

## DENİZEL EKOSİSTEM ÜZERİNE OLUMSUZ ETKİSİ OLAN BİTKİSEL ATIK YAĞLARIN BİYODİZEL OLARAK GERİ KAZANIMI

Emine Erdem YÜRÜR<sup>1</sup>, Yüksel ABALP<sup>2</sup>, Burcu ÇAĞLAYAN

Accepted: 2021-06-30

DOI: 10.47118/somatbd.894337

### ÖZET

Birleşik Devletler Çevre Koruma Kurumu (USEPA) tarafından belli konsantrasyonlarda birincil çevresel risk olarak kabul edilen bitkisel atık yağların arıtılmayan veya yeterince arıtılmamış olan evsel ve endüstriyel atıkların nehir sularına deşarjı veya birikmesi ile nehirlerdeki pekçok canlı yok olma tehlikesi ile karşı karşıya gelmektedir. Yağ tüketimi ortalama olarak dünyada kişi başına 15 kg yıl<sup>-1</sup> iken ülkemizde 20 kg yıl<sup>-1</sup> dir. Ülkemizde yılda yaklaşık 1.5 milyon ton kadar bitkisel yağ kullanılmakta olup bunun yaklaşık 350 bin ton kadar atık yağ olarak açığa çıkmaktadır. Bitkisel atık yağların % 2'lik kısmı ancak toplanmakta olup son yıllarda çevre bilincinin artması ve lisanslı toplayıcılar ile bu oran ancak % 5'lere çıkarılabilmektedir. Maalesef geri kalan % 95'lik kısım ise kontrolsüz olarak çevreye bırakılmaktadır. Çoğu ülkelerde ve ülkemizde atık yağların çevreye doğrudan salınımı çevresel düzenlemeler ve ağır cezalar ile yasak hale getirilmiştir. Bu çalışmada, bitkisel atık yağların denizel ekosisteme ulaşmadan önce bertaraf edilerek değerlendirilmesi (biyodizel dönüşürülmesi) ile ilgili yapılan çalışmalar derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Denizel ekosistem, Bitkisel atık yağlar, Geri kazanım, Biyodizel, Kirlilik

## RECYCLING OF WASTE VEGETABLE OILS THAT HAVE A NEGATIVE EFFECTS ON MARINE ECOSYSTEM AS BIODIESEL

### ABSTRACT

Many livestock in rivers face the danger of extinction due to the discharge or accumulation of unrefined or insufficiently treated domestic and industrial wastes from vegetable waste oils, which are considered a primary environmental. risk at certain concentrations by the United States Environmental Protection Agency (USEPA). Oil consumption is 15 kg/a year per person in the world on average, 20 kg/a year in our country. Approximately 1.5 million tons of vegetable oil is used annually in our country and approximately 350 thousand tons of which is released as waste oil. 2% of waste vegetable oils are only collected and this rate can only be increased to 5% with the increase of environmental awareness and licensed collectors in recent years. Unfortunately, the remaining 95% is left to the environment ( uncontrolled. In many countries and in our country, direct release of waste oils to the environment is prohibited by environmental

<sup>1</sup> Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Manisa, Türkiye.

<sup>2</sup> Prof.,Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Manisa, Türkiye.

regulations and heavy penalties. In this study, the studies on the disposal and utilization (conversion to biodiesel) of waste vegetable oils before reaching the marine ecosystem were reviewed.

**Keywords:** Marine ecosystem, Waste vegetable oil, Recycling, Biodiesel, Contamination

## 1. GİRİŞ

İnsanlığın enerji ihtiyacı artan şehirleşme ve endüstrileşmeye paralel olarak hızla artış göstermektedir. Doğal enerji kaynaklarının yetersiz kalması dolayısıyla insanoğlu yenilenemeyen fosil kaynaklar gibi alternatif kaynaklara yönelmektedir (Conceicao ve ark., 2007; Bello ve Makanju, 2011). Giderek artan enerji ihtiyacına bulunan geçici çözümler gerek çevre kirliliği ve gerekse küresel ısınma gibi ciddi doğal felaketlere sebep olmaktadır. Bununla beraber teknoloji ve bilimsel çalışmaların ışığında kaynak rezervlerinin kısa süre sonra biteceği gerçeği insanoğlunu yeni arayışlara yöneltmiştir.

Fosil enerji kaynaklı olumsuzluklar, her geçen gün artan enerji talebinin daha sağlıklı, daha güvenilir ve kesintisiz sağlanması itibarıyla yenilenebilir enerji kaynağını gündeme taşımıştır (Encinar ve ark., 2005; Demirbaş ve ark., 2009). Yenilenebilir enerjinin çevre dostu, kendini yenileyebilme özelliği ve yüksek ilk maliyet sorununun teknolojik olarak çözüme kavuşturulabilir olması bu kaynaklara olan gerek talep ve gerekse yatırımları da beraberinde arttırmaktadır.

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyodizel yakıtlar, insanlığın eskiden beri kullandığı bir enerji kaynağı olmuştur ve petrol yakıtlarının yerini aldıkları için önemlidir (Xiaohua ve Zhenmin, 2004). Enerji üretimi amaçlı biyoyakıt kullanımının artırılması; sera gazlarının azaltılması, enerji bağımsızlığı ve hatta yeni istihdam olanakları sağlama dolayısıyla son yıllarda popüler hale gelmiştir (Wierzbicka ve ark., 2005). Aynı zamanda ısı, güç ve kimyasal madde üretmek için fosil yakıtların yerine de kullanılabilir (Demirbaş ve Balat, 2006).

