

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYODİZEL ÜRETİMİ, MOTORLARDA KULLANIMI
VE
TÜRKİYE'DEKİ KAYNAKLARIN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Abdurrahman Serkan ALTINSOY

Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : OTOMOTİV PROGRAMI

OCAK 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYODİZEL ÜRETİMİ, MOTORLARDA KULLANIMI
VE
TÜRKİYE'DEKİ KAYNAKLARIN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Abdurrahman Serkan ALTINSOY

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 25 Ocak 2007**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Mustafa Turgut ÖZAKTAŞ
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. İrfan YAVAŞLIOL (Y.T.Ü.)
Doç.Dr. Doğan GÜNEŞ (İ.T.Ü.)**

OCAK 2007

ÖNSÖZ

Günümüzde kullanılmakta olan mevcut fosil kökenli yakıtların sebep olduğu ekonomik, siyasi ve çevresel sorunlar şüphesiz tüm insanlığın ortak problemidir.

Otomotiv sektöründe çalışan bir Makina Mühendisi olmam, bu konuda duyarlı olmam gerektiği kadar sorumlu olmamı da gerektiriyor.

Son yıllarda önemi daha da artan alternatif yakıtlar arasında yer alan biyodizel konusu ile ilgili yaptığım bu tez çalışmasının, sorumluluğumun çözüme dönüşmesinde, sağlam bir zemin olduğuna inanıyorum.

Bu derece önemli bir konuda çalışmama olanak sağlayan, çalışmamın her aşamasında değerli yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Turgut ÖZAKTAŞ'a teşekkürlerimi bildirmek istiyorum.

Tez çalışmam sırasında desteklerini esirgemeyen bu konuda bana her türlü kolaylığı sağlayan TEMSA A.Ş. deki yöneticilerime de teşekkür ederim,

Her zaman yanımda olan ve daha güzeli hissettiren, desteklerini esirgemeyen aileme ve tez çalışmam sırasında bana anlayış gösteren nişanlıma da teşekkür etmeyi bir borç bilirim

Aralık 2006

Abdurrahman Serkan ALTINSOY

TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Motorların Tarihçesi ve Fosil Kökenli Yakıt Kullanımı	1
1.2 Fosil Kökenli Yakıt Kullanımındaki Sorunlar	2
1.3 Yenilenebilir Enerjiler	4
1.4 Bu Çalışmanın Amacı	5
2. ALTERNATİF MOTOR YAKITLARI	6
2.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	6
2.2 Alternatif Motor Yakıtlarının Karşılaştırılması	7
3. YAKIT OLARAK BİYODİZEL	11
3.1 Biyodizel Nedir?	11
3.2 Biyodizelin Özellikleri	12
3.2.1 Yoğunluk	12
3.2.2 Parlama Noktası	13
3.2.3 Kalori Değeri	13
3.2.4 Kinematik Viskozite	13
3.2.5 Soğukta Akış Özelliği	14
3.2.6 Setan Sayısı	14
3.2.7 Isıl Değer	14
3.2.8 Yağlayıcılık	15
3.2.9 Karbon Artığı	15
3.2.10 İyot Sayısı	15
3.2.11 Kükürt İçeriği	15
3.2.12 Su İçeriği	15
3.2.13 Oksidasyon Kararlılığı	16
3.2.14 Yağlama Yağının Seyrelmesi	16
3.2.15 Toksik Etkisi	16
3.2.16 Biyobozunabilirlik	17
3.3 Biyodizel Emisyonları	18
3.4 Biyodizelin Malzeme Uyumu	20
3.5 Biyodizelin Depolanması	22
3.6 Biyodizelin Kullanım Yöntemleri	23
3.7 Biyodizelin Diğer Kullanım Alanları	23
3.8 Biyodizelin Çevresel Özellikleri	23

3.9 Biyodizelin Tarımsal Özellikleri	24
4. BİYODİZEL ÜRETİMİ	26
4.1 Biyodizel Kaynakları	26
4.1.1 Kanola	31
4.1.2 Aspir	32
4.1.3 Palm Yağı	33
4.1.4 Ayçiçeği	34
4.2 Tohumlardan Yağ Elde Edilmesi	34
4.3 Bitkisel Yağların Yakıtı Dönüştürülmesi İşlemleri	35
4.4 Biyodizel Üretimi(Transesterifikasyon)	38
4.4.1 Biyodizel Üretim Kimyası	40
4.5 Biyodizel Katkı Maddeleri	44
4.5.1 Akış İyileştirici Katkı Maddeleri	44
4.5.2 Korozyon Önleyici Katkı Maddeleri	45
4.5.3 Yanmayı İyileştirici Katkı Maddeleri	45
4.5.4 Buzlanmayı Önleyen Yakıt Katkı Maddeleri	45
4.5.5 Biyolojik Oluşumları Önleyici Yakıt Katkı Maddeleri	46
4.5.6 Koku Önleyici Yakıt Katkı Maddeleri	46
4.6 Elde Edilen Biyodizelin Motorlara Etkisi	46
4.6.1 Yakıt Sistemine Etkisi	46
4.6.2 Motor Aşınması, Motor Birikintisi	48
4.6.3 Motor Emisyonu ve Performansına Etkisi	49
4.7 Yakıt İstasyonunda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	55
4.7.1 Yakıt Tankı	55
4.7.2 Boru Hattı Tertibatı	55
4.7.3 Pompalar	55
5. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE BİYODİZEL	56
5.1 Dünyada Biyodizel	56
5.2 Türkiyede Biyodizel	62
5.2.1 Giriş	62
5.2.2 Türkiye de biyodizelin mevcut durumu	64
5.2.3 Türkiye’de Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretim Hedefleri ve Destekleme	66
5.2.4 Atık Yağların Biyodizel Hammaddesi Olarak Kullanımı	74
5.2.5 Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi	75
5.2.6 Atık Yağlardan Üretilen Biyodizelin Kalitesi	78
5.2.7 Atık Yağlardan Elde Edilen Biyodizelin Motor Performans ve	79
5.2.8 Türkiye’de Atık Yağların Durumu	85
5.2.9 Türkiye’de Biyodizel Mevzuatı	89

6. SONUÇ VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	99

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Alternatif Yakıtların Ortalama Fiyatları	9
Tablo 2.2 Alternatif Yakıtların Enerji İçeriği	9
Tablo 2.3 Alternatif Yakıtların Genel Enerji Verimleri ve Emisyon Değerleri.....	10
Tablo 3.1 Biyodizel Özelliklerinin Dizel Yakıt İle Karşılaştırılması.....	17
Tablo 3.2 Biyodizel Emisyon Değerleri	19
Tablo 3.3 Biyodizelin Malzemelere Etkisi	21
Tablo 4.1 Bitkisel Yağlar Ve Dizel Yakıtın Hidrojen, Oksijen, Isıl Değer Tablosu	26
Tablo 4.2 Biyodizelin İçindeki Yağ Asitlerinin Kimyasal Yapısı	27
Tablo 4.3 Yağ Asitlerinin Yağ Kaynaklarındaki Ağırlık Yüzdesi.....	28
Tablo 4.4 Biyodizel Hammadde Kaynakları.....	30
Tablo 4.5 Bitkisel Yağların Yağ Asidi Profili.....	31
Tablo 4.6 Metil Esterinin Yakıt Enjeksiyon Sisteminde Oluşturacağı Potansiyel Problemler.....	47
Tablo 4.7 Deneyde Kullanılan Motor Özellikleri	49
Tablo 4.8 Deneyde Kullanılan Yakıt Özellikleri	50
Tablo 5.1 Biyoyakıt Karışım Oran Tablosu.....	57
Tablo 5.2 AB’de Biyodizel Kullanım Miktarı.....	58
Tablo 5.3 Mali Fizibilit Örnek Tablosu.....	60
Tablo 5.4 Çeşitli Firmaların Biyomotorin Uygulaması.....	61
Tablo 5.5 Türkiyede Kurulu Kapasitenin İllere Göre Dağılımı	66
Tablo 5.6 Yağlı Tohumlu Bitkilerin Üretimi	67
Tablo 5.7 Türkiyenin Ekilebilen Toplam Arazi Varlığı.....	68
Tablo 5.8 İşlenen Tarla Alanının Dağılımı.....	68
Tablo 5.9 Yağ İthalatının Yıllara Göre Değişimi	69
Tablo 5.10 Türkiyede Ayçiçeği Verileri	69
Tablo 5.11 Ayçiçeği İle İlgili Öngörüler	70
Tablo 5.12 Türkiyede Soya Fasülyesi Verileri	70
Tablo 5.13 Soya Fasülyesi İle İlgili Öngörü.....	71
Tablo 5.14 Türkiyede Pamuk Verileri.....	72
Tablo 5.15 Pamuk İle İlgili Öngörü.....	73
Tablo 5.16 Kolzadan Üretilen Biyodizelin Özellikleri	79
Tablo 5.17 Atık Bitkisel Yağ ile Metil Esterinin Asit Dağılımı	80
Tablo 5.18 AYME, No 2 Yakıtının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	81
Tablo 5.19 Test Motorunun Teknik Özellikleri.....	82
Tablo 5.20 ÖYT, Termik Verim Değerleri ve Değişim Yüzdeleri.....	83
Tablo 5.21 Emisyon Değerlerinin Referans Yakıtı Göre Değişimi	84
Tablo 5.22 İzmit İli Yıllık Atık Yağ Potansiyeli	88

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Ülkelerin Yayıdığı CO2 Emisyonları.....	3
Şekil 2.1 : Türkiye de Primer Enerji Kullanım Payları.....	6
Şekil 3.1 : Biyodizelin Çözücülük Etkisi.....	22
Şekil 4.1 : Biyodizel Üretiminin Şematik Gösterimi.....	39
Şekil 4.2 : Transesterifikasyon Reaksiyonu.....	39
Şekil 5.1 : AB Biyodizel Üretim Kapasiteleri.....	56
Şekil 5.2 : Biyoyakıtın Pazar Payı.....	57
Şekil 5.3 : AB’de Biyoyakıtların Gelişimi.....	58
Şekil 5.4 : Üreticilerin İllere Göre Dağılımı.....	65
Şekil 5.5 : İllere Göre Çalışan ve Firma Sayısı.....	65
Şekil 5.6 : Sabun Oluşum Reaksiyonu.....	76
Şekil 5.7 : Ön iyileştirme Reaksiyonu.....	77
Şekil 5.8 : Tıkanan Kanalizasyon Boruları.....	86
Şekil 5.9 : Taşlaşmış Atık Yağlar.....	86

BIYODİZEL ÜRETİMİ, MOTORLARDA KULLANILMASI ve TÜRKİYEDE`Kİ KAYNAKLARIN İNCELENMESİ

ÖZET

Dizel yakıtları birçok alanda kullanılmakta ve ülke ekonomisinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Petrolün her geçen gün azalması, petrol krizleri ve çevre bilincinin artması ile yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmıştır.

Biyodizel, dizel motorları için, bitkisel ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen alternatif bir yakıttır. Avrupa Birliğinin 2003/30/EC Direktifi ile 2005 sonunda piyasaya arz edilen fosil yakıtlarına %2 oranında biyoyakıt eklenmesi zorunluluğu getirilmiştir.

Biyodizel toksin olmayan, doğada kolay bozulabilir, çevreci bir yakıttır. Biyodizel üretiminde kullanılan temel yöntem transesterifikasyon reaksiyonudur. Transesterifikasyon reaksiyonu, serbest yağ asit seviyesi, alkolün kimyasal yapısı, katalizör tipi, reaksiyon sıcaklığı ve reaksiyon süresi gibi parametrelerden etkilenmektedir.

Biyodizelin ısı değeri, motorine göre düşüktür. Bu sebeple, motor gücünde ve torkunda bir miktar azalma görülür. Yapısında, motorin ile kıyaslandığında, daha fazla oksijen içerdiği için emisyon değerleri daha iyidir.

Bu çalışmada, biyodizel üretimi, özellikleri, dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılması, biyodizelin Dünya ve Türkiye`deki durumu incelendi. Daha önce yapılan deneysel çalışmalar ile konu desteklendi.

Özellikle, biyodizelin pahalı olması nedeni ile, atık yağların kaynak olarak kullanılması ele alındı. Atık yağlardan biyodizel üretim yolu, atık yağlardan elde edilen biyodizelin motor performansına ve emisyonlarına etkisi, atık yağların Türkiye`deki durumu incelendi.

BIODIESEL PRODUCTION, USE IN DIESEL ENGINES and INVESTIGATE OF SOURCES IN TURKEY.

SUMMARY

Diesel fuels are used in many areas and take an important place in country's economy. Decreasing of oil day by day, petroleum crises and increasing environmental consciousness cause to the interest in renewable energy sources.

Biodiesel, which can be produced from edible sources such as vegetable oils or animal fats, is an alternative fuel for diesel engines. European Union's 2003/30/EC directive brings a must that 2% biofuel should be added to the fossil fuels on the market at the end of 2005.

Biodiesel is non-toxic, biodegradable, environmental friendly fuel.

A primary path to produce biodiesel is transesterification. The transesterification reaction is affected by parameters such as free acid level of oil, chemical structure of alcohol, catalyst type, reaction temperature and reaction time.

Because of the heating value of biodiesel is smaller than diesel fuel, engine power and engine torque are less than use of diesel fuel. The main advantage of biodiesel fuel is lower concentration of greenhouse gases and other pollutants in exhaust emissions compared to petroleum diesel fuel.

In this study, biodiesel production, its properties, use in diesel engines as an alternative fuel and its situation in the world and the Turkey have been discussed. Study has been supported by the experimental works that was done before.

Biodiesel is currently expensive, so use of waste cooking oils as source of biodiesel is determined. Biodiesel production from waste cooking oil, effect of the biodiesel produced from waste cooking oil on engine performance and emissions, situation of waste oils in Turkey have been investigated.

GİRİŞ

1.1 Motorların Tarihçesi ve Fosil Kökenli Yakıt Kullanımı

İçten yanmalı motorlar, dıştan yanmalı motorlar olan buhar makinalarından sonra geliştirilmişlerdir. Fransız Rochas, Lenoir tarafından tasarlanan motorda, hava-yakıt karışımının yanma öncesi sıkıştırılması ile motorun gücünün ve veriminin artabileceğini düşünmüş ve 1862 yılında dört zamanlı motorun prensibi için patent almıştır[1]. İçten yanmalı motor, bugünkü yapısıyla 1875 yılında Nikolaus August Otto tarafından geliştirilmiştir. Otto motoru sabit hacimde yanma çevrimi ile çalışan dört zamanlı bir motor olup, termal verimi 1894 yılında % 20-25 iken, bugün %30-37 oranlarına yükselmiştir. 1892 yılında ise, Rudolph Dizel, sıkıştırılmış hava içine yakıt püskürterek yanma prensibine göre çalışan dizel motorun patentini almıştır. Sabit basınçta yanma çevrimi ile çalışan dört zamanlı dizel motoru, önce kara taşıtlarında sonra gemilerde daha sonra ise lokomotiflerde kullanılmıştır[2].

İçten yanmalı motorların karayolu taşıtlarında uygulanması, Otto ile çalışan Alman Daimler ve arkadaşı Karl Benz tarafından 1886 yılında gerçekleştirilmiştir. Karayolu taşıtlarının ilk seri üretimi ise, 1908 yılında Amerikalı Henry Ford tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu araçlardan 15 milyon adet üretilmiştir. İkinci Dünya savaşı sonrası refah düzeyi artan ülkelerde, motorlu kara taşıtlarına olan talepler hızla artmıştır[2]. Ülkemizde de dünyadaki gelişmelere paralel olarak araç sayısında yıllar itibari ile artış olmuştur. Araç sayısındaki artışla birlikte, motorlarda kullanılan petrol kökenli yakıtların tüketimi de artmıştır. 1961 yılında Dünyada benzin üretimi 440 milyon ton, motorin üretimi 666 milyon ton iken, 1993 yılında Dünya benzin üretimi 3450 milyon tona, motorin üretimi ise 7650 milyon tona ulaşmıştır[1]. Ülkemizde de benzin ve motorin talebi artan araç sayısına bağlı olarak artış göstermektedir. Türkiye de benzin talebinin 2010 yılında 12,6 milyon tona, 2020 yılında ise 15,5 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir[3].

1.2 Fosil Kökenli Yakıt Kullanımındaki Sorunlar

Geçen 150 yıl içerisinde petrolün çıkartılması ve yakıt üretilmesi amacıyla rafine edilmesi alanlarında büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak benzin, motorin ve fuel-oil gibi yakıtların kullanım alanları ve tüketici sayısı hızla artmıştır. Bu aşırı talep ve sonucundaki fazla tüketim ekonomik, siyasi ve çevre açısından ciddi sorunları da beraberinde getirmiştir.

Dünya ölçeğinde petrol ürünlerine olan aşırı talep, doğal olarak petrol fiyatlarının hızla yükselmesine sebep olmuştur. Özellikle 1970 yılında yaşanan petrol krizinde bu artış çok önemli rol oynamıştır. 1970 yılında petrol sahibi Orta Doğu Ülkeleri petrol üretimini engelleyerek dünya çapında petrol fiyatlarını kontrol altına almışlar ve sonuçta kriz yaşanmıştır. Petrol ihraç eden ülkeler(OPEC) içindeki özellikle Orta Doğu Ülkeleri, bu krizde başrolü oynamıştır. 1973 yılında OPEC üyesi ülkelere İran, Irak, Kuveyt, Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri dünya petrol üretiminin % 36'sını kontrol eder hale gelmiş ve bu durum petrolün varil fiyatını 10 \$'dan 50 \$'ın üzerine çıkarmıştır[4].

1991 yılında yaşanan Körfez savaşı da petrole bağımlı ülkeleri ekonomik ve stratejik gerekçelerle yeni arayışlara yöneltmiştir.

Otomobil üreticileri de petrolün üretimindeki ve fiyatlardaki dalgalanmalarından sektörü birazcık olsun koruyabilmek için fosil yakıtlara alternatif arayışlara girmişlerdir.

Öte yandan, son yıllarda bilinen petrol rezervlerine yenilerinin eklenememesi de bu alandaki başka bir sorundur.

