

## Atık Yağlardan Elde Edilen Biyodizel Potansiyeli ve Gliserol Miktarının Belirlenmesi

Nilüfer NACAR KOÇER<sup>1</sup>, Barbaros DURMUŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dr. Öğretim Üyesi, Fırat Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ,  
nkocer@firat.edu.tr

<sup>2</sup>Arş. Gör. Fırat Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ,  
barbarosdurmus@gmail.com

Geliş Tarihi/Received:  
19.07.2018

Kabul Tarihi/Accepted:  
28.06.2019

Yayın Tarihi/Published:  
30.06.2019

### ÖZ

Artan enerji ihtiyacı ve buna karşılık giderek artan fosil yakıt rezervleri yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmaktadır. Enerji, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir problem olarak ön planda bulunmaktadır. Günümüzde fosil kaynaklı yakıtların hızla tükenmesi ve bunların çevreye verdiği zararların artması gelecek nesillerin yaşamını büyük ölçüde tehdit etmektedir. Bu nedenle alternatif enerji kaynaklarına yönelmek kaçınılmaz bir gerçektir. Ülkemizde en önemli alternatif enerji kaynaklarından biri de biyodizeldir.

Yapılan bu çalışmada; kullanılmış atık yağlarından biyodizel üretim yöntemleri, bu yöntemle üretilen yakıtın özellikleri ve kullanılabilirliği incelenmiştir. Ayrıca; ülkemizde tespit edilen kullanılmış bitkisel atık yağ miktarlarına bağlı olarak, üretilebilecek biyodizel miktarları hesaplanarak, bu süreçte oluşacak atık çamur miktarları tespit edilmiş ve elde edilen gliserol miktarları hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyodizel, bitkisel atık yağ, atık çamur, gliserol miktarı.

### Determination Of The Biodiesel Potential and Glycerol Quantity Obtained From Waste Oil

#### ABSTRACT

Increasing energy demand and, consequently, increasing fossil fuel reserves are increasing interest in renewable energy sources. Energy, like all over the world, is also an important problem in our country. Today, the rapid depletion of fossil fuels and the increased damage they cause to the environment threaten the lives of future generations to a great extent. For this reason, it is inevitable to turn to alternative energy sources. One of the most important alternative energy sources in our country is biodiesel.

In this study; methods of biodiesel production from used waste oils, properties and usability of fuel produced by this method are examined. Also; depended on the amount of waste oil used in our country, the amount of biodiesel that can be produced is calculated, the amount of waste sludge to be formed in this process is determined and the amount of glycerol obtained is calculated.

**Keywords:** Biodiesel, vegetable waste oil, waste sludge, glycerol quantity.

## 1. GİRİŞ

Dünyanın enerji ihtiyacı; alternatif enerji kaynakları arasında yer alan biyoyakıtlar; biyoetanol, biyodizel, biyogaz ve biyokütle gibi kaynaklardan karşılanmaktadır (Shishir vd, 2011; Achyut vd, 2010). Biyoyakıtlar; yüksek enerji içeriğine sahip, çevre dostu, yenilenebilir, ülkelerin sosyo-ekonomik gelişimi, kaynak çeşitliliği ve arz güvenliği için önemli elektrik, ısı ve motor yakıtı olarak kullanılması uygun olan alternatif yakıtlardır (Üstün vd, 2015). Biyokütleden elde edilen biyoetanol ise, özellikle petrol fiyatlarındaki artış ve hammadde potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda hem ekonomik hem de sürdürülebilir enerji kaynağı olarak kullanılması uygun olan alternatif yakıtlardır (Adıgüzel vd, 2013).

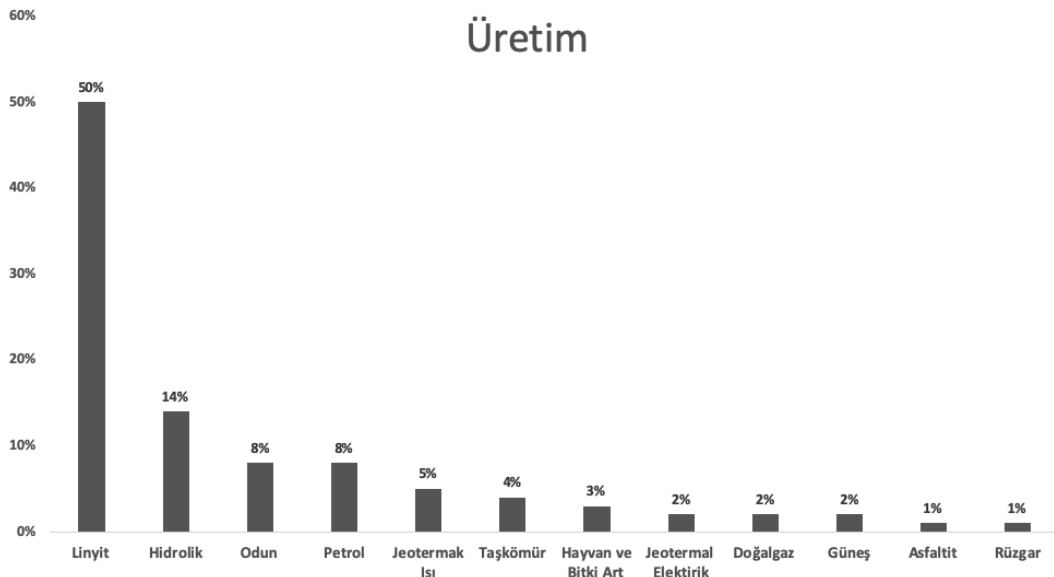
Yenilenebilir bitkisel yağlardan üretilen biyodizel ise, maliyeti yüksek olduğundan tercih edilmemekte, bunun yerine başka kullanım alanı olmayan, insan sağlığına ve çevreye zararlı olan kullanılmış atık yağlar, biyodizel üretimi için tercih edilmektedir. Ülkemizde yayımlanan ‘Yenilenebilir Enerji Kanunu’ çerçevesinde verilen teşvikler ile, biyoyakıt olarak biyokütlenin kullanılmasına ilişkin çalışmalara da hız verilmeye başlanmıştır (Üstün vd, 2015).

