

ZEYTİN KARASUYUNUN FENTON PROSESİ KULLANILARAK ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

*Melike YALILI KILIÇ**

*Berna KIRIL MERT**

*Kadir KESTİOĞLU**

Özet: Bu çalışmada Bursa ilinde faaliyet gösteren ve sürekli yöntemle göre zeytin ve zeytinyağı üretimi yapan bir tesisten kaynaklanan karasuyun asit kraking+fenton prosesiyle arıtılabilirliği araştırılmıştır. Yapılan Jar Testleri sonucunda optimum pH değerinin 3 ve optimum koagülant dozlarının 6000 mg/L FeSO₄ ve 5000 mg/L H₂O₂ olduğu belirlenmiştir. Bu dozlarda KOİ 112000 mg/L'den 4800 mg/L'ye, fenol ise 7360 mg/L'den 29 mg/L'ye indirilmiş, bu değerlerdeki giderme verimleri ham suya göre sırasıyla %96 ve %99,6 oranlarında elde edilmiştir. Zeytin karasuyunun asit kraking+fenton prosesi yardımıyla arıtılabilirliğine yönelik maliyet analizinin de yapıldığı bu çalışmada, oldukça yüksek giderim verimliliğinin elde edilmesine rağmen, SKKY'nde verilen kanalizasyona deşarj kriterine (KOİ=4000 mg/L) ulaşılammıştır. Bu nedenle fenton prosesinden çıkan karasuyun evsel atıksularla birlikte arıtılabilirliğine yönelik deneysel çalışmaların yapılması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Karasu, asit kraking, fenton prosesi, arıtılabilirlik çalışması, maliyet analizi.

Investigation of Treatability of Olive Mill Wastewater Using Fenton Process

Abstract: In this study, treatability of olive mill wastewater from a plant which produces olive and olive oil according to continuous method in Bursa has been investigated by acid cracking&fenton process. It has been determined that optimum pH is 3, optimum FeSO₄ and H₂O₂ doses are 6000 mg L⁻¹ and 5000 mg L⁻¹, respectively after the Jar Tests. In these doses, KOI and phenol have been reduced from 112000 mg L⁻¹ to 4800 mg L⁻¹ and from 7360 mg L⁻¹ to 29 mg L⁻¹, respectively and removal efficiencies of COD and phenol have been obtained according to raw wastewater 96% and 99,6%, respectively. Also, the cost analysis has been calculated for olive mill wastewater treatability by acid cracking&fenton process in this study. Although olive mill wastewater could be treated quite efficiently by acid cracking+fenton process, it hasn't been reached to discharge criteria for environment (COD=4000 mg L⁻¹) given in Water Pollution Control Regulations. Therefore, it has been thought that application of treatment with domestic wastewater after fenton process can be quite suitable for olive mill wastewater treatment.

Key Words: Olive mill wastewater, acid cracking, fenton process, treatability study, cost analysis.

1. GİRİŞ

Türkiye, zeytin üretiminde İtalya, İspanya ve Yunanistan'dan sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Ülke ekonomisinde çok önemli bir yere sahip olan zeytincilik sektöründe, zeytin ve zeytin yağı üretimi esnasında pirina ve karasu gibi katı ve sıvı yan ürünler oluşmaktadır (Oktav ve diğ., 2001). Zeytinden zeytinyağı elde edilirken santrifüjleme esnasında açığa çıkan karasuyun içerisinde, askıda katı madde, organik madde, polisakkaritler, aminoasitler, yağ asitleri, polialkoller ve polifenolik maddeler bolca bulunmaktadır (Tezcan Ün ve diğ., 2005; Hazırbulan, 2006). Karasuyun karakterizasyonu, zeytinin olgunluğuna, türüne, üretildiği bölgeye, hasat edilme zamanına, iklimsel şartlara, üretim miktarına ve teknolojisine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Çelikkalkan, 2002; Çetin, 2004; Paraskeva ve Diamadopoulou, 2006). Genellikle, karasuyun BOİ₅ değeri 12000 - 63000 mg/L, KOİ değeri 80000 - 200000 mg/L (Boari ve Mancini, 1990; Tsonis ve Girigeropoulos, 1993; Scioli ve Vollaro, 1997) ve fenol değeri 500-24000 mg/L (Paraskeva ve Diamadopoulou, 2006) arasında değişmektedir. Bu değerler evsel atıksudaki değerlerden 200 - 400 kat daha fazladır (Cossu ve

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa.

diğ., 1993). Yüksek oranda organik maddenin bulunması, karasuyun arıtımını güçleştirmekte (Al-Malah ve diğ., 2000) ve arıtma maliyetini artırmaktadır.

