

Araştırma Makalesi

Zeytin Karasuyunun Ön Arıtımında Asitle Parçalama ve Kireçle Çöktürme Uygulamalarının Karşılaştırılması

Gül Kaykıoğlu^{1,*}, Cemre Nur Balcı¹

¹ Çevre Mühendisliği, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Geliş: 06.12.2021

Kabul: 10.12.2021

Özet: Zeytinyağı üretimi sonrası oluşan ve artılmadan alıcı ortamlara deşarj edilmesinin ciddi çevresel tehlikelere sebep olabileceği bilinen atıksuyun, ülkemizde uygulanan yaygın bir arıtma metodu bulunmamaktadır. Zeytin karasuyu olarak adlandırılan bu atıksu yüksek miktarda organik madde, yağ-gres ve fenolik maddeler içermektedir. Yoğun kirlilik yüküne sahip olan atıksuyun alıcı ortamlara ya da kanala deşarj edilebilecek kadar arıtılması tek kademeli arıtma yöntemleriyle mümkün olamamaktadır. Bu çalışmada zeytin karasuyunun arıtımında iki farklı ön arıtma (asitle parçalama ve kireçle çöktürme) uygulanmış ve elde edilen giderme verimleri değerlendirilmiştir. Ön arıtma çalışmaları sonucunda kireç ile çöktürme (pH 12,5) uygulamasının, asit kullanılarak (pH'ın 2'nin altına düşürülmesi) yapılan parçalama işleminden daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Kireç ile ön çöktürme yöntemi uygulandığında KOİ, yağ-gres, TOK ve fenolik maddelerin giderim verimleri sırasıyla %52, %99,7, %42 ve %13 olarak ve asit ile parçalanma yöntemi uygulandığında ise %43, %89, %30, %0,3 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak zeytin karasuyuna kireçle çöktürme ön arıtma işleminin ardından uygulanacak olan nihai arıtma yöntemlerinin daha başarılı giderme verimleri elde edilmesine sebep olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asit ile Parçalama, Kireç ile Çöktürme, Ön Arıtma, Zeytin Karasuyu.

Comparison of Acid Cracking and Lime Precipitation Applications in the Pre-Treatment of Olive Mill Wastewater

Abstract: There is no common method applied in our country for the treatment of wastewater, which is formed after olive oil production and is known to cause serious environmental hazards if it is discharged to receiving environments without treatment. This wastewater, which is called olive black water, contains high amounts of organic substances, oil-grease and phenolic substances. The discharge of this wastewater into the environment without treatment creates a great danger. In this study, two different pre-treatments (acid cracking and lime precipitation) were applied in the treatment of olive mill wastewater and the obtained removal efficiencies were evaluated. As a result of the pre-treatment studies, it has been determined that the precipitation with lime (pH 12.5) is more successful than the crushing using acid (reducing the pH below 2). When the lime precipitation method is applied, the removal efficiencies of COD, oil-grease, TOC and phenolic substances are 52%, 99.7%, 42%, 13%, respectively and when the acid degradation method was applied, there were determined as 43%, 89%, 30%, 0.3%. As a result, it is thought that the use of the final treatment methods to be applied after the pre-treatment of olive mill wastewater with lime precipitation may lead to more successful removal efficiencies.

Keywords: Acid Cracking, Lime Precipitation, Pre-Treatment, Olive Mill Wastewater.

* Sorumlu yazar.

E-posta adresi: gkaykioglu@nku.edu.tr (G. Kaykıoğlu)

1. Giriş

Zeytinyağı üretimi Kasım ayında başlamakta, 2-3 ay gibi kısa bir sürede tamamlanmaktadır. Buna rağmen oluşan atık su miktarı ve atık suyun kirlilik potansiyeli oldukça yüksek ve arıtılması oldukça zor olmaktadır. Küçük işletmeler ve bu işletmelerin dağınık yapıda olmaları sonucu, zeytin karasuyu olarak bilinen atıksuların toprağa veya yeraltı suyuna direkt deşarjı nedeniyle çevresel etkileri gün yüzüne çıkmış ve bunun sonucunda zeytin karasuyunun arıtımına verilen önem giderek artmıştır. Bu atık suyun arıtımında başlıca karşılaşılan güçlükler; sezonluk üretim yapılması, organik madde içeriğinin fazlalığı, fenolik bileşenleri ve yağ asitlerini ihtiva etmesiyle ilişkilidir. Ayrıca zeytin karasuyu süspanse halde katılar ve çözünmüş mineral tuzlar gibi yüksek kirletici özelliğe sahip organik maddeleri de içermektedir. pH değerleri 4,6-5,8 arasında değişen asidik karakterli bu suların AKM (askıda katı madde) değerleri 6.000-69.000 mg/L, KOİ değerleri 37.000-318.000 mg/L, BOİ değerleri 15.000-135.000 mg/L arasında değişebilmektedir [1].