Fosil yakıtların ekonomiler üzerinde oluşturduğu baskı ve olumsuz etkilerin yanında çok önemli bir sorunda bu yakıtları aşırı kullanmanın neden olduğu küresel ısınmadır. Özellikle fosil yakıtların emisyon değerlerinin olumsuz oluşu bu yöndeki problemi tetiklemekte ve bu sorun yerel sorun olmaktan çıkıp küresel boyut kazanmaktadır. Fosil yakıtların kullanımının atmosferdeki CO₂ miktarını da artırdığı bilinmektedir. CO₂ miktarındaki bu artış sonuçta küresel ısınmayı da beraberinde getirmekte, bu durum uzmanlarca çok önemli bir çevre sorunu olarak belirtilen ve yeryüzünde aşırı ısınmaya yol açan “Sera Etkisi”ne neden olmaktadır. Küresel

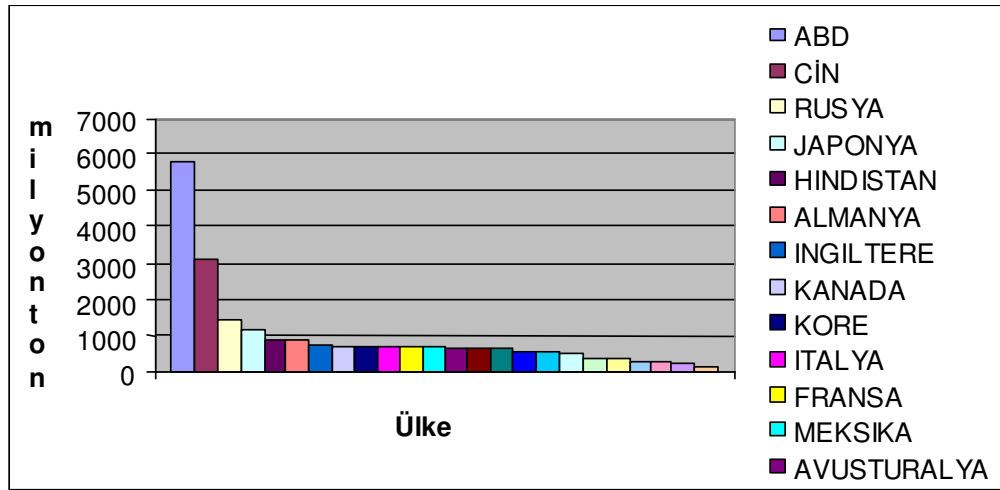
ısınmanın dünyanın geleceğini tehdit etmesi ülkeleri acil önlem almaya yöneltmiş bu çabalar sonucunda “Rio Sözleşmesi” ve “Kyoto Protokolü” hayata geçirilmiştir[4].

İçten yanmalı motorlar her yıl milyonlarca ton CO₂ atmosfere göndermektedir. Buna mukabil atmosferdeki serbest oksijen miktarı azalmaktadır. Örneğin bir otomobil 1 litre benzin tükettiğinde atmosfere 2,63 kg., 1 litre motorin tükettiğinde ise 1,55 kg. CO₂ bırakmaktadır[4]. Ülkelerin yaydığı CO₂ emisyon değerleri şekil 1.1 de görülmektedir.

Gerek çevresel gerek rezervlerin tükenme noktasına gelmesi gerekse ekonomi açısından otomobil üreticileri;

- Daha az emisyon değerleri için EURO-4, EURO-5 motor kullanılması
- Daha az yakıt sarfiyatı olması için Alüminyum, kompozit malzemelerden araç imal edilmesi
- Elektrik motorlarının içten yanmalı motorlarla kombine edildiği yakıt ekonomisi sağlayan ve emisyon baskısı oluşturmeyen ve günümüzde pratiğe intikal etmiş hibrit araç tasarımları
- Alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının araçlarda kullanılması

ve benzeri çalışmalarını sürdürmektedirler. Bu çalışmaların temelinde ise, fosil yakıtların kullanımının azaltılması yer almaktadır. Bu da günümüzde “Yenilenebilir enerji” kaynaklarını ön plana çıkartmıştır.



Şekil 1.1. Ülkelerin Yaydığı CO2 Emisyonları

1.3 Yenilenebilir Enerjiler

Enerji, cisimlerin iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Dünyadaki enerjilerin orijini olarak güneş enerjisi gösterilmekte, diğer enerjilerin “güneş enerjisi” orijinli, transformasyon (dönüşüm) enerjisi olduğu ifade edilmektedir.

Enerji kaynakları esas olarak “Birincil (primer) Enerji kaynakları” ve “İkincil Enerji Kaynakları” olarak iki grupta incelenmektedir. Potansiyeli mevcut olan ve teknolojik gelişmelere paralel olarak yeni faydalanılabilen enerji kaynaklarına “yeni” ve tükenmeyen ya da eksilmeyen kaynaklara da “yenilenebilir” enerji kaynakları denilmektedir.

Halen dünyada tüketilen enerjinin % 90’ına yakını fosil kaynaklardan temin edilmektedir. Fosil kökenli yakıtların (petrol, kömür vb.) emisyon değerlerinin uygun olmayışı, gelecek için yeni önlemleri ve yeni arayışları mecbur bırakmaktadır. Nüfusun yoğun olduğu bölgelerde bu kirletici bileşikler, insan sağlığı açısından çok önemli problemlere yol açmaktadır.

Özellikle küresel ısınmanın tehlikeli boyutlara ulaşması, günümüzde kullanılan enerjilerin “yenilenebilir” olmasını mecbur kılmaktadır.

ENERJİ

YENİLENEMEYEN ENERJİ

- FOSİL
- NÜKLEER

YENİLENEBİLİR ENERJİ

- GÜNEŞ
- RÜZGAR
- HİDROLİK
- BİYOKÜTLE

Şekilde yer alan enerjiler içerisinde biyokütle tükenme riskinin olmaması, üretiminde çok yüksek teknolojilere ihtiyaç göstermemesi özellikle dünyada belli ülkelerin tekelinde olmaması ve enerji temini konusunda ülkeleri tek çeşit enerji kaynağına bağlı olmaktan kurtarması gibi avantajları nedeniyle öne çıkmaktadır.

1.4 Bu Çalışmanın Amacı

Bütün Dünyada olduğu gibi, Ülkemizde de İçten yanmalı motorlara sahip araç sayısı hızla artış göstermektedir. Araç sayısının artışına paralel olarak egzoz emisyonlarında da artış görülmektedir. Bunun yanında, Dünya petrol rezervlerinin sınırlı olduğu bilinmektedir. En son istatistiksel değerlendirmelere göre; dünya enerji ihtiyacının % 38,5'ini karşılayan petrolün 41, % 23,7'sini karşılayan doğal gazın 62, %22,7'sini karşılayan kömürün ise 230 yıl rezerv kullanım süresi bulunmaktadır [5].

Araç sayısının artışıyla birlikte, araçlarda kullanılan petrol kökenli yakıtlara olan talep de hızla artmaktadır. Bunun sonucu olarak da zaten sınırlı rezervlere sahip olan Dünya petrol kaynakları hızla tükenmektedir. 1970 yılında ortaya çıkan petrol krizinin etkisi ile alternatif enerji kaynak arayışı önemli hale gelmiş ve konu ile ilgili bilimsel çalışmalara hız verilmiştir. Dünyada ki birçok ülke egzoz emisyonu ile ilgili düzenleyici yasalar çıkartmıştır.

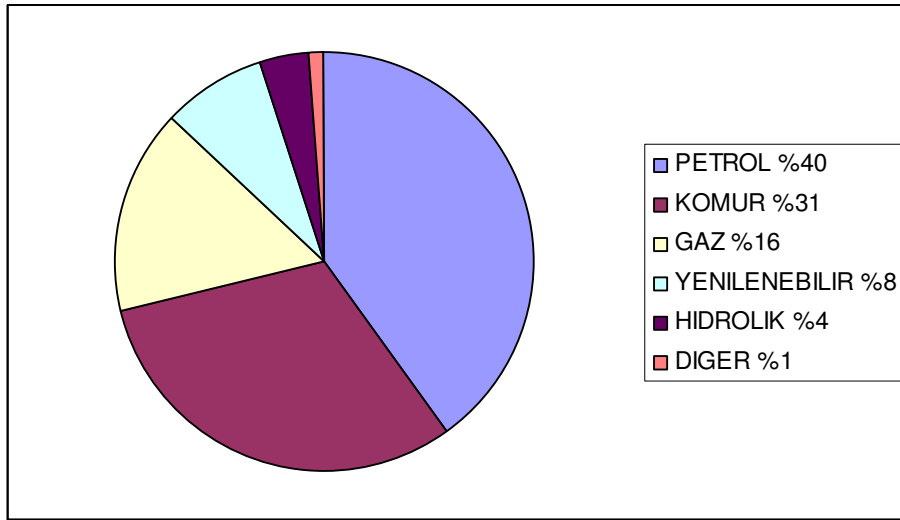
Bunun yanında, günümüzde ham petrol rezervleri dünyanın belli bölgelerinde bulunmaktadır. Dünyada birçok ülke gibi Ülkemizde petrolü dışardan ithal etmektedir. Bunun sonucu büyük oranda döviz ödemesi yapmaktayız ve Dünyada en pahalı yakıt kullanmak zorunda kalmaktayız. Petrol rezervi zengin ülkeler ise bunun neticesinde istikrarsızlığa sürüklenmektedir. Bilindiği üzere güçlü ve gelişmiş bir ülke olmanın yolu kendi öz kaynaklarımızdan enerji elde etmeye, dışa bağımlılığımızı azaltma ile orantılıdır.

Bu çalışmanın amacı Alternatif enerji kaynakları arasında son yıllarda önemi artan biyodizelin motorlarda kullanımını, Dünya ve Türkiye'de ki konumunu incelemek, bir tarım ülkesi olan Türkiye'mizin biyodizel potansiyelini araştırmak, mevcut imkanların durumunu ortaya çıkartmak ve dışa bağımlılığı azaltacak bir kaynak ise gelişmesi için neler yapılabileceğini ortaya koymaktır.

2. ALTERNATİF MOTOR YAKITLARI

2.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynağı sonsuz enerjidir. Yeryüzünde her elementin miktarı sınırlıdır, ancak enerjinin miktarı sonsuzdur. Yeryüzündeki bütün enerjilerin kaynağı olarak güneş enerjisi kabul edilmektedir. Nitekim bitkiler hidrokarbonlar yoluyla güneş enerjisini, kimyasal enerjiye dönüştürürler. Fosil yakıtlar 40 milyon yılda oluşabileceği halde bu yakıtlar birkaç ay gibi kısa bir sürede üretilebilir. Türkiye’de primer enerjilerin kullanım payları Şekil 2.1 de verilmiştir[6].



Şekil 2.1. Türkiye de Primer Enerji Kullanım Payları

Yenilenebilir enerjinin birçok çeşidi vardır. Örneğin benzinli motorlarda kullanılabilen etil alkol ve biyoetanol bunlardan birisidir. Fotovoltaik piller güneş enerjisinden elektrik üretmeye yarayan güneş panelleridir. Rüzgar çarkları ise rüzgardan enerji üreten makinalardır. Biyodizel de yenilenebilir enerji kapsamında yer alır.

Yenilenebilir enerji orijinli yakıtların karbon dengesi pozitifdir. Yenilenebilir enerji orijinli yakıtların yanma sonucu ortaya çıkarttığı CO₂ bitkiler tarafından tutulur. Bitkiler CO₂'i karbon ve oksijene ayırırlar. Oksijen tekrar atmosfere bırakılır. Böylece CO₂ emisyonunda doğal dengenin oluşması sağlanır.

2.2 Alternatif Motor Yakıtlarının Karşılaştırılması

Özellikle 1970’li yıllarda ortaya çıkan petrol krizinden sonra hızlanma eğilimi gösteren, alternatif motor yakıtlarına olan ilginin başlıca sebepleri şunlardır;

- Fosil yakıtların tükeniyor olması ve bu nedenle petrol fiyatlarının giderek yükselmesi
- Fosil yakıtların kullanımından doğan büyük çevre zararları ve bunların telafisi
- Ülkelerin enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve enerjide dışa bağımlılıktan kurtulabilme strateji ve çabaları,

Bu sebeplerden dolayı, Dünyada benzin ve motorine alternatif olarak kullanılabilecek yakıtlar için çalışmalar sürdürülmektedir. Mevcut alternatif yakıtlarını gaz, sıvı ve elektrik olarak sınıflandırabiliriz. Buna göre;

Gaz Yakıtlar:

Doğalgaz

LPG

Hidrojen

Sıvı Yakıtlar:

Metanol

Etanol

Biyodizel

Elektrik

Her ne kadar şu anda sabit sistemlerde alternatif yakıtlar kullanılsa da, bunların taşınabilir sistemlere uygulanmasında zorluklarla karşılaşılabilinmektedir.

Enerji sistemlerinin ekonomik, çevresel ve uzun süreli sağlanabilirliği özellikleri birbirleriyle eşit öneme sahiptir.

Motorlarda kullanılabilecek yakıtların istenen bazı özelliklere cevap vermesi gereklidir. Pahalı olmamalı ve kolayca elde edilebilmelidir. İyi bir enerji yoğunluğuna ve düşük buharlaşma basıncına sahip olmakla birlikte, soğuk hava şartlarında kolayca çalışabilmeyi destekleyecek kadar kolay buharlaşabilmelidir. Yüksek oktan sayısına sahip olmalı, emisyon zararları az olmalı ve turbo teknolojisine uygun olmalıdır.

Bu açıdan, her bir alternatif yakıtın yararları olmakla birlikte, hiçbir alternatif yakıt kendinden beklenen bu şartların tümüne birden olumlu cevap verememektedir.

Alternatif yakıtların ekonomik değerleri de oldukça önemlidir. Doğalgaz, eşit enerji seviyesindeki benzinin yaklaşık yarım maliyetindedir ve bu yakıt maliyet açısından çok önemlidir. Propan formundaki likit petrol gazı (LPG) da pahalı olmayan yakıtlardandır. 1990'lı yılların başı baz olarak alınacak olursa, diğer alternatif yakıtların enerji seviyesi için benzinden pahalı olduğu söylenebilir. Benzine göre, metanol biraz, etanol ise oldukça fazla maliyet değerleri gerektirir. Alternatif yakıt olarak düşünülen hidrojenin, henüz hangi fazda kullanılacağı netlik kazanmadığı için (sıvı, gaz), yakıt olarak hidrojenin maliyetini belirlemek zordur. Yapılan tahmini hesaplamalara göre hidrojen, benzine nazaran 6.60 \$/litre daha pahalıdır.

Bazı alternatif yakıtlar şu an kullanılan sistemlere uygulanabilirken, bazıları yeni harcamalar gerektirmektedir. Yakıt sisteminin ve taşıtın etanol ve metanole uyarlanması diğerlerine nazaran daha düşük harcama gerektirir. Bu tür sistemlerin fabrikasyon olarak yapılması halinde ortalama maliyet her bir araç için \$200 civarındadır.

Teknik uygulanabilirlik açısından en ümit verici alternatif yakıtlar, etanol, metanol, doğalgaz, LPG ve hidrojendir. En yoğun kullanım LPG, doğal gaz ve etanoldedir. Dünya üzerinde 4 milyon, Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 400.000'nin üzerinde LPG kullanan taşıt vardır. Buna ilave olarak 700.000'nin üzerinde doğal gaz kullanan taşıt dünya üzerinde kullanılmaktadır. Brezilya'da 4 milyondan fazla taşıtta, şeker kamışından elde edilen bitkisel etanol kullanılmaktadır.

Kullanılacak alternatif yakıtlardan istenen ilk özellik ekonomik olmalarıdır. Yapılan pompa satış fiyat tahminleri, rezerv maliyetleri, üretim ve nakliye maliyetleri, vergi politikası, taşıt sistemlerine uygulama maliyeti gibi birçok parametre baz alınarak yapılır. Eşit enerji değerleri için birçok alternatif sıvı yakıtın, benzine nazaran

oldukça pahalı olduğu görülmüştür. En pahalı maliyet ise gaz karakteristikli yakıtlar, yakıt hücreleri ve elektrikli çözümler için hesaplanmıştır. En ucuz alternatif yakıt maliyeti ise doğalgazdan elde edilen metanol, doğalgaz ve LPG uygulamalarında elde edilmiştir. Tablo 2.1'de alternatif yakıtların ortalama fiyatları verilmiştir.

Tablo 2.1 Alternatif Yakıtların Ortalama Fiyatları

YAKIT	FİYAT	BİRİM
Metanol	0.264-0.417	\$/l
Etanol	0.256 - 0.454	î/l
LPG	0.198	\$/l
Doğalgaz	7.28	\$/mm Btu

Alternatif yakıt fiyatı, satılan birim ünitenin içerdiği enerji miktarına göre ayarlanmalıdır. Benzinle karşılaştırıldığında, etanol, metanol ve LPG daha düşük volumetrik enerji içeriğine sahiptir. Bunun anlamı, hacim baz alınarak yapılan maliyet fiyat ayarlamaları sonucunda bu alternatif yakıtların kullanılması halinde alınan birim yol boyunca maliyet artacaktır. Tablo 2.2'de alternatif yakıtların enerji içeriklerine göre karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 2.2 Alternatif Yakıtların Enerji İçeriği

YAKIT	OKTAN SAYISI	ENERJİ İÇERİĞİ	HACİMSEL ENERJİ EŞİTLİK ORANI*
Benzin	91-100	43,5 MJ/kg = 32.60	1.00
Metanol	105-108	19.7MJ/kg= 15.66	2.09
Etanol	106408	26.8 MJ/kg = 21.30	1.54
LPG (propan)	111	46.3 MJ/kg = 23,61 MJ/litre (sıvı)	1.38
Doğalgaz	130	47.7 MJ/kg = 39.60 MJ/m ³ (1 af m)	3.20"

Günümüzde enerji sistemlerinin çevreye olan etkileri devamlı olarak artan bir öneme sahiptir. Değişik alternatif yakıtların meydana getirdiği zararlı ürünler de değişkenlik göstermektedir. Fakat genel olarak alternatif yakıtların negatif etkileri, diğer petrol bazlı yakıtlara göre daha azdır. Bu durum alternatif yakıtın elde edilme yöntemine ve kullanılan taşıta göre değişkenlik gösterir. Doğal gazdan elde edilen metanol emisyonunda %10'luk bir iyileşme sağlar. Bununla beraber kömürden elde edilen metanol ise emisyondaki toplam CO₂ miktarını önemli ölçüde artırır. Metanol kullanılan bir taşıtın emisyondaki formaldehit 15-30 mg/km civarında azalma görülürken, kükürtlü emisyonlara rastlanılmamıştır.

Etanol oldukça düşük CO₂ emisyon değerine sahiptir. Bununla beraber, etanolun üretimi sırasında tarımsal üretim proseslerinden kaynaklanan CO₂ emisyonunun fazla olması toplamda sağlanacak bir emisyon azalmasına engeldir. Tablo 2.3'de alternatif yakıtların genel enerji verimleri ve emisyon değerleri karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.3 Alternatif Yakıtların Genel Enerji Verimleri ve Emisyon Değerleri

Arac/Yakıt	Genel Verim (%)	Emisyon Değerleri (g/mil)				
		SO2	NOx	CO	HC	CO2
İçten Yanmalı						
Benzin	10.2	0.2	0.63	3.43	0.35	444
Metanol	8.5		0.86	1.71	0.13	408
Etanol	8.1	0.04	0.52	1.90	0.16	44
Doğalgaz	10.8		0.40	1.70	0.75	337
Hidrojen	9.4		0.61	0.02		388"
Yakıt Hücreli						
Metanol	17.6		0.27	0.01		236
Etanol	15.1	0.02	0.08	0.13	0.02	28
Doğalgaz	21.7					196
Hidrojen	21.0		0.11	0.01		197

Alternatif yakıt kaynaklarının taşıt sistemlerine optimizasyonu ile ilgili öğrenilecek daha pek çok bilinmeyen vardır. Benzinli taşıtların yanı sıra, etanol, metanol ve doğal gaz gibi alternatif yakıtların kullanımına başlanılmıştır.

3. YAKIT OLARAK BİYODİZEL

3.1 Biyodizel Nedir

Alternatif yakıt olarak üzerinde çalışmalar sürdürülen yakıtlardan biri de; biyodizeldir.