## 2. BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Doğada yaygın olarak mevcut tarımsal kökenli ürünlerden elde edilen biyokütle enerjisi; değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle üretilen, ticari özelliğe sahip, belirli ve temel özellikleri bakımından standartlaştırılmış olan katı, sıvı ve gaz formuna dönüşebilen bitkisel enerji kaynaklarıdır (Taşyürek vd, 2007). Dünyadaki enerji tüketiminin yaklaşık % 15’i, gelişmekte olan ülkelerde ise, enerji tüketiminin yaklaşık % 43’ü biyokütleden sağlanmaktadır (Üstün vd, 2015).

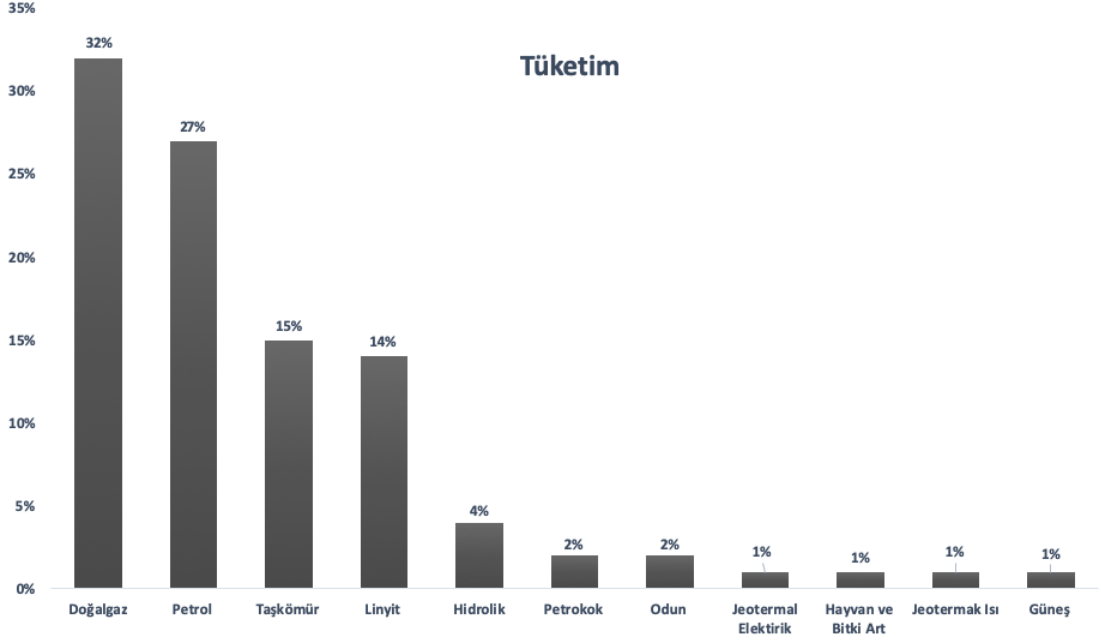
Biyokütleden elde edilen biyodizel, bitkisel yağlardan veya hayvansal yağlardan üretilmekte ve petrol esaslı dizelin yerini alması için önerilmektedir. Çünkü biyodizel; çevreye duyarlı bir emisyon profili ile yenilenebilir ve kolaylıkla biyolojik olarak parçalanabilir bir kaynaktır (YZhang vd, 2003).

Ülkemizde birincil enerji kaynakları üretiminin 2016 yılına göre dağılım oranları Şekil 1’de gösterilmektedir. Ülkemizde üretilen enerjinin 2016 yılındaki dağılım oranları sırasıyla linyit % 50, hidrolik % 14, petrol % 8, doğalgaz % 2 ve taşkömürü % 4’ür. Üretilen enerji miktarının % 27’si ise yenilenebilir (güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal ısı, jeotermal elektrik, hayvan ve bitki artıkları vs.) enerjidir.



**Şekil 1.** Türkiye’de 2016 Yılında Birincil Enerji Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (World Energy Yearbook, 2017).

Ülkemiz enerji ihtiyaçlarını karşılamak için değişik kaynaklardan faydalanmakla birlikte, toplam birincil enerji tüketiminin % 88 gibi büyük bir kısmı fosil kökenli yakıtlardan (kömür, petrol, doğalgaz ve linyit vs.) karşılamaktadır (Şekil 2). Ülkemizde tüketilen fosil kökenli yakıtlar içinde en önemli payı % 32 ile doğalgaz almaktadır. Doğalgazı % 27 ile petrol, %15 ile taşkömürü ve % 14 ile de linyit takip etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimindeki payı (% 8) fosil kökenli kaynaklara göre çok düşüktür.



**Şekil 2.** Türkiye’de 2016 Yılında Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (World Energy Yearbook, 2017).

Türkiye’de birincil enerji üretim ve tüketiminin kaynaklara göre dağılımına bakıldığında; biyokütlenin, biyoyakıt olarak kullanılmasında yenilenebilir enerjinin üretimdeki payı % 27 olmasına rağmen tüketimdeki payı % 8’dir. Birincil enerjinin üretim ve tüketimdeki oranları dikkate alındığında; üretilen yakıtın çevre dostu olması ve çevre kirliliğinin azaltılması açısından tercih edilmesi gereklidir. Dizel yakıtların yerini biyodizel yakıtlara bırakmak için bundan sonraki aşamada yapılması gereken, yönetmelikte belirtilen yasal zorunlulukları yerine getirmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek ve desteklemektir.

Biyokütleden ya da kullanılmış atık yağlardan elde edilen biyodizel; dizel motorlu araçlarda kullanılırken bazı modifikasyonlarla veya modifikasyona gerek kalmadan saf olarak ya da petrol kökenli dizel yakıtlarla karıştırılmak suretiyle kullanılabilir. Motorine kıyasla birçok avantaja sahip bulunan biyodizel, motorine benzer özellikler sergilemektedir (Alptekin vd, 2011).

