



## SOFRALIK ZEYTİN ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN ATIKSULARIN ÖZELLİKLERİ VE ARITMA YÖNTEMLERİ

Deniz DÖLGEN\*, Mehmet Necdet ALPASLAN

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Sofralık Zeytin Atıksuyu, Salamura Atıksuyu, Yıkama Atıksuyu, Fenol, Kompleks Organik Bileşikler.</i>	Türkiye, zeytin üretiminde dünyanın önde gelen ülkelerinden biridir. Toplanan (hasat edilen) zeytinin yaklaşık %25'i sofralık zeytin olarak tüketilmekte, geri kalan %75'i zeytinyağı olarak işlenmektedir. Ülkemizde sofralık zeytin üretiminde farklı hazırlama yöntemleri (İspanyol tipi işlem, çizme ve kırma, salamura tipi, sele tipi, teneke tipi, kalamata tipi, kostikli tip, doğal fermente, vb.) kullanılmaktadır. Hazırlama yöntemine bağlı olarak atıksuyun miktar ve kalitesinde farklılıklar görülmekle birlikte, temelde sofralık zeytin üretimi (SZÜ) işlemlerinden yüksek organik madde, fenolik bileşikler, klorür, alkalinite, çözünmüş katı madde içeren koyu renkli atıksular oluşmaktadır. Bu nedenle, SZÜ atıksularının arıtılması için fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma süreçlerinin bir arada uygulandığı çözümler önerilmektedir. Türkiye'de SZÜ atıksularının arıtılmasına yönelik teknolojik uygulamalar sınırlıdır. Literatürde, laboratuvar ölçekli bazı çalışmaların sonuçları sunulmaktadır. Ancak, konuyu SZÜ süreçleri ve buna bağlı olarak atıksu kaynakları, atıksu miktarı, atıksu karakterizasyonu ve arıtma alternatifleri şeklinde tüm bileşenleri ile ele alan bir çalışma bulunmamaktadır. Makalede, önce SZÜ süreçleri ile üretimden kaynaklanan atıksuların miktar ve kalitesi hakkında kapsamlı bilgi verilmiştir. Daha sonra SZÜ atıksularının arıtımında öne çıkan yöntemler tanıtılmış, uygun arıtma kombinasyonları irdelenmiştir.

## CHARACTERISTICS OF WASTEWATER GENERATED FROM TABLE OLIVE PRODUCTION AND TREATMENT METHODS

Keywords	Abstract
<i>Table Olive Wastewater, Fermentation Wastewater, Washing Wastewater, Phenol, Complex Organic Compounds.</i>	Turkey is one of the biggest olive producers in the world. Approximately 25% of harvested olive is consumed as table olive, and the rest 75% is used for olive oil production. Various methods (e.g. Spanish style, slit and crushed, salamura, sele, kalamata, caustic, natural fermented, etc.) are applied in table olive processing in Turkey. Table olive wastewater (TOWW) contains high organic matter, phenolic compounds, chloride, alkalinity, dissolved solids, and dark color, in general, however, the quantity and quality of the wastewater differs significantly depending on the production method. Therefore, combination of physical, chemical, and biological treatment methods is recommended for purification of the TOWW. In Turkey, technologic applications for the treatment of TOWW are limited. The results of some laboratory scale studies are presented in literature. However, there is no study addressing the subject with all its components (olive production processes, TOWW sources, wastewater quantity, wastewater characterization, and treatment alternatives). In the article, firstly, the comprehensive information about table olive production processes, quantity and quality of wastewater generated from olive production is introduced. Then, prominent methods on treatment of TOWW are presented, and appropriate treatment combinations are evaluated.

### Alıntı / Cite

Dölgen, D., Alpaslan, M.N., (2020). Sofralık Zeytin Üretiminden Kaynaklanan Atıksuların Özellikleri ve Arıtma Yöntemleri, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(4), 1312-1323.

\* İlgili yazar / Corresponding author: denizdolgen@gmail.com, +90-232-301-7139

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
D. Dölgen, 0000-0002-5888-3032	Başvuru Tarihi / Submission Date	27.07.2020
M.N. Alpaslan, 0000-0003-1895-7479	Revizyon Tarihi / Revision Date	19.10.2020
	Kabul Tarihi / Accepted Date	22.10.2020
	Yayın Tarihi / Published Date	25.12.2020

## 1. Giriş (Introduction)

Ülkemizde zirai-endüstrinin (agro-industry) önemli bileşenlerinden biri zeytinciliktir. Zeytin ve zeytin işleme faaliyetleri sonucunda elde edilen temel ürün sofralık zeytin ve zeytinyağıdır. Son yıllarda dünyada sağlıklı yaşam ve beslenmeye artan ilgi ile birlikte sofralık zeytin ve zeytinyağı üretim ve tüketiminin önemi de artmaktadır. Bu eğilimler, zeytinciliğin, sadece Akdeniz'e kıyı olan ülkelerde değil, Akdeniz iklimi gösteren Arjantin, Şili, Meksika, Peru, Avustralya vb. diğer ülkelerde de ekonomik anlamda tarımının yapılmaya başlanmasına neden olmuştur (IOC 2019; Papadaki vd., 2016). Türkiye, bulunduğu coğrafi konum ve sahip olduğu Akdeniz iklimi özellikleriyle İtalya, İspanya, Yunanistan ve Tunus gibi diğer Akdeniz ülkeleriyle birlikte dünyanın önde gelen zeytin ve zeytinyağı üreticilerindedir (Cillidag, 2013). Küresel zeytin üretiminin yaklaşık %15,2'sinin gerçekleştirildiği ülkemizde dünyadaki gelişmelere paralel olarak ülkemizde de son on yıllık dönemde zeytin üretimi, tüketimi ve ihracatında ciddi artışlar görülmüştür. Ulusal Zeytin ve Zeytinyağı Konseyi verilerine göre, 2019-2020 döneminde zeytin üretiminin tahmini olarak 1,5 milyon ton olacağı bunun yaklaşık 414 bin tonunun yemeklik (sofralık) olacağı öngörülmektedir (UZZK 2019). Akılcı politikalar ve desteklerle zeytin tarımına olan ilginin artarak devam etmesi, üretim ve ihracatında artış sağlanması beklenmektedir.

Zeytin meyvesi içerdiği yağ, aminoasitler, temel yağ asitleri, mineraller ve fenolik bileşikler yönünden zengin bir besin maddesidir. Sofralık zeytin ve zeytinyağı üretiminde uygulanan işlemler sonucunda, zeytin meyvesinin içindeki bileşenler suya geçmekte ve organik bileşikler, yağ, fenolik bileşikler bakımından yoğun kirlilik içeren atıksu oluşturmaktadır. Ayrıca, zeytin üretiminin sezonluk yapılması, ürünün talebe göre piyasaya sunulması, üretim şekli gibi koşullara bağlı olarak miktar bakımından da önemli değişkenlik göstermektedir. Miktar ve kalite bakımlarından sahip olduğu özellikler nedeniyle, sofralık zeytin ve zeytinyağı üretim süreçlerinden kaynaklanan atıksuların yönetimi için yetkin mühendislik uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu süreçte atıksuyun miktar ve karakterizasyonunun belirlenmesi, uygun arıtma proseslerinin seçimi, uygun ekipman ve malzemenin kullanılması, bilinçli işletim gibi konuların tümü önemli olmaktadır.

Zeytin ve zeytinyağı üretiminin dünyada sınırlı alanlarda ve ülkelerde yapılması, üretim süreçlerinden çıkan atıksuların arıtılması ile ilgili çalışmalara ve gelişmelere de belli bir sınır getirmektedir. Bu konuda, literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında İspanya, Yunanistan, Fransa, İtalya, Tunus, İsrail, Fas gibi ülkelerin ağırlıklı olduğu görülmektedir. Konu itibarıyla üretim süreçlerinden kaynaklanan atıksuların karakterizasyonu, arıtma alternatifleri, yaşam döngüsü analizi ve atık olarak çıkan malzemelerin değerlendirilmesiyle alakalıdır. Bunlar arasında, yeşil ve siyah zeytin ile doğal fermente zeytin üretiminden kaynaklanan atıksu miktarı ve özellikleriyle ilgili çalışmalar ağırlıklıdır. Arıtma alternatifleri konusunda ise genelde laboratuvar veya pilot ölçekli araştırmalara dair veriler sunulmaktadır. Son dönemlerde, atıksu karakterizasyonu ve arıtım dışında, döngüsel ekonomi ilkeleriyle paralel olarak atıkların değerlendirilmesine yönelik araştırmalar da görülmektedir. Türkiye önemli bir zeytin üreticisi ülke olmakla birlikte, atıksu yönetimine ilişkin çalışmalar, genelde zeytinyağı üretimi konusundadır. Sofralık zeytin üretimi (SZÜ) alanında ulusal çalışmalar çok kısıtlıdır. Bu ihtiyaçtan hareketle, sunulan çalışmada, kapsamlı bir araştırma yapılarak, öncelikle dünyada ve ülkemizde uygulanan sofralık zeytin üretim süreçleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Üretimden kaynaklanan atık suların niceliği (miktarı) ve niteliği (karakterizasyonu) üretim yöntemleri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. SZÜ atıksularının arıtılmasına yönelik önerilen sistemler incelenmiş, çalışma prensipleri, verimlilikleri, işletim özellikleri gibi bakımlardan tartışılmış, çözüm önerileri sunulmuştur.