Zeytin karasuyunun yüksek kirletici etkisinin azaltılabilmesi için alternatif arıtım teknolojilerinin belirlenmesi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Karasuyun arıtımında kullanılan prosesler; fiziksel ve fiziko-kimyasal, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma prosesleri olarak sınıflandırılabilir [2-10].

Fiziko-kimyasal yöntemler, atık suya çökeltme sağlayan bir reaktif eklenerek bir kimyasal reaksiyon aracılığıyla çözünmüş kimyasalların çözünmeyen katı haline dönüşmesiyle uygulanan bir tekniktir. Böylece karasuya kimyasal madde eklenerek çöktürme ve kimyasal oksidasyon işlemleri uygulanmaktadır [4].

Karasuyun kimyasal arıtımı amacıyla kullanılan kimyasal bileşiklerden bazıları $FeCl_3$, H_2SO_4 , HCl ve $Ca(OH)_2$ 'dir. Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında koagülant olarak genellikle $Ca(OH)_2$ kullanılmıştır. Hidroksil radikallerini açığa çıkararak KOİ ve fenol giderimi sağlayan ozonlama veya ileri oksidasyon teknikleri, karasu için de kullanılabilir [5].

Karasuyun biyolojik arıtma prosesleri ile giderimi için içeriğinde yer alan polifenol ve lipitlerin biyolojik olarak parçalanma reaksiyon hızı, uçucu asitlere ve şekerlere göre daha düşük olması sebebiyle sınırlı olmaktadır [2]. Bu arıtma yöntemlerinin zeytin karasuyunda istenen arıtma verimini sağlayamamasından dolayı, zeytin karasuyu arıtımı için yeni arıtma yöntemleri deneme çalışmaları devam etmektedir.

Uygulanabilecek olan nihai arıtma yöntemlerinin yükünü hafifletebilmek amacıyla zeytin karasuyunun mutlaka ön arıtma işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, kireçle çöktürme ve asitle parçalama ön arıtma işlemleri uygulanarak, optimum çalışma şartları ve giderme verimleri değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, zeytinyağı üretimi sırasında oluşan zeytin karasuyunun arıtılması için iki farklı ön arıtma seçeneği değerlendirilmiştir. Ön arıtma olarak denenilen prosesler; ön çöktürmenin ardından asit ile parçalama ve kireç ile çöktürme işlemleridir.

2.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Atıksu

Atıksu numunesi, zeytinyağı üretimi yapan Tekirdağ ili Hoşköy mahallesi yağhanesinde bulunan ve dönemsel çalışan bir yağ firmasının atıksu çıkış hattından alınmıştır. Bu firmada zeytinyağı, zeytin meyvesinin üç fazlı olarak adlandırılan sistem kullanılarak sıkma işleminden geçirilmesiyle elde edilmektedir. Firmaya hasat döneminde gelen zeytinler şebeke suyu ile birlikte kırma makinesine alınmaktadır. Oluşan zeytin hamuru presleme sisteminden geçirildikten sonra içerisindeki pirina olarak adlandırılan katı kısım ayrılmaktadır. Ayırma kabına alınan sıvı kısmın üst fazından yağ elde edilip, alt kısmında biriken karasu ise bertaraf için tesisten uzaklaştırılmaktadır.

Atıksu numunesi deneysel çalışmalara başlanmak üzere laboratuvar şartlarında Standart Metotlara göre korunarak buzdolabında (+4°C) tutulmuştur.

2.2. Analitik Yöntemler

Deneysel çalışmalarda kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır (Merck). Atıksuyun pH değerleri derişik 1N H_2SO_4 ve 1N NaOH kullanılarak ayarlanmıştır.