Alternatif bir yakıt olan biyodizel, yenilenebilir yerli kaynaklarından ve atık yağlardan üretilmekte, böylece ülkemizde petrol yakıt ithalatına olan güven azalmaktadır. Aynı zamanda biyolojik olarak parçalanmakta ve toksik özellikler taşımamaktadır. Petrol bazlı dizel ile karşılaştırıldığında, biyodizel, düşük karbon monoksit emisyonları, partiküler madde ve yanmamış hidrokarbonlar gibi daha elverişli bir yanma emisyon profiline sahiptir. Biyodizelin yakılmasıyla üretilen karbondioksit, fotosentez ile geri dönüştürülebilmekte ve böylece biyodizelde yanmanın sera etkisi üzerindeki etkileri en aza indirgenebilmektedir. Biyodizel, nispeten yüksek bir parlama noktasına (150 °C) sahiptir ve bu da petrol dizelinden daha az uçucu ve güvenli bir şekilde nakliyesine veya taşınmasına imkânı vermektedir. Aynı

zamanda motorun aşınmasını azaltarak, motor ömrünü uzatan yağlama özellikleri sağlamaktadır (YZhang vd, 2003).

### 3. ATIK YAĞLAR

Kullanılmış bitkisel ve hayvansal atık kızartma yağlarının en fazla olduğu yerler; hazır yemek tesisleri, aş evleri, fast-food ağları, balık kızartma yerleri, lokantalar, restoranlar, oteller, tüm yemekli organizasyon faaliyetlerinin yapıldığı yerler, turistik tesisler ve hastanelerin mutfaklarıdır (Shishir vd, 2010)

Bitkisel ve hayvansal yağların belli bir süre kullanılması sonucunda oluşan kızartma yağları; fiziksel ve kimyasal, özelliklerini kaybederek kullanılmış atık yağ haline gelmektedir. Oluşan bu atık yağların; hem ekotoksik olmaları hem de içerisinde ağır metal ve klor bileşiklerini içermeleri nedeniyle yakılmaları sonucunda atmosfer kirliliğine neden olarak, çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir. Bu nedenle atık yağlar, güvenli bir şekilde bertaraf edilerek, insan sağlığı için zararlı olmayacak biçimde kullanılmalıdır (Keskinler, 2016).

Ortamda bulunan 1 lt atık yağ, 1 milyon litre içme sularını ve yeraltı sularını kirletmektedir. Kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağlar, atık suların kaynaktaki kirliliğinin % 25'ini oluşturmaktadır. Ekotoksik özelliğe sahip olan atık yağlar, deniz, göl ve akarsulara döküldüğü zaman kirlilik yükünün artmasına neden olmakta, işletme ve bakım maliyetini arttırmakta, özgül ağırlıkları nedeniyle su yüzeyinde bir film tabakası meydana getirerek, su ekosisteminde oksijen transferini önlemekte ve canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir (Dülger vd, 2016).

### 4. KULANILMIŞ ATIK YAĞLARDAN BİYODİZEL ÜRETİMİ

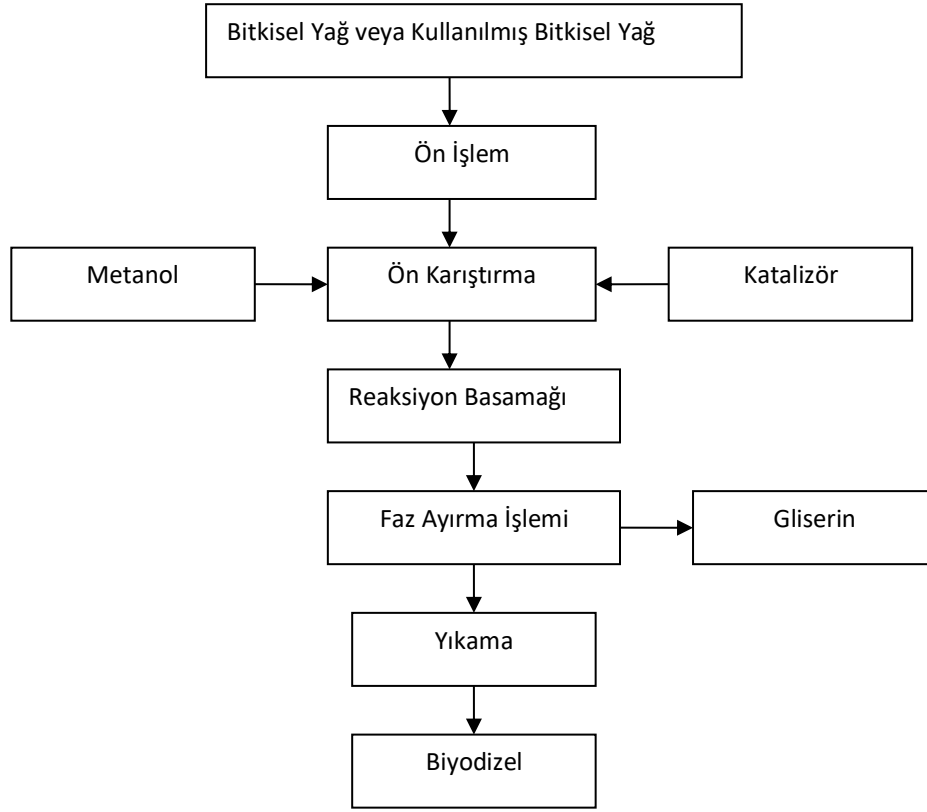
Kullanılmış atık yağlardan biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılan yağın kalitesi ve cinsi oldukça önemlidir. Çünkü kullanılan yağlarda bulunan yağ asitlerinin oranları ve türleri, üretilen biyodizelin yakıt kalitesi üzerinde en önemli etkiye sahiptir. Çeşitli yağların özelliklerini, yapısına katılan asitlerin cinsi ve sayısı vermektedir. Yağ asitlerinin yapıları da hammaddenin cinsine göre birbirinden farklı özellikler göstermektedir (Zlatica, 2008).