## 2. Sofralık Zeytin Üretimi (Table Olive Production)

Sofralık zeytin (SZ), işlenebilecek olgunlukta hasat edilen zeytin meyvelerinin acılığının giderilip, yenilebilir olgunluğa gelmesiyle elde edilen bir üründür. Ülkemizde temelde "yeşil" ve "siyah" olmak üzere iki tür sofralık zeytin üretiminden söz edilmekle birlikte, uygulanan işleme tekniğine göre piyasaya farklı isimlerde sunulan ürünler (örneğin çizme, kırma, sele, hurma, kalamata, vb.) bulunmaktadır. Gerek siyah gerek yeşil zeytin üretiminin ana işlemi, zeytin meyvesine acılık tadını veren oleuropein maddesinin giderilmesidir. Acılık alma olarak isimlendirilen işlem alkali madde kullanılarak veya alkali madde kullanılmadan (sadece fermantasyon ile) gerçekleştirilebilir (Cillidag, 2013; Gomez vd., 2006). Alkali uygulamasında kostik (NaOH) eklenir, zeytin meyveleri seyreltik kostik çözeltisi içeren tanklarda bekletilir. Fermantasyon uygulaması ise zeytin meyvelerini asitli su, tuzlu su içinde bekletmek, doğrudan tuz ile temas ettirmek veya tuzlu suya hava vererek yapılabilir (Cillidag, 2013; Gomez vd., 2006; Papadaki vd., 2016).

SZ üretiminde kullanılan hazırlama işlemlerini üç grupta ele almak mümkündür. Bunlar, (1) alkali işlem görmüş zeytin- İspanyol usulü yeşil zeytin, (2) tuzlu suda işlem görmüş siyah zeytin- Kaliforniya tipi siyah zeytin ve (3) doğal fermantasyonla üretilen işlem görmemiş zeytindir (Yunan tipi). Ülkemizde bu üç üretim yöntemi geçerli olmakla birlikte, yeşil zeytin üretiminde İspanyol tipi üretim dışında kırma ve çizme yeşil zeytin hazırlama işlemleri de kullanılmaktadır. Benzer olarak, siyah zeytin üretiminde de, tuz katlama, konfit uygulama, hava vererek tatlandırma gibi uygulamalar yer almaktadır.

### 2.1. Yeşil zeytin işleme yöntemleri (Green olives processing methods)

Yeşil zeytin üretiminde meyvelerinin hasadı, bölgelere göre değişiklik göstermekle birlikte, genelde eylül-ekim aylarında olmaktadır. Meyvelerin zarar görmeden mümkünse el ile toplanması tavsiye edilir. Hasat edilen zeytinler tahta veya plastik küfelerde kamyonlar ile işleme yerlerine iletilir (Balatsorus vd., 1997). İlk olarak, zeytin meyvesinin bünyesindeki oleuropeinin giderilmesi için seyreltik (%2.0-5.0 w/v) kostik (NaOH) kullanılır (Charoenprasert vd., 2014; Sanchez vd., 2014; Cillidag, 2013; Parinos vd., 2007; Gomez vd., 2006; Rejano ve Garrido, 2004). Acılık giderme işlemi, toprak altında kullanılan fermantasyon tankları veya yer üstündeki polyester tanklarda gerçekleştirilir. Kostik ile muamele işlemi 6-15 saat sürer, alkali çözeltinin zeytinin etli kısmına büyük oranda işlemesi sağlanır (Gomez vd., 2006; Rejano ve Garrido, 2004). Ancak, fermantasyon aşamasında laktik asit bakterilerinin gelişimini desteklediği için, çekirdeğin etrafında kostikten etkilenmemiş bir kısmın kalması da istenir (Balatsorus vd., 1997). Bu nedenle, kostik, zeytin etinin istenen derinliğine ulaştığında, yıkama işlemi uygulanır. Yıkama işleminin zeytin etindeki bütün fermente olabilir maddeleri, mineralleri kaybedecek kadar uzun olmaması önerilir (Fendri vd., 2013; Therios, 2009; Fernández vd., 1997). Deneyimler yıkama işleminin 12-14 saatte tamamlanması, 3 kez su değiştirilmesinin yararlı olduğu yönündedir.

Yıkama işleminden sonra zeytinler fıçılara konur, üzerleri tuzlu su ile (salamura) örtülür. Salamura tuz, su ve koruyucular içeren, zeytinin tatlanması ve ambalajda bozulmamasını sağlayan bir çözeltidir (%10w/v). Zeytin meyvelerinin bünyesindeki su ozmoz yoluyla salamuraya geçer ve fermantasyon için gerekli şeker, protein vb. maddelerle zenginleşir. Böylece mikroorganizma faaliyetlerine elverişli duruma gelir ve anaerobik koşullarda fermantasyon süreci gerçekleşir. Fermantasyon, zeytin mikroflorasında mevcut yararlı mikroorganizmaların zeytin etindeki serbest şekerleri parçalayarak laktik asit oluşturmaları sonucu zeytinin yenilebilir hale gelmesini sağlar (Balatsorus G., 1997). Fermantasyon için havasız koşulların temin edilmesi, acılık giderme işlemi sonrası laktik asit bakterileri için yeterli miktarda besin-şeker bulunması (yetersiz ise dışarıdan eklenmeli) ve uygun bakteri (laktik asit bakterileri) gereklidir (Polonio vd., 2015; Parinos vd., 2007).

Şeker, fermantasyonu sağlayan mikroorganizmalar için temel besin kaynağıdır. Mikroorganizmaların şekeri kullanarak oluşturduğu asit, zeytinlerin bozulmasını önlemekte ve yeme olgunluğuna gelmesini sağlamaktadır. Fermantasyon sürecinde, ham zeytine acı tadı veren oleuropein yavaş yavaş parçalanır. Oleuropeinin parçalanması sonucu oluşan kullanılabilir şekerler salamuraya geçerken, zeytin meyvelerinin bünyesine tuz alınır. Fermente olmuş zeytinler organoleptik özelliklerinin gelişmesi için 2 aya kadar uzayabilen sürelerde muhafaza edilir, salamurası alınır, seçilir ve ambalaja girer. Şekil 1'de İspanyol tipi yeşil zeytin üretim süreci şematik olarak gösterilmiştir.

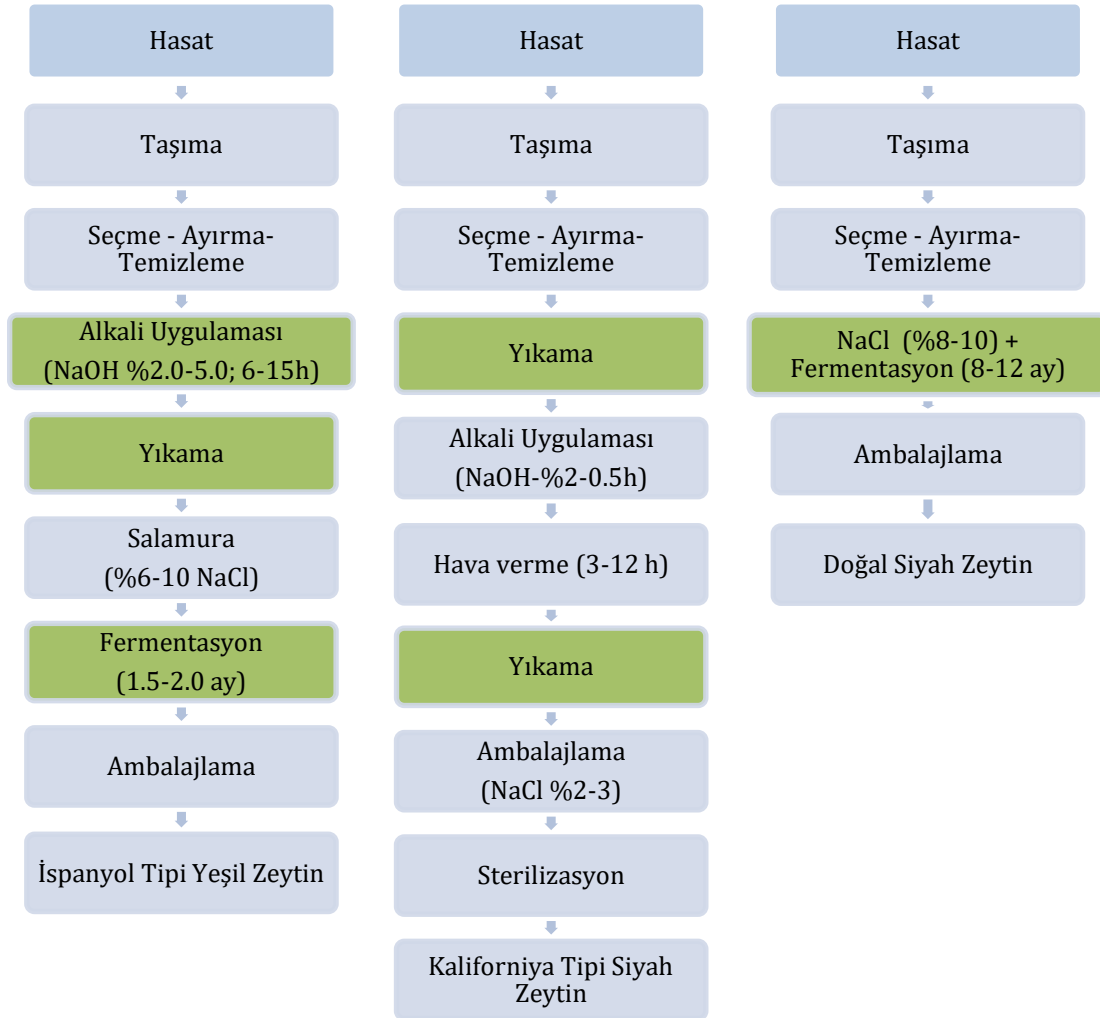
Ülkemizde sofralık yeşil zeytin üretiminde gerek İspanyol tipi işlem gerekse de çizme ve kırma zeytin işleme teknolojileri kullanılmaktadır. İspanyol tipi üretimde, hasat edilen zeytinler %1- 2,5'lik NaOH çözeltisi içerisinde (danenin 2/3 üne işleyene kadar) bekletilir. Ardından yıkama işlemi uygulanır; bu kapsamda 4-6 saat arayla 4-6 yıkama yapılır. Ardından salamura içerisinde bekletilir ve 1-3 aylık süre zarfında fermantasyon tamamlanır. Olgunlaşan zeytinler pastörize edilerek piyasaya sunulur. Çizme zeytin işleme yöntemi, acılık giderme dışında İspanyol yöntemine benzer. Ancak, alkali işlem uygulanmaz. Yıkama işlemi sonrasında meyveler 2-3 yerinden çizilerek %2-3 salamuraya (tuz ve limon tuzu) konur. Haftada 1-2 kez suyu değiştirilir. Acılığı giderilen (tatlanan) zeytinler %7'lik salamuraya konularak 1-2 ay fermantasyona tabi tutulur. Yeme olgunluğu kazanan zeytinler ambalajlanarak piyasaya sunulur. Kırma tipi zeytin ise, çizme yönteminde olduğu gibi hazırlanır. Ancak, zeytinler doğal yapısı bozulmayacak şekilde kırılır veya iğneyle delinir. Acılığın giderilmesi yine çizme zeytininde olduğu gibi yapılır.