Biyodizel, bitkisel yağlı tohumlardan (kanola, keten, pamuk, soya fasulyesi, yer fıstığı, kolza, hindistan cevizi ve palmye bitkilerinden) , kullanılmış atık kızartma yağlarından, hayvansal yağlardan ve her türlü biyolojik kökenli yağlardan bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyon sonucunda oluşan ve yakıt olarak kullanılan yağ asidi metil esterlerdir[7].

Diğer bir ifade ile biyodizel, bitkisel yağ asidi esterlerinin metanol veya etanol gibi basit alkollerle belirli koşullar altında reaksiyona girmesi ile elde edilen mono alkil esterlerdir.

Biyodizel, biyoyakıtlar kapsamında olan, çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli sıvı haldeki bir alternatif yakıttır. Uygulamada, biyomotorin, yeşil enerji ya da halk deyişimiyle “yağ mazotu” isimleriyle de anılmaktadır[8].

Rudolph Dizel, 1893'te Almanya'da motorunun denemesini gerçekleştirmiş ve 1898'te Paris Dünya Fuarı'nda yer fıstığı yağını yakıt olarak kullanan motorunu sergilemiştir.

R.Dizel 1911'de “Bitkisel yağların motor yakıtı olarak kullanımının ülkelerin tarımının gelişiminin ciddi bir katkısı olacağını” ifade etmiş ve 1912'de “Bitkisel yağların motorlarda kullanımı günümüzde önemsiz görünebilir, ancak bitkisel yağlar zamanla petrol ve kömür katranı kadar önem kazanacak” demiştir[9].

Ancak petrolün o yıllarda yaygınlığı, ucuzluğu ve günümüzdeki gibi stratejik olmayışı nedeni ile bu uygulamadan vazgeçilmiştir. Biyodizel ise, ilk kez Güney Afrika'da 2. Dünya Savaşından önce büyük güçlü motorlarda kullanılmıştır[9].

Başlangıçta bitkisel yağların en az işlem ve hazırlıkla doğrudan kullanılabilceği düşünülse de motorlar üzerinde yapılmış ayrıntılı deneyler göstermiştir ki, tam yanmanın gerçekleşmemesinden dolayı pratikte pek çok problem oluşmaktadır. Bu problemlere örnek olarak, enjektör memesinde karbon birikimi, aşırı miktarda motor tortusu, yağlayıcı yağ seyrelmesi, piston segmanı yapışması, silindir gömleğinin aşınması ve hatta bitkisel yağın polimerleşmesinden dolayı yağlamada oluşan aksaklıklar verilebilir. Bunun yanı sıra soğukta ilk çalışma problemi, ateşleme kalitesinin ve ısı veriminin düşüklüğü gibi operasyonel faktörlerde bitkisel yağların, direk püskürtmeli dizel motorlarda ve özellikle bu operasyonel sorunların daha ciddi şekilde görüldüğü bölünmüş yanma odalı dizel motorlarda, doğrudan kullanılmasının önündeki en büyük engeldir [11].

İşte bütün bu sebeplerden dolayı bitkisel yağların yapısı, dizel yakıtı yakın olacak şekilde kimyasal değişikliğe uğratılmıştır. Üretim bölümünde bahsedilecek çeşitli işlemler sonucunda bitkisel yağlar kimyasal reaksiyonlar neticesinde esterleştirilmiş 'biyodizel' olarak anılan ve dizel motorda kullanıldığında bitkisel yağ kullanımının yol açtığı problemleri ciddi oranda azaltan alternatif yakıt elde edilmiştir.

3.2 Biyodizelin Özellikleri

Mevcut dizel yakıtına benzer özellikler gösteren biyodizel, dizel motorlarında bazı değişiklikler ve ayarlamalar yapılarak kullanılabilir. Biyodizel, direk olarak motorin yerine kullanılabilceği gibi, mevcut motorin yakıtıyla belli oranlarda karışım oluşturularak da kullanılabilir. Biyodizel yakıtı, petrol kökenli yakıtlara göre daha az emisyon üretir, kükürt içermez.

Dizel motorlarında hava-yakıt karışımı yanma odası içinde gerçekleştirilmekte, dolayısıyla karışım oluşturma yanma verimini ve motor performans parametrelerini etkileyen bir işlem olmaktadır. Biyodizelin içerdiği oksijen miktarı, motorinle karşılaştırıldığında %11 oranında daha fazla olduğu için biyodizel kullanımında karışım oluşumu daha iyi olmakta, bunun sonucunda egzoz emisyonlarında azalma görülmektedir[10]. Standartlara uygun biyodizelin diğer özellikleri aşağıdaki gibidir;

3.2.1 Yoğunluk

Bitkisel yağların yoğunluğu genellikle yağ çeşidine göre değişmesine rağmen $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ de $880\text{-}920\text{ kg/m}^3$ gelmektedir. Bu belirleme DIN normu DIN EN ISO 3675 veya DIN EN ISO 12185 standartlarına göre yapılmaktadır. Elde edilen biyodizelin yoğunluğu ise düşmekte ve motorin seviyesine inebilmektedir. Hidrokarbon zinciri

uzadıkça yoğunluk azalır, çift bağ sayısı arttıkça yoğunluk artar. Elde edilen biyodizel yoğunluğu fazla çıkması ortamdan gliserinin yeterince uzaklaştırılmadığının göstergesidir. Biyodizel, motorine oranla %10-15 daha az ısı değere sahiptir, fakat % 5-7 oranında daha fazla yoğundur. Düşük ısı değeri sonucu, motor gücü ve torkunda düşüş olmaktadır. Ancak yüksek yoğunluk nedeni ile güç kaybı azalmaktadır[12].

3.2.2 Parlama Noktası

Parlama noktası yakıtların risk sınıflamasında çok önemlidir. Taşıma ve depolama için parlama noktasının yüksek olması istenir. Dizel yakıtının parlama noktası 74 °C olmasına rağmen bitkisel yağların parlama noktası 300 °C'den yukarıda, biyodizelin parlama noktası ise 220 °C civarındadır. Parlama noktasının tespitinde DIN EN 22719 standardı uygulanmaktadır[12].

3.2.3 Kalori Değeri

Kalori değeri motorun optimum çalışması için önemlidir ve yakıt kalitesi kriteridir. Genellikle biyodizelin kalori değeri 35 mj/kg'dan daha büyüktür. Kalori değeri DIN 51900-3 test metoduna göre belirlenmektedir[12].

3.2.4 Kinematik Viskozite

Kinematik viskozite biyodizelin karakteristik özelliğidir. Yüksek viskozite yakıtın fakir atomizasyonuna, kötü yanmaya, enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikmesine ve yağlama yağının bozulmasına sebep olmaktadır. Yüksek viskozite pompalanabilmeyi ve enjektörlerin püskürtmesini azaltır. Viskozite sıcaklığa bağlıdır. Biyodizelin viskozite değeri 40 °C'de 3,5-6 mm²/s arasında değişmektedir. Hidrokarbonların zincir uzunluğu arttıkça viskozite artar, çift bağ sayısı arttıkça viskozite azalır. Yüksek viskozite çıkması transesterifikasyon işleminin başarı ile tamamlanamadığının göstergesidir[12].

Test metodu olarak DIN EN ISO 3104 uygulanmaktadır. Yüksek viskozite sorununu çözmek için iki temel strateji vardır;

- Motorun yakıtı uyarlanması: Bitkisel yağlı motorlar-stasyon motorlar
- Yakıtın motora uyarlanması: Biyodizel (Viskozite düşürülmesi)

3.2.5 Soğukta Akış Özelliği

Biyodizel motorinden daha yüksek akma noktasına sahiptir. Bu durum yakıtların soğukta kullanımında problem çıkarmaktadır. Doymuş hidrokarbonların CP, CFPP, PP değerleri yüksektir. Yüksek sıcaklıklarda kristalize olurlar.

Hayvansal ve kızartma yağların doymuş hidrokarbon sayısı fazladır.

Soğuk akış özelliği iyi olmayan yakıt kullanımı motorun yakıt besleme elemanlarına hasar verir. Ayrıca motorda ilk hareket problemleri oluşur[12].

3.2.6 Setan Sayısı

Dizel yakıtlarının tutuşma özelliğini belirtir. Yüksek setan sayısı tutuşma gecikmesi süresini azaltır. Uzun düz zincirli doymuş hidrokarbonların setan sayısı yüksektir. Kendi kendine tutuşma sıcaklığı yüksek olan yakıtlar dizel vuruntusuna daha fazla eğilimlidir. Setan sayısı hidrokarbonların uzunluğu arttıkça artar, çift bağ sayısı arttıkça azalır. Orta veya uzun zincirli doymuş hidrokarbonların setan sayıları yüksektir (palm ve don yağı) Soya ve ayçiçeği yağının doymamışlığı yüksek olup setan sayıları düşüktür. Oksidasyon sonucu oluşan peroksitler setan sayısını artırır. EN 14214 standardında minumum setan sayısı 51'dir[13].

3.2.7 Isıl Değer

Yakıtın birim kütlesi/hacmi başına alınan enerji miktarını belirler. Ağırlık sınırlaması olan araçlar için bu değer çok önemlidir. Doymuş hidrokarbonların zincir uzunluğu arttıkça ısı değer artar (palm yağı). Doymamışlık arttıkça (hidrojen sayısı azaldıkça) ısı değer azalır[13].

Biyodizelin ısı değeri oksijen içeriğinden dolayı (yaklaşık %11) fosil dizel yakıtına göre daha düşüktür.[Kanola (%13 kütle, %8 hacimsel-biyodizelin yoğunluğu yüksek)] Aynı motor çalışma şartları altında biyodizelin güç ve torku daha düşüktür. Enjeksiyon hacmi artarsa aynı motor performansı elde edilebilir. Ancak yakıt sarfiyatı artar.

3.2.8 Yağlayıcılık

Motor elemanlarının (piston-segman bölgeleri, yakıt pompaları, enjektörler vb.) sürtünme ve aşınma problemlerinin giderilmesi için yağlamaya ihtiyacı vardır.

Günümüz fosil dizel yakıtlarındaki kükürt miktarı oldukça düşürülmüştür.

Kükürt miktarı düşürülmüş dizel yakıtları için yağlama özelliğini arttıran katkıları kullanılmaktadır. Ancak katkı miktarı arttığında yakıt besleme elemanlarında tortular oluşmaktadır.

Biyodizelin yağlayıcılık özelliği çok iyidir.

Bazı çalışmalarda % 0.15-0.50 (hac/hac) biyodizel eklenmesi ile kükürtsüz fosil dizel yakıtı için aşınma izi standartta belirtilen 460 mikrometre değerinin altında kalmıştır[13].

3.2.9 Karbon Artığı

Oksijensiz ortamda bir yüzeyde yakıtın yanması simüle edilerek DIN EN ISO 10370 test metoduna göre karbon artığı belirlenmektedir. Karbon artığı enjektör deliklerinde veya yanma odasında karbon birikmesine sebep olmaktadır. Denemeler, biyodizelin pratikte yok denecek kadar az karbon artığı bıraktığı ve maksimum değer kütlenin % 0,4'ü kadar olduğunu göstermiştir[12].

3.2.10 İyot Sayısı

İyot sayısı bitkisel yağların özelliği ve çift bağ sayısına göre değişmektedir. Yüksek iyot sayılı yakıtlar enjektör deliklerinde tıkanmalara veya yanma odasında hasar meydana gelmesine sebep olmaktadır[12].

3.2.11 Kükürt İçeriği

Bitkisel yağların kullanılması durumunda dizel yakıtıyla karşılaştırıldığı zaman kükürt miktarlarında azalma olduğu görülür.

3.2.12 Su İçeriği

Bitkisel yağlar temelde su içermezler. Ancak bitkisel yağların üretimi ve depolanması esnasında karışabilmektedir. Yakıtların belli oranda su içermesi motor için bir dezavantaj değildir. Su/yakıt emülsiyon oranının uygun olması durumunda

yanma sıcaklığını ve NO_x emisyonlarını azaltabilir. Ancak yüksek basınçlı enjeksiyon sistemlerinde su yakıttan ayrılarak enjektör sisteminde çürümelere sebep olabilir.

3.2.13 Oksidasyon Kararlılığı

Biyodizelin kimyasal yapısı itibari ile oksidasyon kararlılığı fosil dizel yakıtına göre çok daha düşüktür. Özellikle çoklu doymamış yağ asitleri oksidasyon kararlılığı açısından düşüktür (ayçiçeği yağında linoleik ve linolenik asit fazla). Doymuş yağ asitlerinin oksidasyon kararlılığı yüksektir (palm yağı). Oksidasyon kararlılığı ham yağın tokoferol ve karoten (antioksidan) içeriğine de bağlıdır. Antioksidan katkıları kullanılır.

3.2.14 Yağlama Yağının Seyrelmesi

Biyodizelin dizel motorlarında kullanımında ortaya çıkan olumsuzluklardan biri, yağlama yağının seyrelmesidir. Motor yağı ve biyodizelin motor içindeki direkt ilişkisi, yakıt enjeksiyon pompasında ve silindir içerisindeki yakıt enjeksiyonu yanma işlemi süresince olmaktadır. Araştırmalar yağlama yağı seyrelmesinin %4-5 oranında olduğunu göstermiştir[14]

Yağ seyrelmesi motor yastının büyüklüğü ile veya motorun çalışma süresinin fazlalığı ile artış gösterir. Piston-silindir arasındaki aşınma ve yağ boşluğunun artması ile daha fazla yakıt yağlama yağına karışır ve sonuçta yağı bozar. Motorin kullanımında, yağlama yağına karışan yakıtın büyük kısmı kısa sürede buharlaşırken, biyodizel kullanımında, yakıtı oluşturan ester moleküllerinin kaynama noktaları birbirine yakın olduğu için buharlaşma olmaz ve motor yağı kısa sürede bozulur.

3.2.15 Toksik Etkisi

Biyomotorinin olumsuz bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Biyomotorin için ağızdan alınmada öldürücü doz 17,4 g biyomotorin/kg vücut ağırlığı şeklindedir. Sofra tuzu için bu değer 1.75 g tuz/kg vücut ağırlığı olup, tuz biyomotorinden 10 kat daha yüksek öldürücü etkiye sahiptir. İnsanlar üzerinde yapılan elle temas testleri biyomotorinin ciltte %4'lük sabun çözeltisinden daha az toksik etkisi olduğunu göstermiştir. Biyomotorin toksik olmamasına karşın, biyomotorin ve biyomotorin-motorin karışımlarının kullanımında motorin için zorunlu olan standart koşulların (göz koruyucular, havalandırma sistemi v.b.) kullanılması önerilmektedir[7].

3.2.16 Biyobozunabilirlik

Biyomotorini oluşturan C16-C18 metil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozunur, 10 000 mg/l'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suya bırakıldığında biyomotorinin 28 günde %95'i, motorinin ise %40'ı bozunabilmektedir. Biyomotorinin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir.[7]. Biyodizelin özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Biyodizel Özelliklerinin Dizel Yakıt İle Karşılaştırılması

	FOSİL DİZEL (EN590)	BİYODİZEL (EN14214)
Yoğunluk(Kg/M3) 15c	820-845	860-900
Viskozite(Mm2/S) 40co	2.0-4.5	3.5-5.0
Parlama Noktası	> 55	>=120
Yağlayıcılık	<=460	-
Su İçeriği	<=200	<=500
Setan Sayısı	>=51	>=51
Oksidasyon Stabilitesi	-	>=6
İyot Sayısı	-	<=120

Yukarıda anlatılan özelliklerin yanında, biyodizelin elde edilmesinde, temel madde olarak zirai ürünler kullanıldığı için, birçok ülke tarafından yerli kaynaklarla üretilir. Anlatılanlar ışığında, aşağıda sıralanan sebepler nedeni ile biyodizel önem kazanmaktadır;

- Fosil yakıtların tükeniyor olması ve bu nedenle petrol fiyatlarının giderek yükselmesi
- Fosil yakıtların kullanımından doğan büyük çevre zararları ve bunların telafisi için ülkelerin enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve enerjide dışa bağımlılıktan kurtulabilme strateji ve çabaları,
- Savaş ve zorunlu hallerde stratejik yakıt olma özelliği,
- Tarım ürünlerinin sanayiye entegrasyonunu sağlayarak ülkelerin tarımsal kalkınmasını çarpan etkisiyle hızlandırması,

- Motorlar üzerinde sağladığı avantajlar; setan sayısının petrol dizeline göre yüksek oluşu, yağlayıcılık özelliği nedeniyle motorlara yanma ve kullanım açısından sağladığı faydalar,
- Küçük (evsel) ve sanayi tipi üretiminin ekonomik uygulanabilirliği,
- Parlama noktası petrodizele göre daha yüksektir. Bu sebeple taşıma ve depolanması itibarıyla dünya standartlarında “Tehlikeli Madde” kapsamında yer almaması, güvenli yakıt kabul edilmesi.
- Biyodizelin motorda kullanımında herhangi bir değişikliğe ihtiyacı olmaması, biyodizelin üstünlükleridir.

Bu üstünlüklere rağmen biyodizelin sakıncalı yönleri de vardır. Bunlar;

- Isıl değeri petrodizele göre düşüktür. Bu durum motordaki yanma sonucunda bir miktar güç düşmesine yol açar
- Soğuk hava şartlarından petrodizele göre daha çabuk etkilenir. Bu durum biyodizelin soğuk iklim bölgelerinde kullanımını sınırlandırır. Bunu aşabilmek için B20 kullanım formu tercih edilmektedir.
- Azot oksit emisyonu petrodizele göre biraz daha yüksektir. Ancak bu sorun yanma sıcaklığını azaltarak aşılabılır[4].
- Yağlama yağının seyrelemesine neden olmaktadır.

3.3 Biyodizel Emisyonları

Biyodizel, emisyon sonuçları ve insan sağlığına olası etkileri eksiksiz olarak yayınlanmış ve Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı'na (U.S **Enviromental Protection Agency-EPA**) gönderilmiş ilk ve tek alternatif yakıttır. EPA'nın yakıt yada yakıt katkı maddelerine sertifika verdiği bu program çok sıkı emisyon programları içermektedir. Sonuçlar Tablo 3.2'de verilmiştir[15].

Tablo 3.2 Biyodizel Emisyon Değerleri

Emisyon Tipi	B100	B20
Regüle Edilmiş		
Toplam Yanmamış Hidrokarbonlar	- %67	- % 20
CO	- %48	-% 12
Partikül Madde	-%47	- % 12
NO,	+ % 10.	+ % 2
Regüle Edilmemiş		
Sülfat	-% 100	-%20
PAH	- % 80	- % 13
NPAH	- % 90	- % 50

Bu tablodaki sonuçlara göre;

- Biyodizel kullanımı ile toplam hidrokarbon (yerel olarak sis ve ozon oluşumuna katkı yapan faktörlerden biri) miktarı, dizel kullanılması ile ortaya çıkan miktardan %50 daha düşüktür.
- Kükürt emisyonları, saf biyodizel kullanımıyla neredeyse tamamen yok edilmektedirler. Kükürt oksitlerin ve sülfatların (asit yağmurlarının ana bileşeni) egzoz emisyonları, standart dizele kıyasla, biyodizel kullanımı ile önemli miktarda yok edilmektedirler.
- Testler göstermiştir ki, biyodizelin, dizel motorlarda kullanımı ile yanmamış hidrokarbon, karbon monoksit, ve partikül madde miktarında önemli düşüşler elde edilmiştir. Azot oksitlerin emisyonları aynı veya biraz artmıştır
- Karbonmonoksitin (zehirli bir gaz) egzoz emisyonları, biyodizel kullanımı ile dizel kullanımına kıyasla %48 oranında azalmıştır.