Karasuyun arıtımında kullanılan prosesler termal yöntemler (buharlaştırma ve yakma), lagünde buharlaştırma ya da sulama amaçlı kullanma, seyreltme, flotasyon/çökeltim, membran filtrasyonu, aerobik ve anaerobik biyolojik arıtma, kimyasal ve elektrokimyasal arıtma, hayvan yemi olarak kullanma, adsorpsiyon, elektroliz ve ileri oksidasyon prosesleri olarak sıralanabilir (Şengül ve diğ., 2003; Paraskeva ve Diamadopoulos, 2006). İleri oksidasyon prosesleri içerisinde yer alan fenton prosesinde, OH[•] radikali üreten Fe⁺² iyonları ve H₂O₂ karışımı kullanılmaktadır. Fe⁺² iyonları ve H₂O₂ asidik koşullar altında organik madde içeren sulu bir sisteme eklenirse aşağıdaki redoks reaksiyonları meydana gelir:



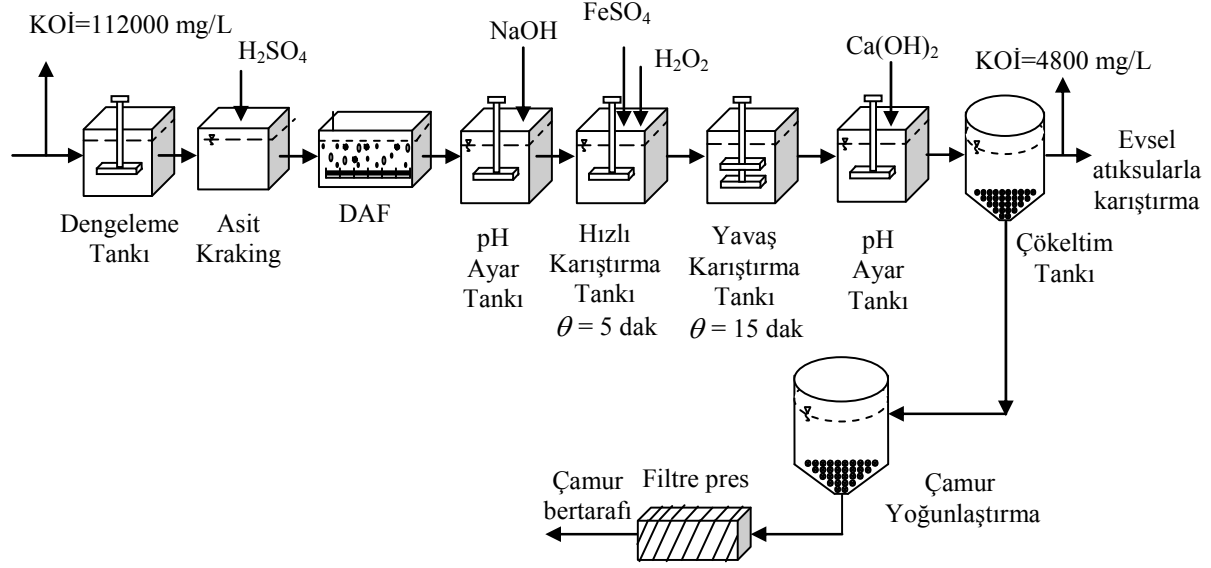
Bu prosesin atıksu arıtımındaki başarısı yüksek oksidasyon potansiyeline sahip OH[•] radikallerinin (2,8 V) oluşumuna dayanmaktadır. Oluşan OH[•] radikalleri RH gibi organik maddelerle hızlı ve etkili bir şekilde tepkimeye girerler. Fenton prosesi oksidasyon ve koagülasyon proseslerini birleştirmiş olmasından dolayı çift arıtım etkisine sahiptir (Gönder ve Barlas, 2005; Hanay ve Hasar, 2007).