Çok uzun zamandan beri yoğun olarak kullanılan gıda maddelerinin kızartılmasının başlıca amacı; özel bir renk, tat, doku oluşturarak, gıdanın hızlı pişmesinin sağlanmasıdır. Kızartma sırasında gıda maddesi ile kızartma yağı arasında gerçekleşen ısı ve kütle iletimleri sonucunda hem gıda maddesinde hem de kızartma yağında önemli fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmektedir. Kızartma süresinde, yağın sıcaklığının yükselmesiyle birlikte hidroliz, polimerizasyon ve oksidasyon gibi farklı kimyasal reaksiyonlar oluşmaktadır Bu reaksiyonlar sonucunda da yağın özelliklerinde değişimler meydana gelmektedir.

Yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağlar, bitkisel ve hayvansal yağlar ve evlerde kullanım sonucu oluşan atık yağlardan elde edilen biyodizel, bir katalizör eşliğinde kısa zincirli metanol ile reaksiyonu neticesinde oluşmakta ve kullanılan transesterifikasyonunun bir ürünü olarak meydana gelmektedir (Zlatica, 2008). Yüksek aktivite ve düşük maliyet nedeniyle biyodizel üretiminde katalizörler olarak, potasyum hidroksit (KOH) ve sodyum hidroksit (NaOH) yaygın olarak kullanılmaktadır (Anilkumar vd, 2015).

Kızartma yağlarının ısıya maruz kalması ve içine su karışması, trigliseritlerin hidroliz hızını, serbest yağ asidi miktarını, yoğunluğunu, viskozitesini, sabunlaşma değerini arttırmakta ve iyodin değerini düşürmektedir. Kızartma koşullarına göre farklı sıcaklıklarda ve farklı mekanizmalar üzerinden gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda kızartma yağlarında çok farklı yapıda, ancak hepsi polar karakterli olan bozunma ürünleri meydana gelmektedir.

Kızartma sırasında gıdaların ihtiva ettiği suyun neden olduğu yağ hidrolizi neticesinde monogliseridler, digliseridler, serbest yağ asitleri oluşurken, havanın ve gıdanın ihtiva ettiği oksijen, doymamış yağ asitlerinden, önce hidroperoksitlerin oluşmasına neden olmaktadır. Oluşan bu ara ürünlerinde derhal bozunarak, çeşitli ikincil oksidasyon ürünleri ile polimerizasyon ürünlerini oluşturmaktadır (Şekil 3) (Ramachandran vd, 2013).



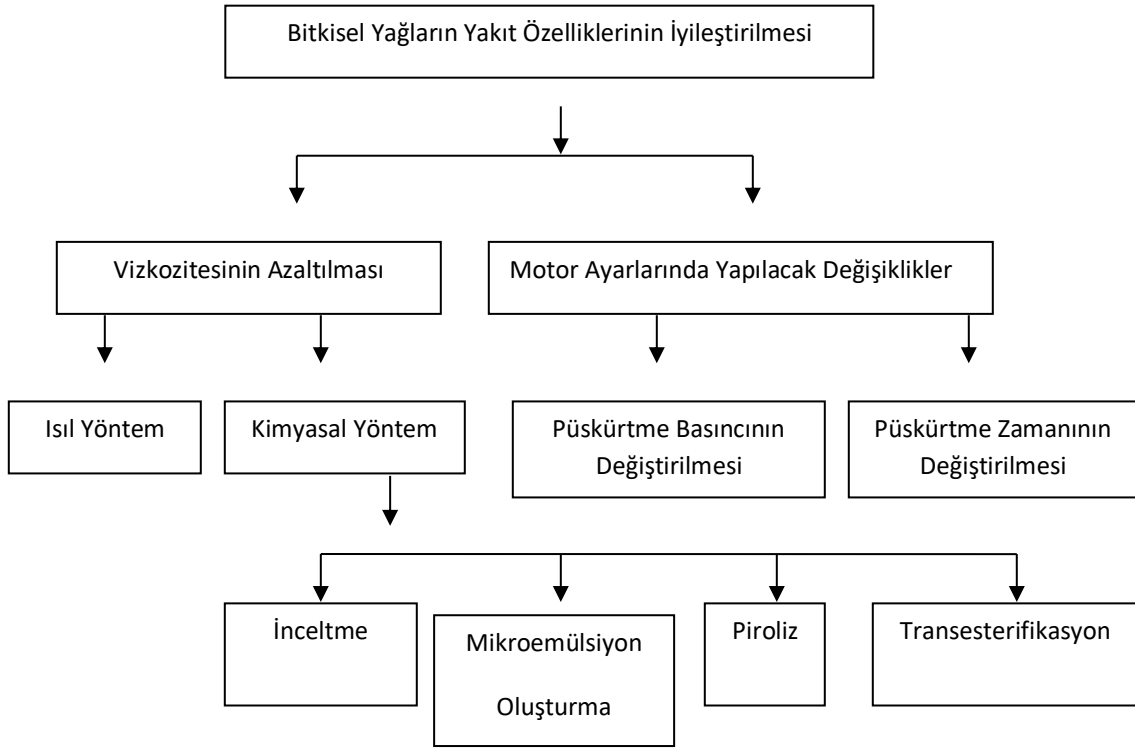
**Şekil 3.** Bitkisel Atık Yağlardan Üretilen Biyodizelin Üretim Aşamaları

## 5. YAĞLARININ YAKIT ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLME YÖNTEMLERİ

Bitkisel yağların uzun süre kullanımı sonucunda enjektörlerde birikintilere ve motor yağının viskozitesinin azaltılması gerekli olan birçok motor sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu sorunları gidermek için bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir (Yıldız, 2008). Bitkisel yağların ve atık kızartma yağlarının yakıt özelliklerinin iyileştirilerek biyodizel olarak kullanılabilmelerini sağlamak amacı ile farklı yönde çalışmalar yapılmaktadır.

Bitkisel yağların yakıt özelliklerini iyileştirilmek için kullanılan yöntemlerden birincisi, yağların viskozitelerinin azaltılmasıdır. Bitkisel yağların viskozitelerinin azaltılmasında, ısıl yöntem ve kimyasal yöntem olmak üzere iki farklı yöntem uygulanmaktadır. Isıl yöntemde, yakıt olarak kullanılacak olan bitkisel yağların, ön ısıtma ile sıcaklığının yükseltilerek, viskozitesinin azaltılması amaçlanmaktadır. İyileştirme yöntemleri Şekil 4'de gösterilmiştir (Yıldız, 2008; Alptekin, 2011).