- Partikül maddeleri solumak insan sağığı için son derece zararlıdır. Biyodizel kullanımı ile dizel kullanımına kıyasla, partikül madde miktarında %47 oranında bir azalma görülmüştür.
- Biyodizel kullanımı ile toplam hidrokarbon (yerel olarak sis ve ozon oluşumuna katkı yapan faktörlerden biri) miktarı, dizel kullanılması ile ortaya çıkan miktardan %67 daha düşüktür.
- NO_x emisyonları (yerel olarak sis ve ozon oluşumuna katkı yapan faktörlerden biri), biyodizel kullanımı ile motor tipine ve test prosedürüne bağılı olarak azalır veya artar. Fakat biyodizelin kükürt içermemesi standart dizel ile kullanılamayan NO_x kontrol tekniklerinin biyodizel ile kullanılabilmesini sağılar. Bu sebeple biyodizelin NO_x emisyonu efektif bir şekilde kontrol ve yok edilebilir.

3.4 Biyodizelin Malzeme Uyumu:

Biyodizel orta sınıf bir çözücüdür. Boyanmış yüzeyler ile temas ettiğinde bazı boyaları çözebilmektedir. Biyodizelin çözücü özelliğinden dolayı daha önceden dizel yakıtından kaynaklanan sediment ve tortuları çözerek yakıt filtresinin hatta enjektörlerin tıkanmasına sebep olabilir. Biyodizel yakıt deposuna konulmadan önce yakıt deposunun içi temizlenmelidir.

Biyodizelin oksidasyonu sonucu organik asitler veya polimerler oluşmaktadır.

Oluşan asitler aşağıdaki malzemelere etki eder;

Bakır, pirinç, bronz ve diğler bakır alaşımları, çinko, çinko alaşımları, çinko-fosfat yüzeyler, kurşun, bronz içinde kurşun (alaşım olarak)

Oluşan korozyonun aşağıdaki şekilde etkileri olur;

- Enjektör meme koklaşması
- Yüzeylerin zayıflaması
- Korozyon iyonlarından çözünemeyen sabunların oluşması (bu da tortu oluşumuna ve hareketli elemanların yapışmasına yol açar)

Bakır borular, pirinç regülatörler ve bakır rekorlarda kurşun ve çinko kaplamalardan kaçınılmalıdır. Yakıt veya rekorlar renk değıştirmeye meyleder ve tortu meydana

gelerek filtreye ulaşır. Zarar görmüş parça çelik veya alüminyum olanı ile değiştirtmelidir[16]. Tablo 3.3’de malzemelerin etkilenme durumu verilmiştir[4].

Tablo 3.3 Biyodizelin Malzemelere Etkisi

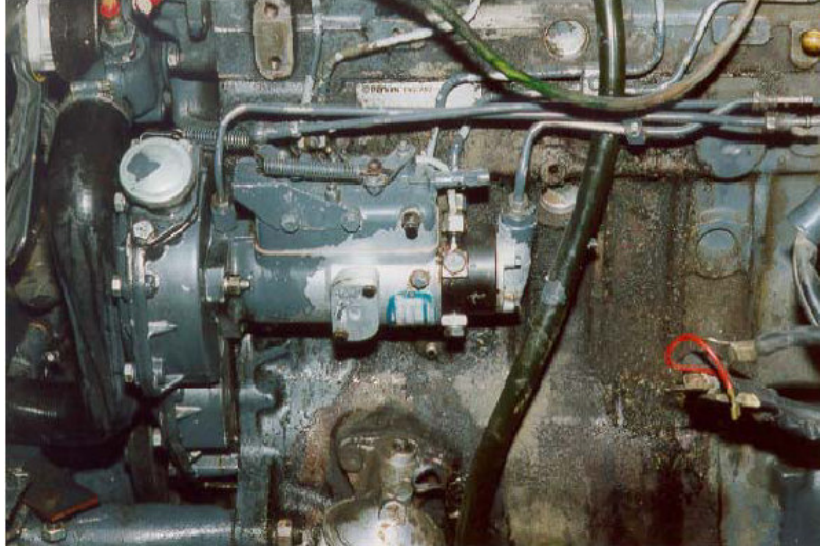
MALZEME	KARISIM (%)	ETKİNİN DİZEL YAKIT İLE KARŞILAŞTIRILMASI
Teflon	B100	Çok az değişme
Naylon	B100	Çok az değişme
Nitril	B100	%20 Sertleşmede Azalma,%18 şişme artışı
Viton A401-C	B100	Çok az değişme
Flurosilikon	B100	%7 Şişme artışı
Poliüretan	B100	%6 Şişme artışı
Polipropilen	B100	%10 Sertlikte azalma,%8 şişme artışı
Tygon	B100	Kötü
Polivinil	B100	Çok kötü
Polivinil	B50	Kötü
Polivinil	B40	Kötü
Polivinil	B30	Kötü
Polivinil	B20	Benzer

Biyodizelin, dizel yakıtı alternatifi olarak kullanılması durumunda çeşitli metal, kauçuk ve plastik parçalar üzerindeki korozyon etkisi de bazı araştırmacılarca incelenmiştir. ABD-Pretoria Üniversitesin de ayçiçeği ester ürünlerinin muhtelif maddeler üzerindeki korozyon etkisinin araştırıldığı bir çalışmada çelik, pik demir, alüminyum, pirinç, bakır, galvanizli çelik ve paslanmaz çelik gibi metallerdeki korozyona bağlı kütle kaybının 1 mikrometre/yıl olduğu belirlenmiştir. Ayrıca püskürtme pompası ve kontrol bağlantıları üzerinde yapılan incelemelerde de korozyona ait hiçbir belirtiye rastlanmadığı belirtilmiştir.

Ayçiçeği yağı metil esteriyile gerçekleştirilen bir başka motor performansı çalışması sonunda metal parçalarda korozyona rastlanmadığı, ancak tüm plastik aksamın sertleşme eğilimi ve mukavemette düşme gösterdiği bildirilmektedir. Ester yakıtın tüm kauçuk parçalarda tahrip edici özellik gösterdiği, viton A kauçuğun

konstrüksiyon açısından en uygun kauçuk olduğu belirtilmektedir[4]. Ester yakıtların uzun süreli temas sonucunda boyalar üzerinde çözücü etkisi yaptığı bunun göz önünde tutularak gerekli aksama dayanıklı boya uygulamasının yararlı olacağı vurgulanmaktadır[13].

Sekil 3.1 de biyodizel kullanımının motora etkisi görülmektedir[13].



Displace of
paint from
Biodiesel
drop down

Source:
Diplomarbeit
Mandel, 2005

Şekil 3.1 Biyodizel Çözücülüğünün, Motora Etkisi

3.5 Biyodizelin Depolanması

Biyodizelin depolanmasında herhangi bir sorun yoktur. Biyodizel soğuk iklim şartlarında depolama kurallarına uymak şartı ile en az 1 yıl süre ile depolanabilir. Depolama için petro-dizelin depolandığı tanklar ve ortamlar kullanılabilir. Uzun süreli depolanmış biyodizelin kullanımından önce PH' sı test edilmelidir. Yine aynı şekilde uzun süre beklemiş biyodizelin kullanımından önce özgül ağırlığının 0,9'u aşıp aşmadığı belirlenmelidir. Biyodizel tankları mümkün ise tamamen dolu tutulmalıdır. Bunu yapmaktaki amaç biyodizel ile havanın temasını en aza indirmektir. Eğer biyodizel nemli ve ılık iklimde depolanacak ise biyodizel depo tanklarına katkı maddesi ilave etmek gerekir. biyosit olarak adlandırılan ve sıvı halde zehir olan bu madde, depo içerisindeki mikroorganizmaları yok etmekte kullanılır. Yakıt tankının içerisine ilave edilecek olan biyosit miktarı 50-60 g'dır[4].

3.6 Biyodizelin Kullanım Yöntemleri

Biyodizelin yakıt olarak kullanımında üç tur uygulama yapılmaktadır;

1. %100 biyodizel
2. Sınırlı oranda biyodizel (B20-B30)
3. Karışım içinde çok az biyodizel (B5)

Biyomotorin için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ile ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir. Ülkemizde EN 14214 Standardı temel alınarak TSE Standardı hazırlanmıştır.

3.7 Biyodizelin Diğer Kullanım Alanları

Biyodizelin motor yakıtı olarak kullanımı dışında başka kullanım alanları da vardır. Bunların başlıcaları;

- Soba, fener ve diğer ısıtıcılarda
- Kalorifer kazanlarında
- Makine yağlayıcısı olarak
- Jeneratör yakıtı olarak

3.8 Biyodizelin Çevresel Özellikleri

Fosil yakıtların ekonomiler üzerinde oluşturduğu baskı ve olumsuz etkilerin yanında bir büyük problem de fosil esaslı yakıtların sebebiyet verdiği küresel ısınmadır. İçten yanmalı motorlarla her yıl 420 milyon ton CO₂ atmosfere gönderilmektedir. Yeryüzünde aşırı ısınmaya yol açan sera etkisine neden olmaktadır. Oysa Biyodizelin yanması sonucu ortaya çıkan CO₂ bitkiler tarafından tutulur, karbon ve oksijen ayrılarak oksijen tekrar atmosfere salınır. Yani Biyodizel, hammaddesi olan bitkilerce doğal bir yutaktır.

Biyodizel kullanımında CO emisyonu %50, partikül madde %30 azalmaktadır. Biyodizel kullanımıyla asit yağmurlarının ana nedeni olan egzoz emisyonundaki SO ve sülfatlar tamamen ortadan kalkmaktadır. Yine insan sağlığı üzerine önemli bir tehdit olan aldehit bileşikleri petrodizele göre %30, yerleşim alanları üzerinde duman oluşumuna neden olan hidrokarbon emisyonları %95 azalmaktadır. Yine aromatik bileşenlerin egzoz emisyonları (PAH, NPAH) azalmaktadır. Biyodizelin petrodizele göre gen mutasyonu üzerindeki etkisi önemli oranda azdır.

Biyodizel biyolojik olarak bozunabilir. Biyodizeli oluşturan C16 – C18 metil esterleri doğada hızla parçalanıp bozunur. Biyodizelin suya karışması halinde 28 günde %95 tamamen bozunurken, petrodizelin yalnızca %40'ı bozunabilmekte kalan % 60 ise yıllarca bozunmamaktadır.

Biyodizelin olumsuz bir toksik özelliği bulunmamaktadır. Ağızdan alındığında sofratuzu Biyodizelden 10 kat daha yüksek öldürücü etkiye sahiptir. İnsanlar üzerinde yapılan elle temas testleri Biyodizelin ciltte %4'lük sabun çözeltisinden daha az toksik etkisi olduğunu göstermiştir. Biyodizelin sudaki canlılara karşıda herhangi bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Buna karşılık 1 litre ham petrol 1 Milyon Litre suya toksik etkide bulunur.

Çevre Koruma Ajansı (EPA) petrodizel kaynaklı egzoz emisyonlarının akciğer kanserine sebebiyet verdiği, her yıl çocuklarda 17,600 akut, 5500 kronik bronşite sebebiyet verdiği, Biyodizel in her yıl 360,000 kişiyi astım krizinden koruyacağı ve 1,5 milyon iş günü kaybını önleyeceğini belirtmektedir[4,8].

3.9 Biyodizelin Tarımsal Özellikleri

Biyodizel kullanımı,

Tarımsal üretimde çeşitliliği sağlayarak ekolojiye olumlu katkıda bulunması ve sürdürülebilir tarımsal yapı oluşturması,

Organik tarımın gelişimini desteklemesi,

Yağ bitkileri tarımını yaygınlaştırarak aynı zamanda gıdadaki yağ açığını kapatması,

Ekim nöbetini yaygınlaştırarak toprak verimliliğini artırması ve polikültür tarıma imkan sağlaması,

Çiftçilerin en büyük gideri enerji ihtiyacını kendisinin üretmesini sağlaması ve “Enerji Tarımı” kültürünü oluşturması,

Yağlık tohumun yağlık çekirdeklerinin dışındaki kısmı ve Biyoyakıt üretiminden geriye kalan organik karakterli atıkların hayvan yemi olarak kullanımı ile hayvancılığın gelişiminin temini,

Tarımsal ürünlerin sanayi ve enerjiye entegrasyonu ile sözleşmeli tarıma yol açması özellikleriyle ülkelerin tarımlarında çarpan etkisi yaratmıştır[23,24].

4. BİYODİZEL ÜRETİMİ

4.1 Biyodizel Kaynakları

Biyodizelin yağ bitkilerinden, hayvansal yağlardan, kullanılmış atık kızartma yağlarından ve alglerden üretildiği bilinmektedir. Bu kaynaklar içerisinde en büyük pay yağ bitkileridir.

Tablo 4.1’de bazı bitkisel yağların, karbon, hidrojen, oksijen ve ısıl değerleri verilerek dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Tabloya göre bitkisel yağların karbon ve hidrojen değeri dizel yakıtına yakın, oksijen değerleri ise daha yüksektir.

Tablo 4.1 Bitkisel Yağlar ve Dizel Yakıtın Hidrojen, Oksijen, Isıl Değer Tablosu

	Birim	Dizel	Kolza	Soya	Ayçiçeği
Karbon	%	86	77.7	77.8	77.6
Hidrojen	%	13	12	11.8	11.7
Oksijen	%	0.4	10.9	10.7	11.1
Kükürt	%	0.3	-	-	-
Isıl Değeri	MJ/KG	41.6-45.2	35.8-32.9	36.1-33.2	36.2-33.3

Bitkisel yağların doğrudan dizel yakıtı olarak kullanılmalarını olumsuz yönde etkileyen başlıca faktör yüksek viskoziteleridir. Modern dizel motorlarının enjeksiyon sistemleri, viskozite değişimlerine karşı hassasiyet gösterirler. Yüksek viskozite, yakıtın yanma odasındaki atomizasyonunu bozmakta, damlacık boyutundaki büyüme tam yanmayı önlemektedir. Tam yanmanın olmaması, yanma odasında birikmelere, enjektörlerde karbon birikimine ve tıkanmalara ayrıca yağlama yağına karışmaya neden olmakta ve yağlama yağında kalınlaşma ile jelleşme görülmektedir[17]. Bitkisel yağların çoğu trigliserittir. Kimyasal olarak trigliseritler

gliserollü çeşitli yağ asitlerinin triaklgliceril esterleridir. Trigliceritlerin (veya yağ asitlerinin) yakıt için en çok rastlanılan türevi metil esterlerdir- Bunlar trigliceritlerin metanolle genellikle bazik bir katalizör varlığında metil ester ve gliserol vermek üzere transesterifikasyonuyla oluşur. Etil, propil ve bütül gibi diğer alkoller de ester oluşturmak üzere kullanılmışlardır. Biyodizelde kullanılan yağ asitlerinin yapısal formülleri Tablo 4.2’de verilmiştir [9].

Tablo 4.2 Biyodizelin İçindeki Yağ Asitlerinin Kimyasal Yapısı

Yağ Asiti	Karbon&Çift Bağ Sayısı	Kimyasal Yapı (= çift bağ)
Kaprilik	C8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
Kiprik	C10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
Defne	C12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
Muristik	C14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
Palmitik	C16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
Palmitoiei	C16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$
Stirik	C18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
Oleik	C18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Linoleik	C18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
Linolenik	C18:3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
Arachidik	C20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Eicosenoik	C20:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
Behenik	C22:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$
Eurcik	C22:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$

Tablo 4.3 Yağ Asitlerinin Yağ Kaynaklarındaki Ağırlık Yüzdesi

Yağ Asidi	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:1	C18:2	C20:0 C22:0	C20:1 C22:1
Donyağı	-	-	0.2	2-3	25-30	2-3	39-42	2	0.4-1	0.3
Domuz Yağı	-	-	-	1	25-30	2-5	41-51	4-22	-	2-3
Hindistan Cevizi	5-9	4-10	44-51	13-18	7-10	-	5-8	1-3	-	-
Palmiye Çekirdeği	2-4	3-7	45-52	14-19	6-9	0-1	10-18	1-2	1-2	-
Palmiye	-	-		1-6	32-47		40-52	2-1	-	-
Yabani Safran	-		-	-	5.2	-	76,3	16.2	.	-
Yerfıstığı	-	-	-	0.5	6-11	1-2	39-66	17-38	5-10	-
Pamuk Tohumu	-	-	-	0-3	17-23	.	23-41	34-55	-	2-3
Mısır	-	-	-	0-2	8-10	1-2	30-50	34-56	-	0-2
Ayçiçeği	-		-		6.0		18.7	69.3	1.4	
Soya Fasulyesi			-	0.3	7-11	0-1	22-34	50-60	5-10	
Kolza	-	-		-	2-5	0.2	10-15	10-20	9	50-60
Keten Tohumu	-	-		0.2	5-9	-	9-29	8-29	-	-
Hardal	-	-	-		3.0		15-60	12	-	10-60

Tabloda görüldüğü gibi fındık yağının oleik asit miktarı 71-85 gibi bir rakamla oldukça zengindir ve linoleik asit miktarı 7-22 olan bir yağdır. Yine zeytinyağı ve

aspir yağlarının oleik-asit miktarı yüksektir. Araştırma ve uygulamalar; kimyasal yapı olarak uzun, dallanmış ve tek çift bağlı yağ asitlerini içeren yağların uygun dizel alternatifi olduğunu ve artan doymamışlık derecesinin setan sayısını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu durum oleikasitçe zengin yağları ön plana çıkarmaktadır.

Yüksek oleik asitli bitkisel yağlarda oksitlenme direnci daha iyidir. Her bir yağda yağ asidi zincirinin farklı tiplerinin oranı olarak yaygın bitkisel yağların kompozisyonu değişir. Bu zincirlerin oranları her bir akışkanın fiziksel özellikleri için anahtardır. Mono doymamış zincirler oksitlenme direnci için iyidir. Polidoymamış zincirler fakir oksitlenme direnci verir, fakat düşük sıcaklıkta davranış özelliğini iyileştirmektedir. Doymuş yağ asidi zincirinin düşük sıcaklık direnci çok azdır. Bu yüzden istenen yağ çoğunlukla mono doymamış ve polidoymamış zincirler ve minimum doymuş zincirlerin karışımına sahip olacaktır. Kanola % 58 monodoymamış % 36 polidoymamış ve % 6 doymuş zincire sahip bu tipte bir yağdır. Bunlar yağa kabul edilebilir oksitlenme direnci ve düşük sıcaklık performansı sağlarlar. Soya yağı aksine diğer mevcut yağlara göre önemli derecede daha az oksitlenme direnci sağlayan % 61 lif polidoymamış zincire sahiptir

Yüksek oleik asitli ayçiçeği yağı gibi bir yağ, oksitlenme direncini artırmak için kullanılabilir. Yüksek oleik asitli ayçiçeği yağı, kanola yağından daha çok oksitlenme direncine sahiptir. Yağ hammaddeleri yağda bozulmayı başlatıcı etkenler yanında bozulma tepkimelerini önleyici veya yavaşlatıcı bileşenleri de içerirler. Hava oksijeni gibi dış etkenler nedeni ile yağda oksidasyon oluşumunu engelleyen bu maddeler doğal antioksidasyonlar olarak bilinirler. Oksidatif reaksiyonlarda bünyeye giren oksijen ana unsurlarla reaksiyona girmeden antioksidanlara bağlanarak bozulma engellenmiş olur. Bitkisel yağlarda en yaygın olarak bulunan antioksidan tokoferollerdir. Fındık yağında da oleik yağ asidi miktarı yüksektir. Ayrıca içerisinde bulunan yüksek miktardaki tokoferol maddesi uzun süre depolanmasına imkan sağlar.

