



**ŞIRNAK İLİNDE DAĞILIŞ GÖSTEREN MEŞE AĞACININ
(*QUERCUS*) BAZI KISIMLARINDAN BİYOYAKIT
ÜRETİMİ VE YAKITIN KALİTE KONTROLÜ**

Bilal ASLAN

**Yüksek Lisans Tezi
Anabilim Dalı: Enerji Sistemleri Mühendisliği
Danışman: Doç. Dr. Hüseyin BENLİ**

TEMMUZ-2019

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞIRNAK İLİNDE DAĞILIŞ GÖSTEREN MEŞE AĞACININ (*QUERCUS*) BAZI
KISIMLARINDAN BİYİYAKIT ÜRETİMİ VE YAKITIN KALİTE KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilal ASLAN

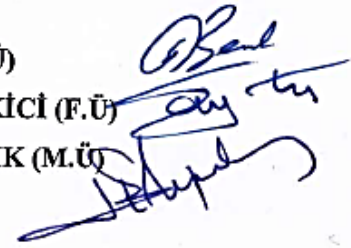
151135107

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 16 Temmuz 2019
Tezin Savunulduğu Tarih: 9 Ağustos 2019**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin BENLİ (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri: Dr. Öğretim Üyesi Aydın DİKİCİ (F.Ü)

Dr. Öğretim Üyesi Erdem IŞIK (M.Ü)



TEMMUZ-2019

ÖNSÖZ

Tez çalışmamı hazırlama sürecinde yardımlarını benden esirgemeyen Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Hüseyin BENLİ'ye öncelikle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca değerli vaktini bana ayırmaktan çekinmeyen Sayın Doç. Dr. İhsan EKİN'e ve hayatımın her aşamasında ilgi ve desteğini benden esirgemeyen çok kıymetli aileme destekleri için sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bilal ASLAN
ELAZIĞ-2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
SEMBOLLER LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Biyodizelin Çevresel Etkileri	4
1.2. Biyodizelin Kullanım Alanları	5
1.3. Biyoetanol ve Özellikleri	9
2. MATERYAL ve METOT	12
2.1. Seyreltme (akaryakıt + sıvı yağ)	17
2.2. Mikroemülsiyon (Alkol + sıvı yağ)	18
2.3. Piroliz.....	18
2.4. Transesterifikasyon.....	19
2.4.1. Alkali Katalizli Transesterifikasyon	19
2.4.2. Asit Katalizli Transesterifikasyon	19
2.4.3. Enzim Katalizli Transesterifikasyon.....	20
2.5. Biyodizel Üretimi	20
2.6. Alkali Transesterifikasyon ile Biyodizel Üretimi	21
2.7. Deney Hazırlık Süreci.....	21
2.8. Biyodizel Üretim Deneyi	22
2.9. Biyoetanol Üretim Deneyi	23
2.9.1. Hazırlık Aşaması	23
2.9.2. Fermantasyon.....	24
2.9.3. Distilasyon (Damıtma).....	24
3. BULGULAR.....	25
4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	27

5.	ÖNERİLER.....	30
	KAYNAKLAR	32
	ÖZGEÇMİŞ	38



ÖZET

Bu çalışmada, gelecekte fosil kaynaklı yakıtlara alternatif olarak elde edilmesi düşünülen biyoyakıtlardan biyodizel ve biyoetanol yakıtlarının; Şırnak İlinde dağılışı gösteren meşe ağacının bazı meyvelerinden üretilmesi ele alınmıştır. Farklı birkaç çeşit meşe ağacından alınan palamut ve yaprak numuneleri yapılan deneyde materyal olarak kullanılmıştır. Deney sonucunda elde edilen sonuçlar düzenlenerek daha sonraları yapılacak bilimsel çalışmalara öncü olması için deneysel çalışmalar arasına eklenmiştir.

Çünkü pek çok bilim adamı 21. yüzyılın sonuna kadar, fosil kaynaklı enerji kaynaklarının yerini rüzgâr, güneş, hidrojen ve biyoyakıtlar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının alacağını öngörmektedir. Bu değişik alternatif enerji kaynakları içerisinde biyoyakıtlar; üretimlerinin kolay, bilinir ve teknolojik açıdan oturmuş olması nedeniyle daha fazla ön plana çıkmaktadır.

Biyoyakıtlar; çok geniş bir yelpazede olup bu yakıtlar içerisinde biyoetanol, biyometanol, biyodizel, biyogaz ve biyohidrojen en önemli olanlarıdır. Biyoyakıtların içerisinde biyoetanol; benzine eşdeğer yapıda olduğu için, enerji ve taşımacılık pazarından en büyük payı alacağı tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fosil Kaynaklı Enerji, Hidrojen Enerjisi, Biyoyakıt Enerjisi, Biyodizel, Biyoetanol ve Meşe Ağacı.

SUMMARY

Biofuel Production and Fuel Quality Control from Some Parts of Oak Tree (*Quercus*) Distributed in Şırnak Province

In this study, biodiesel and bioethanol fuels which are thought to be obtained as an alternative to fossil fuels in the future; the production of oak tree from some fruits of Şırnak province is discussed. In the experiment, acorn and leaf samples taken from several different oak trees were used as materials. The results obtained from the experiment were arranged and added to the experimental studies to lead the scientific studies that will be done later.

Because many scientists predict that by the end of the 21st century, renewable energy sources such as wind, solar, hydrogen and biofuels will replace fossil sources. Because it is easy to product, known and technologically seated; among these different alternative energy sources biofuels are come into prominence more.

Biofuels are very diverse, however bioethanol, biomethanol, biodiesel, biogas and biohydrogen are the most important ones. As bioethanol is equivalent to gasoline, it is estimated that it will have the largest share in the energy and transportation market.

Key Words: Key Words: Fossil Based Energy, Hydrogen Energy, Biofuel Energy, Biodiesel, Bioethanol and Oak Tree.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Deney numunelerinin alındığı meşe ağaçlarından birkaçı	12
Şekil 2.2. Şırnak bölgesinde yetişen meşe ağaçlarından birkaçı	13
Şekil 2.3. Şırnak bölgesinde yetişen meşe ağaçlarından bir kesit	13
Şekil 2.4. Şırnak bölgesinde yetişen görkemli meşe ağacı.....	14
Şekil 2.5. Deney numunelerinin alındığı meşe ağaçları	15
Şekil 2.6. Deney numunelerinin alındığı meşe ağaçlarından bir kesit	15
Şekil 2.7. Olgunlaşma aşamasındaki meşe palamudu	16
Şekil 2.8. Deneyde kullanılan yapraklar	16
Şekil 2.9. Deneyde kullanılan yapraklar ve meşenin diğer bazı meyveleri	17
Şekil 2.10. Parçalanıp kurutulmuş palamut.....	21
Şekil 2.11. Kurutulmuş meşe ağacı yaprağı	22
Şekil 2.12. Bulamaç haline getirilen palamut	23
Şekil 2.13. Deneyde kullanılan damıtma düzeneği	24

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Meşe bitkisinin farklı kısımlarından biyoetanol üretim oranları	25
Tablo 3.2. Meşe palamudu ve yaprağından elde edilen biyoetanol yakıtının analiz değerleri	26



KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
B20	: Yüzde Yirmi Oranında Biyodizel İçerir
B30	: Yüzde Yirmi Oranında Biyodizel İçerir
B40	: Yüzde Yirmi Oranında Biyodizel İçerir
BAYTOM	: Bitkisel Atık Yağ Toplama Makinesi
COM (SEC)	: Communication from the Commission
DIRECTİVE	: Directive on the Promotion of the Use of Biofuels or Other Renewable Fuels for Transport
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
E.İ.E (EİGM)	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EERE	: Energy Efficiency and Renewable Energy
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
G	: Gram
IEA	: International Energy Agency
KG	: Kilo gram
L	: Litre
ML	: Mili litre
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
POAŞ	: Petrol Ofisi Anonim Şirketi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
USDA	: United States Department of Agriculture

SEMBOLLER LİSTESİ

CH₃COOH	: Asetik asit
CH₃NaO	: Sodyum Metoksit
C₂H₅NaO	: Sodyum Etoksit
C₄H₉NaO	: Sodyum bütoksit
CH₃OH	: Metanol
C₂H₅OH	: Etanol
CO₂	: Karbondioksit
HCl	: Hidroklorik asit
H₂SO₄	: Sülfürik Asit
KOH	: Potasyum Hidroksit
NaCl	: Sodyum Klorür
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NO_x	: Azot Oksit
SO₃H	: Sülfonik Asit

1. GİRİŞ

Son zamanlarda, kullanılan alışagelmış enerji kaynakları miktarı azalmakta ve petrolün yakın bir tarihte tükeneceği ifade edilmektedir. International Energy Agency (IEA)'nin 2009 yılında yayınladığı çalışmaya göre hızla büyüyen nüfus ve sanayileşme, dünyada enerji tüketimi artışına neden olmaktadır, bunun sonucunda da enerji konusunda yeni önlemlerin alınması gerekliliği hasıl olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve var olan kaynakların en iyi şekilde değerlendirilmesi, bu önlemlerin en başında gelmektedir.

Biyokütle enerjisi kullanımı günümüzde hızla sanayileşen ülkelerde enerji tüketimi miktarının %3'üne denk gelmektedir. Fakat Dünya nüfusunun yaklaşık %50'sine sahip gelişmiş ülkelerde kırsal kesimde bulunan nüfusun büyük bir çoğunluğu yakıt için odunu yakmayı esas alır. Demirbaş'ın 2009 yılında yaptığı çalışmaya göre biyokütle enerjisi tüketimi, gelişmekte olan ülkelerde ilk olarak tercih edilen enerji tüketiminin %35'ini oluşturmaktadır, Dünya genelinde ise ilk tercih edilen enerji tüketiminde %14'lere kadar yükselebilmektedir. Avrupa, Kuzey Amerika ve Orta Doğu gibi ülkelerde biyokütle enerjisi toplamdaki enerji tüketiminin ortalama olarak %2-3'ünü oluşturmaktadır. Dünya üzerindeki nüfusun dörtte üçünü oluşturan Afrika, Asya ve Latin Amerika ülkelerinde biyokütle enerjisi toplam enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayabilmektedir. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerdeki kırsal bölgelerde yaşayan nüfusun büyük bir çoğunluğu ve şehrsel nüfusun kenar mahallelerinde yaşayan kesimi, biyokütle enerjisini genellikle yemek pişirme ve ısıtma işlemleri gibi temel ihtiyaçları için kullanmaktadır. Biyokütle enerjisi kaynaklarını; odun ve odun atıkları, zirai mahsuller ve atıkların yan ürünleri, şehrsel katı atıklar, hayvansal atıklar, gıdaları işleme prosesleri atıkları, sularda yaşayan bitkiler ve algleri kapsamaktadır. Biyokütle potansiyeli daha fazla odunlar ve odun atıklarından (%64), ama ayrıca şehrsel katı atıklardan (%24), tarımsal atıklardan (%5) ve diğer atıkların gazlarından (%7) da meydana gelmektedir. Biyokütlenin büyük bir kısmı hemiselüloz, selüloz, lignin ve diğer bazı organik maddelerden oluşmaktadır (Önal ve Yarbay 2010).

Literatürde, biyodizel ve biyoetanol üretimi üzerine yapılan birçok araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmalardan bazıları, metanol veya etanol içeren benzinler için (en çok %20 oranında alkol grubu bulunduran kurşunsuz benzinler) yakıtların faz ayırım sorununun çözümü ve yakıtların-motor testlerinden geçirilmesi olmak üzere Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) projesi ve doktora tezinin düzenlenmesi olarak yürütülmüştür (Karaosmanoğlu vd., 1988, 1993, 1996).

