvouni, G., Mourafeti, V., 1997. Electrochemical treatment of vinasse from beet molasses. *Water Science and Technology*, 36(2-3): 271-278.
- Yılmaz, A.E., 2009. Endüriyel atıksulardan elektrokoagülasyon yöntemi ile bor giderimi., Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Erzurum.
- Zayas Pérez, T., Geissler, G., Hernandez, F., 2007. Chemical oxygen demand reduction in coffee wastewater through chemical flocculation and advanced oxidation processes. *Journal of Environmental Sciences*, 19(3): 300-305.