### 2.2. Siyah zeytin işleme yöntemleri (Black olives processing methods)

Sofralık siyah zeytin salamura tipi, sele tipi, teneke tipi, kalamata tipi, kostikli tip olmak üzere çeşitli hazırlama yöntemlerine göre üretilmektedir. Literatürde genel olarak Kaliforniya tipi üretim şekli tanınmakla birlikte ülkemizde sele tipi, teneke tipi, kalamata tipi, kostikli tip sofralık siyah zeytin üretimi de yapılmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilen Kaliforniya tipi üretim (tuzlu suda işlem görmüş siyah zeytin) günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Balatsorus G., 1997). Şekil 1'de şematik olarak gösterilen Kaliforniya tipi üretim sürecinde zeytin meyveleri kırmızı iken yani henüz tam olgunlaşmadan toplanır ve işleme tesisine iletilir. Ön işlem olarak 2-6 ay süre ile seyreltik tuzlu suda bekletilir. Tanelerin seçim ve tasnif işleminden sonra birkaç seyreltik alkali çözelti ile acılığının alınması ve oksidasyon ile renklerinin koyulması sağlanır.

Genellikle 3 veya daha çok kostik çözeltisi, azalan konsantrasyonlarda uygulanır (%2-5) (Fernandez A.G, 1997). İlk muamele işlemi alkali çözelti zeytin kabuğuna işleyene kadar yapılır. Üniform bir renk için ya karışım işlemi uygulanır veya basınçlı hava verilir. Bu işlem zeytin tek düze siyah bir renk alana kadar sürer (3-12 saat). Sonraki alkali uygulama işlemleri alkali madde zeytin etine ve çekirdeğe geçene kadar devam eder. Her muamele sonrasında havalandırılır. Karartma işleminden sonra zeytinler yıkanır ve alkali madde uzaklaştırılır. Zeytinlerin oksidasyon sonucunda karararı rengi kararlı olmayıp bozulabilir. Bunu düzenlemek için demir glukonat, demir (II) laktat eklenebilmektedir. Yaklaşık 24 saat demir bileşikleri içeren çözeltide bekletildikten sonra yıkanan zeytinler seyreltik tuzlu suda 1 hafta tutulur. Sonrasında tenekelere konulup üzeri tuzlu su ile doldurulur, sterilizasyon amacıyla ısıtılır (4-5 dakika).



Şekil 1. Sofralık zeytin üretim süreci akım şeması (Flowsheet of table olives production process)

Ülkemizde Kaliforniya tipi imalatın örneği kostikli tip (konfit) sofralık siyah zeytin üretimidir. Piyasaya istenilen zamanda ürün verebilmek amacıyla tercih edilen çabuk yöntemde (konfit tipi) %1,5-2 oranında kostik çözeltisi kullanılır. Kostik zeytin etinin 3/4 üne işlediğinde kostik çözeltisi boşaltılır ve zeytinler havalandırılarak yıkanır (4 kez). Bu tip hazırlanan zeytinler düşük tuz ile hazırlanan ambalaj salamurası içerisinde pastörizasyon yada sterilizasyon işleminden geçirilir. Isıl işleminden geçirme imkanı yoksa koruyucu maddeler ilave edilerek hazırlanmış zeytinler %10'luk ambalaj salamurasının içerisinde piyasaya sunulur.

### 2.3. İşlem görmemiş siyah zeytin üretimi (Naturally processed black olives production)

Doğal fermente zeytin üretiminde meyvelerin hasadı tam olgunlukta veya biraz öncesinde başlar. Ekim ayı ortalarından başlayıp aralık ayına değin sürer. Toplanan zeytinler, delikli küfelerde hava alması sağlanarak kamyonlar ile işleme tesislerine iletilir. Tesiste önce kusurlu meyveler ayıklandıktan sonra yıkanır ve fermantasyon tanklarına alınır. Doğal fermantasyon, acılık giderme işlemi uygulanmadan zeytinlerin doğrudan salamuraya alınması ile gerçekleşir. Bu işlemde fermantasyon ve acılığın giderimi için en önemli husus salamuradaki tuz içeriğidir. Bu nedenle tuz içeriğinin yüksek olması tercih edilir (%8-10 w/v). Doğal fermantasyonda zeytinler kostik ile işlem görmediğinden tuzlu suyun zeytin etine geçişi, zeytin etindeki bileşiklerin suya geçişi ve dengeye ulaşması daha uzun sürer. Doğal fermantasyonda zeytinin acılığının giderimi oleuropeinin tuzlu suda çözünmesiyle sağlanır ve 8-12 ay kadar sürer (Gomez vd., 2006; Balatsorus G., 1997). Fermantasyon süreci temmuz ve ağustos başına kadar devam edebilir. Fermantasyonu tamamlanan zeytin tanelerindeki renk farklılıklarını gidermek üzere havalandırma uygulanır (24-48 saat); böylelikle zeytin tanelerinin oksidasyonu, renginin koyu ve kararlı (stabil) olması sağlanır. Takiben ambalajlanarak tüketiciye sunulur. Şekil 1'de doğal fermente zeytin üretim süreci şematik olarak gösterilmektedir.

Ülkemizde Gemlik yöntemi olarak bilinen üretim doğal fermantasyon uygulamasıdır. Zeytinler beton, polietilen, polyester ve fiberglas tanklarda, %10'luk salamurada bekletilir. Tuz konsantrasyonu azaldıkça eklenmesi gerekir. Ülkemiz iklim koşullarında zeytinler 6-9 ayda yeme olgunluğuna gelir. Bu yöntemin bir başka uygulama şekli ise tuz-katlama yöntemidir. Ege ve Marmara Bölgesindeki üreticilerin birçoğu tarafından kullanılmaktadır. Uygulamada zeytinler fermantasyon tanklarına bir kat tuz, bir kat zeytin olacak şekilde yerleştirilir. Zeytinlerin üzeri kapak ile kapatılır. Kapak üzerine zeytin ağırlığının %10-15'i oranında ağırlık konur. Zeytinlerin yeme olgunluğuna erişmesi çeşide ve olgunluğa bağlı olmakla birlikte 6-12 ay arasında gerçekleşir. Fermantasyon süresince tankın altında biriken tuzlu sular boşaltılıp hazırlanan %13-15'lik yeni tuzlu su ile fermantasyona devam edilebilir; yada altta biriken tuzlu sular geri devir ettirebilir. Gerekliyorsa yeni tuzlu su ile takviye edilir.

### 3. Atıksu Özellikleri (Wastewater Characteristics)

Sofralık zeytin üretimi atıksuların arıtımı için uygun yöntemin seçilmesinde ve tesisin tasarımında atıksu miktarının ve atıksu özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi çok önemlidir. Atıksu miktarı ve karakterizasyonu, uygulanan üretim yöntemine göre değişkenlik gösterebilir. Sofralık zeytin üretiminde genel olarak acılık alma ve fermantasyon işlemlerinden atıksu oluşmaktadır. Bu bölümde yukarıda açıklanan üç üretim yöntemi esas alınarak atıksu oluşumu ve özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Atıksuyun oluştuğu ana işlemler Şekil 1 üzerinde yeşil renklendirme ile gösterilmiştir.

#### 3.1. İspanyol tipi yeşil zeytin üretiminden kaynaklanan atıksuların özellikleri (Wastewater characteristics of Spanish style green olives production)

İspanyol tipi yeşil zeytin üretiminde atıksu, acılık alma işleminde tankların boşaltılması ve yıkanması ile fermantasyon tanklarının boşaltılmasından oluşur. Literatürde birim üretim başına 3,5-4,0 litre mertebesinde atıksu meydana geldiği belirtilmektedir (Cappelletti vd., 2011, KopsidasG.C., 1992). Yıkama işleminden genelde daha fazla atıksu oluşur (2.0-2.5 L atıksu/kg zeytin). Fermantasyon tanklarının boşaltılmasından ise daha düşük hacimde (0.5-1.0 L atıksu/kg zeytin) atıksu kaynaklandığı raporlanmaktadır (Papadaki vd., 2016).

Atıksu oluşumu, zeytin üretim süreçlerine bağlı olarak kesiklilik ve/veya süreklilik göstermektedir. İspanyol tipi yeşil zeytin üretiminde, kostik çözeltisi eklenerek uygulanan alkali işlemlerden, yılda sadece 1-2 ay süre ile kostikli atıksu (lye-debittering) ve yıkama suları oluşur. Buna karşın, tuzlu fermantasyon suları ise yıl boyunca meydana gelebilir.