Karasuyun arıtılabilirliği üzerine hem ülkemizde hem de dünyada bir çok çalışma yapılmaktadır. Zeytinyağı endüstrisi atıksularında polielektrolit kullanarak koagülasyon yöntemini deneyen Sarika ve diğ., (2005), toplam askıda katı maddelerin tamamını, KOİ ve BOİ₅'in ise büyük bir kısmını gidermişlerdir. Kestioglu ve diğ. (2005) karasuya fiziko-kimyasal arıtma ve ileri oksidasyon proseslerini (H₂O₂/UV ve O₃/UV) uygulayarak, KOİ ve toplam fenol parametrelerinde %99 oranında giderme verimi sağlamışlardır. Karasuyun arıtımında elektrokoagülasyon yöntemini deneyen Tezcan Ün ve diğ., (2006), 20-75 mA/cm² yoğunlukta yağ-gres ve bulanıklıkta %100, KOİ'de ise %62-86 oranında giderme verimi elde etmişlerdir. Ginos ve diğ., (2006) kimyasal arıtma ve fenton prosesi ile KOİ'de %60'a kadar artan oranlarda giderme verimi elde ederken, fenton prosesini uygulayan Rivas ve diğ. (2001) ise, KOİ ve toplam karbon gideriminde yüksek verim sağlamışlardır. Bettazzi ve diğ., (2006) ise kireçle koagülasyon, ozonlama ve fenton prosesinden sonra biyolojik arıtma uygulamışlar ve toplam fosfor ve KOİ parametrelerinde sırasıyla, kireçle koagülasyon/ozonlama işleminde, %95 ve %26, fenton prosesinde %60 ve %23, aerobik kesikli reaktörde ise %70 ve %86 oranında giderme verimi elde etmişlerdir.

Bu çalışmada, Bursa'da faaliyet gösteren ve sürekli yonteme göre zeytin ve zeytinyağı üretimi yapan bir tesisten kaynaklanan karasuyun kirlilik düzeyi belirlendikten sonra, fenton prosesi kullanılarak arıtılabilirliği araştırılmış, oluşturulan atıksu arıtma tesisinin ilk kuruluş ve işletme maliyetleri hesaplanmış ve karasuyun arıtımı için uygulanan arıtma yönteminin uygun olup olmadığı tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada Bursa'da faaliyet gösteren, zeytin ve zeytinyağı üreten bir fabrikanın üretim çıkış noktasından alınan atıksu numunesi kullanılmıştır. Bu atıksuyun analizleri Standart Metotlar'a göre yapılmıştır (APHA, AWWA, WCPF, 1998). Çalışmada uygulanan fenton prosesi atıksu arıtma tesisi akım şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. İlk olarak yapılan asit kraking işleminde, 1 L atıksuya %96'lık H₂SO₄'ten 5 ml ilave edilerek, atıksuyun pH değeri 1'e indirilmiş ve 1 saat bekletilmiştir. Yağların parçalanmasının sağlandığı bu işlemde sonra, dinlendirilen numune ayırma hunisi yardımıyla süzül-müş ve üst sıvı fazda KOİ ve fenol ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 1:
Zeytin karasuyunun arıtılabilirliği için önerilen arıtma tesisi akım şeması

İkinci aşamada ise, asit krating işleminden elde edilen karasuda fenton prosesini uygulayabilmek için optimum pH ve optimum dozaj belirlenmesi amacıyla Jar Testleri yapılmıştır. Optimum pH değerinin belirlenmesi için, atıksuyun pH değeri 2-6 arasında ayarlanmış ve 2000 mg/L FeSO_4 ve H_2O_2 dozlanmıştır. 5 dakika hızlı, 15 dakika yavaş karıştırılan numuneler, 1 saat dinlendirilmiş ve daha sonra %10'luk Ca(OH)_2 çözeltisinden 5ml/L ilave edilerek, pH değerleri 8'e çıkarılmış ve 4 saat bekletilmiştir. FeSO_4 ve H_2O_2 optimum dozlarının belirlenmesinde, %30'luk NaOH çözeltisi ile pH değeri 3'e ayarlanarak bu pH değerinde çalışılmıştır. Daha sonra optimum FeSO_4 dozunun belirlenmesi aşamasında, asit krating yapılan atıksuya 5000 mg/L H_2O_2 ve 1000-8000 mg/L dozlarında FeSO_4 ilave edilirken, optimum H_2O_2 dozunun belirlenmesi aşamasında, asit krating yapılan atıksuya 6000 mg/L FeSO_4 ve 4000-8000 mg/L dozlarında H_2O_2 ilave edilmiş ve Jar Testi yapılmıştır. Elde edilen üst sıvı fazdan alınan örneklerde KOİ analizi yapılmıştır.