Biyoyakıtlar, konvansiyonel kaynaklardan elde edilen ve aynı zamanda atık yönetimi gerektiren yüksek kirletici materyallerdir (Nwafor, 2004). Aynı zamanda bitkisel atık yağlar da toprağa dökülürken veya kanalizasyon dahil olmak üzere çevreye salınımında çok daha fazla hasara neden olmaktadır (Sheikh, 2010). Kanalizasyon sularına karışan bitkisel atık yağlar suyun kirlilik yükünü arttırmakta, aynı zamanda boru yüzeylerine yapışarak kanal kesitinin daralarak tıkanmasına neden olmaktadır (Öztürk, 2004). Böylece atık yağların deşarjı ile kirlilik daha da geniş alanlara yayılmaktadır. Evsel atık su kirliliğinin % 25'ini bitkisel atık yağların kanalizasyon şebekesine deşarjı oluşturmaktadır (Türkay, 2007; Öztürk, 2004). Araştırmalar atık yağın 1 L'sinin 1 000 000 L suyu kullanılamaz ve 5 000 000 L suyu ise içilemez duruma getirdiğini göstermiştir (Usta, 2005).

Ekotoksik özellikleri dolayısıyla atık yağlar hem çevreyi kirletmekte hem de canlılara zarar vermektedir. Toprağa döküldüğünde ve yeraltı sularına karışarak sualtı canlı varlıklarına zarar vermekte, kanalizasyon sistemleri ve atık su arıtma tesislerinde tıkanıklıklara sebep olarak kirlilik yükünü arttırmakta, işletim ve bakım maliyetini yükseltmektedir. Bu şekilde atık yağlar tıkanıklıklara ve taşmalara neden olmaktadır. Hayvan yem katkısı olarak kullanıldığında, heterosiklik organik bileşikler olan furan (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O) ve dioksin (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) benzeri madde içermeleri nedeniyle yasaklanmıştır (Balakumara ve ark., 2018). Ayrıca evsel atıklarla karıştırılarak atılan atık yağlar katı atık depolama alanlarında yangın riskini arttırması dolayısıyla yasaklanmıştır.

Artılmayan atık sulardaki atık yağlar akarsular, nehirler, denizler ve göllerde kirliliğe ve kirliliğin daha geniş alanlara yayılmasına, sudaki oksijen miktarının azalmasına ve oranda oksijen azalmasına bağlı olarak da ortamda diğer canlılar üzerinde büyük zarara neden olmaktadır. Bitkisel atık yağlar su yüzeyine yayılmakta ve böylece güneş ışığını engelleyerek sudaki oksijenin miktarının azaltarak canlı yaşamına zarar vermektedir (Roshni ve ark., 2017).

## 2. DENİZ KİRLİLİĞİ

Çevre kirliliğinin önemli kısmı denizel kirlenmelerdir. Çevreden (karasal, atmosferik, nehir ve göller) atılan her türlü kirleticinin denizlere ulaşması denizlerdeki kirliliği arttırmaktadır. Bu şekilde denizlere bırakılan atıklar ciddi zararlara neden olmakta ve insan dahil canlıların ölümüyle sonuçlanmaktadır (Zırhlı, 2004; Yönsel, 2008). Toplumların korunması açısından deniz kirliliği bünyesinde önemli gelişmeleri bulundurmaktadır (Daşhan, 2010). Denizel kirliliğe örnek olarak 2010 yılı mayıs ayında gerçekleşen Deepwater Horizon petrol sızıntısından çıkan petrolün Ala Mobile sahiline yaklaşmasını (Şekil 1), 2018 yılında meydana gelen İngiltere sahillerindeki palmye yağı kirliliğini (Şekil 2), aralık 2015’de Guatemala’nın Pasion Nehri kıyısındaki ölü balıkları (Şekil 3) ve haziran 2010 tarihinde de Yeni Kaledonya’da petrole batmış durumdaki pelikanı (Şekil 4) gösterebiliriz. Toplumlar üretim teknolojisi sonucu geçimlerini sağlama kaygısı ile eko-dengeyi tahrip etmekte, uzun vadede geleceğin birçok imkanını yok etmektedir. Bunun sonucu olarak denizel ortam insanlığın gelecekteki besin deposu olma özelliğini hızla kaybetmektedir.



Şekil 1. Mayıs 2010 Deepwater Horizon petrol sızıntısından çıkan petrol Ala, Mobile sahiline yaklaşıyor (<https://daily.jstor.org/the-gulf-oil-spill-5-years-later/>)

Denizel ortamda çok yaygın olan petrol ve bitkisel atık yağ kirliliği ve bunun sonucu olarak ortaya çıkan bileşikler, ekosistem içerisindeki tüm organizmaları etkilemektedir. Ortamda yaşayan çeşitli canlı türlerinin bu kirliliğe karşı dayanıklılıkları da farklılık göstermektedir. Kirliliğin deniz canlıları üzerine toksik etkisi doku ve hücrelerde birikim ve fizyolojik faaliyetleri etkilemesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Clark, 1997). Denizel canlıların yanı sıra su yüzeyini paylaşan kuşlar da yüzeyde oluşan film tabakasından etkilenmektedir (Çevre Denetimi Raporu, 2002).