Metanol-motorin karışım yakıtının (%10-40 metanol) motorun çalışmasıyla ve egzoz gazının biraz daha temiz olması nedeniyle, metanol yakıt büyük önem kazanmıştır (Özaktaş vd., 2000). Kullanılmamış, az kullanılmış veya kullanılmış ayçiçeği yağının aynı anda alternatif motor yakıtı ve ısıtma amacıyla kullanımı için elde edilenler ile alternatif motorin ve fuel oil hakkında yapılan çalışmalar literatür taramasına sunulmaktadır (Cıgızoğlu vd., 1997; Karaosmanoğlu, 1996b; Karaosmanoğlu vd., 1996c, 1998b, 2000a; Karaosmanoğlu ve Kurt 1998).

Çeşitli bitkisel yağlar (ayçiçeği, mısır, soya, zeytinyağı) ile motorin karışımları (%20 bitkisel yağ) için motor-egzoz testleri gerçekleştirilmiş ve karışım yakıtlarının tutuşma süresi ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır (Özaktaş vd., 1997; Ergeneman vd., 1997).

Çalışmaların bir kısmı; biyokütlenin yanma karakteristiklerini inceleme, biyokütle pirolizi optimum koşullarının belirlenmesi, piroliz ürünlerinin tanımlanması ve odun kömürü üretimi gibi çalışmalardır (Karaosmanoğlu vd., 1999, 2000b, 2001; Haykırı-Açma 2003, 2006b; Yaman, 2004; Haykırı-Açma vd., 2006a; Dandik ve Aksoy, 1998, 1999; Karaosmanoğlu ve Çulcuoğlu, 2001; Çulcuoğlu vd., 2005).

Biyodizel; hem dizel motorlarda hem de yakıt dağıtım alt yapısında ve yakıt pompalarında herhangi bir ek değişikliğe ihtiyaç duyulmaksızın kullanılabilecek bir yakıt türüdür. Bu özelliğiyle ek bir yatırım gerektirmemesi açısından, uygulamaya geçişte maliyet avantajı sağlar. Yakıt sarfiyatını ve torku büyük ölçüde etkilemiyor olması, ekonomi ve performansa dair endişeleri gidermesi açısından önem arz etmektedir. Biyodizelin fosil yakıtlara kıyasla daha iyi yağlayıcı özelliklere sahip olması dolayısıyla; motorun ömrünü uzatması ve bakım ihtiyacını azaltması dikkate değer avantajlara sahip olduğunu göstermektedir (Bozbaş, 2005).

Aynı zamanda biyodizelin diğer yakıtlara oranla daha az sera gazı emisyonu salıvermesi, ateşleme esnasında görünür dumanı büyük ölçüde azaltması ve bazı egzoz emisyonlarında azalmayı sağlamasıyla; onu çevreye dost olarak tabir edilebilecek bir yakıt türü yapmaktadır. %20 biyodizel, %80 petrodizel içeren B20 karışımı karbondioksit (CO₂)

salınımını %15 oranında azaltmaktadır. Sodyum klorür (NaCl (sofra tuzu))’den 10 kat daha az toksik olan biyodizel, hızlı bir şekilde biyolojik olarak parçalanmaktadır. Yanlışıklıkla doğaya salıverilmesi durumunda petrodizelden 4 kat daha hızlı bir şekilde bozunabilmektedir. Biyodizelin sahip olduğu yüksek parlama derecesi, onu elleçleme özelliği açısından daha güvenli kılar (Bozbaş, 2005; Wardle, 2005; Eere, 2012).

Biyodizelin ülke ekonomisine de birçok olumlu katkısı bulunmaktadır. Biyodizel kırsal kalkınmayı sağlamakta ve istihdamı arttırmaktadır, biyodizel ile ilgili yatırım projeleri aynı zamanda iyi birer iş kaynağıdır. Petrol kaynaklı olmayan yenilenebilir kaynaklardan üretilabiliyor olması, tarım ülkelerinin petrole daha az bağımlı olmasını sağlamaktadır. Farklı bitkilerden üretilbildiğinden tarımsal üretimin bol çeşitli olmasını sağlamakta aynı zamanda ekoloji dünyasına olumlu katkıda bulunarak bu sayede tarımsal yapıda sürdürülebilirlik oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. Ekimde nöbet sisteminin yaygınlaştırılmasıyla toprak verimliliği artmakta ve polikültür tarım sistemine imkânlar sağlanmaktadır (Albiyobir, 2012; Eere, 2012).

Belirtilmiş olan birçok avantajının yanında biyodizelin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Biyodizel hâlihazırda daha pahalıdır. Henüz birçok otomobil üreticisi B5’ten fazla karışımları kullanmayı onaylamamıştır ve bu yüzden, biyodizel karışım miktarı arttıkça yakıtın maliyeti yükselmekte ve motorun gücü düşmektedir. Herhangi bir karışıma katmaksızın %100 biyodizel kullanımı anlamına gelen B100’ün düşük sıcaklıklarda kullanıma uygun olmaması ve motor dayanıklılığına etkileriyle ilgili endişeler, herhangi bir karışıma katılmadan saf olarak kullanılabilecek biyodizelin dezavantajlardandır. Biyodizel kullanımında bazı durumlarda nitrojen oksit emisyonlarında çok az sayıda bir artış gözlenmektedir (Eere, 2013).

Ayrıca biyodizel, azaltılmış enerji yoğunluğuna sahip olduğundan uzun süreli depolanması durumunda yapısında bozunma meydana gelmektedir (Bozbaş, 2005). Uzun süreli saf hidrokarbon kullanımı geçmiş olan ekipmanlarda, hidrokarbon yakıtları deponun iç tarafında bir tortu katmanı oluşturmaktadır ve biyodizel karışımları bu tortunun çözülmesini sağlayarak, yakıt filtrelerinde tıkanmalara sebep olmaktadır. Ancak bu problem, uygun filtre bakımıyla kolaylıkla çözülebilecek bir problemdir (Wardle, 2003; Bozbaş, 2005).

Fosil kaynaklı enerjilerin yanması sonucu meydana gelen kimyasal atıkların çevreye verdiği olumsuz durum; hükümetleri ve bilim adamlarını alternatif kaynaklı enerji arayışına yöneltmeyi sağlamıştır. Yenilenebilir enerji alanında ilk politika belirleyen ülke 1978 yılında

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) olmuş ve bunu takip eden ülke 1990 yılında Almanya olmuştur. Bu iki gelişmiş ülkenin dünya üzerinde sürekli bir yarış durumunda olduğunu göz önünde bulundurursak, bu alan ile ilgili politika geliştirmenin ne derece önemli olduğu saptanmış olur. Avrupa Birliği (AB)'nin bir diğer parlayan yıldızı durumunda olan İspanya da 1994 yılında ulusal alandaki yenilenebilir enerji politikalarını geliştirmiştir. AB 2020 yılı sonuna kadar gerçekleşmesini istediği hedeflerini her üye ülke için ayrı ayrı saptamıştır.

Örnek olarak Almanya'da elektrik enerjisi ihtiyacının %30'unu ve ısınma enerjisi tüketiminin %14'ünü yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacağı hedeflenmektedir. AB, ulaştırma alanında kullandığı yakıtlar konusu ile ilgili olarak da hedef belirlemiştir ve ulaştırmada kullanılacak yakıt enerjisinin en az %10'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması gerektiğini karara bağlamıştır. Sözü edilen bu %10'luk payın en az %40'ının ikinci nesil biyoyakıtlardan elde edilmesi gerektiğini belirtmiştir. AB aynı anda biyoyakıt enerjisi kullanımı sayesinde, meydana gelebilecek sera gazı emisyonundaki tasarrufun en azından %50 olması gerektiğini belirtmiştir (Kum, 2009).

Ülkemizde ilk olarak biyodizel ($C_{19}H_{35,2}O_2$) enerjisi ile ilgili çalışmalar 1934 yılında "Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı" başlığı altında Ankara İlimizde bulunan Atatürk Orman Çiftliğinde ele alınmıştır (Albiyobir, 2012).

Bitkisel yağlardan üretilen biyodizel enerjisini, doğrudan saf olarak mevcut sistemde bulunan dizel motorlarda uygulamak, yüksek oranda yoğunluk, büyük oranda viskozite, kötü bir şekilde filtreleme ve düşük oranda buharlaşma özellikleri nedeniyle yakıt sisteminde ve motor çalışma sisteminde birden fazla olumsuz durumun meydana gelmesine neden olmaktadır. Yağların; setan sayısının yüksek olması, indüksiyon periyodunun uzun olması, viskozitenin düşük olması, donma noktasının düşük olması, akma noktasının düşük olması ve bunların tümünün kombinasyonlarının değerlendirilmesiyle; mısır, kolza, susam, pamuk tohumu ve soya yağları ile kızartma yağlarının birçok özelliği iyi bir kombinasyon oluşturduğu söylenebilir (Utlı, 2009).

1.1. Biyodizelin Çevresel Etkileri

Fosil yakıtlara alternatif olarak, nakliye için biyoyakıtların üretimi ve kullanımı birçok çevresel probleme çözüm bulmaya yardımcı olmaktadır. Motorlu araçlarda biyoyakıt kullanımı, sera gazı emisyonunu azaltmaya yardımcı olmaktadır. Analizler, konvansiyonel yakıtlara oranla biyoyakıtların daha az CO₂ yaydığını göstermektedir (Iea, 2013).

Sülfür (S) gibi kirletici maddeleri düşük oranda içermesi veya hiç içermemesi bakımından biyoyakıtlar konvansiyonel yakıtlara göre çok daha az kirletici madde yaymaktadır (Puppan, 2002).

Konvansiyonel dizel motorlarda biyodizel kullanımı, yanmamış hidrokarbon (C_nH_{2n+2}), karbon monoksit (CO), sülfat (SO_4^{2-}), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), nitro-PAH ve parçacık madde emisyonunu önemli ölçüde azaltmaktadır. Dizel yakıtın içindeki biyodizel katkısı oranı arttıkça bu düşme oranı artmaktadır. En iyi emisyon azalımları B100'de görülmektedir. Bilim adamları, CO_2 'in küresel ısınmaya etki eden sera gazlarının en önemlilerinden biri olduğuna inanmaktadır. Saf biyodizelin (%100 biyodizel) CO_2 emisyonu petrodizele kıyasla %75 civarında daha düşüktür. %20'lik bir biyodizel karışımı CO_2 emisyonunu %15 oranında düşürmektedir.

Biyodizel kullanımı, parçacıklı maddenin katı karbon fraksiyonlarını düşürmekte ve sülfat fraksiyonlarını azaltmaktadır, çözünebilir veya hidrokarbon fraksiyonları aynı kalmakta veya artmaktadır. Azot oksit (NO_x) emisyonları, yakıtın içindeki biyodizel oranı arttıkça artmaktadır (Balat, 2005).

AB veya AB'deki ülkelerde biyodizel üretimine olan desteğin temel sebeplerinden biri, biyodizel kullanımının sera gazı emisyonunu düşürüyor olmasıdır (Usda, 2013). Yakıt üretim ve taşıt verimi açısından değerlendirilerek benzin ve dizel yakıtlarla kıyaslandığında; biyodizelin ve biyoetanolun kullanıldığı durumlarda sera gazı emisyonunun belirgin oranlarda düştüğü görülmektedir (Fulton, 2004).