3. BULGULAR

Bu çalışmada, Bursa'da faaliyet gösteren bir zeytin ve zeytin yağı üretim tesisinden alınan karasuyun özellikleri literatürdeki diğer çalışmalarda belirlenen değerlerle birlikte Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.
Literatürde belirlenmiş olan karasuyun karakterizasyonu

Parametre*	Bu çalışma	Kestioğlu ve diğ., 2005	Azzam ve diğ., 2004	Inan ve diğ., 2004	Drouiche ve diğ., 2004	Ahmadi ve diğ., 2005	Bettazzi ve diğ., 2006	Bressan ve diğ., 2004
pH	4,5	4,7	4,5	4,6	4,5	5,38	4,4-4,8	4,9-5,5
KOİ	112	186	320	48,5	30	167-181	262,8-301,6	60-180
Top.-AKM	60	65	21,78	1,78	28,5	36-39	-	-
Fenol	7,4	9,7	3,1	-	-	-	9,6-10,6	4-5
Yağ-gres	28	35	-	-	0,95	-	-	-
Top.-N	0,6	0,67	-	-	-	0,08	-	-
Top.-P	0,15	0,18	-	-	-	5,2	-	-

*Birimler pH dışında g/L olarak verilmiştir.

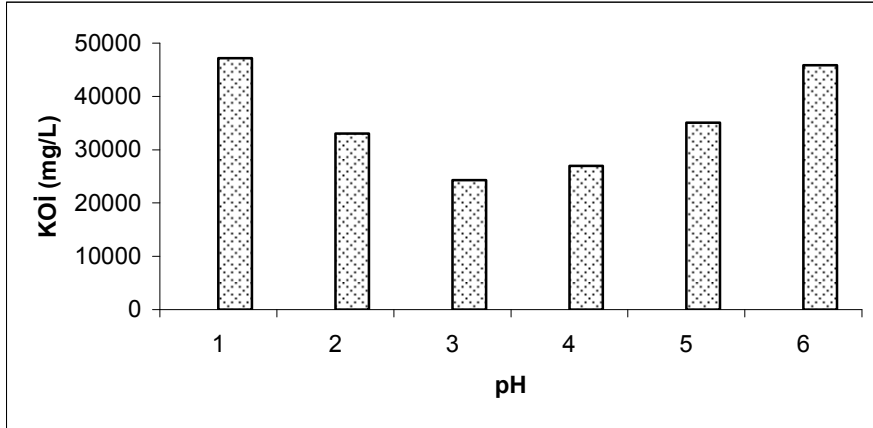
3.1. Asit Kraming İşlemi

Arıtılabilirliği araştırılan karasuda yağları parçalamak amacıyla fenton prosesinden önce asit kraming işlemi yapılmıştır. Üst sıvı fazda yapılan analizlerde KOİ = 47200 mg/L (giderme verimi=%58) ve fenol = 298 mg/L (giderme verimi=%96) olarak tespit edilmiştir.

3.2. Fenton Prosesiyle Yapılan Arıtılabilirlik Çalışması

3.2.1. Optimum pH Değeri Belirleme Çalışması

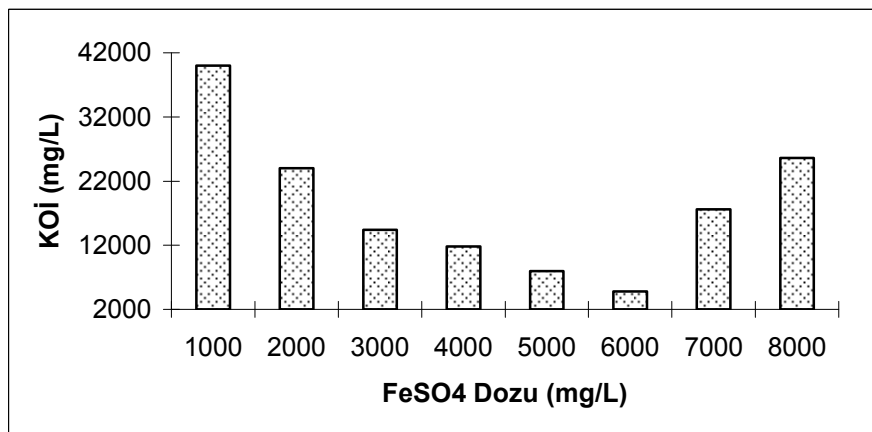
Asit kraming yapılan ve süzölen numunede fenton prosesini uygulayabilmek için optimum pH'ın tespit edildiği birinci aşamada, atıksu için en uygun pH değerinin 3 olduğu görölmüştür (Şekil 2). KOİ 47200 mg/L'den 24274 mg/L değerine indirilmiştir.