Gerek kostik ile alkali işlemde kaynaklanan atıksular ile yıkama suları gerek fermantasyon atıksuları özellik bakımından da birbirinden oldukça farklılık gösterir. İspanyol tipi yeşil zeytin üretimi atıksularının içerdiği bazı kirlilik parametreleri ve konsantrasyonları Tablo 1'de özetlenmiştir. Fermantasyon öncesinde acılık alma amacıyla kullanılan kostik nedeniyle yıkama işleminden yüksek alkaliniteye sahip atıksu kaynaklanır. Buna karşın, fermantasyon sırasında mikroorganizmaların zeytin etindeki serbest şekerleri parçalayarak laktik asit oluşturmaları sonucunda asidik özellikte atıksu oluşur. Ayrıca, zeytinlerin salamuraya bırakılmasından ötürü, atıksudaki çözünmüş tuz miktarı artar, dolayısıyla elektriksel iletkenlik yükselir. Sofralık zeytin üretim süreçlerinden oluşan atıksuların organik madde konsantrasyonu da oldukça yüksektir. Konsantrasyon olarak 35.000 mg KOİ/L mertebesine erişebilmektedir (Papadaki ve Mantzouridou, 2016). Atıksudaki yüksek konsantrasyonlardaki fenolik bileşikler temelde biyolojik arıtma açısından sorun oluşturabilmekte; bu nedenle ilave işlemler gerektirmektedir. Yıkama sırasında zeytinlerde fenolün hidrolize olması sürdüğünden, yıkamadan

kaynaklanan atıksulardaki fenol konsantrasyonunun, alkali işlem atıksuyundan biraz daha fazla olduğu ifade edilmektedir (Deligiorgis A., 2008; Chatzisyneon vd., 2008; Kopsidas, 1992; Gomez vd. 2006).

Alkali işlemler ve fermantasyon işlemlerinden farklı özellikte ve miktarlarda atıksu oluştuğundan ayrı toplanması önerilmektedir. Ayrıca, son yıllarda, atıksuyun geri kullanılması sağlanarak çevresel etkileri azaltılmaya çalışılmaktadır. Mevcut endüstriyel ölçekli uygulamalarda 5-7 kez geri döndürülerek kullanıldığı örnekler yer almaktadır (Gomez vd., 2006). Yıkama işleminde uygulanan güncel yaklaşım 12-15 saat süren tek yıkama şeklindedir. Ayrıca, yıkama işleminde bölgesel olarak da farklılık görülebilmektedir. Örneğin İspanya'da az sayıda yıkama işlemi uygulanırken, ülkemizde daha fazla yıkama uygulanarak acılık tadının giderilmesi tercih edilmektedir.

**Tablo 1.** İspanyol tipi yeşil zeytin atıksuyu özellikleri (Papadaki ve Mantzouridou, 2016) (Wastewater characteristics of Spanish style green olives)

Parametre	Acılık Alma		Yıkama		Fermantasyon	
	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık
pH	12,1	9,5-13,2	10,0	7,2-11,5	4,0	3,6-4,6
E.İletkenlik (mS/cm)	12,1	11,1-13,0	10,2	-	81,4	53,1-94,2
KOİ (g/L)	18,8	9,4-35,0	16,1	0,3-35,0	15,9	6,8-26,0
BOİ (g/L)	9,5	3,1-20,0	11,0	0,1-21,0	10,6	2,2-20,0
T.Fenolik Bileşikler (g/L)	1,78	0,21-4,00	2,32	0,45-4,00	2,78	0,18-6,00
Çöz. Org. Katı M. (g/L)	21,9	13,1-30,0	24,2	19,1-30,0	18,8	13,6-25,2
Çöz. İnorg. Katı M. (g/L)	21,9	15,4-35,0	20,0	6,8-54,3	73,9	20,9-110,0
T. Askıda Katı M. (g/L)	2,03	0,10-3,42	0,07	0,03-0,10	0,81	0,08-2,00
Toplam K. Azotu (g/L)	0,58	0,50-0,75	-	-	0,32	0,27-0,36
Klorür (g/L)	0,32	0,00-0,60	0,30	0,00-0,60	49,1	36,4-62,7

### 3.2. Kaliforniya tipi siyah zeytin üretiminden kaynaklanan atıksuların özellikleri (Wastewater characteristics of Californian style black olives production)

Siyah zeytin üretiminden temelde alkali tankların boşaltılması ve yıkanması (acılık alma) işlemlerinden atıksu oluşmaktadır. Zeytinlerin, renginin karartılması için, demir glukonat çözeltisinde bekletilmesi durumunda da tanklardaki suyun boşaltılması ve tankların yıkanmasından atıksu oluşmaktadır. Kaliforniya tipi üretimde, birim zeytin üretimi başına yaklaşık 6 litre mertebesinde atıksu üretildiği belirtilmektedir (Cappelletti vd., 2011; Kopsidas, 1992). Atıksuyun yaklaşık yarısı (3-3,5 L/kg zeytin) yıkama işleminden kaynaklanmaktadır. Alkali çözelti ve fermantasyon tanklarının boşaltılmasından daha düşük oranda atıksu oluştuğu raporlanmaktadır. Alkali çözelti ve fermantasyon tanklarının boşaltılmasından kaynaklanan atıksu miktarlarının sırasıyla 1-1,5 ve 0,5-1,0 Litre mertebelerinde olduğu ifade edilmektedir (Cappelletti vd., 2011; Kopsidas, 1992).

Kaliforniya tipi siyah zeytin üretiminden kaynaklanan atıksuların içerdiği bazı kirlilik parametreleri ve konsantrasyonları Tablo 2'de özetlenmiştir. Siyah zeytin üretiminden temelde yüksek alkaliniteli, çözünmüş katı madde, organik madde ve fenolik bileşikler bakımından zengin atıksular oluşmaktadır.

**Tablo 2.** Kaliforniya tipi siyah zeytin atıksuyu özellikleri (Papadaki ve Mantzouridou, 2016) (Wastewater characteristics of Californian style black olives)

Parametre	Acılık Alma		Yıkama		Glukonat Çözeltisi
	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
pH	11,89	11,7-12,11	9,93	6,90-13,6	3,7
KOİ (g/L)	2,4	2,0-2,6	4,1	3,5-6,7	1,5
BOİ (g/L)	-	-	3,1	1,4-5,0	-
T.Fenolik Bileşikler (g/L)	0,42	0,18-0,59	0,29	0,12-0,64	0,8
Çöz. Org. Katı M. (g/L)	14,5	12,1-19,3	24,0	3,1-36,6	43,4
Çöz. İnorg. Katı M. (g/L)	4,5	2,4-6,9	6,2	3,2-8,1	7,3
Toplam K. Azotu (g/L)	-	-	25,0	-	-

### 3.3. Doğal Fermantasyon Zeytin Üretiminden Kaynaklanan Atıksuların Özellikleri (Wastewater characteristics of naturally processed olives production)

Doğal fermantasyon ile zeytin (doğal siyah veya yeşil zeytin) üretiminden atıksu oluşumu sadece fermantasyon yada bazı durumda paketleme öncesi yıkamadan kaynaklanmaktadır. Miktar olarak daha az hacimdedir. Literatürde fermantasyon tanklarının boşaltılmasından oluşan atıksuyun 0,5-1,0 L/kg zeytin mertebesinde olduğu

belirtilmektedir (Deligiorgis A., 2008; Kopsidas, 1992; Fernandez vd., 1978). Kostik ile muamele uygulanmadığından alkali özellikte atıksu oluşmamakta; ancak salamura işleminden elektriksel iletkenliği ve çözünmüş organik madde içeriği yüksek atıksu kaynaklanmaktadır. Ayrıca, diğer zeytin üretim süreçlerinde olduğu gibi doğal fermente zeytin üretiminden de organik madde ve fenolik bileşikler bakımından yüksek kirliliğe sahip atıksular meydana gelmektedir.

**Tablo 3.** Doğal fermente siyah zeytin atıksuyu özellikleri (Papadaki ve Mantzouridou, 2016) (Wastewater characteristics of naturally processed olives)

Parametre	Fermentasyon / Yıkama	
	Ortalama	Aralık
pH	4,31	3,6-5,0
E.İletkenlik (mS/cm)	111,5	-
KOİ (g/L)	32,3	11,0-60,0
BOİ (g/L)	24,0	3,0-38,3
T.Fenolik Bileşikler (g/L)	4,3	3,2-5,2
Çöz. Org. Katı M. (g/L)	101,3	95,3-118,8
T. Askıda Katı M. (g/L)	0,13	0,1-0,15
Klorür (g/L)	39,4	33,3-45,5

#### 4. Arıtma Yöntemleri (Treatment Methods)

Literatürde, SZÜ atıksularının arıtımı için farklı yöntemler önerilmektedir. Bunlar, kimyasal (koagülasyon-flokülasyon, elektro koagülasyon, ileri oksidasyon), biyolojik (aerobik ve anaerobik) ve fiziksel (membran ve buharlaştırma) yöntemler olup, tekil veya bileşik olarak uygulanabilmektedir. Bu bölümde, literatürde sunulan çalışmalardan yola çıkarak, SZÜ atıksularının arıtılması amacıyla uygulanabilecek yöntemler kısaca tanıtılmıştır.

##### 4.1. Kimyasal Arıtma (Chemical Treatment)

Kimyasal arıtma süreçleri, tek başına veya biyolojik arıtma süreçlerinin etkinliğini arttırmak amacıyla, biyolojik arıtmanın önünde veya sonunda kullanılabilir. Bu kapsamda konvansiyonel koagülasyon ve flokülasyon, elektrokoagülasyon, ileri oksidasyon (ozonlama, UV radyasyonu, fotokataliz, fenton prosesi, ıslak hava oksidasyonu, vb.) ve adsorpsiyon gibi kimyasal proseslerden söz edilebilir.