Su yüzeyini film tabakası gibi kaplayan bitkisel atık yağlar oksijen transferini önleyerek deniz içine girişine engel olmaktadır. Aynı zamanda yüzeye yayılan yağ tabakası geçirgenliği azaltarak fotosentezi de engellemektedir (Conceicao ve ark., 2007). Aynı şekilde denize dökülen petrol ve atıkları da besin zincirinin birinci basamağı olan planktondan balıklara, deniz kuşlarından insanlara pekçok canlıyı direkt veya dolaylı etkilemektedir. Yüzeyi kaplayan yağ tabakası öncelikle deniz yüzeyindeki canlıların yüzeyine yapışarak yaşamlarını direkt olarak etkiler. Fitoplankton en çok etkilenen canlı grubudur. Fitoplankton kendi kendine hareketini

sağlayamadığı için petrolden kaçamaz ve dış çeperlerinin petrol ve yağ ile kaplanması sonucu yaşamsal faaliyetlerini sürdüremediği üzere yaşamı sona erer. Ayrıca yüzeye yayılan petrol ve yağ tabakası güneş ışığının dipten gitmesinin engellemesi sonucu fitoplanktonun fotosentez gerçekleştirememesi sonucu yaşamsal faaliyetleri durur.



**Şekil 3.** Aralık 2015’de Guatemala’nın Pasion Nehri Kıyısında Ölü Balıklar  
<https://www.telesurenglish.net/analysis/Palm-Oils-Corporate-Deception-Green-Washing-a-Dirty-Industry--20151201-0020.html>

Sabit canlılar kirlenmekten kaçamazlar. Balıklar nispeten bu kirlenmeden en az etkilenen canlı grubudur. Özellikle açık deniz ve derinlerde yaşayan balıklar duyu organları aracılığıyla korunmaktadır. Ancak balıklar da petrol ve atık yağ atıklarının solungaçlara bulaşması ile solunumun durması ve yutma sonucu zehirlenmektedirler. Ayrıca sudan yoğunluğu küçük olan ve plankton gibi hareket organ eli olmayan balık yumurtaları ve larvaları ise yüzeydeki petrol ve atık yağ kirlenmesinden önemli derecede etkilenmektedir. Kirlilikten en çok etkilenen canlılardan bir diğer grup ise deniz kuşları; kıyıya yakın yerlerde yaşayanlar ördekler, pelikanlar ve martılardır.



**Şekil 4.** Pelikan East Grand Terre (Yeni Kaledonya)’da Petrole Batmış Durumda (Haziran 2010)  
<https://ocean.si.edu/conservation/pollution/animals-and-oil-spill-what-can-you-do>

Petrol ve atık yağın tüye bulaşması ile tüy su geçirmez özelliğini kaybeder. Suyun ısı yalıtımını ve yüzmesini sağlayan hava ile yer değiştirmesi sonucu tüylerin su ile dolması sonucu kuş sulara gömülebilir ve hatta boğulabilir. Boğulma olmasa dahi ısı yalıtımı bozulduğu üzere fazla enerji kaybindan ölebilir. Kirli bölgelerden çıkarılan deniz ürünlerini tüketmeleri sonucu okyanus veya sahil şeridinde yaşamayan insanlar dahi bu kirlilikten direkt olarak etkilenirler (Öztürk, 2004).

### 3. BİTKİSEL ATIK YAĞLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

1998’de ülkemizde farkedilen bitkisel atık yağ tehlikesi 2872 sayılı Çevre Kanunu’na eklenen “Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” ile “Tehlikeli Atık” sınıfına dahil edilmiştir. Bu yönetmelik ile tatil köyü, moteller, oteller ve yemek yağı üretimi yapan fabrikalar ile lokanta, hazır yemek üreten işletmeler gibi atık üreticisi olarak belirlenen firmaların yönetmelik esasına uygun şekilde lisanslı atık bertaraf tesislerinde çevreye ve insan sağlığına zararın en aza indirileceği yöntemlerle atık yağlarını bertaraf etmeleri ve ettirmeleri gerekmektedir. Ancak günümüzde bu yönetmeliğin uygulanıp uygulanmadığı yeterince kontrol edilememektedir (Gezmiş ve ark. 2008; Roshni ve ark., 2017).

Yenilenebilir emisyonları ile temiz ve çevreci bir yakıt olan biyodizel kullanımı, iklim değişikliği, hava ve su kalitesindeki bozulma, çeşitli sağlık sorunları ile birlikte hızla hayata geçmiştir. Havaya ek bir CO<sub>2</sub> salınımı olmadığı için çevrenin korunması açısından çevre dostu olarak tanımlanan biyodizel iyi bir yakıt seçeneğidir (El-Diwani ve ark., 2009). Motorlarda kullanımı için herhangi bir modifikasyona gerek yoktur. Doğrudan veya motorine katılarak kullanılması sayesinde hidrokarbon, karbondioksit, sülfatlar olan yanma gazları ve partikül maddede önemli düşüşler meydana gelmektedir. Ayrıca istenilen oranlarda dizel yakıtlarıyla karıştırılarak kullanılabilen ve maliyeti düşürmek için atık yağlara ağırlık verilebilmektedir (Fidan ve Alkan, 2014).