Şekil 2:
Optimum pH değerin belirlenmesi

3.2.2. Optimum FeSO₄ Dozunu Belirleme Çalışması

Asit kraming yapılan ve süzölen numunede, pH=3'te, 5000 mg/L H₂O₂ ve 1000-8000 mg/L FeSO₄ dozlarında yapılan Jar Testleri sonucunda 6000 mg/L FeSO₄ dozunun en uygun doz olduğu tespit edilmiş ve bu dozlarda %90 oranında KOİ giderme verimi elde edilmiştir (KOİ=4800 mg/L) (Şekil 3).

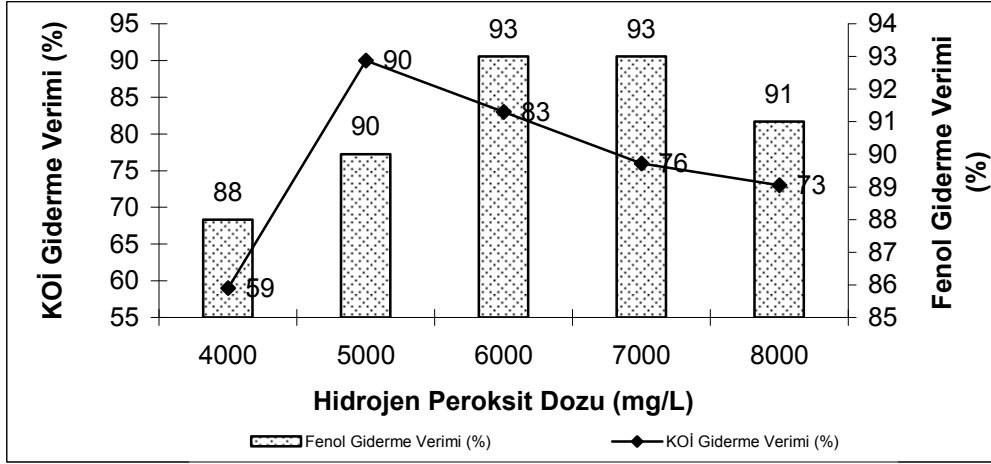


Şekil 3:
Optimum FeSO₄ dozunun belirlenmesi

3.2.3. Optimum H₂O₂ Dozunu Belirleme Çalışması

Asit kraming yapılan ve süzölen numunede, pH=3'te, 6000 mg/L FeSO₄ ve 4000-8000 mg/L H₂O₂ dozlarında yapılan Jar Testleri sonucunda 6000 mg/L FeSO₄ ve 5000 mg/L H₂O₂ dozlarının en

uygun dozlar olduğu kanaatine varılmıştır. Bu dozlarda KOİ değeri 47200 mg/L'den 4800 mg/L'ye, fenol değeri ise 298 mg/L'den 29 mg/L'ye indirilmiş, bu değerlerdeki giderme verimleri ise %90 oranında elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4:

pH = 3, FeSO₄ = 6000 mg/L koşullarında optimum H₂O₂ dozunun belirlenmesinde elde edilen KOİ ve fenol giderme verimleri

Gerçekleştirilen artılabilirlik çalışması sonucunda, karasuyun asit kriting ve fenton prosesi ile KOİ 112000 mg/L değerinden 4800 mg/L değerine indirilebilmiş, ancak SKKY'nde verilen kanalizasyona deşarj kriterine (KOİ=4000 mg/L) (Tablo 25) (Anonim, 2004) ulaşılammıştır.

4. SONUÇLAR

Türkiye'de zeytin üretim bölgelerinin farklılığı, zeytin üretiminin mevsime bağlı olması ve içeriğinde yüksek oranda organik madde, askıda katı madde, fenolik madde ve yağ-gres bulunması nedeniyle karasuyun arıtımı güçleşmektedir.