**Koagülasyon ve flokülasyon** sürecinin temel prensibi, atıksuda elektrostatik yükleri sebebiyle bir araya gelemeyen partiküllerin (kolloid), kimyasal madde ilavesiyle daha büyük yumaklar şeklinde sudan uzaklaştırılmasıdır. SZÜ atıksuyunda, kolloidlerin yanı sıra büyük oranda çözünmüş organik bileşikler bulunduğundan, koagülasyon ve flokülasyon prosesi genelde tek başına yeterli olmayabilmektedir. Arıtma veriminin yanı sıra, kimyasal madde tüketimi, pH ayarlama, yüksek miktarda çamur oluşumu, özenli işletme ihtiyacı gibi özellikleri de sürecin bazı olumsuz yönleridir.

**Elektrokoagülasyon (EC) prosesi**, kolloidlerin elektriksel yüklerden etkilenmesi prensibine dayanmaktadır. Kimyasal koagülasyon ve flokülasyon prosesine göre daha az çamur oluşumu, kimyasal madde kullanılmaması, kompleks organik bileşikler okside ederek daha etkin giderim sağlanması gibi üstünlükleri bulunmaktadır. Son yıllarda, EC yönteminin, özellikle kalıcı organik bileşikler içeren atıksuların arıtılmasındaki uygulamaları dikkat çekmeye başlamıştır (Türkay vd., 2018; Long vd., 2015; Lutke-Eversloh vd., 2015). SZÜ atıksuları da içerdiği organik ve fenolik bileşikler bakımından EC uygulamalarına potansiyel teşkil edebilir. Salameh (2015) Al ve Fe elektrotlar kullanarak zeytinyağı atıksuyunun arıtımını araştırmış, %47 mertebesinde KOİ giderimi elde etmiştir. Titanyum-Tantal-Platinyum-İridyum'un anot olarak kullanıldığı bir başka çalışmada, 8 saatlik sürede KOİ'de %71 oranında giderim belirlenmiştir (Giannis vd., 2007). Titanyum-Tantal-Platinyum-İridyum anotlarıyla, kısa arıtma süresinde fenollerin tamamının, uzun arıtma süresinde KOİ'nin %40 oranında giderildiği bulunmuştur (Gotsi vd., 2005). Dikici (2017) Al elektrotlar ile yaptığı çalışmada KOİ, fenol ve renk giderimlerini sırasıyla %34, %22 ve %80 oranında elde etmiştir. Antonin ve arkadaşları (2015) bor katkılı elmas (BKE) kaplı elektrotların hidroksil radikali üretme potansiyelinin ve stabilitesinin diğer malzemelere göre yüksek olduğunu göstermiştir.

**İleri oksidasyon prosesleri (İOP)**, kimyasal arıtma yöntemleri arasında dikkat çeken uygulamalardan bir başkasıdır. Atıksuda bulunan toksik bileşiklerin biyolojik süreçleri olumsuz etkilemesi durumunda İOP uygulanmakta, böylelikle parçalanması zor organik bileşiklerin ayrıştırılması sağlanmaktadır. İOP yöntemleri arasında ozonlama, UV radyasyonu, fotokataliz, fenton prosesi (hidrojen peroksit/demir oksidasyonu), ıslak hava oksidasyonu (WAO) ve bunların kombinasyonları sayılabilir.

Ozon kullanılarak yapılan oksidasyonun, acılık alma (debitting) ve yıkama işleminden çıkan atıksuyun arıtılması

için uygun olduğu belirtilmektedir. Siyah zeytin yıkama suları için sadece ozon kullanılması neticesinde %50 KOİ, %75 fenol ve %65 aromatik bileşiklerin azaldığı görülmüştür. Ozon ile birlikte UV veya hidrojen peroksit gibi oksidanların uygulandığı durumlarda arıtma verimi artmış, %80-90 mertebesinde KOİ giderimi elde edilmiştir (Benitez vd., 2002; Beltran vd., 2000). UV radyasyon yöntemi ozon veya hidrojen peroksit gibi oksidanlarla birlikte uygulandığında, hidroksil radikallerinin artmasına neden olduğu için daha etkin sonuç vermektedir. Benitez ve arkadaşlarının (2001) siyah zeytin atıksuyu ile yaptıkları çalışmada sadece UV kullanılması ile %35 oranında KOİ giderimi elde edilmiştir. UV + hidrojen peroksit yada fotofenton (UV + Fe<sup>2+</sup>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) uygulanması ile KOİ giderim veriminin artarak %41-76 mertebesine yükseldiği ortaya konmuştur. KOİ gideriminin yanı sıra aromatik bileşikler de %20-52 mertebesinde arıtılabilmektedir (Benitez vd., 2001). Fenton oksidasyonu (FO), hidrojen peroksit ve demir II tuzunun doğrudan atıksuya ilavesi şeklinde gerçekleşmektedir. FO uygulamasının yeşil zeytin fermantasyon sularının ön arıtılmasında etkin olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, ışıklı ortamda gerçekleşen Foto-Fenton reaksiyonları (Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV ve Fe<sup>3+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) ile organik kirleticinin, özellikle fenol bileşiklerinin, parçalanması önemli derecede artırılabilir. Islak hava oksidasyonu (WAO) yüksek basınç ve ısı altında sıvı içindeki organik maddelerin hava veya oksijen ile oksidasyonu olup zeytinyağı atıksularının biyolojik olarak ayrıştırılabilirliğinin artırılması sağlanabilmektedir (Ayed vd., 2017).

#### 4.2. Biyolojik Arıtma (Biological Treatment)

SZÜ atıksularının arıtılması için uygulanabilecek seçeneklerden bir diğeri de biyolojik arıtmadır. Literatürde aerobik veya anaerobik biyolojik arıtım seçeneklerinin incelendiği çalışmalar yer almaktadır (Polonio vd., 2016; Patsios vd., 2015; Ayed vd., 2013; Brenes vd., 2000; Beltran-Heredia vd., 2000). Aerobik biyolojik arıtma süreçleri ile işletme koşullarına bağlı olarak, organik madde içeriği (KOİ) %75-85% oranına kadar giderilebilmektedir (Garcia vd., 2011). Ancak, suda bulunan polifenol bileşikler nedeniyle daha yüksek bir giderim elde edilememekte, çıkış suyu koyu renkli olup ve kalıcı KOİ içermektedir. Ayrıca, sudaki organik madde içerisinde kompleks bileşikler arttıkça, bu oran daha da azalmaktadır. SZÜ atıksuyu özelinde, aerobik arıtma süreçlerinde mikroorganizmaların adaptasyonu ve türü önemli olmaktadır. Genel olarak mantarların (örneğin *Aspergillusniger*, *Geotrichumcandidum*) fenolik bileşiklerinin ve renk gideriminde bakterilerden daha etkili olduğu görülmüştür (Ayed vd., 2017; Ayed vd., 2013; Kotsou vd., 2004; Angelis vd., 2001). Anaerobik arıtma seçeneği SZÜ atıksuyunun arıtımı için kullanılabilir diğer bir alternatiftir. Aggelis ve arkadaşları (2001) tarafından yeşil zeytin üretimi atıksuyu (acılık alma) ile yapılan çalışmalarda %49 KOİ ve %12 polifenol giderimi elde edilmiştir. Yüksek organik madde konsantrasyonu ve toksik bileşiklerin varlığı düşük arıtma veriminin başlıca nedenleri olarak gösterilmiştir. Beltran-Heredia ve arkadaşlarının çalışmasında (2008) mikroorganizmanın adaptasyonu sonrasında anaerobik arıtma sonucunda %81-94 KOİ giderimi elde edilmiştir.

Aerobik ve anaerobik proseslerin her ikisinin de tek başına etkin bulunmaması halinde, bazı araştırmacılar tarafından, aerobik ve anaerobik yöntemlerin birbirini izleyecek şekilde uygulanmasını önerilmektedir (Beltran-Heredia vd., 2008; Katsou vd., 2004). Aerobik arıtma ile yüksek hidrolik alıkonma sürelerinde %76 mertebesine kadar arıtma sağlanırken, anaerobik – aerobik şeklindeki uygulama ile %83,5 KOİ, %28 toplam fenol giderimi elde edilebilmekte ve daha az çamur oluşmaktadır (Ayed vd., 2017). Ayrıca, biyolojik parçalanmayı arttırmak amacıyla, ön arıtma kademesinde, ileri oksidasyon yöntemlerine başvurulması da dikkat çekmektedir.

#### 4.3. Fiziksel Arıtma Yöntemleri: Membran Filtrasyonu ve Buharlaştırma (Physical Treatment Methods: Membrane Filtration and Evaporation)

**Membran filtrasyonu** gıda endüstrisi atıksuların arıtılması ve atıksuda bulunan değerli bileşiklerin (örneğin maya, fenol, vb.) geri kazanımında giderek önem kazanmaktadır. Zeytin endüstrisi özelinde de atıksuların arıtılması ve polifenol bileşiklerinin konsantrasyonu edilmesi amacıyla membran filtrelerinin kullanılması mümkündür. Garcia-Ivars ve arkadaşları (2015) modifiye edilmiş ultrafiltre (UF) membranların, fenolik maddelerin geri kazanımı amacıyla ilk kademe olarak uygulanabileceğini raporlamıştır. Özellikle, seri olarak işletilen iki veya daha fazla ultrafiltrenin (UF) ardından nanofiltre (NF) kullanılması ile yüksek giderim sağlanmaktadır (Kiai vd., 2014; Cassano vd., 2013; Galanakis, 2012; Mudimu vd., 2012; Galanakis vd., 2010). UF, birçok araştırmacı tarafından, kağıt, gıda veya alkol üretimi gibi farklı sektörlerde atıksu arıtımı amacıyla uygulanmıştır (Cassini vd., 2010; Bhattacharjee vd., 2006; Kim vd., 1997). Zeytin üretimi atıksuyu için de ultrafiltrasyon + nanofiltrasyon/ters ozmoz ünitelerinden oluşan ardışık sistemler önerilmiştir (Tatoulis vd., 2017; Cassano vd., 2013; Galanakis vd., 2010).