1.2. Biyodizelin Kullanım Alanları

Biyodizel, dizel motorlu araçlarda yakıt veya yakıta katkı maddesi olarak kullanılabilmesinin yanı sıra, farklı kullanım alanlarına da sahiptir. Biyodizel, kalorifer yakıtı olarak da kullanılabilir (Mushrush vd., 2001). İtalya'da dizel yakıt yerine, bitkisel yağ esterleri kalorifer yakıtı olarak kullanılmaktadır (Staat ve Vallet, 1994).

Biyodizelin diğer bir kullanım alanı, havacılık alanında yakıt olarak kullanılmasıdır (Dunn ve Wardle, 2001). Bununla ilgili temel sorun biyodizelin düşük sıcaklıktaki özellikleri ile ilgili endişelerdir. Bu da biyodizelin ancak alçak uçuş yapan hava araçlarında kullanımını mümkün kılmaktadır (Dunn, 2001).

Yakıt olarak kullanımlarının dışında bitkisel yağ esterleri veya hayvansal yağlar birçok farklı amaç için kullanılmaktadır. Metil esterler, bitkisel yağlardan yağ alkollerini üretmede aracı olarak kullanılmaktadır (Peters, 1996).

Yağ alkollerini yüzey-aktif madde ve temizlik malzemelerinde kullanılmaktadır. Yağ asidi esterler, arttırılmış biyolojik parçalanma özelliklerinin onları çevresel etkileri ile ilgili olarak cazip hale getirmesiyle, yağlayıcı olarak kullanılabilme özelliklerinin de keşfedilmesini sağlar (Willing, 1999). Bitkisel yağ esterleri ayrıca iyi solvent özellikleri taşımakta olup, ham petrolle kontamine olmuş sahilleri temizlemede kullanılmaktadır (Mudge ve Pereira, 1999; Pereira ve Mudge, 2004).

Kolza yağı metil esterleri; plastik üretiminde akışkanlaştırıcı, ayrıca gaz halindeki endüstriyel emisyonların temizliğinde de yüksek derecede kaynayan emiciler olarak kullanılmaktadır (Wehlmann, 1999; Knothe vd., 2005).

Çin, yağlı tohum üretiminde dünyada 4. sırada yer almasına rağmen, biyodizel üretiminde ilk 9 ülke içinde yer almamaktadır. Çin'in biyoyakıtların üretilmesiyle ilgili politikası, yemeklik tüketim için olan ürün ve ekim alanı kullanımıyla rekabet etmemesi temelli olmaktadır. Bu sebeple Çin, kullanılmış yemeklik yağları ve yağ üretiminden kalan atıkları biyodizel üretimi için kullanmayı teşvik etmektedir. 2011 yılında Çin hükümeti, geri dönüştürülmüş atık yemeklik yağların insanlar tarafından kanuna aykırı bir şekilde yemeklik olarak tekrar tüketimini engelleyen kanunu uygulamaya koymuştur (Usda, 2013).

Bakanlar Kurulunun Kararı ve Maliye Bakanlığının duyurusuyla biyodizel her ne kadar çoğunlukla Ülkemizin tarımsal ürününden üretilse de %100 biyodizel yakıt kullanımına %98 Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) uygulanması; gümrük vergisi olmayıp, ÖTV'ye bağlı olan petrol kökenli ürünler karşısında, biyodizel hammaddelerini gümrük vergisine ve aynı zamanda büyük oranda ÖTV'ye bağımlı hale getirilmesi biyodizel üretim sektöründe yatırım yapan işadamlarının sektörde daha fazla çalışamamasına sebep olacaktır. 17.01.2007 tarihinde görüşülen Türk Petrol Kanunu ve Petrol Piyasası Kanununda değişiklik yapan maddeler kabul edilmiştir. Buna göre (madde 34) biyodizel enerjisi üreticilerinin, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından çıkarılan yönetmeliklerde belirtilen kalite standartları kapsamında üretim yapmak üzere ve yönetmeliklerle belirlenen usul ve esaslar çerçevesinde ücretsiz olarak üretim lisansı almakta ve üretimler bu lisans kapsamında yapılabilir. Kalite denetimleri EPDK tarafından yapılmakta veya yaptırılmaktadır.

Piyasadaki içten yanmalı motorların tasarım ve dizaynında ekstra bir değişiklik yapmaya gerek kalmadan AB uygulamalarında 2005-2010 döneminde uygulamada olan

motor biyoyakıtı, biyoetanol ve biyodizel olarak belirlenmiştir. Biyoyakıt enerjisinin sanayi tipi üretiminin geliştirilmesine müteakip 2010'dan sonra ise biyohidrojen, biyogaz, biyodimetileter, biyoetiltersiyerbutileter, biyometanol ve bitkisel yağ çeşitleri uygulamalarda yerini alacaktır. AB “Yeşil Kitap Yönergesi” kapsamında, 2020 yılının sonuna kadar karadaki taşımacılıkta %20 oranında alternatif motor yakıtının kullanımı hedefi stratejik olarak verilmiştir.

2003/30/EC nolu ve 8 Mayıs 2003 tarihli “Taşıtlarda Kullanılacak Biyoyakıtlar ve Diğer Yenilenebilir Yakıtlar” adlı AB yönergesinde ise, alternatif motor yakıtlarının 31 Aralık 2005'ten itibaren en az %2 oranında, 31 Aralık 2010 tarihinden sonra ise, en az %5.75 oranında pazarda bulunması gerekliliği getirildiği belirtilmiştir. Ülkeler ulusal alandaki planlamalar ve hedeflerini de göz önünde bulundurarak uygulamaları sürdürmektedir. AB'ye aday ülke olan ülkemiz ise bu konular ile ilgili gelişmeleri mercek altına almakta ve buna göre hedeflerini ve planlamalarını yapmaktadır. Ülkemizde birçok ulustan gelen otomotiv sektörü personeli tarafından üretilen veya dışarıdan getirtilen taşıtlar kullanıma sunulmaktadır. Aynı zamanda Ülkemizde birçok ulustan veya yerli petrol firma ürünü motor yakıtı pazara sunulmaktadır. Türkiye'de hâlihazırda benzin için TS EN 228, motorin için TS 3082-EN 590 standardı kullanımda bulunmaktadır; başka bir deyişle AB'de de geçerli olan motor yakıtları standardı kullanılmaktadır (Karaosmanoğlu, 2004).

Biyodizel yakıtını üretmek için (kendi ihtiyacı için üretim dâhil); EPDK'dan biyodizel üreten tesis işleme lisansı almak, standartlara uygun bir şekilde üretim yapmak ve Petrol Piyasası Kanunu ve ikincil mevzuatına uygun dağıtım şirketleri üzerinden ulusal markerle işaretlenerek (Petrol Piyasasında Ulusal Marker Kullanımına İlişkin Yönetmelik), ve buna ek olarak biyodizel yakıtını kırmızıya boyadıktan sonra satışa sunulması gerekmektedir. Farklı hallerde 25.01.2007 tarih ve 5576 nolu Petrol Piyasasında Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun kapsamında kaçakçılık suçlamasıyla değerlendirilecektir. Atık yağlardan ve bitkisel yağlardan biyodizel elde etmek EPDK'dan temin edilecek “Biyodizel İşleme Lisansı” haricinde T.C. Çevre ve Orman Bakanlığının “Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği” ne uygun bir şekilde Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünden (E.İ.E) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumundan (TÜBİTAK) alınacak teknik uygunluk raporlarının EPDK'ya işlenmesi sonucunda yapılmaktadır (Albiyobir, 2012).

Türkiye'de biyoyakıt enerjisinin ilk defa ticari motorda kullanılması 2005 yılında başlamıştır. Yerli kaynaklardan elde edilen biyoetanol yakıtı (tarkim ürünü; kapasite: 30

milyon litre/yıl) kurşunsuz benzine %2 oranında katılarak Petrol Ofisi Anonim Şirketi (POAŞ) ürünü biyobenzin olarak piyasaya sunulmuştur.

Arjantin hükümeti, 2009 yılında 15 yıllık süreyle 1.015 megawattlık yenilenebilir enerji alımına dair ihale açmıştır. Bu miktarın 110 Megawattının biyodizelden elde edileceğini bildirmiştir ki bu da 150 milyon litre civarı bir kullanımı gerektiriyordu. Ancak finansman sıkıntısından dolayı program tarafından kabul edilen projelerin çoğunda gecikmelerin olduğu belirtilmiştir. Hükümet, elektrik üretiminde biyodizel kullanımını arttırarak dizel yakıt ithalatını düşürmek istemiştir. Bu sebeple yerel elektrik üreticileri jeneratörlerinde biyodizel kullanılacak şekilde değişikliğe gidilmiştir. Arjantin biyoyakıt yasası, biyoyakıt üretim teknolojilerini geliştirme ve biyoyakıt kullanımı konusunda özel sektör ve kamu sektörü işbirliği anlaşmalarını teşvik etmiştir (Usda, 2013).

AB; 1990'lı yıllardan itibaren farklı politikalarla biyoyakıt üretimini ve kullanımını teşvik etmektedir. 1997 yılında yayımlanan “Beyaz Belge Bildirisi” ve 2000 yılında yayımlanan “Yeşil Belge Bildirisi” nde bulunan biyoyakıt enerjisi kullanımına yönelik açıklamalar, 2003 yılında yayımlanan biyoyakıt direktifi ile son halini alarak biyoyakıt kullanımına hız kazandırılmıştır. 8 Mayıs 2003'te yayımlanan 2003/30/EC sayılı “Motorlu Araçlarda Biyoyakıt Kullanımı” ile alakalı AB Direktifinde, üye ülkelerinin ulaştırma sektöründe, 2005 yılında eklenen enerji oranı olarak %2 ve her yıl %0,75 arttırarak 2010 yılında %5,75 oranında biyoyakıt enerjisi (biyodizel, biyoetanol vb.) kullanılması öngörülmüştür (Directive, 2003).

Ancak AB'nin 2005 yılı biyoyakıt enerjisinin kullanım verileri incelendiğinde %2 biyoyakıt enerjisi üretim ve tüketim hedefine ulaşamamıştır. AB'de, 2005 yılında ulaştırma sektöründe kullanılan biyoyakıtların oranı %1,4 olduğu belirtilmiştir. Belirlenen hedeflere ulaşamaması AB'nin bir dizi önlemler almasına neden olmuştur. Bunlardan bazıları, komisyon tarafından Aralık 2005'te yayımlanan “Biyokütle Hareket Planı”, Şubat 2006'da yayımlanan “Biyoyakıt Strateji Raporu” ve ardından yayımlanan “Biyoyakıtlar İçin Vizyon 2030” dökümanlarıdır (Com, 2005, 2006).

Belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi ve çizilen yol haritalarının uygulanması için “Avrupa Biyoyakıt Teknoloji Platformu” oluşturulmuştur. Biyoyakıt Teknoloji Platformunun hazırladığı yol haritasına göre, 2050'ye kadar AB ülkeleri için geçerli olmak üzere uygulanacak biyoyakıt konsepti belirlenmiştir. 2010 yılına kadar, birinci kuşak biyoyakıtlar olarak bilinen biyodizel, biyogaz, biyoetanol gibi, klasik yöntemlerle üretilen biyoyakıtların, 2010 yılından sonra, hammaddeleri gıda dışı ürünler olan ikinci kuşak

biyoyakıtların elde edilmesi ve kullanıma sunulması hedeflenmektedir. İkinci kuşak biyoyakıtların üretilmesinde gıda ve yem dışındaki hammaddelere öncelik verilerek üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması hedeflenmektedir. Bununla birlikte, AB’de de 2020 yılından sonra biyorafineri kavramının iyice gündeme getirilmesi hedeflenmektedir.