Biyodizelin üretilebileceği dünyanın farklı toprak ve iklim şartlarında yetiştirilebilen 50 nin üzerinde yağ bitkisi vardır. Bunlardan bir kısmı Tablo 4.4 da görülmektedir.

Tablo 4.4 Biyodizel Hammadde Kaynakları

Yağ Bitkisinin Adı	Yağ miktarı (kg/ha)	Yağ içeriği (%)
Mısır	145	5-6
Mahun Cevizi	148	38-46
Palm	189	50
Termiye	195	6-9
Pamuk	273	20
Kenevir	305	30-35
Soya	375	17-26
Keten	402	38
Fındık	405	65-75
Bezir Yağı	442	49-51
Bal Kabağı	449	24-30
Hardal	481	27-35
Susam	585	50
Aspir	655	25-37
Ayçiçeği	800	35-40
Kakao	863	50
Yer Fıstığı	890	36-50
Haşhaş	978	40-50
Kanola	1000	33-40
Zeytin	1019	35-70
Zencibar	1119	35-38
Badem	1125	25-50
Jajoba	1528	48-52
Ceviz	4500	60

Biyodizel hammadde kaynak secimi;

- Ülkeye
- İklim şartlarına (İklimsel alanda elde edilebilirliği)
- Yüksek tohum elde etme oranı (kullanılan alan başına elde edilen tohum miktarı)

- İşlenebilirliği
- Yağ asidi kompozisyonuna
- Düşük miktarda serbest asit miktarı ‘ na bağlıdır.

En fazla kullanılan hammadde kaynakları ve özellikleri aşağıda anlatılmıştır, Tablo 4.5 de bitkisel yağların yağ asidi profili verilmiştir.

Tablo 4.5 Bitkisel Yağların Yağ Asidi Profili

Özellik	Kanola	Soya	Ayçiçeği	Palm Yağı
Doymuş Yağ Asidi	5,2%	15%	10.8%	43...55%
C18:1	60.3 %	23 %	19.4 %	37 %
C18:2	19.6 %	54 %	67.2 %	9.5 %
C18:3	10.7 %	8 %	2 %	0.5 %
Serbest Yağ Asidi	Maks 2%	Maks 2 %	Maks 2 %	9 % ye kadar
Diğer Bileşenler	Fosfolipit	Lecithine	Vaks içerikleri	C12 ve C14 asitleri,

4.1.1 Kanola

Kanola, tohumu ve yağı için üretilen bir bitkidir. Yağında erusik asit olanlar , insan beslenmesinde kullanılmaktadır. Başta Almanya ve Fransa olmak üzere çoğu AB ülkelerinde kullanılmaktadır.

Kanada ve Almanya gibi ülkelerde, margarinin temel elemanı kanola olmuştur. Kanola küspesinde % 30'un üzerinde protein vardır ve bu nedenle iyi bir hayvan yemidir.

Avrupa'da 13'ncü yüzyılda tarımının yapıldığı ve petrol yağları bulununcaya kadar aydınlatma ve sabun üretiminde kullanıldığı bilinmektedir. Kanolanın geniş alanlarda tarımı, Avrupa'da 17. yy. sonlarında başlamıştır. Günümüzün en büyük Kanola yetiştiricisi Kanada 1942 yılında kanola tarımına başlamıştır.

Ülkemizde ise azda olsa kanola tarımı özellikle Trakya da yer almıştır. 2002 yılı dünya kanola üretimi 32.550.024 ton iken ülkemizde 200 ton civarındadır.

Kanola hem yazlık hem de kışlık olarak yetiştirilebilen tek yıllık bir bitkidir. Kanolanın tohumlarının 1000 tanesinin ağırlığı 3-6 gr arasındadır. Kanola kışlık hububatın yetiştirildiği bütün iklim alanlarında yetiştirilebilir. Kışa çok dayanıklıdır. Toprak seçiciliği pek yoktur. Humuslu ve derin topraklar idealdir[4].

Kışlık kanolalar için ekim nöbetinde tahıl+kanola, yazlık kanolalar için nadas+kanola, baklagil+kanola ve buğdaygil+kanola sistemleri önerilmektedir. Ülkemiz şartlarında ekim zamanı kışlık ekim için Eylül ve Ekim, yazlık ekim için ise Mart, Nisan aylarıdır. Kanolanın toprak hazırlığı ekim, bakım ve hasat işleri klasik mekanizasyon araçları ile yapılabilir. Ekim derinliği 1.5-3 cm arasında değişir. Sıralar arası ise 40-50 cm dir. Kanola tohumları küremsi şekilli, kahverengi ve siyah renkte, %25-50 arasında yağ, %16-34 arasında ham protein ve %15-24 arasında da karbonhidrat içermektedir.

Diğer özellikleri;

- Mono doymamış hidrokarbon (oleik asit) içermektedir.
- Az miktarda doymuş ve çoklu doymamış hidrokarbon içermektedir.
- Yanma karakteristikleri iyidir.
- Oksidasyon kararlılığı iyidir
- Soğuk akış özellikleri iyidir[13].

4.1.2 Aspir

Yüksek oleik asit içeren aspir ülkemiz şartlarında tarımı yapılabilen biyodizel hammaddesi olabilecek bir bitkidir.

Aspir, genellikle 80–100 cm arasında boylanabilen, dikenli ve dikensiz formları olan sarı, kırmızı, turuncu, beyaz gibi değişik renklerde çiçeklere sahip tohumlarında %30 -45 arasında yağ bulunan, yazlık karakterde ve ortalama 130-150 gün civarında yetişebilen tek yıllık bir uzun gün yağ bitkisidir.

Aspir yağının en bariz özelliği, doymuş yağ asitleri oranının düşük, doymamış yağ asitleri oranının yüksek bulunması olup, yağ asitleri kompozisyonunda çok az veya hiç linolenik asit bulunmadığından renk koyuluğu görülmemekte bu özelliğiyle batılı ülkelerde margarin, mayonez ve salata yağı olarak tüketilmektedir. Yarı kuruyan yağlar grubunda yer alan aspir yağı, ayrıca boya, vernik, cila ve sabun yapımında da değerlendirilmektedir. Tıbbi olarak haricen ise romatizmal ağrılara karşı kullanılmaktadır. Çiçekleri içerdiği carthamin maddesinden dolayı ipliklerin kozmetiklerin alkolü ve alkolsüz içeceklerin boyanmasında kullanılmakta ve yöresel olarak renk vermek amacıyla yemeklere konulmaktadır.

Aspirden yağ çıkarıldıktan sonra geriye kalan küspe, çiftlik hayvanlarının yemlerine karıştırılarak kullanılabilir.

Aspirde ekim zamanı ilkbahardır. Soğuğa diğer yağ bitkilerinden daha dayanıklı olduğundan erken ekilebilmektedir. Erken ekim, yüksek verim sağlamaktadır. Özellikle, Orta Anadolu'da 15 Marttan sonra ekim işinde ne kadar geç kalınırsa tohum veriminin ve yağ oranının o kadar azaldığı belirlenmiştir. Ekimde genel olarak sıra arası 30–40 cm olmalı ve sıra üzeri 15–20 cm olarak ayarlanmalıdır.

Aspir kuvvetli kök yapısına sahiptir. Kurak bölgelerde yetiştirildiği zaman topraktaki sudan en iyi şekilde faydalanabilmektedir. Genelde fakir topraklara, diğer yağ bitkilerine kıyasla daha iyi uyum sağlamaktadır.

4.1.3 Palm Yağı

Dünyada yağ verimi en yüksek bitkidir. Palm yağı, pala ağacının meyvesinden iki yolla elde edilir. Meyvenin etinden elde edilen yağ, sabun, mum, margarin yapımında ve kızartma yağı olarak kullanılır. Meyvenin çekirdeğinden elde edilen yağ ise mayonez, kızartma yağı ve dondurma yapımında kullanılır. Yağ alındıktan sonra geriye kalan küspe hayvan yemi olarak değerlendirilir. Ülkemizde yetiştirilmeyen pala ağacı, Afrika da, Libya'dan Angolaya kadar geniş bir bölgeye yayılmıştır.

4.1.4 Ayçiçeği

İtalya, İspanya, Yunanistan gibi Güney Avrupa ülkelerinde (paçal olarak) kullanılmaktadır. Doymamış hidrokarbon oranı (linoleik asit) yüksektir. Bu nedenle oksidasyon kararlılığı düşüktür. Oksidasyon kararlılığını arttıran katkıları kullanılır.

4.2 Tohumlardan Yağ Elde Edilmesi:

Yağlı tohumlar ham yağa işlenmeden önce temizleme, tohumun nemlendirilmesi ve kavurma, kabuk kırma ve ayırma, pulcuk haline getirme gibi ön işlemlerden geçirilmelidir. Uygulanacak ön işlemler yağlı tohumun yapısal özelliklerine ve ham yağ üretiminde kullanılacak yöntemle göre değişmektedir[4].

Ön işlemlerden geçirilen yağlı tohumlardan ham yağ üretiminde, ham maddenin yağ içeriğine bağlı olarak mekanik presleme, solvent ekstraksiyonu ya da iki kademeli solvent ekstraksiyonu ve süperkritik sıvı ekstraksiyonu yöntemleri kullanılmaktadır.

Mekanik presleme işlemi, katı-sıvı faz ayrımı yöntemi olarak tanımlanabilir. Genellikle yağ oranı %20'nin üzerinde olan yağlı tohumlara mekanik ekstraksiyon uygulanır. Mekanik presleme sonucu, esas ürün olarak ham yağ, yan ürün olarak küspe elde edilmektedir.

Yakıt üretmek için tohumlardaki yağ değişik yöntemlerle çıkartılmaktadır. Bu yöntemlerden küçük ya da büyük kapasiteli olanları vardır.

Kullanılan preslerin çalışma prensibi açısından en yaygın olanı vidalı preslerdir. Elektrik motoru ile tahrik edilen bu tip preslerde materyal besleme miktarı saatte 4-8 kg, elde edilen yağ miktarı ise 0,25-2 litredir.

Vidalı preslerin endüstriyel amaçlı olanları da vardır. Bu presler elektrik motoru ya da dizel motor ile tahrik edilebilmektedir. Pistonlu presler ise çok daha büyük kapasitelere hizmet ederler. Presleme sonucunda elde edilen yağ, birkaç gün tankta bekletilerek, katı fazın tankın dibine çökmesi sağlanmalıdır. Daha sonra sıvı kısım filtre edilmelidir.

Solvent ekstraksiyonu; mekanik presleme yöntemi ile ham yağ üretiminde, özellikle tohumların yağ içerikleri azaldıkça verimi düşmekte ve alınamayan yağın tohumdaki toplam yağa oranı yükselmektedir. Bu nedenle yağ içeriği düşük tohumlarda solvent ekstraksiyonu yöntemi daha verimlidir.

Yağ oranı % 20 den yüksek yağlı tohumların ise ön presleme- solvent ekstraksiyonu ya da direk Solvent ekstraksiyonu ile ham yağa işlenmesi önerilmektedir.

Ön presleme- Solvent ekstraksiyonu yönteminde yağ oranı ilk kademede % 14 –20 değerine düşürülmekte kalan yağ ikinci kademede alınmaktadır.

Süperkritik sıvı ekstraksiyonu, son yıllarda önemli gelişmelerin kaydedildiği bir tekniktir. Yağ ekstraksiyonunda solvent olarak kullanılan hidrokarbonların insan ve çevre sağlığına olumsuz etkileri vardır. Yağlı tohumlardan yağın, kritik noktasının üzerindeki sıcaklık ve basınç değerlerinde solvent gibi davranan bir sıvı ile ekstraksiyonu sağlanabilmektedir. İşlem yüksek basınç altında gerçekleşmektedir. Sistemin kuruluş ve işletme maliyeti yüksektir.

4.3 Bitkisel Yağların Yakıtı Dönüştürülmesi İşlemleri

Bitkisel yağların enerji içerikleri, fosil kökenli dizel yakıtları ile hemen hemen aynıdır. Ancak dizel yakıtına göre viskozitesi 10-20 kat daha fazladır. Bu yüksek viskozite; enjektörlerde tıkanma, soğuk havalarda motorun ilk çalıştırılmasında problem ve motorun ömrünün kısalması gibi olumsuzluklar oluşturmaktadır. Bu sebeple, motorun bitkisel yağa uygun hale getirilmesi ya da yakıtın motora uygun hale getirilmesi gerekmektedir[17].

Direk püskürtmeli dizel motorlarda yarı rafine edilmiş yağlar, motorinle karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Bitkisel yağların, dizel motorlarda doğrudan kullanılabilmesi ancak bu amaç için tasarlanmış türbülans prensibiyle çalışan, özel yanma odalı motorlarda mümkündür. Deutz firması tarafından geliştirilmiş olan ön yanma odalı püskürtmeli ve türbülans prensibiyle çalışan motorlarda, saf bitkisel yağlar sorunsuz olarak kullanılmaktadır. Söz konusu motorlar, normal dizel motorlardan % 6 daha fazla yakıt tüketmekle beraber güçlü motorlardır.

Bitkisel yağlar, saf olarak direk püskürtmeli motorlarda kullanılamamaktadır. Çünkü kısa bir çalışma süresini müteakip, yağ bozulmakta ve uzun sürede motorun ilgili kısımlarında kalıntılar oluşmaktadır.

Direk püskürtmeli motorlarda, bitkisel yağların doğrudan yakıt olarak kullanılmasında ana sorun: enjektörler, yanma odası, piston ve supaplarda meydana gelen kalıntılardır. Bu kalıntılar, zamanla motorda güç kaybına ve arızalara sebep olmaktadır. Kalıntıların oluşmasının ana sebebi, bitkisel yağın viskozitesinin ve karbon içeriğinin, petrodizel ve biyodizele göre yüksek olmasıdır. Petrodizelde %

0,15 olan karbon artığı miktarı, kolza yağında %0,25 iken kolza biyodizeline bu değer %0,02 ye kadar inmektedir.

Uygulamada direkt püskürtmeli motorların yaygın olduğu düşünülürse, bitkisel yağların gerekli kimyasal işlemler uygulanmadan kullanılması uygun olmayacaktır. Kolza biyodizelinin yakıt olarak kullanıldığı tarım traktörü motorlarında yağlama yağının seyrelmesi sorunuyla karşılaşılabilir. Kolza biyodizelinin motor yağına geçmesi sonucunda, yağlama yetersiz hale gelmekte, piston üst düzeyi, segman ve supaplarda sakızlaşma meydana gelmektedir. Bu durum, kullanım süresi, motor tipi, yanma odasının yapısı, püskürtme paterni ve zamanına bağlıdır.

Özet olarak bitkisel yağların;

- viskozitesi (fosil dizel yakıtına göre yaklaşık 10-20 kat) yüksektir.

Bu nedenle silindirlerde yanma esnasında iyi bir atomizasyon gerçekleşmez ve tam olmayan yanma gerçekleşir.

- Parlama noktası çok yüksektir.
- Termal ve oksidasyon kararlılıkları düşüktür.
- Enjektör memelerinde tortular, yağlama yağının seyrelmesi ve piston segmanlarında yapışma gibi problemler oluşur.

Sonuç olarak uzun süre saf bitkisel yağ veya bitkisel yağ/fosil dizel yakıtı karışımı kullanımı dizel motorlarında özellikle yakıt besleme sistemlerinde hasarlar oluşur.

Bu nedenle bitkisel yağların direk kullanılması uygun değildir, izlenecek strateji ise;

motorun yakıtı uyarlanması: Bitkisel yağlı motorlar-stasyonel motorlar

yakıtın motora uyarlanması: biyodizel (viskozite düşürülmesi)

uygulamada normal dizel motoru kullanımı ağırlıkta olduğu için yapılması gereken ; yakıtın motora uyarlanmasıdır. Bu nedenle bitkisel yağların öncelikle yüksek viskozite problemi çözülmelidir. Bu amaçla uygulanan yöntemler;

- Seyreltme
- Mikroemülsiyon oluşturma
- Piroliz
- Süper kritik yöntem
- Transesterifikasyon

Seyreltme yönteminde bitkisel yağlar dizel yakıtı ile belli oranlarda karıştırılarak seyreltilmekte böylece viskozite değeri belli oranlarda düşürülmektedir.

Mikroemülsiyon oluşturma yöntemi;

Mikroemülsiyonlar oluşturmak bitkisel yağların viskozite problemini çözmek için mümkün olan yollardan birisidir. Bu yöntemde, bitkisel yağların metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkollerle mikroemülsiyonları oluşturularak viskoziteleri düşürülür. Mikroemülsiyon, transparan, içindeki dağılmış fazdaki partiküllerin çapı görünür ışığın dalga boyunun dörtte birinden az olan boyutları 1-150 nm. arasında olan optikçe izotropik sıvı mikroyapılarının termodinamik olarak dengeli koloidal denge dağılımı olup, normalde karışmayan iki sıvı ve bir veya daha fazla amfifilin bir araya gelmesi ile oluşur. Bu konuda yapılacak çalışmalarda kullanılacak yağ, alkol, amfifil sisteminde faz dengelerinin anlaşılabilme limitleri ve diğer fiziksel karakteristiklerinin geniş ölçüde incelenmesi gerekmektedir. Mikroemülsiyon bazlı yakıtlar, her ne kadar standart dizel yakıtın bitkisel yağlarla karışımları da hibrid yakıtlar olarak anılsa da bazen 'hibrid yakıtlar' olarak adlandırılabilir. Bu yakıtların bazısı 200 saatlik EMA testi de dahil pek çok teste tabi tutulmuşlardır. Soya fasulyesi yağı, metanol, 2-oktanol ve cetan artırıcı içeren bir mikroemülsiyon yakıt şimdiye kadar EMA testim geçen en ucuz bitkisel yağ bazlı alternatif yakıttır [2].

Mikroemülsiyonların bileşenleri standart dizel yakıtı, bitkisel yağ, bir alkol, bir yüzey aktif madde ve cetan geliştirici olabilir. Sulu etanolden elde edilmiş su da LPE (lovver-proof etanol) kullanmak için içerikte bulunabilir ve böylece mikroemülsiyonun suya karşı toleransı artırılır ki bu çok önemlidir.