Atık kıyartma yağlarının çevreye verdiği zararların aksine geri kazanımıyla (biyodizele dönüşümü) sağladığı faydalar geri kazanım sürecinin önemini vurgulamaktadır. İklim değişikliği hakkındaki *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi*’ne ilişkin *Kyoto Protokolü*’ne ülkemiz de iştirak etmiştir. Ülkeler tarafından kalkınmayı sürdürülebilmek amacıyla protokoldeki Madde 3’e uygun olarak emisyon sınırlamasını yerine getirmek için kendi şartlarına uygun politika geliştirecek ve tedbirleri alacaklardır. Bunu uygulayan ülkeler atık kıyartma yağlarından biyodizel üretimi ve geri kazanımı ile suya dolaylı olarak da canlıya vereceği zararın önüne geçmekte, aynı zamanda Kyoto Protokolü’ne de uygun davranışı sağlamaktadır (Oktay ve ark., 2007). Her 1 ton biyodizel tüketimi ile karbondioksit emisyonu 3 ton azalmaktadır (Gezmiş ve ark., 2008). Bu orana göre açığa çıkan tüm atık bitkisel yağların hemen hemen tamamının biyodizele dönüşümü ile ülkemizde motorine kıyasla atmosfere salınan sera gazı karbondioksit miktarı 900 bin ton daha azalabilecektir (Firoz, 2017).

Petrol dizeline oranla biyodizel kullanımı emisyonları azaltıp zararlı egzoz yayılımını önemli oranda düşürmektedir. Ayrıca kanserojen etkili klorlu organik bileşenlerin egzozdan atmosfere yayılımını önleyerek egzozdan motorine kıyasla kirletici atılımı % 75 oranında engellenmektedir (Utlı, 2005). Yakıtların içinde bulunan sülfür yanma sonucu havadaki nem ile birleşerek asit yağmurlarına sebep olmaktadır. Biyodizelin yapısında sülfür bulunmadığı için egzozdan motorindeki gibi kükürt dioksit gazı atılmamaktadır. Yağların bir türevi olarak biyodizel metabolizmaya herhangi bir zararı olmadığı üzere tehlike arz etmemektedir. Fareler üzerinde yapılan bir araştırmada 2000 mg’a kadar alınan biyodizelin her 1 kg vücut ağırlığı için herhangi bir hasara yol açmadığı ispat edilmiştir (Oktay ve ark., 2007). Biyodizelin diğer bir olumlu yönü ise biyolojik olarak bozunabilirliğinin yüksek olmasıdır. Dolayısıyla herhangi bir şekilde nehir veya göllere karışmasında sucul canlılara zarar vermeyeceği açıktır. Ayrıca kozmetik ve ilaç sanayi gibi birçok alanda kullanılan gliserin, biyodizel üretilirken yan ürün olarak oluşmaktadır (Alptekin ve Çanakçı, 2006). Bu şekilde biyodizel motorun daha sessiz çalışmasını sağlayarak gürültü kirliliğini de engellemektedir. Biyodizelin parlama noktasının daha yüksek olması, bu durumun yanmaya doğrudan etki etmemesine rağmen, biyodizeli

depolanması ve taşınabilirliği açısından daha güvenilir hale getirmektedir (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

Ülkemizin yaklaşık 950 bin ton likit, 550 bin ton margarin, 200 bin ton yem, boya ve sabun sanayi olmak üzere 1 500 000 ton bitkisel yağ tüketimi vardır. Bitkisel yağların kullanımıyla birlikte yaklaşık 350 000 ton atık yağın çıktığı tahmin edilmektedir (Keskin, 2005). Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından ‘Bitkisel Atık Yağların Kontrolü’ yönetmeliği ile atık yağın kapsamını şu şekilde belirlemiştir: (Çevre Denetimi Raporu, 2002; Reşitoğlu, 2010)

- Soap-stock,
- Tank dibi tortu,
- Yağlı topraklar,
- Atık kızartmalık yağlar,
- Çeşitli tesislerde yağ tutucularında biriken yağlar,
- Süresi geçmiş bitkisel yağlar.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca 6 Haziran 2015 tarihinde yayımlanan Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği’ne göre, konuyla ilgili olarak “*Büyükşehir belediyeleri, büyükşehir ilçe belediyeleri, il, ilçe ve belde belediyeleri; yetki sahasında bulunan bitkisel atık yağ üreticilerini denetleyerek bitkisel atık yağların kanalizasyonlara dökülmesini önlemekle görevli ve yetkilidir*” denilmektedir. Belediyeler kendileri veya bakanlıkça yetkilendirilmiş toplayıcı kuruluşlarla protokoller oluşturarak hizmet satın alımı yolu ile bazen de şehrin belirli yerlerine bitkisel atık yağ toplama aparatları koymak suretiyle bu problemi çözmeye çalışmaktadırlar.

Atık bitkisel yağların toplanarak biyodizele dönüştürülmesi bu yağların çevreye verdikleri zararı önleyerek aynı zamanda atıktan oluşan bir enerji kaynağını da aktif hale getirecektir. Ayrıca atık yağlardan üretilen biyodizelin ham yağlardan üretilen biyodizele oranla maliyetinin çok daha düşük olması atık bitkisel yağlardan biyodizel üretimine dikkatleri çekmektedir (Alptekin ve Çanakçı, 2006). Bu uygulamaların hayata geçmesi ve yaygınlaşması ile atık yağların yasa dışı kullanımı ve deşarji engellenecek ve çevrenin korunmasına da katkı sağlanacaktır. Biyodizelin en önemli avantajı çevre dostu olmasıdır. Doğada 21 gün gibi çok kısa süre içinde % 99.6’ya varan oranlarda biyolojik olarak parçalanmaktadır (Keskin, 2005).