Bütün bu çabaların yanı sıra biyoyakıt enerjisi eldesi ve kullanımı konusundaki en büyük itici güç “Kyoto Protokolü” dür. 16 Şubat 2005’te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü kapsamında protokolün altına imza atan ülkeler, taahhüt ettiklerini 2008-2012 döneminde yerine getirmekle yükümlüdürler. “Kyoto Protokolü” ne göre AB’nin yükümlülüğünü yerine getirmesiyle, sözü edilen dönemde sera gazı emisyonlarının 1990 yılı seviyesine göre %6 oranında azaldığı görülmektedir. Bu nedenle AB özellikle biyoyakıt enerjisi üretimine ve kullanımına büyük önem verilmektedir. Çünkü AB’de de en önemli sera gazı olarak kabul edilen karbondioksit emisyonlarının, %30 oranında ulaştırma alanından kaynaklanmaktadır.

AB’de de biyoyakıt enerjisi üretiminin ve kullanımının artırılmasının öncelikleri arasında enerji tarımının desteklenmesi de bulunmaktadır. Hektar başına 45 Euro ile enerji elde edilebilecek bitkilerin desteklendiği söylenmektedir. Ayrıca yeni çıkarılan şeker reformu ile azalan şeker üretiminin şeker pancarı üretimini etkilememesi, tam tersine şeker pancarı üretiminin teşvik edilmesiyle biyoetanol yakıtı üretiminin artırılması politikası izleneceği belirtilmektedir.

Dünya’da biyoetanolu yakıt olarak kullanımının öncülüğünü Brezilya’nın yaptığı belirtilmektedir. Brezilya’da biyoetanol ilk kez 1931 yılında benzine %5 oranında katılarak kullanıldığı, 1938’de konu ile alakalı yasal düzenleme yapıldığı ifade edilmektedir (Dörfler, 2008).

Bir Avrupa standardı olan ve ısıtma yakıtı olarak kullanılan biyodizel yakıtının standartlarını belirleyen EN 14213, bu amaçla oluşturulmuştur. Türkiye’de bu standart TS EN 14213 /Eylül 2005’tir (Dunn ve Wardle, 2001).

1.3. Biyoetanol ve Özellikleri

Biyoetanol; enzimlerin aracılığı ile karbonhidrat bileşiklerinin (şeker ve nişasta) katalizlenerek fermante edilmesiyle oluşan yenilenebilir bir yakıt çeşididir. Fermantasyonda genel olarak mısır, şeker rafinasyonu artığı melas (şeker pancarı, şeker kamışı) ve tarımsal ürünlerden; patates, pirinç, çavdar gibi karbonhidratların kullanıldığı belirtilmektedir.

Bunun yanında kâğıt endüstrisinde atık madde olan selülozun da ara sıra kullanılabildiği belirtilmektedir. Biyoetanolun oktan sayısı fazla olması nedeniyle, yüksek oktanlı yakıtlardan benzinin yerini almaya en uygun alternatif yenilenebilir yakıt türüdür. Bununla birlikte, dizel yakıtı kıyasla daha basit moleküler yapıya sahip olması ve yapısında oksijen elementini barındırmasından; dizel yakıtında bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metaller bulundurmamasından dolayı egzoz emisyonlarında olumlu etki yapmaktadır. Biyoetanolün yenilenebilir bir yakıt türü olması ve dizel yakıt ile en iyi şekilde karışabilme özelliğinin olmasından dolayı dizel motorlarda kullanımı son yıllarda ön plana çıktığı belirtilmektedir. Etanol ile dizel yakıtı karışımlarının %20 oranına kadar motor aksamı üzerinde köklü herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duyulmadan kullanılabileceği ifade edilmektedir.

Etanol yakıtı, dizel yakıtına kıyasla oldukça polar bir yapıya sahip olduğundan dizel yakıtı homojen bir şekilde karışmayı reddettiği belirtilmektedir. Etanol yakıtının dizel yakıtı içerisindeki çözünürlüğü genelde kısıtlı oranlarda gerçekleştiği ifade edilmektedir. Etanol-dizel yakıt karışımlarının kararlılığı genel olarak dizel yakıtının hidrokarbon kompozisyonuna, özellikle karışımın sıcaklık değerine ve etanol yakıtının su konsantrasyonuna bağlı olduğu söylenmektedir.

Bu zamana kadar, önemli sayılabilecek bir etanol yakıt programı sadece dört ülke tarafından oluşturulduğu bilinmektedir: Brezilya, Kolombiya, ABD ve Çin. Brezilya örneğinde, etanol üreten kurumların bağımsız bir şekilde karlı olabilmeleri için, hükümet desteği ile, etanol endüstrisine büyük miktarda yatırım yapılması gerekmektedir. Etanol, şeker kamışı, şeker pancarı, gine mısırları, dallı darı, arpa, kenevir, *Hibiscus cannabinus*, patates (tatlı), manyok, ayçiçeği, meyveler, melas, kesik süt, mısır, mısır koçanı, hububat, buğday, tahta, kâğıt, saman, pamuk ve diğer biyokatı maddeleri ile çeşitli selüloz atıkları gibi pek çok değişik besin kaynağından elde edilebildiği belirtilmektedir. Şeker kamışından etanol üretmek, mısırdan üretime kıyasla daha verimli olduğu söylenmektedir.

Etanol bir birinden çok değişik besin kaynaklarından, pek çok değişik yöntemle üretilbildiği söylenmektedir. Brezilya'da etanol yakıtı üretimi esnasında temel hammadde olarak şeker kamışı kullanıldığı belirtilmektedir. Dalli darı etanol yakıtı üretiminde mısıra oranla iki kat daha verimlidir. Etanol yakıtı üretiminin temel adımları: rafine ederek nişasta haline getirmek, sıvılaştırmak ve sakarifikasyon (hidroliz yöntemi ile nişasta glikoza dönüşür), fermentasyon, damıtma, dehidrasyon ve opsiyonel olarak denaturasyon. Fermentasyon sırasında karbondioksit gazı açığa çıktığı görülür. Fermentasyon yöntemi ile

üretileen etanol, deney sonucunda suda çözülmüş etanol elde edilir. Etanolun bir yakıt olarak kullanılabilmesi için suyun uzaklaştırılması gerekmektedir. En eski yöntem, basitçe damıtmaktır, fakat bu yöntemle, su etanol karışımı azotrop oluşturduğu için %95–96 saflıktan öteye gitmek mümkün değildir. Elde edilen çözelti karışımını damıtmayı sürdürerek, %96'dan daha saf etanol elde edilmesi mümkün değildir. Benzinle karıştırılabilmek için, en az %95,5 ile %99,9 arasında bir saflığa ihtiyaç duyulmaktadır. En yaygın saflaştırma yöntemi, moleküler elek kullanarak fiziksel absorblama prosesi yöntemidir.

Geçmişte, çiftçiler elde ettikleri etanol yakıtını damıtırken, damıtım sürecinin bir parçası olarak ısı plakalarından yararlanmıştır. Isı plakaları genellikle, etanolün içine karışabilen kurşun içermektedir. Bu şekilde kontamine olmuş yakıtın yakılması sonucu sinir sistemine zarar verebilen kurşunun havaya karıştığı söylenmektedir. Bugün etanol yakıtı, özel olarak yetiştirilen bitkilerden, kurşun içermeyen yöntemlerle elde edilmektedir (Ejder, 2007).

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışma; Şırnak ili vejetasyonunda sıkça görülen meşe ağacı türlerinden mazi meşesinin çeşitli kısımlarından (yaprak ve palamut) biyoyakıt üretimini kapsamaktadır. Bitkinin bu kısımlarından izole edilen yağ ve karbonhidratların analizi yapılarak, kalite değerlendirmesinden sonra biyoyakıt üretimine uygun olup olmadığı incelenmiştir. Netice sonrasında farklı yöntemler ve farklı numuneler kullanılarak birkaç çeşit biyoyakıt elde edilmesi hedeflenmektedir.

Elde edilen yakıtların, ısıl değer, kinematik viskozite, yoğunluk, parlama noktası, alevlenme noktası, akma noktası ve donma noktası gibi parametrelerine bakılarak üretilen yakıtların kalitesi ölçülecektir. Bu çalışma, bölgede yaygın dağılışı olan ve sadece yakacak olarak kullanılan meşe ağacının enerji üretimindeki kapasitesini ölçeceğinden dolayı büyük önem arz etmektedir.

Bu kapsamda bölgede ve Şırnak İli çevresinde biyokütle kaynaklarının başında yer alan ve Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te verilen meşe ağaçlarının bazı kısımlarından biyoyakıt üretimi, hem ülke olarak kalkınmaya yardımcı olacak hem de Şırnak İli ve çevresinde gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasına öncü bir çalışma olacaktır.



Şekil 2.1. Deney numunelerinin alındığı meşe ağaçlarından birkaçı



Şekil 2.2. Şırnak bölgesinde yetişen meşe ağaçlarından birkaçı



Şekil 2.3. Şırnak bölgesinde yetişen meşe ağaçlarından bir kesit

Meşe (*Quercus*); İkiçenekliler sınıfının Kayıngiller familyasından çoğunluğu ağaç, bazıları da ağaççık ya da boylu çalı halinde bulunan bir orman ağacıdır. Dayanıklı ve uzun ömürlüdür. Odunu çok sık dokulu, ağır, sert ve damarlıdır. Şekil 2.4'te de görüldüğü gibi en gösterişli orman ağaçlarından biri olan meşe, ancak bol güneşte gelişerek boy atar ve köklerini derine salar.



Şekil 2.4. Şırnak bölgesinde yetişen görkemli meşe ağacı

Yeryüzünde 200’den fazla meşe türü vardır. Ancak Avrupa ve Türkiye’de yetişen türleri 10-15 kadardır. Bunların en yaygın olanları ak meşe, kara meşe, tüylü meşe, yeşil meşe (pırnal), mantar meşesi ve kermes meşesidir (URL-1, 2015).

Şırnak Yöresinde yetişen meşe ağaçları ak meşeler grubunun mazı türleri olarak bilinen meşelerdir ve görüntüleri Şekil 2.5, Şekil 2.6, Şekil 2.7 ve Şekil 2.8’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.5. Deney numunelerinin alındığı meşe ağaçları



Şekil 2.6. Deney numunelerinin alındığı meşe ağaçlarından bir kesit



Şekil 2.7. Olgunlaşma aşamasındaki meşe palamudu



Şekil 2.8. Deneyde kullanılan yapraklar

Kuzey yarı kürede yetişen ve özellikle Şırnak'ta fazla sayıda bulunan türlerden Şekil 2.9'da verilen türlerin yaprakları kışın dökülmesine karşın güney yarı kürede yetişenlerin yaprakları dökülmez. Kuzey yarı kürede çok yaygın yetişen meşe, çok eski zamanlardan beri bilinen bir ağaçtır. Genellikle uzun boyludurlar, çoğunun boyu 50 metreyi bulur ve 500 yıla kadar ömürleri vardır.



Şekil 2.9. Deneyde kullanılan yapraklar ve meşenin diğer bazı meyveleri

Biyodizel yakıtı; ısı ve kimyasal olacak şekilde başlıca iki farklı metotla üretilmektedir. Kimyasal yöntem birçok açıdan avantaj sağladığından daha çok kullanılmaktadır. Bu yöntem; inceltme, mikroemülsiyon, piroliz ve transesterifikasyon olacak şekilde 4 başlıkta incelenecektir. Transesterifikasyon metodu biyodizel üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yağ içeren herhangi bir organik madde kullanılarak biyodizel üretilir. Yağ biyodizel üretiminde temel maddedir.