Ülkemizde Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından, Susurluk Havzasında yürütülen "Sofralık Zeytin ve Zeytinyağı İşletmelerinin Atıklarının Entegre Yönetiminin Araştırılması" başlıklı proje kapsamında, salamura sularının hibrit proses kullanılarak arıtılması planlanmış, membran (ters ozmoz) ve öncesinde fiziksel + kimyasal arıtma teknolojilerinin kullanılması öngörülmüştür. Ünal ve arkadaşlarının (2018) yaptıkları çalışmada ise siyah zeytin fermantasyon atıksuyunun arıtımı için kimyasal koagülasyon – flokülasyon ve membran teknolojisi (UF+RO)



birlikte kullanılmışlar, KOİ veriminin %35'ten %66 mertebesine yükselmesini UF kullanarak sağlamışlardır. UF ünitesinin ardından, son kademe olarak uygulanan ters ozmoz işlemi ile de %96 üzerinde KOİ giderimi elde edilmiştir.

**Buharlaştırma**, termal bir ayırma işlemi olup, temelde ısı enerjisi kullanılarak suyun buharlaştırılmasıyla içerdiği safsızlıkların konsantrite edilmesine dayalıdır. Evaporasyon işlemi doğal olarak güneş ışığının etkisiyle buharlaştırma havuzlarında/lagünlerinde yada ticari olarak geliştirilen evaporatörlerde gerçekleşir. Doğal buharlaştırma yönteminde atıksular derinliği fazla olmayan (25-50cm) havuzlarda uzun sürelerle bekletilmekte, atıksu güneş ışığının etkisiyle buharlaşmaktadır. Doğal buharlaşmanın alan ihtiyacı, koku problemi, meteorolojik koşullardan etkilenmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır (Polonioa vd., 2016; Zarkadasvd., 2011; Tsagarakivd., 2007; Brenesvd., 2004). Buharlaştırma havuzlarının uygun olmadığı durumlarda ise mekanik evaporatörler öne çıkmaktadır. Mekanik evaporatörler enerji yoğun sistemlerdir. Arıtma sektöründe (i) Çok Kademeli Ani Damıtma (Multi Stage Flash-MSF), (ii) Çoklu Etkili Distilasyon (Multi Effect Distillation-MED), (iii) Buhar Sıkıştırılmalı (Vapor Compression-VC) sistemler gibi farklı uygulama örnekleri görülmektedir (Dölgen vd., 2013). Gönümüzde evaporatör uygulamaları özellikle sıfır atık deşarjı (ZLD-Zero Liquid Discharge) uygulamalarında tercih edilmektedir. Dereli ve arkadaşlarının çalışmasında (2017) ekmek mayası üretimi yapan bir işletmede, maya ayırımı atıksularının evaporasyon teknoloji ile arıtılması incelenmiştir. Evaporasyon prosesi sonrasında, KOİ ve toplam Kjeldahl azotu (TKN) yüklerinde sırasıyla %53 ve %66 azalma elde edilmiştir.

## 5. Tartışma ve Sonuç (Discussions and Conclusion)

SZÜ atıksularının yönetiminde, "atıksu miktarı ve özelliklerinin belirlenmesi" ile "uygun arıtma yönteminin seçilmesi" en önemli iki bileşendir. Ayrıca, atıksuyun birleşik veya ayrı toplanması, deşarj edilecek ortam (kentsel kanalizasyon veya alıcı ortam), arıtım sonrası oluşan atıkların bertarafı ve/veya valorizasyonu gibi hususlar da bu süreçte göz önüne alınması gereken diğer bileşenlerdir.

Atıksuyun miktar ve karakterizasyonunun belirlenmesi için en kolay yaklaşım literatürden veri temin edilmesidir. Ancak, atıksu miktarı üretim türüne, uygulanan işlemlere ve bölgeye göre farklılık göstermektedir. Makalenin önceki bölümlerinde de belirtildiği üzere, birim üretim (kg zeytin) başına oluşan atıksu miktarı oldukça geniş bir aralıktadır (0,5-8,5 L/kg zeytin). Atıksu miktarındaki bu değişim arıtma tesisi kapasitesinin belirlenmesinde sorun yaratabilir. Örneğin, yapılan kabullere göre belirlenen havuz hacimleri ve kullanılan arıtma ekipmanlarının kapasiteleri gereğinden büyük olabilir veya yetersiz kalabilir. Atıksu miktarıyla ilgili önemli olan bir diğer husus da sürekliliktir. Acılık alma işlemi zeytin meyvelerinin toplanmasının hemen ardından yapıldığı için süreklilik göstermez, zeytin toplama zamanı süresinde, yılın birkaç ayını kapsayacak şekilde gerçekleşir. Fermantasyon sürecinde salamura tanklarının boşaltılması ve yıkanmasıyla oluşan atıksular ise ürünün satışa sunulmasıyla bağlantılı olduğu için yıl boyunca sürebilir ve piyasadan gelecek talebe göre değişkenlik gösterebilir. Bu nedenlerle, tasarım sürecinin öncesinde, işletmenin atık su miktarları ve zaman içindeki değişimine yönelik verilerin saha çalışmaları yapılarak sağlıklı bir şekilde temin edilmesi önemli görülmektedir.

Tasarım sürecinde dikkate alınması gereken faktörlerden bir diğeri atıksuyun kalite özellikleridir. Atıksu karakterizasyonu, sofralık zeytin üretim yöntemine göre farklılık göstermekle birlikte, daha önce de belirtildiği üzere, genel olarak yüksek miktarda organik madde, fenolik bileşikler, klorür, çözülmüş katı madde içermektedir. Ayrıca, atıksuda bulunan kirlilikler konsantrasyon bakımından da geniş aralıkta değişim gösterebilmektedir. Tablo 1'de belirtildiği gibi, KOİ değerleri 0,3g/L ile 35g/L (yaklaşık yüz kattan fazla) aralığındadır. Bu nedenle, tasarım sürecinde, atıksu miktarında olduğu gibi atıksudaki kirleticiler için de gerekli verilerin, iyi planlanmış saha çalışmaları ile temin edilmesinde yarar vardır. Böylelikle, özellikle işletme aşamasında ortaya çıkabilecek sorunların asgari düzeyde tutulabilmesi mümkün görülmektedir.

İşletmelerde üretimden kaynaklanan farklı miktar ve kalitedeki atıksuların toplanması konusunun da detaylı incelenmesi gerekir. Yaygın uygulama atıksuların tek bir kanal sistemiyle toplanması ve bertarafı şeklindedir. Ancak, yukarıda da belirtildiği gibi, acılık alma işleminden kesikli, buna karşın fermantasyondan sürekli atıksu oluşması nedeniyle, atıksu miktarında ve kalitesinde zamana bağlı önemli değişimler görülebilmektedir. Bir başka deyişle, acılık alma işleminden zeytin hasadını takiben, birkaç aylık süre zarfında, nispeten yüksek debili, buna karşılık düşük kirlilik içeren sular gelirken; fermantasyon işleminden, talebe bağlı olarak, tüm yıl boyunca nispeten düşük debili ve yüksek kirlilik içeren sular kaynaklanabilmektedir. Dolayısıyla, arıtma yöntemleri açısından, tüm suların karıştırılması yerine, bir tarafta düşük miktar ve yüksek kirlilikteki atıksuların, diğer tarafta yüksek miktar ve düşük kirlilikteki atıksuların arıtılması, daha cazip, kolay ve verimli olabilir. Öte yandan, atıksuların işletmede arıtılması yerine, doğrudan veya ön arıtma işlemi takiben kentsel atıksu toplama sistemine verilmesi de bir başka seçenektir. Bu koşullarda da atık suların birleşik veya ayrı toplanması kararı, kanalizasyona ne oranda verileceği, ön arıtma işleminin niteliği gibi teknik konularla ilgili işletme özelinde çalışılması gereklidir. Son zamanlarda ülkemizde ihtisas organize sanayi bölgeleri oluşumu hız kazanmış ve sofralık zeytin üretimine yönelik

ihhtisas organize sanayi bölgeleri kurulmaya başlanmıştır. Oluşacak atıksu miktarı ve kalitesi, birleşik veya ayrı toplama seçenekleri gibi konularda tekil işletme bazında yapılan tüm tartışma ve değerlendirmeler, ihhtisas organize sanayi bölgeleri özelinde de geçerlidir. Bu nedenle, daha önce belirtildiği gibi, işletmenin veya OSB'deki işletmelerin üretim süreçleri detaylı incelendikten sonra, toplama sisteminin birleşik veya ayrık yapıpı yapılmayacağına karar verilmesi önerilmektedir.