Sekmen ve Şen (2016) yaptıkları çalışmada, karışımda biyodizel oranı arttıkça dizel yakıtı göre özgül yakıt tüketiminde % 5-12 oranında artma, motor momentinde ise % 2-6 oranında azalma olduğunu; emisyon testlerinde ise CO, HC ve is emisyonlarında azalma, NO<sub>x</sub> emisyonlarında ise artış olduğunu göstermişlerdir. Boz (2015) kanola yağından metil esterini ürettiğini çalışmasında % 5 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> CaO<sup>-1</sup> kalsine edilmeyen katalizör varlığında 333 K, 15/1 metanol yağ<sup>-1</sup> mol oranında, % 97 metil ester verimi elde etmiştir. Kiani (2014) kanola yağında labsa ilavesinin biyodizelin bulutlanma noktasını 2 ila 3°C azalttığını; teksafonun ise bulutlanma ve akma noktalarında önemli bir değişikliğe yol açmadığını tespit etmiştir. İşler (2012) aspir yağı ile yaptığı çalışmada transesterifikasyon reaksiyonu için uygun şartları yağ/alkol mol oranını: 1/7; reaksiyon süresini 10 dakika; katalizör miktarını yağın ağırlıkça % 1’i oranında NaOH ve sıcaklığı ise 70 °C olarak belirlemiştir. Önder (2011) kızartmalık yağların kullanım süreleri ile ilgili çalışmasında derin yağda kızartma işleminde adsorban kullanımının kızartmalık yağların kullanım sürelerini arttırdığını tespit etmiştir. Abalı ve ark. (2009) Türk kahvesi telvesi ve son kullanım tarihi geçen mayonez ile yaptıkları çalışmalarla standartlar dahilinde biyodizel üretmişlerdir. Duman (2008) ise, yaptığı çalışmada, 180°C’de kızartmalık

yağların Türk Gıda Kodeksi'nin maximum 0.6 (% oleik asit cinsinden) olarak belirlediği serbest asitlik derecesine 8. kıztarmada ulaştığını, ancak yağın acılaşmaya başladığı serbest yağ asitliği 0.3 değerine ise 3. kıztarmada ulaştığını rapor etmiştir. Peroksit sayısı açısından Türk Gıda Kodeksi'nin belirlediği maximum 10 meq kg<sup>-1</sup> değerine 6. kıztarmada ulaşırken peroksit değeri açısından yağda hidroperoksitlerin oluşmaya başladığı 5 meq kg<sup>-1</sup> değerine 3. kıztarmada ulaştığını tesbit etmiştir.

Yıldız (2008) çalışmasında, atık yağdan çift kademeli asit baz reaksiyonu ile elde edilen magnezol ve iyon değiştirici reçine kullanılarak saflaştırılan biyodizelin TS EN 14214 standartlarına uygunluk gösterdiğini tespit etmiştir. Çıldır ve Çanakçı (2006) ayçiçeği mısır ve kozla yağından biyodizel üretmiş ve bazı özelliklerini incelemişlerdir. Yaman (2005) restoran atık yağlarından biyodizel üretimi için yaptığı çalışmasında % 3 asit katalizörü ve 35:1 molar alkol oranı ile % 97'lik bir dönüşüm elde etmiştir. Çanakçı ve Gerpen (2001) atık palmiye yağı ile ham kanola yağından elde edilmiş biyodizel örneklerinin karşılaştırdığı çalışmada, her iki biyodizelin kimyasal ve fiziksel açıdan özelliklerinin birbirine çok yakın çıktığını, atık yağdan üretilen biyodizelin kanola yağından üretilen biyodizele göre avantajları ve dezavantajlarının olduğunu tespit etmişlerdir. Supple ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada buharla muamele edilen ham atık yağ bir seri elekten geçirildikten sonra ince katı partükülleri içeren su fazının çökmesi ile yağdan ayrıldığı gösterilmiştir. Zi-Zhea ve ark. (2017) kanatlı gübresinden, Karmee (2016) gıda atıklarından, Roshni ve ark. (2017) yenilebilir olmayan yağlı tohumlardan, Kafuku ve ark. (2010) ise *Moringa oleifera* bitkisinin yağından biyodizel üretmişlerdir. Phan ve Phan (2008) yaptıkları çalışmada biyodizelin geleneksel dizele göre ağırlıkça % 4 oranında karbon içerdiğini ve hacimce % 30'un altında olmak koşuluyla normal motorlarda kullanılabileceğini göstermişlerdir. Zhang ve ark. (2003) ise çalışmalarında atık bitkisel yağ kullanımının biyodizel hammadde maliyetini düşürdüğünü, asitle katalizlenen işlemin alkali ile katalizlenen işleme göre daha karmaşık ancak teknik olarak daha hızlı biyodizel üretimini sağladığını ispat etmişlerdir.

### 3.1. Biyodizel Üretimi

Biyodizel üretimi biyokütleden piroliz, gazlaştırma, sıvılaştırma ve akışkan ekstraksiyonu gibi biyokimyasal süreçler ile termokimyasal işlemlerle yapılır. Biyodizel, üretimi esnasında herhangi bir atık çıkarmaması avantajı oldukça dikkate değerdir.