Bitkisel yağların ve atık kızartma yağlarının biyodizel olarak kullanılabilmelerini sağlamak amacı geliştirilen iyileştirme yöntemlerinden ikincisi ise, motor ayarlarında yapılacak değişikliklerdir. Motor ayarlarında yapılacak değişikliklerde temel olarak; püskürtme basıncının değiştirilmesine ve püskürtme zamanının değiştirilmesine önem verilmektedir (Alptekin, 2011).



**Şekil 4.** Bitkisel Yağların Yakıt Özelliklerinin İyileştirilmesi

Yağların viskozitelerinin azaltılmasında kullanılan kimyasal yöntemler ise dört farklı alt grupta incelenmektedir. Bunlar; inceltme, mikroemülsiyon oluşturma, piroliz ve transesterifikasyon'dur.

İnceltme işleminde; atık yağlardan elde edilen biyodizelin, belirli oranlarda dizel yakıt ile karıştırılarak seyreltilmesi neticesinde yapılan işlemdir. İnceltme işlemleri sırasında % 5 - % 30 arasında bitkisel metil esterlerinin karıştırılması neticesinde viskozite ve doymamışlık oranları ayarlanmaktadır.

Mikroemülsiyon oluşturma işlemi ise; bitkisel yağların yakıt özelliklerini iyileştirmek için, viskozitesini azaltılarak, metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkollerle mikroemülsiyon oluşturulması işlemidir. Böylece viskozite değeri düşmekte ve petrolden tamamen bağımsız alternatif dizel yakıtlar meydana gelmektedir (Kaplan, 2001).

Pirroliz işleminde ise, biyokütlenin oksijensiz ortamda ısıtılmasıyla sıvı kısmının biopetrole, katı kısmının odun kömürüne, diğer kısmının ise gazla dönüşüm işleminin gerçekleşmesi ile oluşmaktadır. Yüksek sıcaklıklara sahip yüksek moleküllerin, daha düşük seviyeli moleküllere dönüştürülmesi işlemidir (Özdemir vd, 2010). Genel olarak piroliz işlemi iki şekilde yapılmaktadır. Birinci yöntemde, bitkisel yağlar kapalı bir kap içerisinde ısı etkisiyle parçalanmakta, ikinci yöntemde ise, standart olarak hazırlanan maddeler kullanılarak, damıtma işlemiyle bitkisel ve hayvansal atıklar ile atık yağlar ısı olarak parçalanmaktadır. İkinci yöntem ile elde edilen biyodizel, dizel yakıtlara daha yakın özellikler göstermektedir.

Transesterifikasyon yöntemi ise; bitkisel atık yağların dizel yakıtı alternatif oluşturması için kullanılan en önemli kimyasal yöntemlerden biridir. Transesterifikasyon yönteminde, bitkisel atık yağın, küçük molekül ağırlıklı bir alkolle katalizi neticesinde gliserin ve yağ asidi esteri oluşturmak üzere reaksiyona girmesidir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).

Tablo 1'de dizel ve biyodizel yakıtların teknik özelliklerinin kıyaslanması görülmektedir (Zafer, 2005; Stojkovic vd, 2014). Bu kıyaslanma sonucunda dizel ve biyodizel yakıtlar arasında büyük farklar olmadığı görülmektedir. Ayrıca biyodizelin alevlenme noktası, dizel yakıtlardan daha yüksektir. Biyodizelin bu özelliği sayesinde kullanımı, taşınması ve depolanması daha güvenilir bir şekilde sağlanmaktadır (Kaplan, 2001).

**Tablo 1.** Dizel ve Biyodizel Yakıtların Teknik Özelliklerinin Kıyaslanması

YAKIT ÖZELLİKLERİ	BİRİM	SINIR DEĞERİ (min.-max.)	BİYODİZEL	DİZEL
Kapalı Formül			$C_{19}H_{35,2}O_2$	$C_{12,226}H_{23,29}S_{0,0575}$
Molekül Ağırlığı	g/mol		296	120 - 320
Özgül Ağırlığı (15 °C)	kg/L	0,875-0,90	0,87 - 0,88	0,82 - 0,86
Kinematik Viskozite -40 °C	mm/s	2-4,5	4,3	2,5 - 3,5
Tutuşma Katsayısı	Setan sayısı	49-...	> 55	49 - 55
Alevlenme Noktası	°C	55-...	> 100	> 55
Su Miktarı	mg/kg	...-200	< 300	< 200

Bitkisel atık yağlar biyodizel haline getirildiğinde, özellikleri dizel yakıt özelliklerine yaklaşmasına rağmen, yoğunlukları ve viskoziteleri dizel yakıtından genellikle daha yüksek, ısı değerleri, uçuculuk özellikleri ve oksidasyon kararlılıkları ise daha düşük kalmaktadır. Bu olumsuzlukların etkisini azaltmak için, biyodizelin dizel yakıt ile karıştırılarak kullanılması tercih edilmektedir. Biyodizel, dizel yakıt ile her oranda karıştırılabilmektedir. Bu karıştırma oranlarında; B2 (% 2 biyodizel), yakıtın sadece yağlama özelliğini iyileştirdiği, B20'nin ise hem yakıtın yağlama özelliğini iyileştirdiği hem de motor emisyonlarını azalttığı belirlenmiştir (Rahman vd, 2014).