Biyoetanol (C_2H_5OH) üretiminde ise hammadde olarak karbonhidratlar kullanılır ve üretimi gerçekleştiren canlılar genellikle tek hücreli bakteri ve mayalardır. Yağ türlerinin yakıt enerjisi olarak kullanılabilir hale gelebilmesi için bunları ilk aşamada düşük bir viskoziteye indirmek ve bazı işlemlerden geçmesini sağlamak gerekir. Viskozitelerini düşürmek için ise ısı ve kimyasal yöntemler olmak üzere iki farklı işleme tabi tutulabilir (Özdemir ve Mutlubaş, 2016).

2.1. Seyreltme (akaryakıt + sıvı yağ)

Bitkisel yağ ve atık yağlarının belirli miktarlarda akaryakıt ile karıştırarak inceltme esasına dayanır. Eryılmaz vd.'nin 2014 yılında yaptıkları çalışmaya göre genel olarak

bitkisel yağı ve atık yağları dizel yakıtlarla karıştırarak mevcut zamanda kullanılan motorların çok daha verimli çalışmasını sağlayacak bir yakıt karışımı elde edilebilmektedir. Bu durumda viskozitesi düşürülen yağların ve aynı zamanda dizel yakıtının kullanım oranı ve kullanılması nedeniyle oluşan olumsuzluklar da azaltılmaktadır. Bazı uygulamalarda B20 (%20), B30 (%30) ve B40 (%40) olarak adlandırılan karışım yakıtlarında, dizel yakıtlar ile karıştırılmış ve sırayla %20, %30, %40 oranlarında biyodizel olduğu belirtilmektedir (Özdemir ve Mutlubaş, 2016).

2.2. Mikroemülsiyon (Alkol + sıvı yağ)

Mikroemülsiyon, birbirine karışmayan iki iyonik veya iyonik olmayan bazı sıvılar ile organik kökenli bazı karışımlarının dışarıdan hiçbir müdahale yapılmadan oluşturabildikleri dengeli koloidal dağılıma denir. Acharya vd.'nin 2016 yılında yaptıkları çalışmaya göre mikroemülsiyon, normal şartlarda birbirine karışmayan iki farklı sıvı ile bir veya daha çok sayıda amfifil bileşiğin birleşmesiyle oluşmaktadır. Mikroemülsiyon işleminde organik madde olarak alkol kullanılmakta olup; genellikle metanol (CH_3OH) veya etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) gibi kısa zincirli alifatik yapıli alkoller tercih edilmektedir (Özdemir ve Mutlubaş, 2016).

2.3. Piroliz

Piroliz; karmaşık molekülü bileşiklerin yüksek sıcaklıkta daha basit yapıli bileşikler oluşturması olayıdır. Zhenyi vd.'nin 2004 yılında yaptıkları çalışmaya göre bitkisel kökenli yağ türlerinin parçalanması iki farklı metotla gerçekleştirilmektedir; birincisinde bitkisel kökenli yağ, kapalı halde bulunan kabın içinde ısı enerjisi ve basıncın yardımıyla parçalanmaktadır, ikinci işlemde ise belirli bazı maddelerin kullanılmasıyla ve damıtma işleminin yardımı ile ısıl bir yöntemle parçalanmış olur. İkinci işlemin uygulanmasıyla meydana gelen yakıtın özellikleri, daha çok dizel yakıtının özelliklerine benzemektedir.

Piroliz; bileşiğin sadece ısı veya ısı ve katalizör madde kullanılmasıyla havanın olmadığı ortam şartlarında daha farklı bileşiklere dönüşmesi olayıdır. Bu bileşikler genellikle yağ molekülünden daha kısa zincirlere sahiptirler. Pirolitikin kimyasal mekanizmasını tanımlamak; reaksiyon yollarının ve ortaya çıkan ürünlerin çeşitli olmasından zor olmaktadır. Pirolize alınan maddelerin genellikle bitkisel kökenli yağlar, hayvansal kökenli yağlar, doğal olan yağ asitleri ve yağ asitlerinin metil esterleri olabileceği

söylenmektedir. Yağların pirolizi sırasında alkan, alken, alkin, alifatik ve aromatik bileşikler ve karboksilik asit gibi bileşikler oluşabilmektedir. Bu bileşiklerin viskozitesi yağlara göre daha düşük olduğundan yakıt olarak kullanılmaları daha uygundur (Özdemir ve Mutlubas, 2016).

2.4. Transesterifikasyon

Transesterifikasyon, bitkisel kökenli veya hayvansal kökenli yağların alkollerle tepkimeye girmesi sonucunda biyodizelin elde edilmesi olayıdır. Loong ve Idris'in 2014 yılında yaptıkları çalışmaya göre alkol ürünü olarak genelde metanol veya etanol kullanılması tercih edilmelidir. Shailendra vd.'nin 2008 yılında yaptıkları çalışmaya göre metanolün polar olması, çok kısa zincirli alkollerden biri olması, trigliseritlerle kolay bir şekilde reaksiyona girmesi nedeniyle kullanımı daha çok yaygındır. Transesterifikasyon yönteminde katalizör kullanılarak ya da kullanmadan olmak üzere iki farklı yol bulunmaktadır. Katalizör kullanılarak gerçekleştirilen transesterifikasyon tepkimeleri genel olarak alkali, asidik ve enzimatik katalizör kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir (Özdemir ve Mutlubas, 2016).

2.4.1. Alkali Katalizli Transesterifikasyon

Biyodizel üretiminde alkali katalizör seçimi yapılırken daha fazla sodyum hidroksit (NaOH), Potasyum hidroksit (KOH), karbonatlar ve alkoksitler (CH_3NaO , $\text{C}_2\text{H}_5\text{NaO}$, $\text{C}_4\text{H}_9\text{NaO}$) tercih edilmektedir. Formo'nun 1954 yılında yaptığı çalışmaya göre alkali katalizör kullanılarak gerçekleştirilen tepkime, asit katalizör kullanılarak gerçekleşen tepkimeye oranla yaklaşık olarak 4.000 defa daha hızlı gerçekleştiğinden ticari açıdan en uygun yöntem olduğu söylenmektedir (Çildir ve Çanakçı, 2006).

2.4.2. Asit Katalizli Transesterifikasyon

Bitkisel kökenli veya hayvansal kökenli yağların yapısında serbest olarak bulunan yağ asidi oranının %1'den çok olduğu zamanlarda biyodizel elde etmek için kullanılacak katalizör çeşidi olarak genelde asit katalizör tercih edilmelidir. Transesterifikasyon tepkimelerinde asit katalizörü olarak hidroklorik asit (HCl), sülfürik asit (H_2SO_4) ve sülfonik

asit (-SO₃H) kullanılacaktır. Nakpong'un 2010 yılında yaptığı çalışmaya göre asit katalizörleri, serbest yağ asitlerini ve trigliseritleri yağ asidi metil esterine dönüştürmektedir. Çünkü aynı zamanda hem esterleştirme tepkimesini hem de transesterifikasyon tepkimesini vermektedirler. Bu metil esterler biyodizelin temelini oluşturur. Bu reaksiyon türünde de aynı şekilde hammadde olarak sıvı yağ ve kısa zincirli alkol kullanılır (Tütüncü, 2013).

2.4.3. Enzim Katalizli Transesterifikasyon

Enzim katalizörlü transesterifikasyonda, yağ ve lipaz enzimi kullanılmaktadır. Enzim katalizörü kullanılarak yapılan tepkimelerde enzimin yapısının bozulmaması için; tepkimenin düşük sıcaklıklarda (30-40 °C) gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Türkan ve Kalay'ın 2008 yılında yaptıkları çalışmaya göre tepkime, kimyasal yapıda atık ürünü vermeyeceğinden çevrenin dostu olan enerji grubunda sayılmaktadır. *Candida antarctica*, *Thermomyces lanuginosus* ve *Rhizomucor miehei* gibi bakterilerinden elde edilen lipaz enzimleri, enzim katalizli biyodizel üretiminde en çok kullanılan enzimlerdendir. Bu bakteri türlerinin enzim izolasyonu masraflı ve zahmetli olduğu için enzim katalizli transesterifikasyon çok fazla tercih edilmemektedir. Alkali katalizör kullanılarak yapılan tepkimelerde gerçekleşen transesterifikasyonda kullandırılan cihaz, malzeme ve kimyasal yapıdaki maddenin maliyetinin düşük olmasından dolayı çoğunlukla bu yöntem tercih edilmektedir (Aksoy, 2010).

2.5. Biyodizel Üretimi

Bitkisel ve hayvansal yağdan biyodizel elde etmek için, fazla olan viskozite değerinin, petrolden üretilen dizel yakıtının sahip olduğu viskozite değerine yakın bir değere getirilmesi ve uçuculuk özelliğinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan biyodizel üretimi için transesterifikasyon yönteminden yararlanılmıştır.

Günümüzde biyodizel yakıtını elde etmek için daha fazla tercih edilen metot olan transesterifikasyon; yağ asitlerinin (bitkisel yağlar, evsel atık yağlar, hayvansal yağlar) bazik bir katalizör beraberinde alkol (metanol, etanol vb.) ile bir araya gelerek ester meydana getirme tepkimesidir. Transesterifikasyon metodunda, yağ molekülleri bir katalizör yardımı ile belirli bir sıcaklıkta alkol ile kimyasal reaksiyona girer. Bu kimyasal reaksiyon ile yağ asitleri bağlı bulundukları trigliseritlerden ayrılıp alkoller ile yeni esterler oluştururlar.

2.6. Alkali Transesterifikasyon ile Biyodizel Üretimi

1 litre (L) yağ kullanılarak biyodizel elde etme deneyi örnek olarak ele alınırsa, kullanılacak hammaddeler şunlardır:

1 L sıvı yağ, 200 mili litre (ml) CH_3OH , 4 gram (g) NaOH (kesinlikle nem almamış olacak), 10 ml asetik asit (CH_3COOH) ve 500 ml saf su.

2.7. Deney Hazırlık Süreci

Meşe bitkisinin yaprak ve palamudu tam da olgunlaştıkları dönem olan, Eylül 2017 tarihinde Şırnak İlinin farklı lokasyonlarından ve bölgelerinden toplanmış ve Şırnak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya ve Biyoyakıt laboratuvarlarına getirilmiştir.

Meşe ağacının meyvesi olan palamutlardan (kabukları dahil) 6,5 kilo gram (kg) toplanmıştır. Bunların kabukları soyularak 4,8 kg kabuksuz palamut elde edilmiştir. Kabuğu soyulan palamutları homojenizatör (ısıtıcı ve parçalayıcı) makinesinde daha kolay ve hızlı bir şekilde ısıtabilmek için bıçak ile en az 9-10 parça olmak üzere Şekil 2.10'da görüldüğü gibi parçalanmıştır.



Şekil 2.10. Parçalanıp kurutulmuş palamut

Ayrıca 3 kg meşe ağacı yaprağı da toplanmış ve yine homojenizatör (ısıtıcı ve parçalayıcı) makinesinde daha kolay ve hızlı bir şekilde ısıtabilmek için makas ile Şekil 2.11’de görüldüğü gibi birkaç parçaya ayrılmıştır.



Şekil 2.11. Kurutulmuş meşe ağacı yaprağı

Parçalanan ve ayırımı yapılan numuneler; birer kilogram olacak şekilde tartılarak, deneyin yapılacağı zamana kadar herhangi bir bozunmaya mahal vermemek için uygun koşullarda (derin dondurucuda) muhafaza edilmiştir.