Bu çalışmada incelenen karasuyun, asit kriting ve fenton prosesiyle deşarj kriterlerine ulaşıp ulaşamayacağı araştırılmış ve çalışma neticesinde oluşturulan atıksu arıtma tesisi akım şemasının ilk kuruluş ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

Asit kriting işleminden geçirilen karasuda fenton prosesi uygulanarak, bu proses için optimum pH değeri 3 ve optimum koagülant dozları sırasıyla FeSO₄ ve H₂O₂ için 5000 mg/L ve 6000 mg/L olarak bulunmuştur. Bu dozlarda ham suya göre KOİ'de %96 ve fenolde %99,6 oranında giderme verimleri elde edilmiştir. Yapılan bu artılabilirlik çalışmasıyla oldukça yüksek oranda arıtma verimleri sağlanmasına rağmen, KOİ 4800 mg/L'ye kadar indirilebilmiş ve SKKY'nde verilen kanalizasyona deşarj kriterine (KOİ=4000 mg/L) ulaşılammıştır.

Asit kriting ve fenton prosesi ile yapılan artılabilirlik çalışmasında bir fikir vermesi açısından atıksu arıtma tesisinin ilk kuruluş ve işletme maliyetleri de hesaplanmış ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2.
Maliyet analizi

Maliyet Birimleri	Maliyet
Ekipman ve montaj maliyeti	77150 USD
İnşaat maliyeti	57700 USD
İlk yatırım maliyeti	134850 USD
İşletme maliyeti	20 USD/m ³

Karasuyun arıtılabilirliğine yönelik yapılan diğer bir çalışmada (Kırıl Mert ve diğ., 2008), kimyasal arıtmadan geçirilen karasuyun evsel atıksularla birlikte arıtılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada da KOİ'si 4800 mg/L değerine kadar indirilebilen karasuyun asit kraking ve fenton prosesini takiben, evsel atıksularla karıştırılarak biyolojik olarak arıtılabilmesinin hem ekonomik hem de verim açısından daha uygun olduğu düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Ahmadi, M., Vahabzadeh, F., Bonakdarpour, B., Mofarrah, E., Mehranian, M. (2005) Application of the central composite design and response surface methodology to the advanced treatment of olive oil processing wastewater using Fenton's peroxidation, *Journal of Hazardous Materials*, B123, 187-195.
2. Al-Malah, K., Azzam, M.O.J., Abu-Lail, N.I. (2000) Olive mills effluent (OME) wastewater post-treatment using activated clay, *Separation and Purification Technology*, 20, 225-234.
3. Anonim (2004) *Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği*. 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı resmi gazete, çevre ve orman bakanlığı, Ankara.
4. APHA, AWWA, WCPF (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition American Public Health Association, Washington D.C., USA.
5. Azzam, M.O.J., Al-Malah, K.I., Abu-Lail, N.I. (2004) Dynamic post-treatment response of olive mill effluent wastewater using activated carbon, *Journal Of Environmental Science and Health Part A-Toxic/Hazardous Substances&Environmental Engineering*, A39(1), 269-280.
6. Bettazzi, E., Morelli, M., Caffaz, S., Caretti, C., Azzari, E., Lubello, C. (2006) Olive mill wastewater treatment: an experimental study, *Water Science&Technology*, 54(8), 17-25.
7. Boari, G., Mancini, I.M. (1990) Combined treatments of urban and olive mill effluents in Apulia, Italy, *Water Science&Technology*, 22, 235-240.
8. Bressan, M., Liberatore, L., D'alessandro, N., Tonucci, L., Belli, C., Ranali, G. (2004) Improved combined chemical and biological treatments of olive oil mill wastewaters, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1228-1233.
9. Cossu, R., Blakey, N., Cannas, P. (1993) Influence of codisposal of municipal solid waste and olive vegetation water on the anaerobic digestion of a sanitary landfill, *Water Science&Technology*, 27, 261-271.
10. Çelikkalkan, E. (2002) *Geleneksel Zeytinyağı Üretimi Proses Atıksularının Fizikokimyasal Ön Arıtımı*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tez Çalışması, İstanbul.
11. Çetin, G. (2004) *Zeytin Karasuyunun Fenton Prosesi ile Arıtılabilirliğinin Araştırılması*, Uludağ Üniversitesi, Bitirme Çalışması, Bursa.
12. Drouiche, M., Le Mignot, V., Lounici, H., Belhocine, D., Grib, H., Pauss, A., Mameri, N. (2004) A compact process for the treatment of olive mill wastewater by combining UF and UV/H₂O₂ techniques, *Desalination*, 169, 81-88.
13. Ginos, A., Manios, T., Mantzavinos, D. (2006) Treatment of olive mill effluents by coagulation-flocculation-hydrogen peroxide oxidation and effect on phytotoxicity, *Journal of Hazardous Materials*, B133, 135-142.
14. Gönder, Z.B., Barlas, H. (2005) Fenton Prosesi ile Renkli Atıksulardan Renk ve KOİ Giderimi, *II Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi MBGAK 2005*, İstanbul, 17-19 Kasım 2005, 562-567.
15. Hanay, Ö., Hasar, H. (2007) Fenton oksidasyon süreci ile tekstil endüstrisi atıksuyunda renk giderimi, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 19(4), 505-509,
16. Hazırbulan, S. (2006) *Zeytin Karasuyunun İleri Oksidasyon ve Adsorpsiyon Yöntemleri Kullanılarak Arıtılması*, Muğla Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
17. Inan, H., Dimoglo, A., Şimşek, H., Karpuzcu, M., (2004) Olive oil mill wastewater treatment by means of electro-coagulation, *Separation and Purification Technology*, 36, 23-31.
18. Kestioğlu, K., Yonar, T., Azbar, N. (2005) Feasibility of physico-chemical treatment and advanced oxidation processes (AOPs) as a means of pretreatment of olive mill effluent (OME), *Process Biochemistry*, 40, 2409-2416.
19. Kırıl Mert, B., Kestioğlu, K., Yalılı Kılıç, M. (2008) Zeytinyağı endüstrisi atıksularının kimyasal arıtma sonrası evsel atıksularla birlikte arıtılabilirliğinin respirometrik yöntemle araştırılması, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 17(66), 39-46.