Zeytin karasuyunun karakterizasyonu için KOİ, renk, yağ-gres, TOK ve fenolik maddeler parametreleri "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF) 21st Ed" a göre belirlenmiştir. Tüm pH ölçümleri Hanna markalı HI83141 üretim numaralı portatif pH metre cihazı kullanılarak yapılmıştır. Toplam organik karbon (TOK) analizleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında, TOK-L CPH/CPN marka, SSM 5000 A model TOK cihazı ile yapılmıştır [11]. Tüm renk ölçümleri Thermo Spectronic Hellios Aquamate 2500E 9423 AQA 112519 üretim numaralı spektrofotometrede yapılmıştır. Renk ölçüm metodu, RES, 436 nm, 525 nm ve 620 nm dalga boylarında yapılmıştır. Farklı dalga boylarında elde edilen ABS değerleri kaydedilerek aşağıdaki formüle göre RES değerleri hesaplanmıştır.

$$RES(\lambda) = (A/d) \cdot f \quad (1)$$

A: λ dalga boyunda su numunesindeki absorbans

d: Küvet kalınlığı (mm)

f: Spektral Absorbans değerini m^{-1} biriminde elde etmek için faktör, $f=1000$

$RES(\lambda)$: λ dalga boyu renklilik sayısı (RES) değeri (m^{-1}) [12]

Fenolik madde tayini, Shimadzu UV-2401 cihazı kullanılarak 200 nm-700 nm arasında tarama yapılarak, 254 nm (UV254) ölçüm sonucu ile karakterize edilmiştir [13]. Tüm fenolik madde analizlerinde kullanılan atıksular 200 kat seyreltilmiş olup, elde edilen ABS değerleri 200 ile çarpılmıştır.

2.3. Ön çöktürme

Zeytin karasuyu hiçbir işleme tabi tutulmadan önce 48 saat boyunca dinlendirilmiş, çamurun çökmesi sağlanmıştır. Sonrasında gerçekleştirilen adımlarda kullanılan atıksu, çöktürme işleminin sonucunda üst fazdan alınan atıksudur.

2.4. Asit ile Parçalama

Asitle parçalama işleminde sülfürik asit (H_2SO_4) ilavesiyle

karasuyun pH'ı 2'nin altına getirilmiş olup, oluşan flokların çöktürülmesi sağlanmıştır. Flokların çökmesi için 1 saat beklenmiş, üst fazdan numune alınıp Bench-Top Centrifuge isimli üreticiye ait olan 2013 yılı NF400 model numaralı santrifüj cihazı kullanılarak 7 dakika 4.000 rpm hızında santrifüj işlemi uygulanmıştır. Herhangi bir karıştırma işlemi uygulanmamıştır.

2.5. Kireç ile Çöktürme

Kireçle çöktürme için optimum pH belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için, ön çöktürme uygulanmış karasu numunesinin pH değeri kireç (Ca(OH)_2) kullanılarak 9, 10, 10,5, 11 ve 12,5 değerlerine getirilmiştir. Ardından tüm numuneler 5 dakika hızlı (120 rpm), 55 dakika yavaş (50 rpm) karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Ardından karasu numuneleri 1 saat süresince katı maddelerin çökmesi için bekletilmiştir. Hazırlanan numunelerin 1 saat bekletilmesinden sonra çamur miktarı ölçülmüş, üst fazlardan numune alınarak analizleri gerçekleştirilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Ön Arıtma

Ham karasu numunelere öncelikle katı maddelerin ayrılabilmesi için ön çöktürme işlemi uygulanmıştır. Ön çöktürme sonunda elde edilen atıksuda yapılan analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Ön çöktürme işlemi sonrasında atıksuyun yaklaşık %20'si kadar çamur elde edilmiştir. Ön çöktürme uygulanmış atıksuya asit ile parçalama ve kireçle çöktürme ön arıtma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.2. Asit ile Parçalama

Asitle parçalama uygulaması pH'ın 2 değerinin altına düşürülmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama sonucunda elde edilen analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre, KOİ değeri 60.480 mg/L olarak belirlenmiş olup, toplam KOİ giderme verimi %43 olmuştur. Asitle parçalama sonucunda ölçülen yağ-gres değeri 1410 mg/L olarak belirlenmiş olup, toplam yağ-gres giderme verimi %89 olmuştur. TOK değeri 25098 mg/l ve giderme verimi %30'dur. Fenolik maddelerin göstergesi olan UV254 değeri 131,40 abs olarak ölçülmüş ve giderme verimi %0,30 olarak hesaplanmıştır.