Diğer taraftan deneyde kullanılacak kimyasalların ve diğer malzemelerin temini için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

2.8. Biyodizel Üretim Deneyi

Öncelikle biyodizel üretimi için çalışmalar yapıldı. Bunun için 1 kg meşe palamudu soğuk prese tabi tutturulmuş ve önemslenilmeyecek oranda (%2-3) yağ olduğu görülmüştür, ayrıca hekzan (C_6H_{14}) ile yapılan yağ ekstraksiyonunda da toplamda oldukça az miktarda (%3-4) yağ ihtiva ettiği görülmüştür. Bu yüzden, bu yağ miktarının biyodizel üretimi için yeterli olmadığı kanaatine varılmış ve böylece meşe ağacının meyvesi olan palamuttan biyodizel üretimi için yeterli miktarda yağ elde edilememiştir. Üretimin yapılabilmesi için en az %10-20 oranında yağ elde edilmesi gerekirdi, bu orandan daha düşük yağ oranı

eldeste; üretim aşaması hiçbir şekilde başarılı ve karlı olmayacağı düşünölmüştür. Bu nedenle meşe ağacının meyvesi olan palamuttan biyodizel elde etme sürecinin son aşaması olan; yağdan biyodizel üretim aşaması yapılmamıştır.

2.9. Biyoetanol Üretim Deneyi

2.9.1. Hazırlık Aşaması

Hazırlama sürecinde biyoetanol üretimi için kullanılacak olan nişasta kaynağı; palamut ve meşe yaprağından 1'er kg homojenizatör makinesi ile öğütöldü ve enzim (α -amilaz ve selölaz) yardımı ile hücresel yapısına parçalanmıştır. Bu şekilde içindeki nişastanın ortaya çıkması ile biyoetanol üretimi için daha iyi bir verim elde edilmesi sağlanmıştır. Deneyde kullanılan enzimler bakterilerden elde edilir.

Diğer taraftan biyoetanol eldesi için numuneler (meşe palamudu), homojenizatör makinesinde ısıtılıp bulamaç haline getirilmiştir, soğutulan bu bulamaçlar iki ayrı kaptaki enzimli ve enzimsiz muameleye tabi tutularak biyoetanol üretimi için fermantöre alınmıştır. 1 kg hammadde için 8 L su ve 10 g maya (*Saccharomyces cerevisiae*) kullanılmıştır. Üretimin verimli olabilmesi için bulamaç içine azot kaynağı olarak bir miktar üre ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) ve polisakkaritlerin parçalanması için H_2SO_4 eklenmiştir.

Elde edilen nişasta, farklı bir enzim (*saccharification enzyme*) aracılığı ile şekere dönüştürölmüştür. Deneyin bu aşamasında parçalanmış nişasta kaynağı, enzim ve sudan meydana gelen ve Şekil 2.12'de göröldüğü gibi bulamaç halini alan sıvı içine 10 g maya (*Saccharomyces cerevisiae*) konularak, bir sonraki süreç olan fermantasyon ünitesine aktarılmıştır.



Şekil 2.12. Bulamaç haline getirilen palamut

2.9.2. Fermantasyon

Enzimli ve enzimsiz deney kaplarındaki bulamaçların fermantörde (35 °C’de) bekletilmesi süreci sonucunda bulamacın içinde %10-15 oranında biyoetanol elde edilmesi hedeflenmiştir. Fermantasyon aşamasından önce ilave edilen maya, bulamaçta bulunan şeker moleküllerini biyoetanol moleküllerine çevirmektedir. Fermantörde oksijensiz solunum yapan maya fermantasyon işlemi ile glikoz ünitelerinden (kaplarından) etanol üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu süreç normalde 60-80 saat arası sürmektedir. Ancak deneyimizde bu süre 96 saat sürmüş ve mayanın iyi bir verimle çalışması için gereken koşullar bu süre boyunca denetlenmiştir. Ayrıca fermantasyon süresince açığa çıkan karbondioksitin ayrılması da sağlanmıştır.

2.9.3. Distilasyon (Damıtma)

Fermantörde biriken biyoetanol alınarak, Şekil 2.13’te de görüldüğü gibi hazırlanan damıtma ünitesine aktarılmıştır. Kaplarda bulunan biyoetanol, damıtma (damıtma sıcaklığı 78-80 °C arası olarak ayarlanmıştır) yönteminin uygulanmasıyla bulamaçtan ayrılmıştır. Bu ayırıştırma işlemi; distilasyon düzeneğinde sıvının ısıtılması esasına dayanmaktadır.



Şekil 2.13. Deneyde kullanılan damıtma düzeneği

3. BULGULAR

Deneyimizin son aşaması olan distilasyon işleminden sonra %95-96 oranında biyoetanol yakıtının, elde edilmesi sağlanmıştır. Elde edilen biyoetanol yakıtının içinde bulunan su, moleküler elek teknolojisi sayesinde süzülerek elde edilen biyoetanol yakıtının saflık oranı %99.2'ye kadar yükseltilebilmiştir.

1 kg kabuksuz meşe palamudundan biyoetanol eldesi Tablo 3.1'de de görüldüğü gibi enzimsiz ortamda %7, enzimli (α -amilaz ve selülaz) ortamda ise %13 gibi bir verim ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.1. Meşe bitkisinin farklı kısımlarından biyoetanol üretim oranları

Hammadde Türü	Hazırlama Aşaması	Kullanılan Maya	Fermantasyon Sıcaklığı ve Süresi	Üretilen Biyoetanol Oranı
 Meşe palamudu (1 kg)	Enzimsiz; 8 litre su parçalama+ısıtma	Saccharomyces cerevisiae (10 gr)	35 °C, 70 saat	%7
Meşe palamudu (1 kg)	Enzimli (α -amilaz ve selülaz); 8 litre su parçalama+ısıtma	Saccharomyces cerevisiae (10 gr)	35 °C, 70 saat	%13
 Meşe yaprağı (1 kg)	Enzimli (α -amilaz ve selülaz); 8 litre su parçalama+ısıtma	Saccharomyces cerevisiae (10 gr)	35 °C, 70 saat	Üretim gözlenemedi (Selülaz Lignoselülaz parçalanması oldukça güç olmuştur)

Yakıt analiz laboratuvarında yapılan analizler sonucunda; Tablo 3.2’de de belirtildiği gibi meşe palamudundan elde edilen biyoetanolün, kinematik viskozitesi 1,29 mm²/s (40 °C), yoğunluğu 0,7431 g/cm³ (15 °C) su oranı (mg/kg) <10 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3.2. Meşe palamudu ve yaprağından elde edilen biyoetanol yakıtının analiz değerleri

Parametreler	Analiz Değerleri	Kullanılan Cihaz
Kinematik viskozite (mm ² /s, 40 °C)	1,29	Polyscience
Yoğunluk (g/cm ³ , 15 °C)	0,7431	Anton Paar
Su (mg/kg)	<10	Santrifüj

Meşe bitkisinin yaprağı yüksek oranda lignin, selüloz ve lignoselülozik karbonhidratlarını içerdiğinden bu şeker ünitelerini parçalamak ileri düzeyde teknoloji gerektirmektedir. Durum böyle olunca; yüksek sıcaklık gerektiren piroliz ünitelerinde güçlü katalitik solventler ve enzimler kullanılarak bitkinin bu kısımları parçalanmıştır. Ancak rağmen; meşe ağacının yaprağından biyoetanol elde edilemediği gözlemlenmiştir.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Devletlerin biyodizele yaklaşımı büyük önem taşımaktadır. Kanunların ve vergilerin biyodizel üretimini ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik edecek şekilde düzenlenmesi ve yerel halkın bilinçlendirilmesiyle bu süreçte daha büyük başarı sağlanabilecektir. Çeşitli ülkelerde biyodizel üreticilerine uygulanan yatırım teşvikleri ve vergi muafiyetleri, biyodizel üretiminin arttırılmasına büyük katkı sağlamaktadır. Ülkemizde ÖTV oranlarının yüksek olması nedeniyle, biyodizel üretimine yatırım yapmak isteyen yatırımcılar bu kararlarını tekrar gözden geçirmek zorunda kalmaktadırlar.

Arjantin ve Avusturya gibi ülkelerdeki küçük ölçekli uygulamaların Ülkemize uyarlanabilmesi, ancak biyodizel üretim lisansı alımlarının daha çok kolaylaştırılması ve hatta kişisel kullanım için üretilen biyodizelin özel bir lisansa ihtiyaç duyulmaksızın üretiminin farklı takip yöntemleri kullanılarak takip edilebilmesiyle mümkün olacaktır.

Hâlihazırda, yüksek vergi oranlarından dolayı biyodizel üretimi tercih edilmemektedir. İleriki yıllarda benzin ve motorine biyoetanol ve biyodizel katkısı zorunluluğu ile birlikte, firmalar biyodizel üretimine ağırlık vereceklerdir. Ancak bunun zorunluluk dışında üreticiyi teşvik eden uygulamalarla desteklenmesi üretimde, zorunlu tutulan artışın dışında ek bir artış getirecektir.

Biyodizel üretimine ekonomik destek, üretime teşvik edici bir etkide bulunacaktır. Ülkemizde biyodizel üretiminin ticari amaç dışında kendi ihtiyacını karşılayacak oranda dahi üretilmesi, EPDK'dan lisans alımını gerektirmektedir.

Bu da küçük üreticilerin biyodizel üretimi yapabilmesinin önüne geçmektedir. Türkiye'de uygulanan yüksek ÖTV oranları, üreticilerin biyodizeli tercih etmesinin önüne geçmektedir. Bazı örneklerde olduğu gibi, biyodizel üretimi ve kullanımına vergi indirimleri, mali teşvikler, motorine zorunlu biyodizel karışım yüzdesinin yükseltilmesi, biyorafinerilere yatırım teşviği sağlanması, hükümetin enerji alım ihalelerinde yenilenebilir enerji oranını yüksek tutması biyodizel üretimini teşvik edecek uygulamalardır.

Ülkemizde motorine yerli hammadde kullanılarak üretilen biyodizel katkısına, oto biyodizel miktarının toplam harmanlanmış mal miktarına oranı kadar eksik ÖTV uygulanır. Ancak bu orana göre belirlenen vergi tutarları, belirlenmiş olan vergi tutarlarının %98'inden az olamamaktadır. Bu durumda, %100 biyodizel anlamına gelen B100 kullanılması durumunda dahi ÖTV söz konusu olmaktadır. Sadece motorine katkı olarak katılan biyodizele belirli bir orana kadar ÖTV muafiyeti getirilmiştir. %100 biyodizel kullanımını teşvik amaçlı yerli hammaddeden üretilmiş biyodizelden ÖTV alınmaması veya ÖTV indirimleri uygulanması biyodizel üretimini teşvik etmede olumlu bir etki sağlayacaktır.

Sadece yağlı tohumların veya ham yağın kullanılmaması, atık yağların da değerlendirilmesi hatta farklı hammadde arayışlarıyla projelere destek verilerek biyodizel üretiminde yeni hammaddelerin bulunması desteklenmelidir. Kullanım süresi geçmiş mayonezden biyodizel üretilmesi gibi farklı hammaddelerin biyodizel üretiminde kullanılması teşvik edilerek, sadece atık yağ ve yağlı tohumlara bağlı kalınmaması, farklı hammaddelerin de biyodizel üretiminde kullanılması hammadde yaygınlığını ve bulunabilirliğini destekleyecek ve yemeklik yağ üretimini tehdit etmeyecek çözümler yaratacaktır.

Evsel atık yağların toplanmasında ev halkının ve genç neslin bilinçlendirilmesi kapsamında atık yağların çevresel zararlarına değinen eğitimlerin yaygınlaştırılması, atık yağların toplanması bilincinin oluşturulması önem arz etmektedir. Kyoto ve Hawaii örneklerinde olduğu üzere, gönüllü toplulukların atık yağ toplama aşamasına katılımları sağlanarak, özel çevre etkinlikleri düzenlenerek bu etkinliklerin düzenli ve sürekli hale getirilmesi, atık yağların toplanmasının devamlılık arz etmesinde ve çevre bilincinin yaygınlaşmasında büyük bir önem arz etmektedir.