20. Oktav, E., Şengül, F., Özer, A. (2001) Zeytinyağı endüstrisi atıksularının fizikokimyasal ve kimyasal yöntemlerle arıtımı, *Ulusal Sanayi-Çevre Sempozyumu ve Sergisi*, 25-27 Nisan 2001, Bildiriler Kitabı, 111-117, M.Ü. Muğla.
21. Paraskeva, P., Diamadopoulos, E. (2006) Review technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 81, 1475-1485.
22. Rivas, F.J., Beltran, F.J., Gimeno, O., Frades, J., (2001) Treatment of olive oil mill wastewater by Fenton's reagent, *J. Agric. Food Chem.*, 49, 1873-1880.
23. Sarika, R., Kalogerakis, N., Mantzavinos, D. (2005) Treatment of olive mill effluents Part II. complete removal of solids by direct flocculation with poly-electrolytes, *Environment International*, 31, 297-304.
24. Scioli, C., Vollaro, L. (1997) Use of *Yarrowia lipolytica* to reduce pollution in olive mill wastewaters, *Water Research*, 31(10), 2520-2524.
25. Şengül, F., Özer, A., Çatalkaya, E., Oktav, E., Evcil, H., Çolak, O., Sağer, Y. (2003) *Zeytin Karasuyu Arıtımı Projesi: EBSO Projesi Kapsamındaki Zeytinyağı İşletmeleri İçin Durum Tespiti, Karasu Karakterizasyonu, Karasu Arıtılabilirlik Çalışmaları ve Sonuçları*, İzmir.
26. Tezcan Ün, U., Ugur, S., Koparal, A.S., Bakır Ogutveren, Ü. (2005) Yüksek KOİ içeren (97000 mg/L) zeytinyağı atıksuyunun elektrokimyasal yöntemle arıtılabilirliğinin incelenmesi, *6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 256-263, İstanbul.
27. Tezcan Ün, U., Ugur, S., Koparal, A.S., Bakır Ogutveren, Ü. (2006) Electrocoagulation of olive mill wastewaters, *Separation and Purification Technology*, 52, 136-141.
28. Tsonis, S.P., Girigeropoulos, S.G. (1993) Anaerobic treatability of olive oil mill wastewater, *Water Science&Technology*, 28, 35-44.

Makale 18.04.2008 tarihinde alınmış, 06.07.2009 tarihinde düzeltilmiş, 07.07.2009 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: M. Y. Kılıç (myalili@uludag.edu.tr).