3.3. Kireç ile Çöktürme

Kireç kullanılarak yapılan ön arıtma işleminde sönmüş kireç olarak adlandırılan Ca(OH)_2 kullanılmıştır. Kireç ile ön çöktürme işleminde pH optimizasyonu yapılmıştır. Bunun için ön çöktürme uygulanmış olan atıksuyun pH değeri 9, 10,11, 11,5 ve 12,5 olarak kireç kullanılarak ayarlanmış ve KOİ ve renk parametreleri bazında giderme verimleri değerlendirilmiştir. Kireçle çöktürme sonucunda elde edilen renk, KOİ değerleri ve giderme verimleri Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre, en iyi giderme veriminin elde edildiği pH değeri 12,5 olarak belirlenmiştir. Kullanılan kireç konsantrasyonu 85 g/L'dir ve bundan sonraki çalışma adımlarında 12,5 olarak belirlenen pH değeri dikkate alınmıştır. Hazırlanan numunelere yapılan hacimsel ölçümler sonucunda karasuyun 1 saat bekletilmesi sonrası çamur miktarı %40, 24 saat bekletilmesi sonrası çamur miktarı %30 olarak tespit edilmiştir.

Kireç ile çöktürme sonucunda tespit edilen en verimli değer olan pH 12,5'te yapılan ölçümler sonucunda yağ-gres değeri 38 mg/L olarak belirlenmiş olup, toplam yağ-gres giderme verimi %99,7 olmuştur. TOK değeri 20.745 mg/L ve giderme verimi %42'dir. UV₂₅₄ değeri 114,80 abs ve giderme verimi %12,89'dur. Tablo 1'de kireç ile çöktürme sonucu elde edilen yağ-gres, TOK ve fenolik madde ölçüm sonuçları gösterilmiştir.

Ön arıtma işlemleri ile elde edilen giderme verimleri incelendiğinde; asit ile parçalama uygulamasında pH değeri 2'nin altına ininceye kadar sülfürik asit ilavesi, kireç ile çöktürme uygulamasında ise pH değeri 12,5 olana kadar sönmüş kireç ilavesinde bulunduğu görülmektedir. KOİ giderme verimleri mukayese edildiğinde asit ile parçalama uygulamasından sonra % 43, kireç ile çöktürme uygulamasında ise % 52 giderme verimi elde edilmiştir (Şekil 1). Yağ-gres parametresi için asit ile parçalama %89, kireç ile çöktürmede ise %99,7 giderme verimi elde edilmiştir (Şekil 2). TOK gideriminde de asit ile parçalama %30, kireç ile çöktürme uygulamasında %42 verim elde edilmiştir (Şekil 3). KOİ, Yağ-Gres ve TOK parametreleri için en iyi giderme verimi kireç ile çöktürme uygulamasında elde edilmiştir. Ancak renk parametresi için aynı durum söz konusu olmamıştır. Asit ile parçalama %8,4 renk giderimi elde edilmiş iken, kireç ile çöktürme uygulaması sonrasında renk parametresinde azalma gözlenmemiştir (Şekil 4).

Tablo 1 Ön arıtma uygulamaları sonucunda elde edilen analiz sonuçları

Parametre	Ön çöktürme	Asit ile parçalama	Kireç ile çöktürme
Toplam renk (m^{-1})	1.240	1.136	2.340
KOİ (mg/L)	106.000	60.480	51.280
Yağ-Gres (mg/L)	12.300	1.400	40
TOK (mg/L)	35.800	25.000	20.800
Fenolik Maddeler UV ₂₅₄ (abs)	131,80	131,40	114,80

Tablo 2 Kireçle çöktürme işleminde elde edilen renk ve KOİ değerleri

pH	KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi(%)
9	56.800	46
10	65.600	38
11	56.500	47
11,5	53.900	49
12,5	51.300	52

Çalışmada, zeytin karasularına yapılan asitle parçalama uygulamasının KOİ giderim verimi %43 olarak bulunmuştur. Literatürde KOİ giderim verimlerinin %15 ile %72,5 aralığında değiştiği görülmüştür [14,16]. Bu değerlendirmeye göre elde edilen sonuç literatürdeki bazı verim değerlerinden yüksek bazılarında ise düşüktür.