Saf biyodizel ile dizel ve biyodizel karışımları herhangi bir dizel motorunda, herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan kullanılabilir (Aktaş vd, 2009). Ancak petrol kaynaklı dizelin kalitesini arttırmak için belirli oranlarda biyodizel ile karıştırma işlemi yapılmaktadır (Kaplan, 2001). Biyodizel ile dizelin karıştırılması neticesinde oluşan yakıt kombinasyon değerleri arasındaki oranlar aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Dizel ve Biyodizel Yakıtların Hacimsel Karıştırma Oranları

BİYODİZELLE İLE DİZELİN YAKIT KOMBİNASYON DEĞERLERİ	HACİMSEL KARIŞTIRMA ORANLARI	
	BİYODİZEL	DİZEL
B20	% 20 Biyodizel	% 80 Dizel
B40	% 40 Biyodizel	% 60 Dizel
B60	% 60 Biyodizel	% 40 Dizel
B80	% 80 Biyodizel	% 20 Dizel
B100 (Saf Biyodizel)	% 100 Biyodizel	-

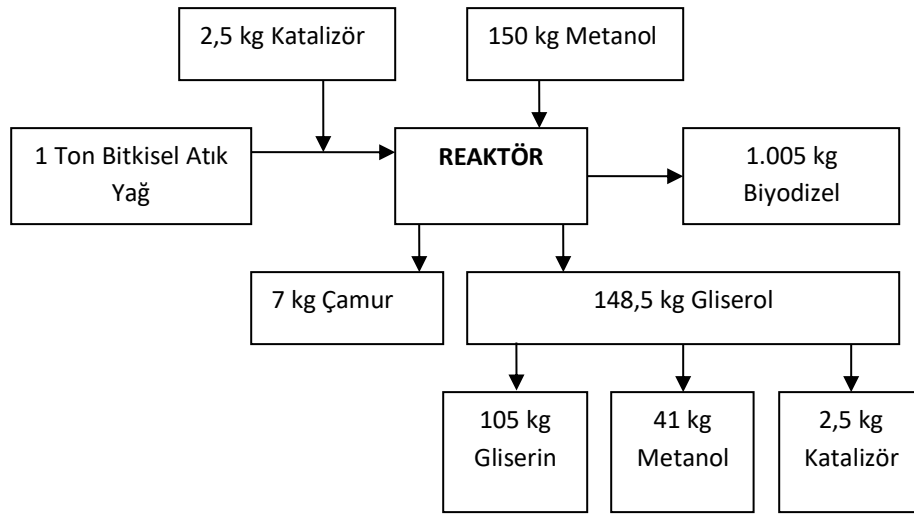
Dizel ile biyodizelin karıştırılmasındaki amaç, yanma sonucunda oluşan zararlı gazların çevreye salınım oranını düşürmek, motorlardaki yağlanma derecelerini artırarak, motor gücünü azaltan birikintilerin çözülmesini sağlamaktır (Kaplan, 2001). Aynı zamanda biyodizelin yakılmasıyla üretilen karbondioksit,

fotosentez ile geri dönüştürülerek, yanmanın sera etkisi üzerindeki etkilerini en aza indirmeye yardımcı olmaktadır (Yıldız, 2008).

## 6. ÜLKEMİZDE OLUŞAN BİTKİSEL ATIK YAĞ MİKTARLARINA BAĞLI OLARAK OLUŞAN YAN ÜRÜNLERİN HESAPLANMASI

Bitkisel yağların kullanılması sonucu oluşan atık kızartma yağlarının; yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi, ülkeye ekonomik açıdan katkı sağlamasının yanı sıra hem atık yağların çevre için avantajlı bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesini sağlayacak hem de sürdürülebilir kalkınmaya destek olacaktır. Atık kızartma yağlarının ekolojik ve ekonomik açıdan önemli sorunlar ortaya çıkarması ve kızartma yağlarından üretilen sabunun kalitesinin düşük olması nedeniyle tercih edilmemektedir (Shishir vd, 2010). Yemelik olarak kullanılabilir kalitedeki bitkisel yağların biyodizel üretimi için kullanılması mantıklı olmadığından hammadde olarak kullanılabilir bu yemelik yağlar yerine, bunların kullanımı sonucu oluşan bitkisel atık kızartma yağlarının alternatif yakıt olan biyodizele dönüştürülerek içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanması avantaj sağlayacaktır.

Bitkisel atık yağdan üretilen biyodizelin kütle dengesindeki miktarlar; reaksiyona giren hammadde miktarına, çıkan ürün miktarlarına, prostesten prosese ve hammaddenin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Şekil 5’de görüldüğü gibi 1 ton atık yağdan 1005 kg biyodizel üretimi gerçekleştirilmekte olup, 7 kg atık çamur ve 148,5 kg gliserol (105 kg gliserin + 41 kg metanol + 2,5 kg katalizör) oluşmaktadır (YZhang vd, 2003).



Şekil 5. Bitkisel Atık Yağdan Biyodizel Üretimi Kütle Dengesi

Çalışmada ülkemizde toplanan kullanılmış bitkisel atık yağların biyodizel üretiminde değerlendirilmesi planlanmaktadır. Bu amaçla yapılan araştırmada; bazı kent merkezlerinde toplanan bitkisel atık yağ miktarları (Bakanlık Çevre Durum Raporları, 2016’dan) tespit edilerek, (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2017). oluşan biyodizel ve atık çamur miktarları ile meydana gelen yan ürünlerin hesabı yapılmıştır. Türkiye’de bazı illerde toplanan bitkisel atık yağ miktarına bağlı olarak oluşan biyodizel ve atık çamur miktarı ile meydana gelen yan ürünlerin hesabı Tablo 3’de verilmiştir.



**Tablo 3.** Türkiye’de Bazı İllerde Toplanan Bitkisel Atık Yağ Miktarına Bağlı Olarak Oluşan Biyodizel ve Atık Çamur Miktarı ile Meydana Gelen Yan Ürünlerin Hesabı

İLLER	BİTKİSEL ATIK YAĞ MİKTARI, ton/yıl	OLUŞAN BİYODİZEL MİKTARI, ton/yıl	OLUŞAN ATIK ÇAMUR MİKTARI, ton/yıl	GLİSEROL BİLEŞENLERİ (ton)			TOPLAM OLUŞAN GLİSEROL MİKTARI, ton/yıl
				GLİSERİN, ton/yıl	METANOL, ton/yıl	KATALİZÖR, ton/yıl	
Ankara	341,030	342,74	2,39	35,81	13,98	0,85	50,64
Bursa	164,804	165,63	1,15	17,30	6,76	0,41	24,47
Diyarbakır	129,715	130,36	0,91	13,62	5,32	0,32	19,26
Eskişehir	407,707	409,75	2,85	42,82	16,72	1,02	60,54
Kayseri	96,250	96,73	0,67	10,12	3,95	0,24	14,29
Malatya	93,856	94,33	0,66	9,86	3,85	0,23	13,94
Balıkesir	89,723	90,17	0,63	9,42	3,68	0,22	13,32
Trabzon	127,201	127,83	0,89	13,36	5,22	0,31	18,89
Batman	33,270	33,44	0,23	3,49	1,37	0,08	4,94
Sivas	27,200	27,34	0,19	2,86	1,12	0,07	4,05
Samsun	179,757	180,66	1,26	18,87	7,37	0,45	26,69
İzmir	435,000	437,18	3,05	45,98	17,84	1,09	64,91