Yüzey aktif maddeye bağlı olarak mikroemülsiyonlar iyonik ve iyonik olmayan olmak üzere ikiye ayrılır. Örneğin bazik bir azot bileşiği içeren mikroemülsiyonlar iyonik olarak adlandırılırken örneğin sadece bitkisel yağ, sulu etanol veya 1-bütanol gibi başka bir alkol içeren mikroemülsiyonlar iyonik olmayan olarak adlandırılır. İyonik olmayan mikroemülsiyonlara genellikle yüzey aktif maddelerinin yokluğunu belirten bir şekilde deterjansız mikroemülsiyonlar da denir.

Piroliz yönteminde, moleküller yüksek sıcaklıkta daha düşük moleküllere parçalanmaktadır. Bu yöntem sayesinde viskozite oldukça düşürülmekte fakat maliyet artmaktadır.

Süper kritik yönteminde işlem, transesterifikasyon yönteminden farklı olarak katalizör kullanmadan yüksek sıcaklıklarda kısa bir sürede gerçekleştirilmektedir.

4.4 Biyodizel Üretimi(Transesterifikasyon)

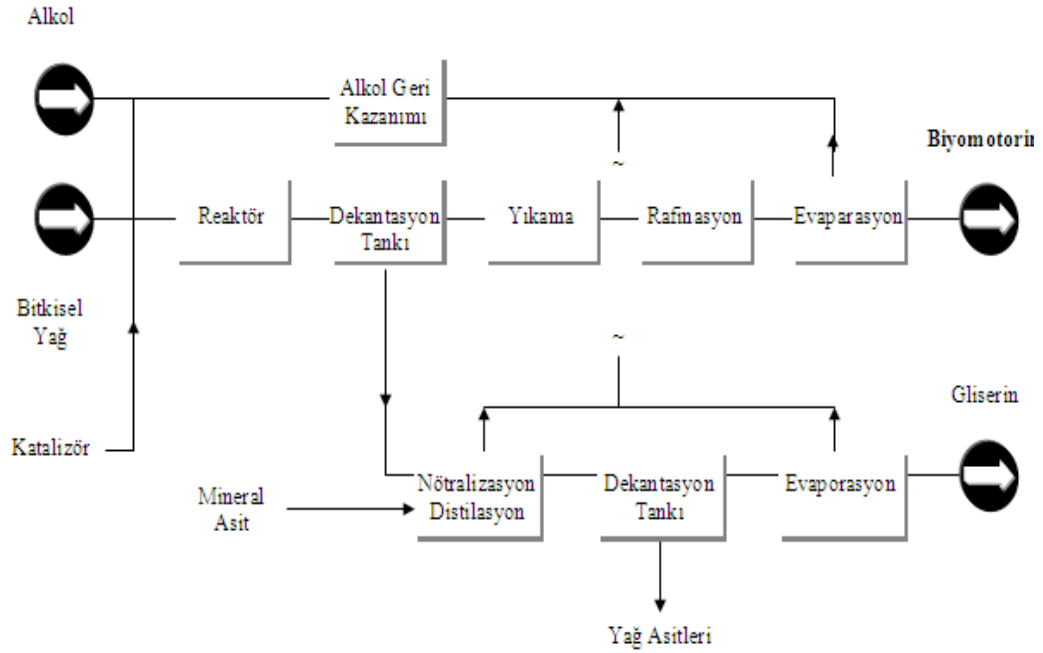
Biyodizel üretiminde üç temel yöntem bulunmaktadır

1. Bitkisel yağın temel katalizör eşliğinde transesterifikasyonu
2. Direk esterleşme reaksiyonu
3. Yağın önce yağ asitlerine sonra biyodizele dönüştürülmesi

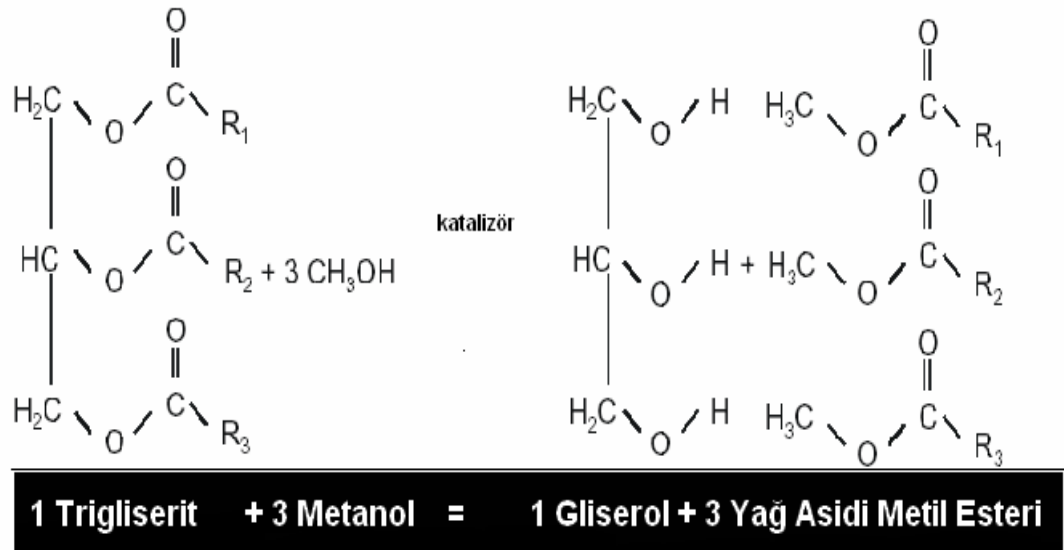
Günümüzde biyodizel üretiminde en fazla tercih edilen yöntem katalizör eşliğinde transesterifikasyon yöntemidir. Bunun başlıca sebepleri;

- Düşük basınç ve düşük sıcaklık da gerçekleşmesi
- Minimum reaksiyon zamanında yüksek dönüşüm(% 98) sağlaması
- Ara bileşenler olmadan direk biyodizel üretilebilmesi
- Zehirli hiçbir maddeye yapım aşamasında ihtiyaç duyulmaması[18]

Transesterifikasyon reaksiyonunda yağ, monohidrik bir alkolle (etanol, metanol) katalizör (asidik, bazik katalizörler ile enzimler) varlığında ana ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek esterleşir. Şekil 4.2 de reaksiyon verilmiştir. Ayrıca esterleşme reaksiyonunda yan ürün olarak di- ve monoglisidler, reaktan fazlası ve serbest yağ asitleri oluşur. Biyomotorin üretiminde bitkisel yağ olarak kolza, ay çiçek, soya ve kullanılmış kızartma yağları, alkol olarak metanol, katalizör olarak alkali katalizörler (sodyum veya potasyum hidroksit) tercih edilmektedir. Hayvansal yağlar da biyomotorin üretiminde kullanılabilir. Şekil 4.1'de biyomotorin üretimi şematik olarak sunulmuştur. Üretim teknolojisinde zorluk bulunmamaktadır. Üretimdeki en önemli nokta biyomotorinin saflık derecesidir. Bu nedenle rafinasyon aşaması önem kazanmaktadır. Biyomotorin %99 değeri üzerinde saf üretilmelidir[7]



Şekil 4.1 Biyodizel Üretiminin Şematik Gösterimi



Şekil 4.2 Transesterifikasyon Reaksiyonu

4.4.1 Biyodizel Üretim Kimyası

Biyodizel üretiminin esası bitkisel yağın içerisindeki esterle gliserini ayırma işlemidir. Transesterifikasyon işlemi esnasında bitkisel yağdaki gliserin komponentleri, alkolle yer değiştirir.

Biyodizel üretimi aşağıda sıralanan adımlar izlenerek gerçekleşir [18];

Kullanılmış atık kızartma yağ kullanılacaksa titrasyon işlemi yapılır, yeni yağ kullanılacaksa bu işleme gerek kalmaz. Belirlenen miktardaki ham yağ alınarak reaktöre pompa vasıtası ile gönderilir.

Alkol ve katalizörün karıştırılması: Bu işlemde alkol olarak metil alkol ya da etil alkol kullanılır. Metil alkol kömürden, doğal gazdan veya odundan elde edilmektedir. Biyodizel üretiminde metil alkol, daha dengeli bir reaksiyon sağladığı için etil alkole göre daha çok kullanılır. Ayrıca metil alkol, bitkisel yağ içerisindeki sudan, etil alkole göre daha az etkilenir. Etil alkol, metil alkole göre daha az toksik etkiye sahiptir ve yenilenebilir kaynaklardan sürekli olarak üretilebilir. Ülkemiz şartlarında şeker pancarından, şeker üretiminden geriye kalan melastan etil alkol üretimi yapılmaktadır. Ayrıca reaksiyonda kullanılacak etil alkol miktarı, aynı yağ miktarı için metil alkolden daha fazla olmaktadır. Yine kullanılacak etil alkolde, metil alkol gibi %100 saflıkta olmalıdır.

Trigliseridi parçalamak için katalizör kullanılır. Bu işlem için, NaOH ya da KOH kullanılmaktadır. NaOH piyasada kostik soda olarak bilinir ve daha çok granül halde bulunur. Biyodizel üretiminde kullanılacak kostik saf olmalıdır. KOH, NaOH'a göre biraz daha az toksik etkiye sahiptir. Biyodizel üretiminde katalizör olarak KOH kullanıldığında gliserinin içerisinde bulunan potasyum, potasyum fosfatlı gübrenin bileşenidir. Katalizör deri, göz ve akciğerlere zarar verebilir. Reaksiyonda serbest kalan esterler, alkolle birleşir. Katalizör maddeler ise gliserinle birleşir.

Bitkisel yağ bir asittir. Alkol ve katalizör ise baz karakterlidir. Biyodizel reaksiyonunda kullanılan katalizörün miktarı, bitkisel yağın pH değerine bağlı olmaktadır. Bitkisel yağın bünyesinde bulunan yağlar asit karakterli olduğu için yağ asiti olarak adlandırılırlar.

Tipik katalizör olarak kullanılan NaOH ya da KOH alkol içerisinde karıştırıcı kullanılarak çözülür. Biyodizel üretiminde kullanılacak olan hammaddenin serbest

yağ asidi oranı reaksiyonun sonucu açısından önemli bir parametredir. Kullanılmış atık kızartma yağının serbest yağ asit oranı yeni yağa göre daha fazladır.

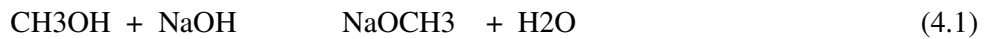
Serbest yağ oranının fazlalığı, bitkisel yağın jelleşme sıcaklığını artırır. Biyodizel üretiminde, serbest yağ asitlerini ortadan kaldırmak önemli bir ihtiyaçtır. Kullanılmış atık kızartma yağının serbest yağ asit oranı yeni yağa göre daha fazla olduğu için, bu durumda nötralizasyon amacı ile daha çok katalizör kullanılır[36].

Transesterifasyon işlemi baz katalizöründe olabileceği gibi, asit yada enzim katalizörlüğündede olabilir. Bazik reaksiyonda katalizör olarak sodyum hidroksit veya potasyum hidroksit kullanılır. Asidik reaksiyonda ise katalizör olarak sülfirik asit kullanılır. Enzim atık reaksiyonun katalizörü ise lipazlardır. Uygulamada ticari biyodizel üretiminde en yaygın yöntem ise bazik katalizör kullanımıdır. Bazik katalizör kullanımının esas gerekçesi reaksiyonun asidik katalizör kullanımındaki reaksiyona göre daha hızlı olmasıdır. Yapılan araştırmalara göre 60 c° de yağın % 1 'i oranında sodyum hidroksit kullanıldığında, yağ-metil alkolün, 6:1 lif mol oranında bir saat içinde %95 oranında metil estere dönüşümü gözlenirken, 30:1 lik yağ- metil alkol mol oranında % 1 lik sülfirik asit kullanıldığı durumda 65 c° de 60 saatte % 90 lık metil ester dönüşümü olduğunu göstermektedir. Bazik katalizör kullanımında reaksiyonda yağ-alkol oranı, yağ içerisindeki su, serbest yağ asitlerinin oranı ve reaksiyon süresi gibi parametreler etkili olmaktadır. Yine yapılan araştırmalar yağ/alkol oranı bazik katalizör kullanımı için 6:1'lik oran tavsiye edilirken, serbest yağ oranının da %2 yi geçmemesi gerektiği ifade edilmektedir[36].

Bazı araştırmacılar ise bazik katalizör kullanımında reaksiyonu hızlandırmak için tetrahidrofuran kullanımını önermektedirler. Bazik katalizör kullanımıyla 23 c° de 6:1 lık mol oranında yağ-alkol kullanımında , % 1.3 lük sodyum hidroksit ve 5:4 lük tetrahidrofuran-metil alkol kullanımında 20 dakikada %90 lık dönüşüm oranı sağlanabilmiştir. Ancak reaksiyon sonunda THF'yi ayırmak karmaşık bir işlemdir.

Alkali katalizör kullanabilmek için:

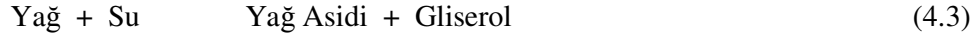
Ortamda su bulunmamalı



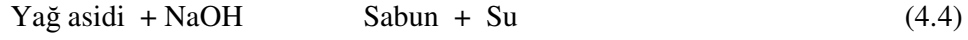
Alkol susuz olmalı, yağ susuz olmalı (% 0.1 - 0.5)

Ortamda su bulunması halinde





Yağın Serbest yağ asidi içeriği düşük olmalı (% 0.2 – 0.5)



Oluşan su katalizörü zehirler, yağ asidi oluşturur.

Sabun ise YAME ve gliserol fazlarının ayrılmasını zorlaştırır.

Katalizör miktarı yağın % 0.5 – 1 arası olmalıdır[36].

Reaksiyon, alkol+ katalizör karışımı kapalı reaksiyon kabının içerisine atılır ve ham yağ eklenir. Bu aşamadan itibaren sistem atmosfere, alkol kaybını önlemek için tamamen kapalıdır. Reaksiyon, alkolün kaynama noktasının hemen üstünde bir sıcaklıkta(160 F civarı) tutulur. Tavsiye edilen reaksiyon süresi ortam sıcaklığında 4-8 saat, 60 °C sıcaklıkta ise 1-2 saattir. Daha fazla sıcaklık da daha hızlı ancak daha basınçlı reaktör gereklidir.

Ayırma, reaktörde karıştırıldıktan sonra karışım dinlenme tankına alınır. Dinlendirme tankında bekleyen karışımda faz meydana gelerek altta gliserin üstte biyodizel birikir. Her ikisi de reaksiyonda kullanılan alkol fazlası içermektedir. Karışım bazen ilk adımda nötrale edilir. Gliserin fazı biyodizel fazdan daha yoğundur. Gliserin yer çekimi etkisi ile dibe çöker. Yüksek voltaj verilmesi ya da soğutma ile her iki fazında ayrışması sağlanır.

Alkol uzaklaştırılması, gliserin ve biyodizel ayırma işleminden sonra, fazla alkol miktarı ani buharlaştırma ya da damıtma yolu ile ortamdan uzaklaştırılır. Bir başka yöntemde ise alkol ortamdan, gliserin ve biyodizel ayrıştırılmadan uzaklaştırılır. Alkol içerisine su kaçmamasına dikkat edilmelidir[19].

Gliserinin nötralizasyonu, Biyodizel üretim reaksiyonundan arta kalan gliserin sabun yapımında kullanılır. Oluşan gliserin ham gliserin olarak depo edilen sabun ile kullanılmamış katalizör içerir. Bazı durumlarda bu faz boyunca elde edilen tuz gübre olarak tekrar kullanılır. Çoğu durumda ise tuz gliserinin içinde kalır. Su ve alkol ayrılarak %90 saf gliserin elde edilir ve ham gliserin olarak kullanılır. Birçok gelişmiş yöntem kullanılarak gliserin %99 ve daha fazla saflığa damıtılarak kozmetik alanında kullanılır[19].

Yıkama, gliserinden ayrılan biyodizel kalan katalizör ve sabunların atılması için ılık su ile yıkanır. Bu işlem sonunda sarı görünümlü, viskozitesi petrole benzer biyodizel

elde edilir. Bazı proseslerde biyodizel damıtılarak renksiz bir görünümde elde edilebilir. Biyodizel üretiminden sonra reaksiyona girmemiş alkol, katalizör ve gliserini uzaklaştırmak için su ile yıkama yapılır. Gerçi reaksiyona girmemiş alkol oranı 50000–10000 ppm civarındadır ve bu yakıtın enerji değerini artırdığı için motor için bir avantajdır. Ancak sentetik malzemeden yapılmış yakıt donanımı elemanları alkolden zarar görebilir. Ayrıca alkol, biyodizelin parlama noktasını ve setan sayısını düşürür. Yıkama işlemi ile alkol miktarı 2000 ppm e düşürülür.

Reaksiyon tamamlandıktan sonra üretilen biyodizelin kalite testi; STM 6751, DIN E65606 ve EN 14214'e göre yapılmaktadır. Ancak bu pahalı bir işlemdir ve her zaman imkan dahilinde olmayabilir. Bu nedenle birkaç basit testle, kalite hakkında fikir edinilebilir[19]. Bu testler aşağıdaki gibidir;

Gözle Muayene

Reaksiyon sonucunda iki farklı faz görülüyorsa reaksiyon başarılıdır. Üstte bulunan ve alttaki tabakadan daha açık renkli olan ve miktar oranı % 80 –90 arasındaki tabaka biyodizeldir. Alttaki tabaka % 10- 20 oranındadır. Alttaki tabaka, üsttekenden daha koyudur. Bu tabaka gliserin katalizör ve alkol karışımıdır. Şayet karışım homojen bir jel halinde ise reaksiyon başarısızdır.

Bulutlanma Ve Jelleşme Noktası

Biyodizelin soğuk iklim şartlarındaki donma karakteristiğinin dondurucu ya da soğutucu yardımıyla basit bir testle belirlenmesi gerekir. Dondurucudan dışarıya alınan biyodizelde her bir dakikada sıcaklık ölçülür ve bulutlanma durumuna bakılır. Şayet biyodizel kristal bir şekil almaya başlarsa, bulutlanma noktasına ulaştığı, jel haline dönüşürse jelleşme noktasına ulaştığı anlaşılır.

Özgül Ağırlık

Biyodizelin özgül ağırlığı, motordaki performansı hakkında bilgi vermektedir. Çünkü özgül ağırlık viskozite ile ilgilidir. ASTM standardına göre biyodizelin özgül ağırlığı 15 °C'de 0,9'dan fazla olmamalıdır. Yine kinematik viskozitesi 40 °C'de 6'dan fazla olmamalıdır. Eğer özgül ağırlık 0,9'dan fazlaysa reaksiyonda problem var demektir. Biyodizelin özgül ağırlığı 0,860-0,900 arasında olmalıdır.

4.5 Biyodizel Katkı Maddeleri

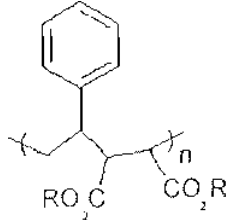
Elde edilen biyodizelin, daha sorunsuz kullanılabilmesi için bazı katkı maddeleri kullanılmalıdır. Bu katkı maddeleri ve kullanım amaçları aşağıda verilmiştir.