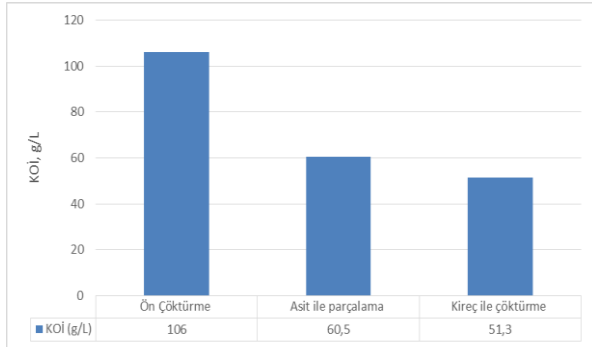
Yapılan bu çalışmada; kireç ile çöktürme işleminde elde edilen en yüksek KOİ giderim verimi %52 olarak

hesaplanmıştır. Literatürde çalışmalar incelendiğinde, zeytin karasuyuna uygulanan kireçle çöktürme prosesi sonrasında KOİ giderim verimlerinin %38,9 ile %56,3 arasında değerler aldığı görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen KOİ giderim veriminin literatürdeki değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür [15, 17].

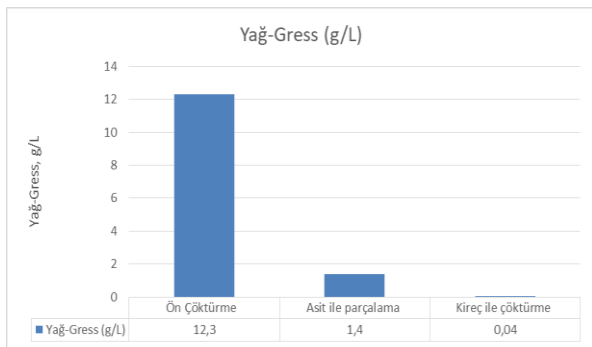
Çalışmada; asitle parçalama işleminde elde edilen en yüksek TOK giderim verimi %30 olarak hesaplanmıştır. Literatürde [2] yapılan incelemeler sonucunda zeytin karasuyuna uygulanan asitle parçalama prosesi sonrasında TOK giderim verimlerinin %15,40 olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen TOK giderim veriminin literatürden yüksek olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada; kireç ile çöktürme işleminde elde edilen en yüksek TOK giderim verimi %42'dir. Literatürde yapılan incelemeler sonucunda zeytin karasuyuna uygulanan kireçle çöktürme prosesi sonrasında TOK giderim verimlerinin %19,20 olduğu görülmektedir [2]. Bu çalışmada elde edilen TOK giderim veriminin literatürdeki çalışmada elde edilen değerden yüksek olduğu görülmüştür [2].

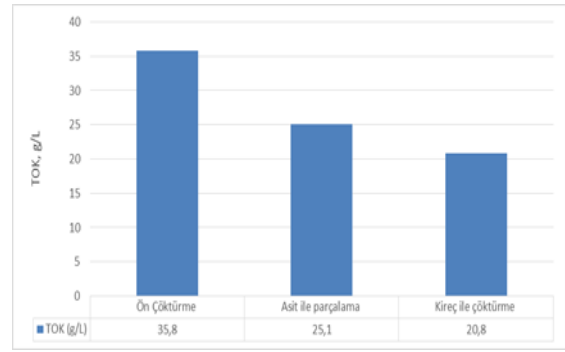
Ön arıtma uygulamalarının genel karşılaştırılması yapıldığında, giderim verimlerine göre kireç uygulamasının diğer ön arıtma işlemine göre daha iyi bir performans gösterdiği görülmektedir. Fakat kireç kullanımı sonrasında oluşan çamurun yüksek olması dikkate alınması gereken önemli bir problemidir.



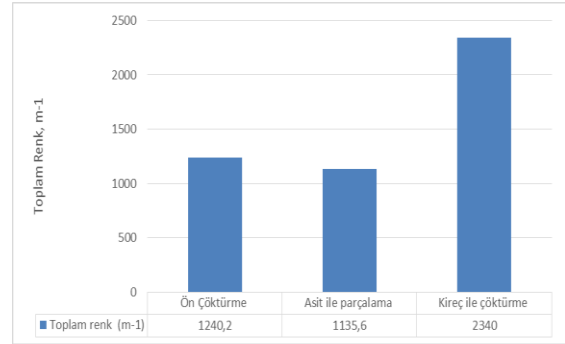
Şekil 1. KOİ sonuçlarının karşılaştırması



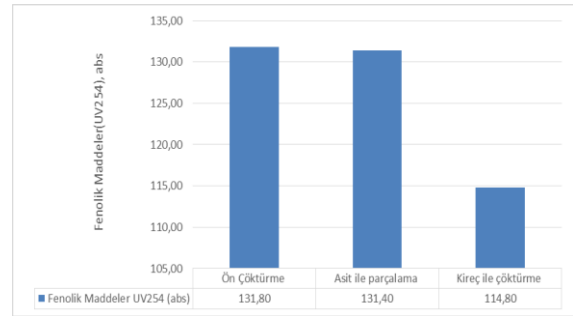
Şekil 2. Yağ-gres sonuçlarının karşılaştırması