Biyodizel üretiminin kullanılan yağ ve katalizörüne göre seçilebilecek pek çok üretim metodları olması ile birlikte yaygın kullanılan transesterifikasyondur. Transesterifikasyon; yağın (bitkisel yağlar, evsel atık yağlar, hayvansal yağlar) bazik bir katalizör ile ve alkol (metanol, etanol vb.) ile esterleşmesidir. Metanol fazlası dönüşüm verimin arttırmak üzere üretimde kullanılmaktadır. Reaksiyonda sırasıyla mono ve digliseridler oluşurken, yağ asitlerinin metil esterleri (YAME) son ürün ve gliserin ise yan ürün olarak meydana gelmektedir. Biyodizelde % 70-95 gibi büyük bir kısmının bitkisel veya hayvansal yağların hammadde olarak kullanılması dolayısıyla üretim maliyeti yüksektir (Tunç, 2009). Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretimi reaksiyonu Şekil 5'de verilmiş olup bu yöntem ile üretim basamakları aşağıdaki gibidir:

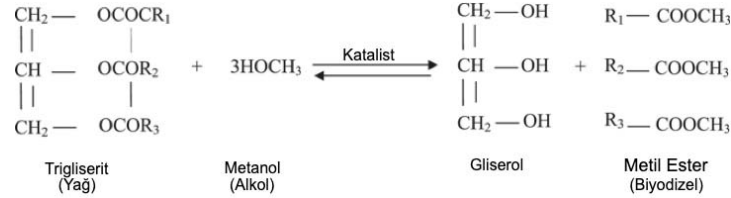
1. Katalizör (sodyum hidroksit, potasyum hidroksit) alkol içerisinde çözülür ki buna metoksit çözeltisi denir.
2. Metoksit çözeltisine (Alkol/katalizör karışımına) yağ ilave edilir ve reaksiyon gerçekleştirilir.

3. Reaksiyon tamamlandıktan sonra yoğun olan gliserin fazı alt kısımda ve yağ asidi metil esteri (biyodizel) fazı ise üst kısımda kalarak kolaylıkla bu iki faz birbirinden ayrılır.

4. Alkol uzaklaştırılması; İki faz ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkolün geri kazanımı ve tekrar kullanımı distilasyon kolonu ile gerçekleştirilir.

5. Gliserinin saflaştırılması; gliserinin kozmetik ve ilaç sektörü için distilleme işlemi % 99 veya daha yüksek saflığa kadar devam eder.

6. Metil ester yıkama işlemi; katalizör ve sabunları uzaklaştırmak amacıyla gliserin uzaklaştırıldıktan sonra sulu ya da reçine vb bir sistemle kuru yıkama yöntemi ile biyodizel üretimi tamamlanmış olur.



Şekil 5. Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel (metil ester) üretim reaksiyonu (Degfie ve ark., 2019)

Alkoliz olarak da adlandırılabilen transesterifikasyonun yağ üzerine en büyük etkisi, trigliseridlerin viskozitesinin azalmasıdır (FangruiMaa ve ark., 1999). Biyodizel üretimi yapan farklı ülkelerde farklı standartlar kullanmasına karşın Türkiye’de üretilen biyodizel TS EN 14214 standardına uygun olarak hazırlanmaktadır. Biyodizel üretim süreci ve biyodizel yıkama suyunun yeniden kullanımı ise Şekil 6’da şematize edilmiştir.



Şekil 6. Biyodizel üretim sürecinin genel şeması ve biyodizel yıkama suyunun yeniden kullanımı (Jaber ve ark., 2015)

#### 4. SONUÇ

Atık yağlardan biyodizel üretiminde ilk karşılaşılan sorun serbest yağ asidi değerinin ham yağdan engel teşkil edecek oranda yüksek olmasıdır. Bu problemin dışında polar madde, sabunlaşmayan madde, yüksek nem değeri gibi parametreler transesterifikasyon reaksiyonu öncesinde uygulamalar gerektirmektedir.



Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği'nin 19.04.2005 tarihinde yürürlüğe girmesiyle birlikte 2005 yılında kayıt altına alınan rafinerilerden (soap-stock, tank dibi tortu ve yağlı toprak) ve mutfaklardan kaynaklanan (kullanılmış kızartmalık yağ) bitkisel atık yağ toplam miktarı 65 120 tondan 2009 yılı sonu itibarıyla 93 692 tona ulaşmıştır. Türkiye'de yaklaşık 1 milyon 500 bin ton civarında bitkisel yağ üretimi yapılmaktadır. Bu miktarın yaklaşık 350 bin tonunu bitkisel atık yağ oluşturmaktadır. 2007 rakamlarıyla Çevre ve Orman Bakanlığı'na bildirilen kayıtlı bitkisel atık yağ miktarı ise sadece 2 500 tondur. Bu rakam, hedeflenen veya çıkan bitkisel atık yağların %1'i dahi değildir. Atık yağlarını döken bir restorana 60 litrelik bir bitkisel atık yağ toplama bidonu verildiğinde 15 gün içinde bu bidon dolmaktadır.

Çevre ve Orman Bakanlığı verilerine göre minimum 150 000, maksimum 350 000 ton olması gereken tehlikeli atık sınıfına alınmış olan kullanılmış kızartmalık yağların günümüzde ancak % 1'i toplanabilmekte olup; % 99'u ya tekrar gıdaya, yem sanayisine, kozmetik sanayisine, kanalizasyona ya da toprağa gittiği tahmin edilmektedir. Bundan dolayı ülkemiz için, sağlığımız için, çevremiz için herkesin, her kurumun ve kuruluşun sorumluluk projesinde yer alması gerekmektedir. Ulusal atık politikasınca bu atıkların kaynağa azaltımı, mümkün olduğunca geri kazanımı, ancak teknolojik ve ekonomik olarak geri kazanımı mümkün olmayan atıkların ise tamamen bertarafı yapılmalıdır.