4.5.1 Akış İyileştirici Katkı Maddeleri

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki hiç bir katkı maddesi, biyodizelin soğukta akış özelliklerini, örneğin soğukta kritik filtre tıkama noktasını düşürmede, biyodizeli kerosen de denilen 1 numaralı dizel yakıtı ile karıştırmak kadar etkili olamamıştır. Fakat biyodizelin kerosen ile karışımı setan sayısını düşürdüğü için ayrıca bir setan sayısına artırmak için katkı maddesine gerek duyulmaktadır [22].

Soğukta akış özelliklerini artırıcı katkı maddeleri genelde şu yapılardadır:

1) Melan-Stiren Esterler:



2) Polimetakrilat

3) Etilen Vinilasetat :

Etilen vinilasetat kopolimeri, yanma boyunca, çok sayıda farklı düz zincirli hidrokarbona dönüşecek ve diğer uçucu organik bileşikler gibi havaya karışacaktır. Bu katkı maddesinin yanması sonucu ortaya çıkan koku, keskin, acı ve rahatsızlık vericidir.

Belçika'daki VJTO (Vlaams Instelling voor Technologisch Onderzoek) araştırma enstitüsünde, hindistan cevizi yağı metil esterinin %20 oranında kolza tohumu metil esterine katılması ile kritik soğukta filtre tıkama noktası -15 °C'ye düşmüştür.

4.5.2 Korozyon Önleyici Katkı Maddeleri

Biyodizele korozyon önleyici katkı maddesinin karıştırılmasında amaç, yakıt sistemindeki filtre ve boru düzenlerini pasa karşı korumaktır.

Bu katkı maddelerinin bir ucu, sistemdeki metal yüzeye yapışırken diğer ucu da yağı bir tabaka oluşturarak suyu metal yüzeyden uzaklaştırır.

Bu tür katkı maddeleri oldukça geniş kimyasal çeşitliliğe sahiptir. Birçok durumda yakıt sistemlerinde yalnızca koruma amaçlanıyorsa da, bu katkı maddeleri 1 ppm seviyelerinde bulunur. Genel bulunma seviyesi 5 ppm değerlerindedir. Kullanılacak katkı maddesinin cinsi ve seviyesi genellikle paslanma testi yardımı ile belirlenir. Cilalanmış çelik çubuk, 9:1 oranında yağ-su karışımına daldırılır ve 24 saat boyunca 60 °C'de bekletilir. Elde edilen neticeler kontrol edilerek karıştırılır.

4.5.3 Yanmayı İyileştirici Katkı Maddeleri

Setan numarası, biyodizel yakıt kalitesini belirten en önemli göstergelerden biridir. Püskürtme ile yakıtın yanma odasında spontane olarak yanmaya başlaması arasında oluşan gecikmeyi belirtir. Tutuşma gecikmesi ne kadar kısa ise setan numarası o kadar yüksektir. Setan skalası iki standart bileşiği kullanır, bunlardan birisinin setan numarası 100 (n-hekzadekan), diğerinin ise 15'tir (heptanonilnonan). Biyodizel için Avusturya'da belirlenen minimum setan numarası 48'dir. Pek çok standart dizel yakıt 40'ın altındaki setan sayılarında iyi performans göstermezler. Soğuk havada, soğuk motoru çalıştırmanın zorluğu, yakıtın setan numarasının ve sıcaklığın azalması ile artar. Setan sayısını artırıcı kimyasallar, kolayca serbest radikallere parçalanan ve bu sayede yanmayı ivmelendiren bileşiklerdir. Alkil nitratlardan, bazı peroksitlerden, tetraazollerden, tiyaldehitlerden seçilen bazı kimyasallar setan artırıcı olarak kullanılabilir. Düşük maliyetlerinden dolayı, alkil nitratlar ticari olarak en çok, 2-etilhekzil nitrat da pek çok yıldan beri setan sayısını artırmak için kullanılmaktadır.

4.5.4 Buzlanmayı Önleyen Yakıt Katkı Maddeleri

Bu katkı maddeleri, yakıttan ayrılabilir çok az miktarda suyun, donma noktasını düşürerek yakıt yollarında oluşabilecek buzlanmayı önlerler.

Bu amaçla kullanılan yakıt katkı maddeleri, düşük moleküler ağırlığa sahip alkoller olup, yakıtta çözünbilme özelliklerine sahiptir. Bulunma oranları 30 ppm seviyelerindedir.

4.5.5 Biyolojik Oluşumları Önleyici Yakıt Katkı Maddeleri

Bu katkı maddelerinin kullanım amacı, yakıt tankının tabanında bakteri ve mantar oluşumlarını engellemektir. Bu organizmalar yakıt tabanına çöken suda yaşarlar. Bunlar yakıt kanallarında yakıtın akışını engelleyen birikintilere neden olurlar. Ilık ortam koşulları bu organizmaların gelişimlerini destekler.

Yakıt tankının dibindeki suyun devamlı olarak süzülmesi, bakterilerin oluşma riskini azaltsa da, bu her zaman mümkün olmamaktadır.

Kullanılan katkı maddeleri geniş kimyasal çeşitliliğe sahiptir. Bunlardan istenilen su ve yakıt içerisinde çözünbilmesidir. Bor bileşikleri, aminler ve iminler bunlara örnek olarak verilebilir. Bu katkı maddelerinin kullanılmasında görülebilecek problem, bakterinin direnç kazanması sonucunda kullanılan katkı maddesi cinsinin zaman geçtikçe değiştirilmesi gerektiğidir. Bu katkı maddelerinin bulunma seviyeleri 200 ppm mertebelerindedir.

4.5.6 Koku Önleyici Yakıt Katkı Maddeleri

Dizel yakıtlar benzine göre daha az uçuculuk özelliklerine sahiptir. Bu yüzden kokular daha kalıcı olmaktadır.

Koku davranışları daha fazla değişkenlik gösterebilir ve bu durum sübjektiftir. Burada kabul edilebilir koku derecesi ise pazar tarafından belirtilen seviye olarak tarif edilebilir. Kullanılan katkı maddesi seviyesi 10–20 ppm seviyelerindedir.

4.6 Elde Edilen Biyodizelin Motorlara Etkisi

4.6.1 Yakıt Sistemine Etkisi

Yakıt enjeksiyon sistem üreticileri Delphi, Stanadyne, Denso ve Bosch firmaları Haziran 2004 tarihinde ortaklaşa yayınladıkları durum raporunda, alternatif yenilenebilen yakıtlar ile ilgili geliştirme çalışmalarını desteklemek ile birlikte hacimce karışımı % 5'i geçen, EN 14214 standardı tarafından tarifelenmiş yakıt speğine uymayan biyoyakıtlar için garanti vermeyeceklerini açıkça dile

getirmişlerdir. ASTM 6751'e uyan biyodizel yakıtın istenen oksidasyon stabilitesini sağlayamadığı ifade edilmektedir. Dizel – Biyodizel karışımını hacimce %5'te sınırlandırmanın dışında elde edilecek karışımın özelliklerinin EN 590 speğini sağlamasını zorunlu tutmaktadırlar. Yakıt enjeksiyon sistemi üreticilerinin spek dışı biyoyakıt ile ilgili yaptıkları fmea çalışması aşağıdaki Tablo 4.6 da özetlenmektedir[20].

Tablo 4.6 Metil Esterinin Yakıt Enjeksiyon Siteminde Oluşturacağı Potansiyel Problemler Listesi

Yakıt Karakteristiği	Etkisi	Hata Modu
Biyomotorin genel	Nitril kauçuk içeren bazı elastomer malzemelerde yumuşama, kabarma/şişme veya sertleşme ve çatlama	Yakıt Kaçağı
	Dizel içeriğinden alınan tortular.	Filtre Tıkanması
Metil esterinde Serbest metanol	Alüminyum ve çinko da aşındırıcılık Düşük parlama noktası	Yakıt Enjeksiyon sisteminde korozyon
Biyomotorin proses kimyasalları	Potasyum ve sodyum bileşikleri katı partiküller	Filtre Tıkanması
	Serbest yağ asitleri	Yüksek Korozyon
	Organik asitlerle tuz oluşumu	Filtre Tıkanması
	Sedimentasyon	Hareketli Parçalarda Sıkışma
Su tutuculuğu	Metil esterinin yağ asidine dönüşmesi	Yakıt filtresinde tıkanma
Karışımda serbest su	Hidroliz	Yakıt enjeksiyon sisteminde korozyon
	Yakıtın elektriksel iletkenliğinde artış.	
Serbest gliserin	Demir dışı metal malzemelerde korozyon. Selüloz filtreler tarafından emilim. Hareketli parçalar üzerinde çökelti oluşumları ve reçine birikmesi	Filtre ve enjektör tıkanması
Mono/di-gliserid	Gliserin'e benzer	Enjektör tıkanması

4.6.2 Motor Aşınması, Motor Birikintisi

Motorlardaki aşınma genellikle, belli bir çalışma periyodundan sonra motorlardan alınan yağın analizi sonucu saptanmaktadır. Aşınmanın anlaşılmasında dört metal değerlendirilmelidir. Bu metaller ve bunların motorlardaki kullanım yerlerine göre muhtemel aşınmalar şu noktalarda olmaktadır;

- Demir – silindir aşınması
- Alüminyum – piston aşınması
- Krom – segman aşınması
- Kurşun – yatak aşınması

B100, D100, B50 yakıtlarının 1000 saatlik motor çalışması sonucu elde edilen değerlere göre en fazla aşınmanın D100 yakıtı ile çalışma sonucu olduğu saptanmıştır. B100 yakıtı ile çalışmada ise en az motor aşınması tespit edilmiştir[21]. Yapılan deneysel bir çalışmada[14], motor çalışmasına bağlı olarak motorin, biyodizel ve %50 biyodizel %50 motorin yakıtı karışımıyla çalışma sonucu , motor yağı içindeki demir oranları tespit edilmiştir. Bu üç yakıtında kullanımı sonucu elde edilen aşınma değerleri, normal sınırlar içindedir. Biyodizelle çalışmada yanma sonucu motorine oranla düşük basınçlar ve düşük oranlarda basınç yükselmeleri gözlemlenmiştir. Motor aşınmasının düşük seviyelerde olması, bu yanma özelliğinden ve biyodizelin sahip olduğu iyi yağlama özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yine aynı yakıtların kullanımı sonucu, enjektör tıkanması değerlendirilmiştir. Her üç yakıtta 1000 saatlik çalışma sonucu, enjektör tıkanması hemen hemen aynı değerlerde bulunmuştur.

Benzer bir çalışmada B100 ve D100 yakıtları ile 113 saat çalışma yapılmış ve motor yağı içindeki metaller ve motordaki birikintiler değerlendirilmiştir[22]. Motor yağı analizi sonucu B100 ile çalışma motor yağı içindeki krom ve demir oranları normal seviyede çıkmıştır. Motor birikintilerinin değerlendirilmesi sonucu enjektörlerde, piston üstünde, silindir duvarlarında ve supap sistemlerinde herhangi anormal bir birikinti saptanmamıştır.

Bu değerlendirmelerinde gösterdiği gibi, biyodizelin motorlardaki kullanımında motor aşıntısı normal seviyelerde ve motorinle çalışmaya oranla kimi zaman düşük değerlerdedir. Biyodizel kullanımında enjektörlerde ve çeşitli motor elemanları üzerinde anormal birikintiler meydana gelmemektedir.

Biyodizel kullanımında motor yağında bir miktar viskozite düşüklüğü görülmektedir. Ancak bu düşüklük, kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır. Bu viskozite düşüklüğü, biyodizelin motor yağında ortaya koyduğu seyrelme etkisinden kaynaklanmaktadır.

4.6.3 Motor Emisyonu ve Performansına Etkisi

Biyodizelin uzun süreli yapılan testlerinde, motor performansı yönünden motorin ile benzer özellikler gösterdiği anlaşılmıştır. Emisyon değerlerinde ise, Bölüm 3.3’de anlatıldığı üzere NO_x emisyonları hariç, azalma görülmektedir.

Motor performansına ve emisyon değerlerine biyodizelin etkisini daha somut anlamak üzere yapılan motor üzerindeki deneylerden biriside Karabektaş tarafından yapılmıştır[14]. Yapılan deneysel çalışmada zellikleri Tablo 4.7’da verilen motor kullanılmıştır.

Tablo 4.7 Deneyde Kullanılan Motor zellikleri

Marka	Steyr
Tip	4 zamanlı dizel, direkt püskürtmeli
Silindir Sayısı	2 dik sıralı
Silindir apı	100 mm
Kurs	100 mm
Silindir Hacmi	1570 cm ³
Sıkıştırma Oranı	16,1/ 1
Maksimum Güç	22 kw
Maksimum Tork	10 kgm
Enjektörler	BOSCH çok delikli
Yakıt pompası	BOSCH , yıldız tip
Püskürtme zamanı	N’dan 12 önce
Püskürtme Basıncı	220 + 0,5 kg/cm ²
Supaplar	stten

Yapılan deneysel çalışmada yakıt olarak, motorin ve biyodizel kullanılmıştır. Biyodizel yakıtı, kolza yağı metil esteridir. Deneylerde kullanılan yakıtların özellikleri Tablo 4.8 de verilmiştir.

Tablo 4.8 Deneyde Kullanılan Yakıt Özellikleri

	Motorin	Biyodizel
Üst Isıl Değer(kj/kg)	45500	39700
Alt ısııl Değer(kj/kg)	42700	37200
Viskozite (mm/s ²) 40 0C	2,8	5,65
Özgül Ağırlık	0,83	0,88
Karbon(%)	86,5	78
Hidrojen(%)	13,2	11,7
Oksijen(%)	0	10,3
Kükürt(%)	0,15	<0,005
Azot		29
Yakıt/hava oranı	0,0687	0,0795

Deney tesisatında, dizel motoru su frenine bağlanmıştır. Motora yakıt beslemesi yapabilmek için, iki ayrı yakıt deposu kullanılmıştır. Bu depolar, motorin ve biyodizel yakıtı için ayrıdır. Motorin yakıtı ile yapılan ölçümler bittiği zaman depodan yakıt gelişi kesilmiş, diğer depodan biyodizel yakıtının gelişi sağlanmıştır. Yakıt hattı üzerinde yakıt filtresinden sonra yakıtmetre bulunmaktadır. Hava metre, motorun emme manifoldu girişine bir hortum yardımıyla bağlanmıştır. Motorun soğutma suyu giriş ve çıkış hattı olarak hortumla soğutma kulesine bağlanmıştır. Soğutma suyu sıcaklığı, soğutma kulesi giriş ve çıkışına bağlanan termometreler yardımıyla kontrol altında tutulmuştur. Egzoz emisyon cihazı probu egzoz manifold çıkışına bağlanmıştır. Motor devri ölçümü için, su freni tesisatında takometre bulunmaktadır. Hava basıncı ve havanın nemini ölçmek için barometre ve nemölçer kullanılmıştır. Motor üzerinde bulunan müşire takılan basınçölçer ile motor yağ

basıncı kontrol edilmiştir. Egzoz sıcaklığı ölçümü için termokupl egzoz manifoldu üzerine bağlanmıştır.

Motora giden hava miktarının tespiti için havametre kullanılmıştır. Literatürde belirtilen hava sönmleme tankının, motor silindir hacminin 50 katından az olmaması değeri göz önüne alınmıştır. Bu amaçla 146 litre hacminde hava tankı kullanılmıştır. Motorun test edildiğı devir ve yüklerde manometre üzerinden sapma değeri okunarak, motorun gerçek hava tüketimi hesaplanmıştır.

Motorun tükettiğı yakıt miktarının tespiti için hacimsel tip ve mekanik kontrollü, sesti marka cam yakıt metre kullanılmıştır. Motor gerekli çalışma sıcaklığına erişince ölçüm yapılabilecek yük ve devir değeri uygulanmıştır. Yakıt metrenin başlangıç çizgisinde kronometreye basılmış ve 100 cm³ yakıtın tüketilmesi sonucu kronometre durdurulmuştur. Yakıt metre ve kronometreden okunan değeri yardımıyla motorun tükettiğı yakıt miktarı hesaplanmıştır.

Motorun yüklenmesi için deneylerde hidrolik su freni kullanılmıştır. Hidrolik dinamometrede motorun çıkış mili üzerine bağlı dönen rotor, ters yönlü akan su etkisiyle motorun dönmelerini zorlaştırarak frenleme etkisi yaratır. Bir su freni sistemi, genel hatlarıyla, stator, rotor, moment kolu ve terazi gibi parçalardan oluşur. Rotor hareketini motordan alan mile yataklanmıştır. Ancak bu hareket, rotor hareketi gibi sürekli dönme hareketi değil, eksen etrafında bağlı bulunduğu kolla kuvvet aktarabilecek kısmi bir açısal dönme hareketidir.

Deney sonunda emisyon değeriğini ölçmek amacı ile MRV marka emisyon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Egzoz emisyon cihazı CO, NO_x ve CO₂ emisyonlarını ölçmektedir.

Deneylere başlamadan önce, motorun supap ayarı yapılmış, motor yağı ve yakıt filtresi değıştırilmiştir. Deney esasında motorun çalışma sıcaklığı şebeke suyu yardımıyla 86 °C’de kontrol altında tutulmuştur. Motor normal çalışma sıcaklığına ulaşınca kadar çalıştırılmış ve termostat açıldıktan sonra deneysel çalışmalara geçilmiştir. Bir deney tamamlandıktan sonra diğer deneye geçmeden önce motor ara dinlenmeye bırakılmıştır. Motorun sahip olduğu performans değeriğinin tespiti amacıyla yakıt olarak motorin kullanılarak ilk deneyler yapılmıştır. Motorin deneyleri tamamlandıktan sonra biyodizel ile çalışmalara geçilmiştir.

Deneylerde 1000 – 1200 – 1400 – 1600 – 1800 – 2000 – 2200 – 2400 motor devirleri ölçüm noktaları olarak belirlenmiştir. Yük artırımı 10 N aralıklarla uygulanmıştır. Motora, yukarıdaki devirlerde Tam Yük Değişken Hız Testi

uygulanmıştır. Bu testler, motorin ve biyodizel yakıtları kullanılarak yapılmıştır. Değişik hız testinde, yakıt pompası kramayerine bağlı gaz kolu yardımıyla motor tam gaz durumuna getirilmiş, daha sonra su freni yük kolu yardımıyla motor frenlenerek, takometreden motor devir sayısı kontrol edilmiştir ve istenilen motor devrine ulaşıldığında, yük kolu sabitlenerek gerekli ölçümler yapılmıştır.

Yapılan deney sonunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Efektif Tork

Motorun test edildiği devirlerde motorinle çalışmada biyodizelle çalışmaya göre, motor efektif torku yüksek olarak görülmektedir. Maksimum tork her iki yakıt için 1400 d/dak çalışma koşulunda elde edilmiştir. Maksimum tork motorinle çalışma durumunda 92,15 Nm, biyodizel ile çalışmada ise 90,72 Nm olarak tespit edilmiştir. Biyodizel yakıtının düşük ısı değeri sebebi ile torkta bir miktar azalma olmuştur.

Efektif Güç

Efektif torkta olduğu gibi, bütün devirlerde motorin kullanımı sonucu elde edilen güç değeri biyodizel kullanımına göre yüksek olmuştur. Güç eğrisi, motor devir sayısı ile orantılı olarak sürekli artış göstermiş ve 2400 d/dak da maksimum değerine ulaşmıştır. Maksimum güç, 2400 d/dak da motorin yakıt kullanımında 18,24 kW değerinde iken, aynı devirde biyodizel kullanımında 18 kW olarak ölçülmüştür. Bu sonuca göre, biyodizel kullanımında az miktarda güç düşüşü olmaktadır.