Şekil 3. TOK sonuçlarının karşılaştırması



Şekil 4. Renk sonuçlarının karşılaştırması



Şekil 5. Fenolik maddeler sonuçlarının karşılaştırması

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada zeytinyağı üretimi işlemleri sonucunda oluşan ve yüksek organik kirliliğe sahip zeytin karasuyunun arıtılması amacıyla kullanılan farklı ön arıtma yöntemlerinin performansları karşılaştırılmıştır.

Ön arıtma olarak kullanılan asitle parçalama (%43) ve kireçle çöktürme (%52) uygulamalarında elde edilen KOİ giderme verimleri karşılaştırıldığında, en iyi giderme veriminin kireç ile çöktürme uygulamasında elde edildiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, zeytin karasuyuna kireçle çöktürme ön arıtma işleminin ardından uygulanacak olan nihai arıtma yöntemlerinin kullanılmasının daha başarılı giderme verimleri elde edilmesine sebep olabileceği belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Cemre Nur Balcı'nın yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümünden olup, NKÜBAP tarafından NKUBAP.06.YL.20.248 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Kul, S., Zeytin karasuyunun elektrooksidasyon yöntemi ile arıtımının incelenmesi,” (2015), Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [2] Coşkun, T., Zeytin karasularının fizikokimyasal ve membran proseslerle arıtımı, (2010), Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Sarıca, E.S., Zeytinyağı üretim atıksularının biyolojik arıtılabilirliğine fenton bazlı oksidasyon proseslerinin etkisi, (2019), Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- [4] Menekşe, M.İ., Zeytin karasuyunun elektro ileri oksidasyon teknikleri ile oksidasyonu, (2019), Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- [5] Ünal, E., Zeytin işleme ve zeytinyağı üretim tesisleri atıklarının entegre yönetiminin araştırılması, (2017), Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Uzun, A.Ç., Zeytin karasuyunun ardışık kesikli anaerobik reaktörler ile arıtılabilirliğinde uygun ön arıtım metodunun belirlenmesi, (2015), Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- [7] Lolos, G., Skordilis, A. & Parissakis, G. (1994). Polluting characteristics and lime precipitation of olive mill wastewater. *Journal of Environmental Science and Health*, 29,1349–1356.
- [8] Tsonis, S.P., & Girigeropoulos, S.G. (1993). Anaerobic treatability of olive oil mill wastewater. *Water Science&Technology*, 28, 35-44.
- [9] Aktaş, E.S., İmre, S. & Ersoy, L. (2001). Characterization and lime treatment of olive oil mill wastewater. *Water Research*, vol. 35, 2336–2340.
- [10] Mitrakas, M., Papageorgiou, G., Docoslis, A., & Sakellariopoulos, G. (1996). Evaluation of various pretreatment methods for olive oil mill wastewaters. *European Water Pollution Control*, 6,10–19.
- [11] APHA (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 21. baskı, Washington, DC.
- [12] Polat, M.P. (2018). Atıksularda renk ölçüm metodlarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- [13] Çifçi, D.İ. & Meriç, S. (2021). Textile wastewater treatment by uv/fenton-like oxidation process using Fe-Cu doped pumice composite. *Environ Res. Tec.*, 4, 206–218.
- [14] Azbar, N., Keskin, T. & Çatalkaya, E.C. (2008). Improvement in anaerobic degradation of olive mill effluent (ome) by chemical pretreatment using batch systems. *Biochemical Engineering Journal*, 38, 379–383.
- [15] Gömeç, Ç.Y., Erdim, E., Turan, İ., Aydın, A.F. & İ. Öztürk (2007). Advanced oxidation treatment of physico-chemically pre-treated olive mill industry effluent. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 42, 741–747.
- [16] Kiril, B.M., Yonar, T., Kılıç, M.Y. & Kestiođlu K. (2010). Pre-treatment studies on olive oil mill effluent using physicochemical, fenton and fenton-like oxidations processes. *Journal of Hazardous Materials*, 174, 122–128.
- [17] El-Shafey, E.I., Correia, P. F. M. & Carvalho, J.M.R. (2005). An İntegrated process of olive mill wastewater treatment, *Separation Science and Technology*, 40, 2841–2869.