Bitkisel atık yağların değerlendirilmesinde en büyük sorun; yağların toplanarak, Bakanlık tarafından ilgili firmalara verilerek, bunların yeniden değerlendirilip faydalı ürünlere dönüştürülmesi işlemidir. Tablo 4’de görüldüğü gibi atık bitkisel yağların en az geri dönüşümünün yapıldığı iller Sivas ve Batman, en fazla geri dönüşümünün yapıldığı iller ise İzmir ve Eskişehir olduğu tespit edilmiştir.

Bitkisel atık yağ miktarlarına bağlı olarak yapılan hesaplamalardan İzmir’de yıllık 435 ton bitkisel atık yağın geri dönüşüme girdiği tespit edilmiş, buna karşılık oluşan biyodizel miktarı 437 ton olarak hesaplanmıştır. Bu arada 435 ton bitkisel atık yağdan 3 ton çamur ve 45,98 ton gliserin, 17,84 ton metanol ve 1,09 ton katalizör elde edilmiş toplamda yaklaşık yıllık 65 ton’da gliserol bileşenleri oluştuğu tespit edilmiştir. Eskişehir’de ise, yıllık 408 ton bitkisel atık yağın geri dönüşüme girdiği belirlenmiş buna karşılık oluşan biyodizel miktarının 410 ton olduğu hesaplanmıştır. Eskişehir’de yaklaşık 408 ton bitkisel atık yağdan 2,85 ton çamur ve 42,82 ton gliserin, 16,72 ton metanol ve 1,02 ton katalizör elde edilerek toplamda yaklaşık yıllık 60,54 ton’da gliserol bileşenleri oluştuğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma neticesinde; ülkemizde kullanılmış kızartmalık yağlarının üretiminden bertarafına kadar olan süreçte doğru ve uygun yönetiminin yapılarak toplanmasının sağlanması, hem ülkemiz ekonomisine katkı sağlayacak hem de sürdürülebilir özelliğe sahip çevre dostu, temiz bir yakıt elde edilmesi sağlanacaktır.

## 7. SONUÇLAR

Endüstrileşmiş bir dünyada olduğu kadar yurtiçi sektörde de yüksek enerji talebi ve fosil yakıtların sınırlı kullanılması nedeniyle oluşan kirlilik sorunu, alternatif temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarını bulmayı zorunlu hale getirmiştir. Talep ve arz arasındaki boşluğu sürdürülebilir bir şekilde aşmak için farklı alternatifler araştırılmaktadır. Bu alternatifler arasında elde edilen biyodizel umut verici seçeneklerden biridir (Elçin vd, 2009; Shishir vd, 2010; Ramachandran vd, 2013).

Biyodizelin çevre dostu bir yakıt olması, yenilenebilirliği, biyolojik olarak parçalanabilir olması ve daha iyi yanma performansı göstermesi nedeniyle geleneksel petrodizel için alternatif olarak bilinmektedir (Vitthal vd, 2012).

Ülkemizde ‘Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği’ 19 Nisan 2005 tarihli ve 25791 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. “Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği” kapsamında kızartmalık yağların hanelerden toplanması için gerekli organizasyon çalışmalarının yapılarak, insanları bu konuda bilinçlendirmek gerekmektedir. Bu kapsamda atık yağ toplama faaliyetlerini gerçekleştirmek için büyükşehirlerde Büyükşehir Belediyeleri ve diğer kentlerde ise Belediyelerin üstlerine düşen görev ve yetkileri yerine getirmeleri gerekmektedir.

Ülke genelinde atık yağların belediyeler tarafından toplanması ve değerlendirilmesi ile ilgili yapılmış çalışmalar istenen düzeyde değildir. Bu nedenle yapılması gereken en önemli iş, enerji kaynaklarında üretim miktarı ile tüketim miktarı arasındaki açığı kapatarak, dizel yakıtların yerini alacak biyodizel yakıtlar için ilgili yasal zorunlulukları uygulamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına destek verip, teşvik etmektir. Böylece teknik açıdan uygulanabilir olan, ekonomik açıdan dizel yakıtla rekabet edebilen, çevre açısından kabul edilen ve kolaylıkla temin edilebilen atık bitkisel yağlardan elde edilen biyodizelin üretimi teşvik edilerek, tüm kent merkezlerinde toplama ve değerlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Enerji ihtiyacının karşılanması ve ekonomik refah düzeyine çıkarılması için “Biyodizel Yakıtlara” gereken önem verilmeli ve teşvik edilmesi için destek çalışmaları yürütülmelidir.

## KAYNAKLAR

Shishir M.Hingu Parag, R.GogateVirendra and K.Rathod, 2010. Synthesis Of Biodiesel From Waste Cooking Oil Using Sonochemical Reactors. Ultrasonics Sonochemistry. Volume 17, Issue 5, June 2010, Pages 827-832. Alam, W. (2011). GIS based Assessment of Noise Pollution in Guwahati City of Assam, India, International Journal of Environmental Sciences, 2 (2), ISSN 0976 – 4402, 743.

Achyut K.Panda, R.K.Singh,D.K.Mishra,2010. Thermolysis Of Waste Plastics To Liquid Fuel: A Suitable Method For Plastic Waste Management And Manufacture of Value Added Products : A World Prospective. Renewable and Sustainable Energy. [Volum 14, Issue 1](#), January 2010, Pages 233-248.

Üstün G. E., ve Genç B., 2015, Dünya’da ve Türkiye’de Biyoyakıtların Durumu, Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 29, Sayı 2, 157-164.