Özel sektör destekli gönüllü kuruluşların, atık yağ toplama aşamasında yer alması ve bu atık yağdan üretilen biyodizelin bir kısmının toplumsal fayda için kullanılması hem ekonomik hem toplumsal fayda sağlayacak hem de atık yağlardan kaynaklanan olumsuz çevresel etkileri minimuma indirerek çevre bilinci aşılmasında önemli bir adım atılmasına destek olacaktır.

Atık yağların toplanması, atık yağ toplama noktalarının yaygınlaştırılmasıyla daha fazla miktarda yapılabilecektir. Ülkemizde, bir kimya öğretmeni tarafından icat edilmiş olan Bitkisel Atık Yağ Toplama Makinesi (Baytom) isimli makine, evsel kullanıcılardan bitkisel atık yağ toplama amacına hizmet etmektedir. Atık bitkisel yağlar getirilerek BAYTOM'a

dökülmekte, makine yağ içindeki katı veya yağda çözünmemiş sıvıyı özel bir yöntemle ayırmaktadır. Atık yağın miktarına göre kullanıcıya ödül verilmektedir (Baytom, 2013).

Bu makinelerin her mahalleye yerleştirilmesi, yağ toplama noktalarının yaygınlaştırılmasını ve evsel atık yağlarının daha kolay toplanmasını sağlayacaktır. Atık yağların geri kazanımının arttırılması ve toplanan atık yağların en üst seviyeye getirilmesi, Ülkemiz ekonomisine olumlu etkide bulunarak, atık yağların sebep olduğu çevresel problemleri minimum seviyeye indirmeye yardımcı olacaktır (Erel, 2014).

Biyodizel elde edilmesi çoğunlukla atık yağlardan yapılmaktadır, biyoetanolun elde edilmesinde ise az da olsa hububat çeşitleri kullanıldığı belirtilmektedir. Ülkemizde kapasitesi en fazla olan biyoetanol üretim fabrikası, Pankobirlik şemsiyesi altında açılan Konya Şeker A.Ş'ye ait Çumra Şeker Entegre Tesisleri olduğu belirtilmektedir. Şeker pancarı kullanılarak biyoetanol elde edilmektedir. Ülkemizde 2006 yıllarında tarımsal alanlarından 14,4 milyon ton şeker pancarı elde edilebilirken, 2007 yılında sınırlamaların getirilmesiyle üretimin 12,4 milyon tona gerilediği belirtilmektedir. Buna rağmen Ülkemiz şeker stoğu miktarında herhangi bir azalma olmadığı belirtilmektedir (AR, 2008).

Ülkemizin sahip olduğu meteoroloji şartları ve coğrafi dağılım sayesinde tarımsal faaliyetler ve ormancılık faaliyetleri rahatlıkla yapılabilir. Akpınar'ın 2007 yılında yaptığı çalışmaya göre, tarımsal, otlak ve ormanlık alanlarının toplamı Ülkemizin toplam yüzey alanının %93,6'sına denk gelmektedir. Ormanlık alanlardan sağlanan biyokütlenin yıllık verimliliğinin 188 milyon ton, tarımsal alanlardan sağlanan yıllık verimliliğinin 180 milyon ton ve otlak alanlardan sağlanan verimliliğin yıllık 174 milyon ton olduğu belirtilmektedir. Bu da yıllık olarak toplamda 542 milyon ton katı fazdaki biyokütle potansiyeli anlamına geldiği belirtilmektedir (Özay, 2014).

Öncelikle biyodizel üretimi için çalışmalar yapılmıştır. Bunun için meşe palamudu soğuk prese ve ayrıca hekzan ile yağ ekstraksiyonuna tabi tuturulmuştur. Ancak meşe ağacının meyvesi olan palamuttan biyodizel eldesi için istenilen miktarda yağ (en az %10-20 oranında) elde edilememiştir. Bundan dolayı meşe ağacının meyvesi olan palamuttan biyodizel elde etme sürecinin son aşaması yapılmamıştır. Dolayısıyla hiçbir araştırmacı veya üretici de; bırakalım kar elde etmeyi maliyetinin yarısını bile karşılayamayacağı bu şekildeki bir üretim sürecine dahil olmamalıdır.

5. ÖNERİLER

Stratejik açıdan önemli olan biyodizel yakıtının ekonomik alanda üretilebilmesi için doğrudan devlet desteğine ihtiyaç vardır. Üretim aşamaları ve ürün kalitesinin standartlara uyumunun takip edilmesini sağlayabilecek uzmanlarca belirlenecek temel parametrelerin ölçümlendiği laboratuvar olanaklarının varlığı da büyük önem arz etmektedir. Ürünün pazarlanabilmesi için tüm olanaklara sahip akredite laboratuvarlardan alınacak “Standartlara Uygunluk Belgesi” koşul olarak mutlaka aranmalıdır.

Biyodizel yakıtı, motorin yakıtına en fazla yakın ısı değere ve motorin yakıtından daha yüksek alevlenme noktasına sahiptir. Bu özellik; biyodizeli kullanım, taşınım ve depolamada daha güvenli bir yakıt haline getirdiği bilinmelidir. Karanlık, temiz ve kuru bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalı ve depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen veya polipropilen seçilmelidir.

Zararlı emisyon bırakma miktarı çok düşük olduğundan özellikle büyük şehirlerde toplu taşıma araçlarında; deniz ulaşımında, ormanlık alanlarda ve kapalı su havzalarında biyodizel yakıtı kullanımı zorunlu hale getirilmesi gerekmektedir. Gerekli yasal düzenlemeler hızlı bir şekilde tamamlanmalı; ilgili standartlar düzenlenerek elde etme sürecinin tamamlanması ve ürünlerin standartlara uyumu uzman personellerce sağlanmalıdır.

Bitkisel hammaddelerden (tohumlardan) üretimi kırsal kesimde sosyo-ekonomik yapının gelişmesine katkıda bulunacaktır, işsizliğin yüksek boyutlara ulaştığı günümüzde yeni iş imkânlarına olanak sağlayacaktır. Bitkisel kaynaklı yakıt üretimi sadece kırsal nüfusu değil, enerji en başta olmak üzere birçok sektörü etkilemesi nedeniyle büyük şehirlerin ekonomilerine kadar tüm ülke ekonomisine de katkıda bulunacaktır. Kırsal üretim etkinliğinin arttırılması, bölgeler arası ve kentlerle kırsal alanlar arasındaki sosyal ve kültürel farklılıkların azalmasını sağlayacağı göz ardı edilmemelidir.

Diğer taraftan yakıt üretiminin maliyeti yüksek olduğu için üretiminin ve kullanımının yaygınlaştırılabilmesi için devletin vergi indirimi, düşük faizli kredi vb. teşvik mekanizmaları oluşturması gerekmektedir.

Üretim maliyetinin yüksek olması nedeniyle dizele uygulanan ÖTV, bu yakıt türüne uygulanmaması durumunda dizel ile rekabet edebilir veya dizel ile eşdeğer fiyatlandırılabilir duruma gelebileceği unutulmamalıdır. Isıl değeri dizele kıyasla çok daha az olduğundan, biyodizel yakıtının doğal kauçuğa zarar vermesi nedeniyle 1996'dan önce üretilen araçlarda doğrudan kullanılması sakıncalı olduğu unutulmamalıdır. Ancak; biyodizel karışımlarında ve daha az biyodizel yakıtı içeren dizel-biyodizel karışımlarında böyle bir problemin görülmediği tespit edilmiştir.

Biyodizel yakıtı üretiminde kullanılan yağlı tohumlu bitkilerin ekiminin az ve düzensiz olması, hammaddede dışa bağımlı bir sistemin oluşmasını ve sürekli artan yağ fiyatları sektörün ve ülkenin gelişimine olumsuz bir şekilde etki edeceği unutulmamalıdır. Diğer taraftan, biyodizel yakıtının elde edilmesinde kullanılan metil alkol ve diğer hammaddelerinin fiyatlarındaki artışlar da, üretim maliyetlerine de olumsuz yönde etki edecektir. Ayrıca biyodizel yakıtı üretimine ilişkin; mevzuattaki ağır yükümlülükler sektörde faaliyet gösteren firmaları ve sektörün gelişimine olumsuz yönde etki edeceği unutulmamalıdır (Okant, 2012).

Yenilenebilir enerji üretme konusunda Dünya genelindeki teknolojik gelişmelerin durumunun incelenmesi ve Ülkemiz mevcut şartlarında teknik ve ekonomik olarak uygulanabilirliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Uygulanabilirlik potansiyeline sahip teknolojik projelere yönelik çalışmalar arttırılmalı ve çıkarılmasına ihtiyaç duyulan yasal düzenlemelerin belirlenerek olumlu bir yaklaşım içinde benimsenmesi gerekmektedir. İlerki süreçlerde Dünyadaki güçlü ülkelerin bir taraftan fosil kaynaklar üzerindeki etkisini devam ettirmeye çalışacakları, diğer taraftan da gelişen teknolojiler pazarındaki paylarını arttırmaları için daha fazla rekabet içinde olacakları gözlemlenmektedir. Ülkemizin de yenilenebilir enerji potansiyeline sahip bir ülke olarak, daha çok ve farklı projeler için politikasını belirlerken, bu teknoloji pazarında kendi farklılıkları ve yenilikleri ile varlığını devam ettirmelidir. Bu nedenle akademik anlamda bilimsel araştırmalar yapan kuruluşların sayısı artırılmalı ve yeteri kadar desteklenmelidir. Enerji ihtiyacını karşılama konusunda katkı sunulması ve ulusal ekonomiye yeni kazanç alanları sağlanması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretme metotlarının sürekli olarak geliştirilmesi gerekmektedir (Önal ve Yarbay, 2010).

KAYNAKLAR

- Acharya B., Guru P. S. ve Dash S.,** 2016 Tween-80-n-Butanol/İsobutanol-(Diesel+Kerosene)-Water Microemulsions-Phase Behavior and Fuel Applications, Fuel, 171, 87–93.
- Aksoy L.,** 2010 Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Biyodizel ve Üretim Prosesleri Biodiesel As A Alternative Energy Source And Its Production Process Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi (TATED) Cilt 2, No: 3, 45-52.
- Albiyobir,** 2012 Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birliği Resmi Web Sitesi, <http://www.albiyobir.org.tr/biyodizel.htm>. 10 Mart 2019.
- Ar F. F.,** 2008 Biyoyakıtlar Tehdit mi-Fırsat mı ?! Makale Cilt: 49 Sayı: 581.
- Balat M.,** 2005.Current alternative engine fuels. Energy Sources, 27: 569–577.
- Baytom,** 2013 Bitkisel Atık Yağ Toplama Makinesi Resmi Web Sitesi. <http://baytom.com/>, 1 Mayıs 2019.
- Bozbaş K.,** 2005 Biodiesel as an Alternative Motor Fuel: Production and Policies in the European Union. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, 2, 542-552.
- Chee Loong T. ve Idris A.,** 2014 “Rapid Alkali Catalyzed Transesterification of Microalgae Lipids to Biodiesel Using Simultaneous Cooling and Microwave Heating and Its Optimization” Bioresour. Technology, 174, 311-315.
- Cığızoğlu K. B., Özaktaş T. ve Karaosmanoğlu F.,** 1997 Used Sunflower Oil as a Biofuel for Diesel Engines. Energy Sources, 19, 6, 559-566.
- Communication From the Commission,** 2005, 2006 Biomass Action Plan Dec. 1573, Brussels, 7.12.1005, 628 final “Biofuels in the European Union a Vision for 2030 and Beyond”, “An EU Strategy for Biofuels” 34.
- Çildir O. ve Çanakçı M.,** 2006 Çeşitli Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör ve Alkol Miktarının Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No: 2, 367-372.
- Çulcuoğlu E., Ünay E., Angin D., Şensöz S. ve Karaosmanoğlu F.,** 2005 Characterization of the Bio-oil of Rapeseed Cake, Energy Sources, 27, 1217-1223.