Arıtma yöntemleri açısından ise SZÜ atıksuları için, makalede belirtildiği gibi çok farklı arıtma teknolojilerinin uygulanması söz konusudur. Arıtma seçeneklerinden en basiti, atıksuların sığ lagünlerde biriktirilerek doğrudan buharlaştırma şeklinde sıvı fazdan katı faza dönüştürülmesi, daha sonra, belli aralıklar ile (birkaç yılda bir) yapılacak taban sıyırması ile katı kısmın uzaklaştırılması veya değerlendirilmesidir. Ancak, bilindiği üzere, doğal arıtma yöntemi, atıksu miktarı ve havuzların derinliği göz önüne alındığında, çok geniş alanlar gerektirmekte; ayrıca, koku, sinek, vb olumsuz çevresel etkiler yaratmakta ve meteorolojik koşullardan etkilenmektedir. Seyrek yerleşimin ve arazi fiyatlarının düşük olduğu bazı bölgelerde (genellikle yurtdışı) doğal arıtma seçeneği uygulanmaktadır. Ülkemizde ise SZÜ yapılan alanlar genelde kıymetli arazilerdir. Buralarda doğal yöntemler yerine daha teknolojik arıtma tesislerinin yapılması tercih edilmektedir.

Makalede, teknolojik olarak tanımlanabilecek arıtma tesislerinde kullanılacak yöntemlerle ilgili bilgiler özetlenmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi, sofralık zeytin üretiminden kaynaklanan atıksuların arıtılması için önerilen reçete bir çözüm bulunmamakla birlikte, kimyasal, biyolojik, fiziksel veya bunların bileşiminden oluşan yöntemlerin kullanılması ile istenen standartlar sağlanabilmektedir. Ancak, atıksuda zaman içinde debi (ve kalite) değişimleri olduğu için, arıtma öncesinde hemen daima bir dengeleme işlemi yapılması önemli görülmektedir. Gerek ayrı gerek birleşik toplanan atıksular için dengeleme işleminin ardından farklı arıtma yöntemleri uygulanabilir.

Arıtma yöntemleri arasında önerilen koagülasyon ve flokülasyon, elektrokoagülasyon, ileri oksidasyon (ozonlama, UV radyasyonu, fotokataliz, fenton prosesi, ıslak hava oksidasyonu, vb.) ve adsorpsiyon gibi kimyasal prosesler hiçbir zaman, tek başlarına, tam arıtma niteliğinde sonuç verememektedir. Ancak kentsel kanalizasyona deşarj veya kısmi (ön) arıtmanın yeterli olduğu durumlarda kullanılacak yöntemlerdir. Tam arıtma olması durumunda ise, genellikle biyolojik arıtmanın önüne veya sonuna konacak şekilde (pre veya post) uygulanmakta, böylelikle alıcı ortam deşarj değerlerini sağlayabilmektedir. Özellikle ileri oksidasyon yöntemlerinin biyolojik arıtma öncesinde kullanılması ile atıksudaki ayrıştırılması zor ve toksik bileşiklerin parçalamasının hedeflendiğine; böylelikle biyolojik arıtma kademesinde daha kolay ayrışabilir özellikteki maddelerin giderildiğine ve başarılı sonuçlar elde edildiğine ilişkin çalışmalar yer almaktadır. Öte yandan, membran arıtma veya evaporasyon teknolojileri de SZÜ için bir alternatiftir. İyi bir ön arıtma kademesini takiben kullanılan nonofiltrasyon (NF) veya ters ozmoz (RO) ünitelerinin de etkili olduğu söylenebilir.

Ancak, ön arıtma amacıyla uygulanabilecek arıtma yöntemlerinin sağladığı avantajlar kadar bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin, ozon ile oksidasyon yapılması halinde ozon gazının üretilmesi, UV radyasyonu uygulamasında UV ışınının üretilmesi için enerji kullanılması nedeniyle işletme maliyetleri artmaktadır. Fenton oksidasyonu kullanıldığında ise arıtma sonrasında yüksek demir konsantrasyonu içeren çamur oluşmaktadır. Membran filtrasyonda ise SZÜ atıksuyunda bulunan yüksek miktardaki askıda katı madde, membranlarda tıkanmaya neden olarak membran ömrünü azaltmaktadır. Bu nedenlerle, arıtma yöntemine karar vermeden önce atıksu özelliklerinin iyi tanınması, farklı alternatiflerin incelenerek sağlayabileceği avantajların ve karşılaşılabilecek olumsuzlukların ortaya konması ve pilot ölçekli çalışmaların gerçekleştirilmesinde yarar görülmektedir.

Ayrıca, endüstriyel atıksu arıtımında geri kazanımın öne çıktığı, sıfır atıksu deşarjı (ZLD - zero liquid discharge) yaklaşımının değerlendirilmesi de önerilebilir. ZLD ile atıksu deşarjı olmamasının yanı sıra konsantre malzeme içeriğinde değerli bileşiklerin geri kazanılması mümkün olmaktadır. SZÜ sektöründe proses içi önlemler ile suyun geri kazanılması, arıtma aşamasında atıksudaki fenolün ve/veya tuzun geri kazanılması gibi uygulamalar mümkündür. Ancak, bu amaçla kullanılan teknolojiler, özellikle mekanik evaporatör sistemleri, enerji yoğun sistemler olduğundan yüksek işletme giderleri ortaya çıkmakta, arıtma maliyeti yükselmektedir. Bu nedenle, ülkemizde çevre sektöründeki uygulamaları henüz yaygın olmamakla birlikte ilerleyen dönemlerde döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde örneklerinin artması beklenebilir. Sofralık zeytin üretimi sektörü de bu anlamda bir potansiyel olabilir.

Sonuç olarak makalede detaylı biçimde tartışıldığı üzere, SZÜ atıksularının arıtımı, atıksuyun gerek nicelik gerek niteliğindeki (atıksu miktarı ve karakterizasyonu) önemli değişimler nedeniyle, reçete çözümler (tailor-made) ile gerçekleştirilebilecek bir yatırım süreci değildir. Zeytin üretiminden başlayarak alıcı ortama deşarj aşamasına kadar uzanan süreçte uzmanlık ve deneyim ihtiyacı öne çıkmakta; atıksuyun miktar ve karakterizasyonunun belirlenmesi, uygun arıtma proseslerinin seçimi, uygun ekipman ve malzemenin kullanılması, bilinçli işletim gibi

konuların tümü önemli olmaktadır. Bu nedenle tasarım öncesinde saha çalışmaları yapılarak, daha sağlıklı verilerin üretilmesi ve önerilen alternatiflerin pilot çalışmalar ile desteklenmesinde yarar görülmektedir. Hazırlanan makalede özellikle atıksu özellikleri ve arıtma alternatifleri konularına odaklanılarak tasarımcılar ve karar vericiler için kaynak oluşturması hedeflenmiştir.

### Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

### Kaynaklar(References)

- Aggelis, G.G., Gavala, H.N., Lyberatos, G., 2001. Combined and Separate Aerobic and Anaerobic Biotreatment of Green Olive Debitting Wastewater, *J Agric Eng Res*, 80, 283–92.
- Antonin, V.S., Santos, M.C., Garcia-Segura, S., Brillas, E., 2015. Electrochemical Incineration of the Antibiotic Ciprofloxacin in Sulfate Medium and Synthetic Urine Matrix, *Water Res.*, 83, 31-41.
- Ayed L., Chammam N., Asses N., Hamdi, M., 2013. Optimization of Biological Pre-treatment of Green Table Olive Processing Wastewaters Using *Aspergillus Niger*, *Bioremediation&Biodegradation*, 4(9), 1-10.
- Ayed, L., Asses, N., Chammem, N., Othman, N.B., Hamdi, M., 2017. Advanced Oxidation Process and Biological Treatments for Table Olive Processing Wastewaters: Constraints and a Novel Approach to Integrated Recycling Process: A Review, *Biodegradation* 28 (2-3), 125-138.
- Balatorus G., 1997. Sofralık Zeytin İşleme Teknolojisi, *Dünya Zeytin Ansiklopedisi*, içinde (s.295-342), Madrid-İspanya.
- Beltran-Heredia, J., Torregrosa, J., Dominguez, J.R., Garcia, J., 2000. Treatment of Black-Olive Wastewaters by Ozonation and Aerobic Biological Degradation, *Water Res.*, 34 (14), 3515–3522.
- Beltran-Heredia, J., Torregrosa, J., Dominguez, J.R., Garcia, J., 2000. Aerobic Biological Treatment of Black Table Olive Washing Wastewaters: Effect of an Ozonation Stage, *Process Biochem.*, 35 (10), 1183–1190.
- Beltran-Heredia, J., Gonzalez, T., Garcia, J., 2008. Kinetics of the Biodegradation of Green Table Olive Wastewaters by Aerobic and Anaerobic Treatments, *Journal of Hazardous Materials*, 154 (1-3), 839-845.
- Benitez, F.J., Acero, J.L., Gonzalez, T., Garcia, J., 2001. Organic Matter Removal from Wastewaters of the Black Olive Industry by Chemical and Biological Procedures, *Process Biochem.*, 37, 257–265.
- Bhattacharjee, S., Datta, S., Bhattacharjee, C., 2006. Performance Study During Ultrafiltration of Kraft Black Liquor Using Rotating Disk Membrane Module. *J. Clean. Prod.*, 14, 497-504.
- Brenes, M., García, P., Romero, Concepcion, Garrido, A., 2000. Treatment of Green Table Olive Wastewaters by an Activated-Sludge Process. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 75, 459-463.
- Brenes M., Romero C., Castro A., 2004. Combined Fermentation and Evaporation Processes for Treatment of Washwaters from Spanish-Style Green Olive Processing, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 79, 253–259.
- Cappelletti G.M., Nicoletti G.M., Russo C., 2011. Wastewater from Table Olive Industries. F. Sebastian, G. Einschlag (Eds.), *Wastewater—Evaluation and Management*, InTech, içinde (s.351-376) Rijeka.
- Cassano, C., Conidi, L.,Giorno, E.,Drioli, 2013. Fractionation of Olive Mill Wastewaters by Membrane Separation Techniques, *J. Hazard. Mater.*, 248–249, 185–193.
- Cassini, A.S., Tessaro, I.C., Marczak, L.D.F., Pertile, C., 2010. Ultrafiltration of Wastewater from Isolated Soy Protein Production: A Comparison of Three UF Membranes. *J. Clean. Prod.*, 18, 260-265.
- Charoenprasert, S., Mitchell, A., 2014. Influence of California-Style Black Ripe Olive Processing on the Formation of Acrylamide, *J. Agric. Food Chem.*, 62, 8716–8721.
- Chatzisyneon, E., Stypas, E., Bousios, S., Xekoukoulotakis, N.P., Mantzavinos, D., 2008. Photocatalytic Treatment of Black Table Olive Processing Wastewater, *J.Hazard. Mater.*, 154, 1090–1097.
- Cillidag S.I., 2013. Table Olive Processing Technologies. Arcas N. (edt), *Present and Future of the Mediterranean Olive Sector*, içinde (s.67-64). CIHEAM / IOC, Zaragoza.
- Deligiorgis, N.P., Xekoukoulotakis, E., Diamadopoulou, D., Mantzavinos, 2008. Electrochemical Oxidation of Table Olive Processing Wastewater over Boron-Doped Diamond Electrodes: Treatment Optimization by Factorial Design, *Water Res.*, 42, 1229–1237.
- Dereli R.K., Özgün H., Erşahin M. E, Koyuncu İ., Altınbaş M., Öztürk İ., 2017. Evaporasyon Prosesinin Maya Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu ve Arıtılabilirliğine Etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 19 (56) 389-398.
- Dikici Y., 2017. Sofralık Zeytin Atık Suyunun Elektrokoagülasyon Yöntemi ile Arıtımı. Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- Dölgen, D.; Sarptaş, H.; Alpaslan, M.N. 2013. Desalinasyon Tesislerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu – YEKSEM*, s.130-135.
- Fendri, I., Chamkha, M., Bouaziz, M., Labat, M., Sayadi, S., Abdelkafi, S., 2013. Olive Fermentation Brine: Biotechnological potentialities and Valorization, *Environ. Technol.*, 34, 181–193.
- Fernández, A.G., Díez, M.J.F., Adams, M.R., 1997. *Table Olives: Production and Processing*, First ed., Chapman & Hall, London.
- Galanakis, C.M., 2012. Recovery of High Added-Value Components from Foodwastes: Conventional, Emerging Technologies and Commercialized Applications, *Trends. Food Sci. Technol.*, 26, 68–87.
- Galanakis, C.M., Tornberg, E., Gekas, V., 2010. Clarification of High-Added Value Products from Olive Mill Wastewater. *J. Food Eng.*, 99, 190–197.
- Garcia-Ivars, J., Iborra-Clar, M., Alcaina-Miranda, M., Mendoza-Roca, J., Pastor-Alcaniz, L., 2015. Treatment of Table Olive