Adıgüzel, A. O., 2013, Biyoetanölün Genel Özellikleri ve Üretimi İçin Gerekli Hammadde Kaynakları, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, (2), 204-220.

Taşyürek M, Acaroğlu M. 2007. Biyoyakıtlarda (Biyomotorinde) Emisyon Azatlımı ve Küresel Isınmaya Etkisi. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, Konya.

YZhang, M.ADubé, D.DMcLean and MKates,2003. Biodiesel Production From Waste Cooking Oil: 2. Economic Assessment and Sensitivity Analysis [Bioresource Technology](#), [Volume 90, Issue 3](#), December 2003, Pages 229-240.

- World Energy Yearbook, 2017.Enerdata.
- Alptekin E., ve Çanakcı M., 2011. Hayvansal Kökenli Yağlardan Biyodizel Üretimi, VI. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (YEKSE, 2011), 21–22 Ekim 2011, Kayseri.
- YZhang, M.ADubé, D.DMcLean and MKates, 2003. Biodiesel Production From Waste Cooking Oil: 1. Process Design and Technological Assessment, [Bioresource Technology](#), **Volume 89, Issue 1**, August 2003, Pages 1-16.
- Shishir M.HinguParag R.GogateVirendra K.Rathod, 2010. Synthesis of Biodiesel From Waste Cooking Oil Using Sonochemical Reactors. [Ultrasonics Sonochemistry](#), **Volume 17, Issue 5**, June 2010, Pages 827-832.
- Keskinler B., Yağların Gıdada Fiziksel ve Kimyasal Değişimleri, Gıdadan Çekilme Süreçleri ve Kontrol Yöntemleri, GYTE Mühendislik Fakültesi, Biyodizel Ar-Ge Grubu, [http://anibal.gyte.edu.tr/dosya/103/NOBA\\_Prosesi.pdf](http://anibal.gyte.edu.tr/dosya/103/NOBA_Prosesi.pdf).
- Dülger, G. Ç., Geçgel, Ü. ve Apaydın, D., 2016. Atık Kızartma Yağlarının Biyoyakıt Olarak Değerlendirilmesi. 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu, 27-30 Eylül 2016, Bildiriler Kitabı, Samsun.
- Zlatica J.Predojević, 2008. The Production Of Biodiesel From Waste Frying Oils: A Comparison Of Different Purification Steps, [Fuel](#), **Volume 87, Issues 17–18**, December 2008, Pages 3522-3528.
- Anilkumar R.GuptaSuraj V.YadavVirendra and K.Rathod, 2015. Enhancement in Biodiesel Production Using Waste Cooking Oil And Calcium Diglyceroxide As a Heterogeneous Catalyst in Presence of Ultrasound. **Volume 158**, 15 October 2015, Pages 800- 806. Elsevier, Fuel.
- K.RamachandranT.SuganyaN.Nagendra GandhiS.Renganathan, 2013. Recent Developments for Biodiesel Production by Ultrasonic Assist Transesterification Using Different Heterogeneous Catalyst: A Review [Renewable and Sustainable Energy Reviews](#) **Volume 22**, June 2013, Pages 410-418,
- Yıldız M., 2008. Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Alptekin, E. ve Çanakçı, M., Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu, Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Mühendis ve Makine, Cilt : 47 Sayı: 561.
- Kaplan C., 2001. Ayçiçeği Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı, Bilim Uzmanlık Tezi, Kocaeli, Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özdemir Z. Ö. ve Mutlubaş, H., 2016. Biyodizel Üretim Yöntemleri ve Çevresel Etkileri, Kırklareli University Journal of Engineering and Science, 2. (2016). 129-143.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010. Bitkisel Atık Yağların Yönetimi, Nisan 2010 Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Zafer UTLU, 2005. Biyodizel Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Atık Kızartma Yağlarının Değerlendirilmesi III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 19-21 Ekim 2005. Mersin.
- Stojković, I. J., Stamenković, O. S., Povrenović, D. S., and Veljković, V. B., „Purification Technologies for Crude Biodiesel Obtained by Alkali-Catalyzed Transesterification“, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 32, pp. 1–15, 2014.
- Rahman, M. M., Pourkhesalian A. M., Jahirul, M. I., Stevanovic, S., Pham, P. X., Wang, H., Masri, A. R., Brown, R. J., and Ristovski, Z. D., „Particle Emissions From Biodiesels With Different Physical Properties And Chemical Composition“, *Fuel*, Vol. 134, No. June, pp. 201–208, 2014.
- Aktaş A. ve Şahin Ö., 2009. Dizel/Biyodizel Karışımı İle Çalışan Bir Motorun Performans ve Emisyonlarını İyileştirmek İçin Hidrojen Kullanılması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 14, Sayı 1.
- Yıldız M., 2008. Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

YZhang M.ADubé, D.DMcLean and MKates, 2003. Biodiesel Production From Waste Cooking Oil: Process Design and Technological Assessment, [Bioresource Technology](#), [Volume 89, Issue 1](#), August 2003, Pages 1-16.

Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, 2017. Çevre Durum Raporları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara.

Eliçin A.K., Kılıçkan, A.,ve Onurbaş Avcıoğlu, A., 2009. Mikroalglerden Biyodizel Üretimi, 1-3 Ekim 2009. 25.Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Isparta.

Shishir M.HinguParag R.GogateVirendra K.Rathod, 2010. Synthesis of Biodiesel From Waste Cooking Oil Using Sonochemical Reactors. [Ultrasonics Sonochemistry](#). [Volume 17, Issue 5](#), June 2010, Pages 827-832.

K.RamachandranT.SuganyaN.Nagendra and GandhiS.Renganathan, 2013. Recent Developments for Biodiesel Production by Ultrasonic Assist Transesterification Using Different Heterogeneous Catalyst: A Review [Renewable and Sustainable Energy Reviews](#) [Volume 22](#), June 2013, Pages 410-418,

Vitthal L.GoleParag R.Gogate, 2012. A Review on Intensification of Synthesis of Biodiesel From Sustainable Feed Stock Using Sonochemical Reactors. [Chemical Engineering and Processing: Process Intensification](#). [Volume 53](#), March 2012, Pages 1-9.