- Dandik L. ve Aksoy H. A.**, 1998 Pyrolysis of Used Sunflower Oil in the Presence of Sodium Carbonate by Using Fractionating Pyrolysis Reactor, Fuel Processing Technology, 57, 2, 81-92.
- Demirbaş A.**, 2009 Progress and Recent Trends in Biodiesel Fuels”, Energy Conversion and Management, 50, 1, 14–34.
- Directive**, 2003 Directive on the Promotion of the Use of Biofuels or Other Renewable Fuels for Transport, 2003 EC 30.
- Dörfler, J.**, 2008 Example for Successful Political Strategies-Brazil, Central European Biomass Congress, Graz, Austria Jan., 16-19.
- Dunn R. O.**, 2001 Alternative Jet Fuels from Vegetable Oils. Transactions of the ASABE, 44, 6, 1751-1757.
- Eere**, 2012, 2013 Just the Basics: Biodiesel, U.S. Department of Energy, Resmi Web Sitesi <http://www1.eere.energy.gov/> 24 Mayıs 2019.
- Ejder S. B.**, 2007 Etanol-Dizel, Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarının Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin Deneysel Araştırılması İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Erel F. P.**, 2014 Biyodizel Üretiminde Ters Lojistik Uygulamaları Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 102.
- Ergeneman M., Özaktaş T., Karaosmanoğlu F., ve Arslan E.**, 1997 Ignition Delay Characteristics of Some Turkish Vegetable Oil-Diesel Fuel Blends. Petroleum Science and Technology, 13, 7-8, 667-683.
- Eryılmaz T., Yeşilyurt M. K., Cesur C., Yumak H., Aydın E., Çelik S. A., ve Yıldız A. K.**, 2014 Yozgat İli Şartlarında Yetiştirilen Aspir Dinçer Çeşidinden Üretilen Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Cilt 31, no: 1, 63–72.
- Formo M. W.**, 1954 “Ester Reactions of Fatty Materials”, JAOCS, 67, 3, 168-170.
- Fulton L.**, 2004 International Energy Agency (IEA) Biofuels Study- Interim Report: Result and Key Messages So Far. OECD Workshop on Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies, Vienna, Austria 1, 105-112.
- Haykın-Açma H.**, 2003 Combustion Characteristics of Different Biomass Materials, Energy Conversion and Management, 44, 1, 155-162.
- Haykın-Açma H., Yaman S. ve Küçükbayrak S.**, 2006a Effect of Heating Rate on the Pyrolysis Yields of Rapeseed, Renewable Energy, 31, 6, 803-810.

- Haykır-Açma H., Yaman S. ve Küçükbayrak S.,** 2006b Gasificat, İon of Biomass Chars in Steam-Nitrogen Mixture, Energy Conversion and Management, 47, 7-8, 1004-1013.
- International Energy Agency,** 2013 Resmi Web Sitesi, www.iea.org 12 Mayıs 2019.
- Karaosmanoğlu F.,** 2004 Motor Biyoyakıtları ve Türkiye, Biyoenerji Bildiri Kitabı, İzmir 105-111.
- Karaosmanoğlu F., Aksoy H. A. ve Civelekoğlu H.,** 1988 The Effects of İsoopropanol Addition on Gasoline Alcohol Motor Fuel Blends, Journal of the Institute of the Energy, LXI, 125-128.
- Karaosmanoğlu F., Aksoy H. A. ve Işığör A.,** 1993 Unleaded Gasoline-Azeotropic Ethanol Blends as Fuels for Spark İgnition Engines, Society of Automotive Engineers (SAE),SAE Technical Paper Series, SAE Paper No: 932771.
- Karaosmanoğlu F., Aksoy H. A. ve Işığör A.,** 1996a Effects of a New Blending Agent on Ethanol Gasoline Fuels, Energy and Fuels, 10, 816-820.
- Karaosmanoğlu F. ve Gürbüz-Beker Ü.,** 1996b Used Oil as a Fuel Oil Alternative, Energy Sources, 18, 637-644.
- Karaosmanoğlu F. Gürbüz-Beker Ü. ve Cıgızoğlu K. B.,**1996c Biodiesel-Fuel Oil Blends as Analternative Heating Oil, Abstracts, Eighteenth Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals, Gatlinburg, Tennessee-USA, 47.
- Karaosmanoğlu F., Özgülsün A., Tüter M. ve Göllü E.,** 1998b Heating Oil Properties of Three Kind Used Vegetable Oils, Proceedings, Second Trabzon International Energy and Environment Symposium TIEES-98, 945-949.
- Karaosmanoğlu F., Tetik E. ve Göllü E.,** 1999 Biofuel Production Using Slow Pyrolysis of the Straw and Stalk of Rapeseed Plant, Fuel Processing Technology, 59, 1, 1-12.
- Karaosmanoğlu F., Kurt G. ve Özaktaş T.,** 2000a Long Term CI Engine Test of Sunflower Oil, Renewable Energy, 19, 1-2, 219-221.
- Karaosmanoğlu F., Işığör A., Ergüdenler A. ve Sever A.,** 2000b Biochar From the Straw Stalk of Rapeseed Plant, Energy and Fuels, 14, 2, 336-339.
- Karaosmanoğlu F., Çift B. D., Işığör A. ve Ergüdenler A.,** 2001 Determination of Reaction Kinetics of Straw and Stalk of Rapeseed Using Thermogravimetric Analysis, Energy Sources, 23, 8, 767-774.

- Karaosmanoğlu F. ve Çulcuoğlu E.**, 2001 Pyrolysis of the Rapeseed Cake, Energy Sources, 23, 4, 377-382.
- Karaosmanoğlu F. ve Kurt G.**, 1998 Direct Use of Sunflower Oil as a Heating Oil, Energy Sources, 20, 9, 867-874.
- Knothe G., Van Gerpen J. ve Krah J.**, 2005 The Biodiesel Handbook. AOCS Press USA, pp. 516.
- Kum H.**, 2009 Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 33, 207-223.
- Mudge S. M. ve Pereira G.**, 1999 Stimulating the Biodegradation of Crude Oil With Biodiesel Preliminary Results, Spill Science and Technology Bulletin, 5, 353-355.
- Mushrush G., Beal E. J., Spencer G., Wynne J. H., Lloyd C. L., Hughes J. M., Walls C. L. ve Hardy D. R.**, 2001 An Environmentally Benign Soybean Derived Fuel As a Blending Stock or 82 Replacement For Home Heating Oil, Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 36, 5, 613-622.
- Okant M.**, 2012 Şanlıurfa İlinin Biyodizel Üretim Potansiyeli HR. Ü.Z.F. Dergisi, 16, 4, 11-17.
- Önal E. ve Yarbay R. Z.**, 2010 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Sayı: 18, 77-96.
- Özaktaş T., Cıgızoğlu K. B. ve Karaosmanoğlu F.**, 1997 Alternative Diesel Fuel Study of Four Kind Vegetable Oils of Turkish Origin, Energy Sources, 19, 2, 173-181.
- Özaktaş T., Karaosmanoğlu F., Ergeneman M. ve Arslan E.**, 2000 Ignition Delay and Soot Emission Characteristics of Methanol-Diesel Fuel Blends, Petroleum Science and Technology, 18, 1-2, 15-32.
- Özay Y.**, 2014 Antep Fıstığı Kabuklarının Sıvılaştırma Koşullarının Araştırılması, Mersin Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 50.
- Özdemir Z. Ö. ve Mutlubaş H.**, 2016 Biyodizel Üretim Yöntemleri ve Çevresel Etkileri Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Cilt: 2 Sayı: 2 sayfa 129-143.

- Pereira M. G. ve Mudge S. M.**, 2004 Cleaning Oiled Shores: Laboratory Experiments Testing the Potential Use of Vegetable Oil Biodiesels. *Chemosphere*, 54, 297-304.
- Peters R. A.**, 1996 Fatty Alcohol Production and Use. *Inform*, 7, 502-504.
- Puppan D.**, 2002 Environmental Evaluation of Biofuels. *Periodica Polytechnica Ser. Soc. Man. Sci.*, 10, 95–116.
- Shailendra S., Avinash Kumar A. ve Sanjeev G.**, 2008 “Biodiesel Development From Rice Bran Oil: Transesterification Process Optimization and Fuel Characterization” *Energy Conversion and Management*, 49, 5 1248-1257.
- Staat F. ve Vallet E.**, 1994 Vegetable Oil Methyl Ester as a Diesel Substitute. *Chemistry and Industry*, 21, 863-865.
- Türkan A. ve Kalay Ş.**, 2008 “Study of the Mechanism of Lipase-Catalyzed Methanolysis of Sunflower Oil in Tert-Butanol and Heptane” *Turkish Journal of Biochemistry*, 33, 2, 45–49.
- Tütüncü K.**, 2013 Demokratik ve Özerk Bireyin Yetiştirilmesi: Jean-Jacques Rousseau’nun Emile’inden Neler Öğrenebiliriz? *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Güz 2013, Cilt: 9, Sayı: 2, 9, 303-327.
- Utlü Z.**, 2009 Biyodizel Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Atık Kızartma Yağlarının Değerlendirilmesi, Kara Astsubay Meslek Yüksekokulu Balıkesir, 10110.
- URL-1**, 2015 <https://www.nkfu.com> › Bilgi Dünyası › Biyoloji › Canlılar Dünyası › Bitkiler 21 Haziran 2019.
- Usda**, 2013 U.S. Department of Agriculture Resmi Web Sitesi, www.usda.gov 12 Mayıs 2019.
- Wardle D. A.**, 2003, 2005 Global Sale of Green Air Travel Supported Using Biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7, 1–64.
- Wehlmann J.**, 1999 Use of Esterified Rapeseed Oil as Plasticizer in Plastics Processing. *Fett/ Lipid*, 101, 249-256.
- Willing A.**, 1999 Oleochemical Esters-Environmentally Compatible Raw Materials for Oils and Lubricants From Renewable Resources. *Fett/Lipid*, 101, 192-198.
- Yaman S.**, 2004 Pyrolysis of Biomass to Produce Fuels and Chemical Feedstocks, *Energy Conversion and Management*, 45, 5, 651-671.

Zhenyi C., Xing J., Shuyuan L. ve Li L., 2004 “Thermodynamics Calculation of the Pyrolysis of Vegetable Oils”, Energy Sources, 26, 849-856.



ÖZGEÇMİŞ

Bilal ASLAN, 15 Kasım 1983 yılında Gercüş'te doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Gercüş'te tamamlamıştır. Lise ve yükseköğrenimini ise Diyarbakır'da tamamlamış ve 2008 yılında Dicle Üniversitesi Kimya programından mezun olmuştur.

2011 yılında Şırnak Üniversitesine memur olarak atandıktan sonra 2012 yılında yine bu Üniversitede bulunan Enerji Sistemleri Mühendisliği programına kayıt yaptırmış ve 2015 yılı Haziran ayında mezun olmuştur. 2015 Eylül ayında da Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Yenilenebilir Enerji Bilim Dalı'nda lisansüstü eğitime başlamıştır.