Her türlü önleyici tedbirler Çevre Bakanlığı, Çevre Politikaları Tespit ve Koordinasyon Birimi, Denizcilik Müsteşarlığı tarafından alınmalı; Sahil Güvenlik, Mülki İdare ve Büyükşehir Belediye'leri kirleticileri izleyerek ağır cezai yaptırımları getirmeli ve uygulamalıdır. Türkiye'de bitkisel atık yağların geri kazanım oranının artırılabilmesi için; kızartma yağlarının kullanımdan çekilme sürecini anında belirleyen hızlı test yöntemleri geliştirilmeli, kontrol ve denetimler daha çok yapılmalı, halk ve atık üreticileri bilgilendirilmeli, toplama ve geri kazanım teşvik edilmeli ve yerel yönetimlerin daha aktif olması sağlanmalıdır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Abalı, Y., Gümüş, R., Vatansver, S., Ersöz, N., 2009, kır Türk Kahvesi Telvesinden Biyodizel Üretimi. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.
2. Alptekin, E., Çanakçı, M., 2006, Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu, Mühendislik ve Makina, 47 (561), 57-64.
3. Balakumara, R., Sriram, G., Arumugam, S., 2018, Effect of Lubricant Contaminated with Waste Ayurvedic Oil Biodiesel on Tribological Behavior of Cylinder Liner-Piston Ring Tribo Pair Material, Materials Today Proceedings, 5 (2), 13220–13226.
4. Bello, E.I., Makanju, A., 2011, Production, Characterization and Evaluation of Castor Oil Biodiesel as Alternative Fuel for Diesel Engines, A Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS), 2 (3), 525-530.
5. Boz, N., 2015, Kanola Yağından Metil Ester Üretimi İçin Kalsiyum Oksit Destekli Heterojen Katalizör Tasarımı, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30 (4), 641-648.
6. Clark, R.B., 1997, Marine Pollution. Clerandon Oxford Pres Forth Edition, Oxford-England.
7. Conceicao, M.M., Candeia, R.A, Silva, F.C., Bezerra, A.F., Fernandes, V.J., Souza, A.G., 2007, Thermochemical Characterization of Castor Oil Biodiesel, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11 (5), 964-975.
8. Çanakçı, M., Gerpen, V.J., 2001, Biodiesel Production From Oil and Fats With High Free Fatty Acids, Transactions of The ASAE, 44 (6), 1429-1436.
9. Çevre Denetimi Raporu, 2002, Gemilerin Denizleri ve Limanları Kirletmesini Önleme ve Kirlilikle Mücadele, Sayıştay Dergisi, 44-45.
10. Çildir, O., Çanakçı, M., 2006, Çeşitli Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör ve Alkol Miktarının Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21 (2), 367-372.
11. Daşhan, E.S., 2010, Gemi Kaynaklı Atıkların Yönetimi ve Bertarafı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
12. Degfie, T.A., Mamo, T.T., Mekonnen, S.Y., 2019. Optimized Biodiesel Production From Waste Cooking Oil (WCO) Using Calcium Oxide (CaO) Nanocatalyst. Scientific Reports, 9, 18982. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55403-4.html> (Erişim Tarihi: 21.04.2019).
14. Demirbas, M.F., Balat, M., 2006, Recent Advances on the Production and Utilization Trends of Bio-Fuels: A Global Perspective, Energy Conversion and Management, 47, 2371–2381.
15. Demirbas, M.F., Balat, M., Balat, H., 2009, Potential Contribution of Biomass to the Sustainable Energy Development, Energy Conversion and Management, 50, 1746–1760.
16. Duman, E., 2008, Afyonkarahisar İli'nde Yemek Sektöründe Kullanılan Kızartmalık Yağların Kullanılabilirlik Düzeylerinin Sağlık Üzerine Etkileri ve Kullanılan Bu Yağların Ekonomiye Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkocatepe Üniversitesi, Afyon.
17. El-Diwani, G., Attia, N.K., Hawash, S.I., 2009, Development and Evaluation of Biodiesel Fuel and By-Products From Jatropha Oil, International Journal of Environmental Science and Technology, 6, 219–224.
18. Encinar, J.M., Gonzalez, J.F., Rodriguez-Reinares, A., 2005, Biodiesel from Used Frying Oil Variables Affecting the Yields and Characteristics of the Biodiesel, Industrial and Engineering Chemistry Research, 44, 5491-5499.