- Processing Wastewaters using Novel Photomodified Ultrafiltration Membranes as First Step for Recovering Phenolic Compounds. *J. Hazard. Mater.*, 290, 51-59.
- García-García P., López-López A., Moreno-Baquero J. M., Garrido-Fernández A. (2011). Treatment of Wastewaters from the Green Table Olive Packaging Industry Using Electro-Coagulation. *Chem. Eng. J.*, 170, 59–66.
- Giannis, A., Kalaitzakis, M., Diamadopoulos, E., 2007. Electrochemical Treatment of Olive Mill Wastewater, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 82, 663–671.
- Gomez, A.H.S., Garcia, P.G., Navarro, L.R., 2006. Elaboration of Table Olives. *Grasas Y Aceites*, 57 (1), 86-94.
- Gotsia, M., Kalogerakisa, N., Psillakis, E., Samaras, P., Mantzavinosa, D., 2005. Electrochemical Oxidation of Oliveoil Mill Wastewaters, *Water Research*, 39 (17), 4177-4187.
- International Olive Council-IOC, 2019. Table Olives World Production [WWW Document], World Table Olive Figures, Production and Consumption, URL <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/136-country-profiles> (accessed 12 March 2019).
- Kiai, H.,Hafidi, A., 2014. Chemical Composition Changes in Four Green Olive Cultivars During Spontaneous Fermentation. *Food Sci.Technol.*, 57(2), 663–670.
- Kim, J.S., Kim, B.G., Lee, C.H., Kim, S.W., Jee, H.S., Koh, J.H., Fane, A.G., 1997. Development of Clean Technology in Alcohol Fermentation Industry. *J. Clean. Prod.*, 5, 263-267.
- Kopsidas G.C., 1992. Wastewater from the Preparation of Table Olives. *Water Res.*, 26(5), 629–631.
- Kotsou, M.,Kyriacou, A.,Lasaridi, K., Pilidis, G., 2004. Integrated Aerobic Biological Treatment and Chemical Oxidation with Fenton's Reagent for the Processing of Gren Table Olive Wastewater. *Process Biochemistry*, 39 (11), 1653-1660.
- Long, Y., Ni, J.,Wang, Z., 2015. Subcellular Mechanism of Escherichia Coli Inactivation During Electrochemical Disinfection with Boron-Doped Diamond Anode: A Comparative Study of Three Electrolytes. *Water Res.*, 84, 198-206.
- Lutke-Eversloh, C., Schulz, M., Wagner, M., Ternes, T.A., 2015. Electrochemical Oxidation of Tramadol in Low-Salinity Reverse Osmosis Concentrates Using Boron-Doped Diamond Anodes. *Water Res.*, 72, 293-304.
- Mudimu, O.A., Peters, M., Brauner, F., Braun, G., 2012. Overview of Membrane Processes for the Recovery of Polyphenols from Olive Mill Wastewater. *Am. J. Environ. Sci.*, 8, 195–201.
- Niaounakis, M.,Halvadakis, C.P., 2006. Olive Processing Waste Management: Literature Review and Patent Survey, *Waste Management Series*, Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Papadaki, E., Mantzouridou, F. T., 2016. Current Status and Future Challenges of Table Olive Processing Wastewater Valorization. *Biochemical Engineering Journal*, 112, 103–113.
- Parinos, C.S., Stalikas, C.D, Giannopoulos, T.S., Pilidis, G.A., 2007. Chemical and Physicochemical Profile of Wastewaters Produced from the Different Stages of Spanish-Style Green Olives Processing. *J. Hazard. Mater.*, 145, 339–343.
- Polonio, E.F., Roca J.A.M., Clar A.I., Molina J.L.A, Alcaniz L.P., 2015. Comparison of Two Strategies for the Start-up of a Biological Reactor for the Treatment of Hypersaline Effluents from a Table Olive Packaging Industry. *Chem. Eng. J.*, 273, 595–602.
- Polonio, E.F.,Mendoza-Roca, J.A., Iborra-Clar, A., Alonso-Molina, J.A., Pastor-Alcañiz, L., 2016. Biological Treatment Performance of Hypersaline Wastewaters with High Phenols Concentration from Table Olive Packaging Industry Using Sequencing Batch Reactors. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 43, 44-52.
- Rejano, L., Garrido, A., *El Cultivo del Olivo*, 2004. Barranco D., Fernández Escobar R. and RalloL.. (eds). ISBN: 84-8474-128-1 (Junta de Andalucía), Madrid.
- Salamah, W. K.B., 2015. Treatment of Olive Mill Wastewater by Ozonation and Electrocoagulation Processes. *Civil and Environmental*, 7 (2), 80-91.
- Sanchez, A.H., Beato, V.M., Lopez, A.L., Montano, A., 2014. Comparative Study of the Use of Sarcosine, Proline and Glycine as Acrylamide Inhibitors in Ripe Olive Processing, *Food Addit. Contam: Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.*, 31 (2) 242–249.
- Tatoulis, T.I, Zapantiotis, S., Frontistis, Z., Akratos C.S., Tekerlekopoulou, A.G., Pavlou, S.,Mantzavinos, D., Vayenas, D.V.,2017. A Hybrid System Comprising an Aerobic Biological Process and Electrochemical Oxidation for the Treatment of Black Table Olive Processing Wastewaters. *International Biodeterioration&Biodegradation*, 109, 104-112.
- Tsagaraki,E.,Lazarides, H.N.,Petrotos, K.B., 2007. Olive Mill Wastewater Treatment, V. Oreopoulou, W. Russ (Eds.), Utilization of By-products and Treatment of Waste in the Food Industry, içinde (s.133-157), Springer, New York.
- Türkay, Ö, Barışçı, S., Ulusoy, E., Dimoglo A., 2018. Kanser İlaçları Atıksularının Elektrooksidasyon Prosesi ile Giderimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (2), 913-917.
- Unal, B.O., Canbolata, C.B., Dizge, N., Keskinler B., 2018. Treatability Studies on Optimizing Coagulant Type and Dosage in Combined Coagulation/Membrane Processes for Table Olive Processing Wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 26, 301-307.
- Ulusal Zeytin ve Zeytinyağı Konseyi, UZZK , 2019. 2019-2020 Üretim Sezonu Sofralık Zeytin Ve Zeytinyağı Rekoltesi Ulusal Resmî Tespit Heyeti Raporu, [http://uzzk.org/Belgeler/UZZK\\_2019\\_2020\\_Turkiye\\_Rekolte\\_Raporu.pdf](http://uzzk.org/Belgeler/UZZK_2019_2020_Turkiye_Rekolte_Raporu.pdf) (erişim 18.10.2020).
- Zarkadas, I.S., Pilidis, G.A., 2011. Anaerobic Co-digestion of Table Olive Debittering&Washing Effluent, Cattle Manure and Pigmanure in Batch and High Volume Laboratory Anaerobic Digesters: Effect of Temperature. *Bioresour. Technol.*, 102 4995–5003.