19. Fangrui, Ma., Hanna, M.A., 1999, Biodiesel Production: a Review, Bioresource Technology, 70: 1-15
20. Fidan, M.S., Alkan, E., 2014, Bitkisel Hammaddelerden Elde Edilen Biyodizelin Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Kullanılması, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 4 (2), 144-160.
21. Firoz, S., 2017, A review: Advantages and Disadvantages of Biodiesel, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 04(11), 530-535.
22. Gezmiş, C.T., Oktay, Y., Sahiner, E.B., 2008, Gizli Tehlike Atık Yağlar, Üniversite Öğrencileri III. Çevre Sorunları Kongre Kitabı, İstanbul.
23. <https://daily.jstor.org/the-gulf-oil-spill-5-years-later/> (Erişim Tarihi: 20 Nisan 2015))
24. <https://www.telesurenglish.net/analysis/Palm-Oils-Corporate-Deception-Green-Washing-a-Dirty-Industry--20151201-0020.html> (Erişim Tarihi: 1 Aralık 2015)
23. <https://ocean.si.edu/conservation/pollution/animals-and-oil-spill-what-can-you-do> (Erişim Tarihi: 3 Haziran 2010)
24. İşler, A., 2012, Aspir Yağı Etil Esteri ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
25. Jaber, R., Shirazi, M.M.A., Toufaily, J., Hamieh, A.T., Nouredin, A., Ghanavati, H., Ghaffari, A., Zenouzi, A., Karout, A., Ismail, A.F., Tabatabaei, M., 2015, Biodiesel Wash-Water Reuse Using Microfiltration: Toward Zero-Discharge Strategy For Cleaner And Economized Biodiesel Production, Biofuel Research Journal, 5, 148-151.
26. Kafuku, G., Lam, M.K., Kandedo, J., Lee, K.T., Mbarawa, M., 2010, Heterogeneous Catalyzed Biodiesel Production From *Moringa oleifera* oil, Fuel Processing Technology, 91, 1525–1529.
27. Karmee, S.K., 2016, Liquid Biofuels From Food Waste: Current Trends, Prospect and Limitation, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53, 945-953.
28. Keskin, A., 2005, Tall Yağı Esaslı Biyodizel ve Yakıt Katkı Maddesi Üretimi ve Bunların Dizel Motor Performansı Üzerindeki Etkileri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
29. Kiani, S., 2014, Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretimde Yüzey Aktif Maddelerin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
30. Maa, F., Hannab, M.A., 1999, Biodiesel Production a Review. Bioresource Technology, 70, 1-15.
31. Nwafor, OMI., 2004, Emission Characteristics of Diesel Engine Operating on Rapeseed Methyl Ester, Renewable Energy, 29, 119–29.
32. Oktay, Z.D., Bali, V., Tekin, O., 2007, Atık Yağ Toplama Projesi, Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi, İstanbul.
33. Önder, Ö., 2011, Derin Yağda Kızartma İşleminde Adsorbant Kullanımının Kızartmalık Yağların Kullanım Süreleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
34. Öztürk, M., 2004, Kullanılmış Bitkisel ve Hayvansal Yağlar. Çevre ve Orman Bakanlığı, [www.cevreorman.gov.tr.html](http://www.cevreorman.gov.tr.html) (Erişim Tarihi: 17.09.2012).
35. Phan, A.N., Phan, T.M., 2008. Biodiesel Production From Waste Cooking Oil, Fuel, 87 (17-18), 3490-3496.
36. Reşitoğlu, İ.A., 2010, Atık Yağlardan Üretilmiş Biyodizelden Dizel Motor Performans Ve Emisyonuna Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.
37. Roshni, R., Asif, S., Ahmad, M., Zafar, M., Ali, N., 2017, Prospects and Potential of Fatty Acid Methyl Esters of Some Non-Edible Seed Oils for Use as Biodiesel in Pakistan, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 74, 687-702.

38. Sekmen, Y., Şen S.S., 2016, Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) Yağından Biyodizel Üretimi ve Dizel Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31 (1), 19-27.
39. Sheikh, M.A., 2010, Energy and Renewable Energy Scenario of Pakistan, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 354–363.
40. Supple, B., Howard-Hildige, R., Gonzalez-Gomez, E., Leahy, J.J., 2002, The Effect of Steam Treating Waste Cooking Oil on the Yield of Methyl Ester, Journal of the American Oil Chemists Society, 79, 175-178.
41. Tunç, F.M., 2009, Atık Yağlardan Metanol Ekstraksiyonu ile Serbest Yağ Asitlerinin Giderilmesinde Elde Edilen Ekstrakt Fazından Metanol Geri Kazanımı İçin Alternatif Proses Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
42. Türkay, S., 2007, Enerji Güvenliği, Enerji Tarımı, Küresel Isınma Açısından Biyoyakıtlar, Atık Yağlar ve Biyodizel Üretim Potansiyeli Sempozyumu, Ankara.
43. Usta, N., 2005, Use of Tobacco Seed Oil Methyl Ester in a Turbocharged Indirect Injection Diesel Engine, Biomass and Bioenergy, 28, 77-86.
44. Utlu, Z., 2005, Biyodizel Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Atık Kızartma Yağlarının Değerlendirilmesi, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Mersin.
45. Wierzbicka, A., Lillieblad, L., Pagelsa, J., Strand, M., Gudmundsson, A., Gharibi, A., Swietlickic, E., Sanatib, M., Bohgarda, M., 2005, A Particle Emissions From District Heating Units Operating On Three Commonly Used Biofuels, Atmospheric Environment, 39, 139–50.
46. Xiaohua, W., Zhenmin, F., 2004, Biofuel Use and Its Emission of Noxious Gases in Rural China, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8, 183–92.
47. Yaman, G., 2005, Restaurant Atık Yağlarından Biyodizel Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
48. Yıldız, M., 2008, Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
49. Yönel, F., 2008, Deniz Ulaşımı ve Deniz Kirliliği, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi, İstanbul.
50. Zhang, Y., Dube, M.A., McLean, D.D., Kates, M., 2003, Biodiesel Production From Waste Cooking Oil: I. Process Design And Technological Assessment, Bioresource Technology, 89, 1–16.
51. Zırhlı, Ö., 2004, İstanbul'u Çevreleyen Denizlerde Gemi Kaynaklı Eysel Atıksu ve Sintine Suyu Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
52. Zi-Zhea, C., De-Poa, Y., Sheng-Qinga, W., Yongb. W., Reaneyc. M.J.T., Zhi-Mina, Z., Long-Pinga, Z., Guob, S., Yia, N., Donga, Z., Hui-Rand, N., Wen-Zhee, Y., 2017, Conversion of Poultry Manure to Biodiesel, a Practical Method of Producing Fatty Acid Methyl Esters Via Housefly (*Musca domestica* L.), Larval Lipid. Fuel, 210, 463-471.