Yakıt Tüketimi

Değişken devirlerde motorun tükettiği yakıt miktarı, biyodizel kullanımında motorin kullanımına göre daha fazladır. 1000 d/dak'da motorin tüketimi 2,54 kg/h değerinde iken aynı devirde biyodizel tüketimi 2,64 kg/h değerindedir. Yakıt tüketimi motor devri ile orantılı olarak artmaktadır. Maksimum gücün elde edildiği 2400 d/dak'da motorin tüketimi 5,02 kg/h, biyodizel tüketimi ise 5,24 kg/h olarak görülmektedir. Yakıt tüketimi farkı düşük devirlerde daha azdır, devir yükseldikçe yakıt tüketim farkı artmaktadır.

Özgül Yakıt Tüketimi

Motor devrinin artışıyla, Özgül Yakıt Tüketimi azalmakta, 1800 d/ dak da minimum değere inmektedir. 1800 d/dak' dan sonra motor devrinin artmasıyla, Özgül Yakıt Tüketimi de artmaktadır. Motorun test edildiği değişik devirlerde, biyodizel yakıtı ile elde edilen Özgül Yakıt Tüketimi değerleri, motorin yakıtı ile elde edilen değerlerden daha yüksek olmuştur. 1000 d/dak da elde edilen Özgül yakıt Tüketimi

değeri motorin yakıtı için 273 g/kWh iken, biyodizel yakıtı için 289 g/kWh olmuştur. Maksimum gücün elde edildiği 2400 d/dak'da Özgül Yakıt Tüketimi motorin yakıt için 275 g/kWh iken biyodizel yakıt için 291 g/kWh çıkmıştır.

Özgül Enerji Maliyeti

Özgül enerji maliyeti hesabında kullanılan denklemler aşağıdaki gibidir;

$$B_{seb} = (bsfc. Cr) / 1000. qr \quad (4.5)$$

Cr = Yakıt fiyatı (TL/lt)

Q_f = Yakıtın Yoğunluğu

B_{sep} = Özgül enerji maliyeti (TL/kWh)

B_{sfc} = Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)

1000 d/ dak da motorin kullanımında;

$bsfc = 273 \text{ g/kWh}$

$yoğunluk = 830 \text{ g / lt}$

1000 d/ dak da biyodizel kullanımında;

$bsfc = 289 \text{ g/ kWh}$

$yoğunluk = 890 \text{ g/lt}$

olduğu göz önüne alınır ise, biyodizel yakıt maliyetinin motorin maliyetinin altında olması,

$b_{sep}(\text{biyodizel}) < b_{sep}(\text{motorin})$ olması için;

$[289. Cr(\text{biyodizel})] / [1000. 890] < [273.Cr(\text{motorin})] / [1000. 830]$ olmalıdır.

$Cr(\text{biyodizel}) < 1,1 Cr(\text{motorin})$ olmalıdır.

Termik Isıl verim

Termik verim değerleri, motor devriyle birlikte artış göstermekte ve 1800 d/dak da maksimum değere ulaşmaktadır. Motorun 1000 d/dak da çalışması sonucu motorin yakıtı ile % 30,77 olarak belirlenen termik verim değeri, biyodizel yakıtı kullanımı ile % 33,42 değerine ulaşmaktadır. 1800 d/dak da ise motorin yakıtı ile % 33,67 olarak tespit edilen termik verim biyodizel yakıtı kullanımında % 36,19 değerine ulaşmıştır. 2400 d/dak da tespit edilen termik verim değerleri ise motorin yakıtı için % 30,56 iken, biyodizel yakıtı kullanımında % 33,18 olmaktadır. Görüldüğü gibi motorun tüm devir sayısı aralıklarında biyodizel yakıtı ile elde edilen termik verim değerleri, motorin yakıtı ile saptanan termik verim değerlerinden çok farklı olmamaktadır.

CO Emisyonu

Motorun test edildiği tüm motor devirlerinde motorin yakıtı ile elde edilen CO emisyon değerleri, biyodizel yakıtıyla elde edilen değerlerden fazla olmuştur. Minimum CO emisyonları, motorin yakıtı ile 2400 d/dak da 501 ppm, biyodizel yakıtı ile 2000 d/dak`da 405 ppm olarak saptanmıştır.

NO_x Emisyonu

Maksimum NO_x emisyonları, biyodizel ve motorin yakıtı ile 1200 d/dak da belirlenmiştir. 1200 d/dak da motorin yakıtı ile elde edilen Nox emisyonu 1053 ppm iken biyodizel yakıtı ile 1272 ppm elde edilmiştir. Tüm motor devirlerinde biyodizel kullanımı ile elde edilen NO_x emisyon değerleri, motorin ile elde edilen değerden fazla olmuştur.

Elde edilen sonuçlardan görüldüğü gibi, biyodizel kullanımında özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Bu artışın sebebi biyodizelin ısıl değerinin motorinden daha düşük olmasıdır. Biyodizel kullanımı emisyon değerlerinde genel anlamda iyileştirme sağlamakta fakat NO_x değerlerinde artış olmaktadır. Bilindiği üzere yanma odasında sıcaklığın ve basıncın artması ve tutuşma gecikmesinin azalması NO_x emisyonunun artması ile yakından ilgilidir. Biyodizelin yapısında daha fazla oksijen içermesi bu artışın sebebi olabilir. Çanakçı tarafından yapılan deneysel bir çalışmada yakıt enjeksiyon zamanının biyodizel için, motorine kıyasla 3.6 derece daha erken olduğu tesbit edilmiştir [37]. Bu enjeksiyon zamanlamasında ki avantaj, tutuşma gecikmesini azaltmakta, NO_x emisyonlarının artmasına sebep olmaktadır. Yine Çanakçı tarafından yapılan bir başka çalışmada yakıt enjeksiyon zamanlamasını

geçiktirmenin NO_x emisyonlarını düşürdüğü görülmüştür [38]. Bu durumda enjeksiyon zamanlamasını geçiktirmek, NO_x emisyonları için bir çözüm olabilir.

4.7 Yakıt İstasyonunda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

4.7.1 Yakıt Tankı

Biyodizel, halen dizel için kullanılan çelik ya da fiberglas tanklarda depolanabilir ve dizel için konulması uygun yerlere güvenle konulabilir. Dizel yakıt tankları için yapılan bütün yeraltı ve yer üstü düzenlemeleri biyodizel taşıyan tanklar için de yapılabilir. Dönüşüm nefesliklerine (vent) biyodizelin buhar basıncı dizele göre daha düşük olduğu için ihtiyaç duyulmaz.

4.7.2 Boru Hattı Tertibatı

Biyodizel için kullanılacak borular, çelik (galvanizli veya siyah), fiberglas veya plastik olabilir. Metal parçaları birleştirmek için dişli bağlantılar, flanşlar, kaynak ve lehimleme; fiberglas ve plastik parçaları birleştirmek için ısı veya çözücü ile birleştirme veya dişili bağlantılar kullanılabilir. Bütün hallerde bağlantı noktalarında akıntı olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Biyodizel az da olsa düşük oranlarda alkol içerdiği için özellikle bağlantı noktalarında boru hattında oluşabilecek zararları önlemek için teflon tipi malzemeler kullanılabilir.

4.7.3 Pompalar

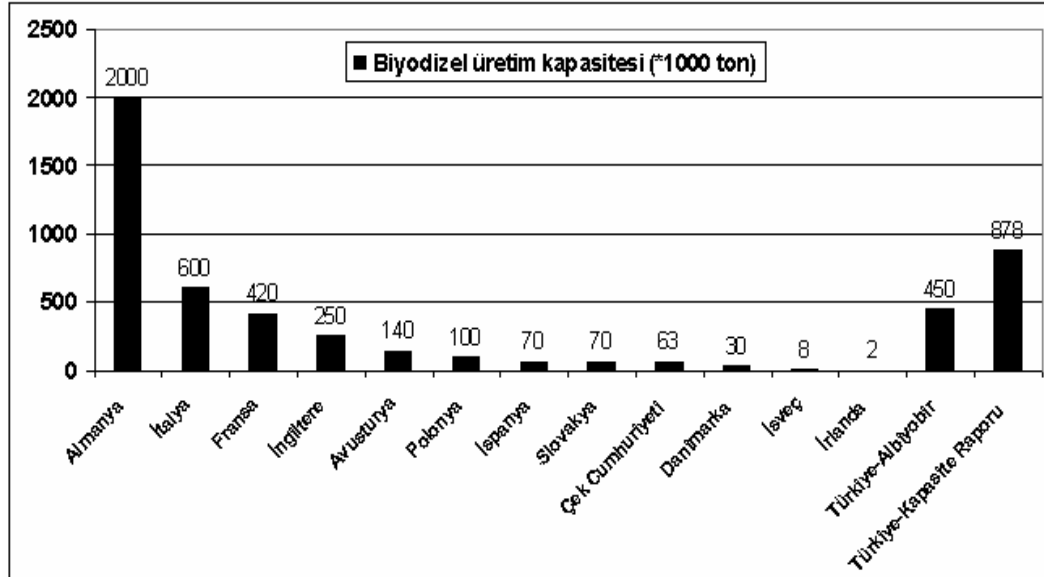
Dizel için kullanılan pompalar, biyodizel için de kullanılabilir. Fakat pompaların yapısında bulunan elastomer yapılar eğer yüksek miktarda florin içermiyor iseler, biyodizelden kötü yönde etkilenebilirler. Bu sebeple özellikle yapısında elastomer bulunan conta gibi parçalar dikkatli bir şekilde incelenmelidir.

Şu ana kadar, dizel için kullanılan pompaların ve filtrelerinin biyodizel ile kullanılamayacağına ilişkin olumsuz bir görüş öne sürülmemiştir.

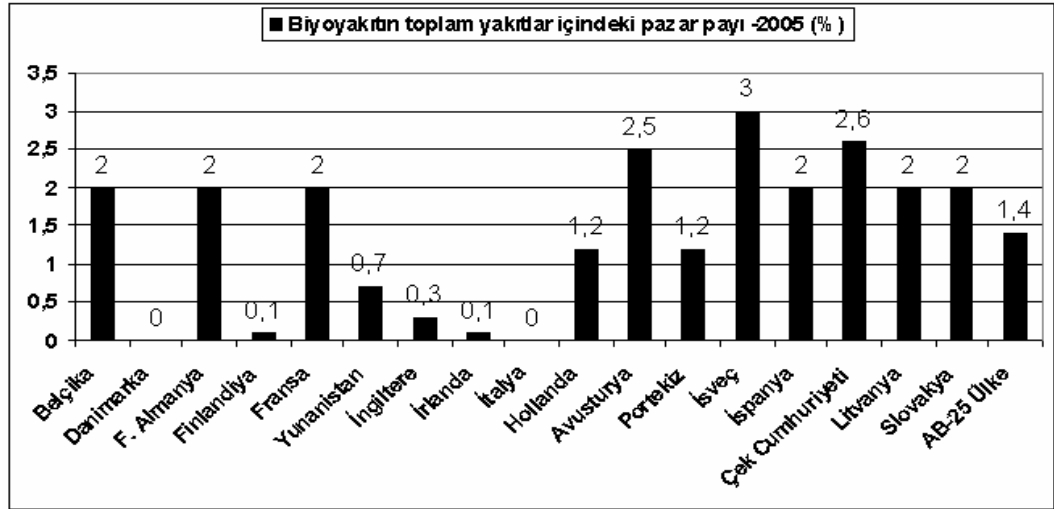
5. DÜNYADA VE TÜRKİYEDE BİYODİZEL

5.1 Dünyada Biyodizel

3. Milenyum'un yakıtı olarak ifade edilen biyodizel ilk olarak geçen yüzyılın başlarında dizel motorlara adını veren Rudolf Dizel'in, motorunu yerfıstığı yağıyla çalıştırmasıyla literatüre girmiştir. Özellikle 1973' ten bu yana biyodizelle ilgili çalışmalar yoğunlaşmıştır. Biyodizel üretimi dünyada her geçen gün artmakta, üretim yapan ülkelere her geçen gün yeni ülkeler ilave olmaktadır. Özellikle AB'nın 2003 yılındaki Biyoyakıtlar direktifiyle petrodizele katılım mecburiyeti biyodizel üretiminin hızla artmasına sebebiyet vermiştir[25]. Şekil 5.1 de AB biyodizel üretim kapasiteleri, 5.2 de biyoyakıtın pazar payı verilmiştir [35].



Şekil 5.1 AB Biyodizel Üretim Kapasiteleri



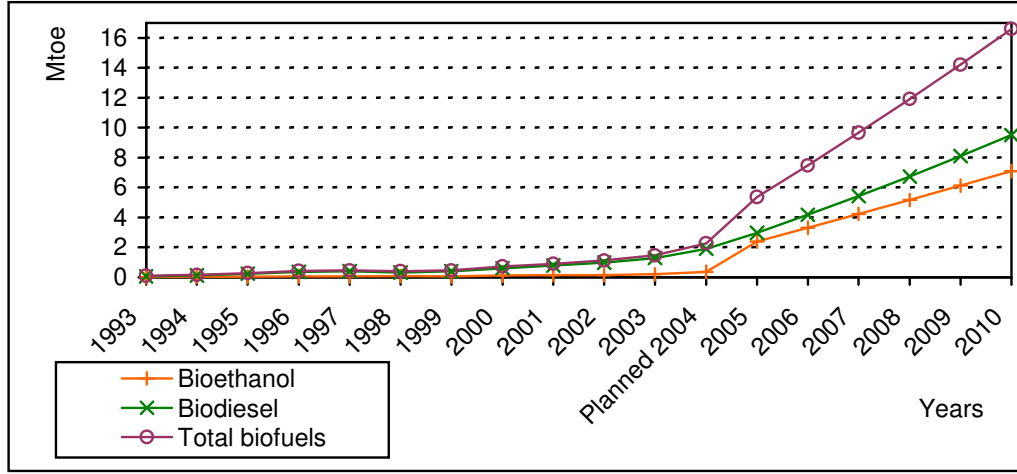
Şekil 5.2 Biyoyakıtın Pazar Payı

AB biyodizel toplam üretim kapasitesi 2005/2006 yılları içinde 3 700 000 tondur. Bu hızlı büyümeden dolayı AB ülkeleri 2005 yılından başlayarak fosil yakıtlara belirli oranlarda biyoyakıtın katılmasını yasal zorunluluk haline getirerek sektörün gelişmesi doğrultusunda Tablo 5.1'deki oranları benimsemişlerdir[25].

Tablo 5.1 Biyoyakıt Karışım Oran Tablosu

2005	%2
2006	%2,75
2007	%3,5
2008	%4,25
2009	%5
2010	%5,75

AB'de biyoyakıtların gelişimi Şekil 5.3'de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5.3 AB’de Biyoyakıtların Gelişimi

AB’de Biyodizel Kullanım Miktarları yıllara göre değişimi Tablo 5.2’de verilmiştir[25].

Tablo 5.2 AB’de Biyodizel Kullanım Miktarı

Yıl	Miktar (Milyon ton)
1999	0,6
2002	1,2
2003	1,8
2004	2,8

AB’de Biyodizel Kullanımı

EN 14214 no’lu taşıtlarda biyodizel standardı uygulamada B5 ve B20 kullanımı yaygındır.

VW, Audi ve Mercedes kamyonlarında 1996 yılından beri B20 kullanılmaktadır

Tarım araçlarında, nakliye araçlarında, tırlarda, seralarda, sanayi tipi jeneratörlerde, kalorifer kazanlarında, gemilerde, askeri vasıtalarda daha yaygın kullanılmaktadır.

AB Biyoyakıt Kullanımı Direktifine “DIRECTIVE 2003/30/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 8 May 2003 on the

promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport” göre biyoyakıt kullanım hedefi;

2005 yılında %2 (yaklaşık 5.8 milyon ton)

2010 yılında % 5.75 (yaklaşık 16.5 milyon ton) olarak belirlenmiştir.

AB Biyoyakıtların kullanım hedefi 2020 yılı için %20’dir.

Avrupa’da biyodizel yasal olarak vergiden muaftır. (Avusturya, Fransa, Almanya, İtalya, İrlanda, Norveç, İsveç, Polonya, Slovakya, Çek Cumhuriyeti)

Avrupa da tarım için kullanılmayan atıl araziler biyodizel tarımına tahsis edilmiştir.

Vergi öncesi maliyetler bazında biyodizelin mazot karşısındaki dezavantajı;

tarıma alım garantisi, çeşitli vergi indirimleri, teşvik primleri ile telafi edilmektedir.

Günümüzde biyodizel özellikle,

- Almanya (B100)
- Avusturya (B100)
- Çek Cumhuriyeti (Belediye araç filolarında B30-B36)
- Fransa (Belediye araç filolarında B30-B36) (B5-halka satışta)
- İtalya (kalorifer yakıtı ve yağlama katkısı olarak da kullanılıyor)
- Slovakya
- İspanya (Belediye araç filolarında B30-36)
- A.B.D (B20)
- U.K (B5)

Standartlarında kullanılmaktadır[13].

AB ülkeleri 27 Kasım 2001 tarihli yönergede (2001/77/EC) 2010 yılında toplam enerji tüketimlerinin % 22’sini yenilenebilir kaynaklardan (Biyokütlenin payı % 74) sağlamayı taahhüt etmişlerdir. Biyomotorin kullanıcılarına, motorin kullanıcılarına göre %50 daha az CO₂ vergisi uygulama kararı alınmıştır. Bazı ülkelerden örnekler vermek gerekirse;

- Avusturya, Üretim miktarı : ~30 000 ton /yıl. Dizel motorunda % 100 oranında biyomotorin kullanımı durumunda % 95 vergi indirimi yapılmaktadır.
- Fransa, Üretim miktarı : > 180.000 ton/yıl. Fransa'daki biyomotorin uygulamaları otomotiv üreticileri ve petrol firmaları genelinde Avrupa Birliği politik desteği ile gerçekleştirilmektedir.
- İtalya, Üretim miktarı : ~125 000 ton/yıl. Biyomotorin daha çok otobüslerde vergi indirimi ile kullanılmaktadır.

Ticari biyomotorin yakıt üretimindeki en önemli unsur yakıtın üretim maliyetidir. Yakıt üretiminde kullanılan bitkisel yağın üretimi, nakliyesi ve depolama maliyeti yakıt üretim maliyetinin %75 ini oluşturur. Biyomotorin üretim maliyeti için İngiltere, İspanya ve Finlandiya da yapılmış olan mâli fizibilite örnekleri Tablo 5.3'deki gibidir :

Tablo 5.3 Mali Fizibilite Örnek Tablosu

	İngiltere	İspanya	Finlandiya
Dizel üretim maliyeti (lt)	12.7p	0.14 ECU	0.18 ECU
Biyomotorin üretim maliyeti (lt)	40p	0.54 ECU	0.50 ECU
Dizel pompa satış fiyatı (lt)	73,9 p	0,53 ECU	0,48 ECU

Her üç ülkede, biyomotorine uygulanacak olası bir vergi indirimi ile bile ticari rekabetçiliğin yakın zamanda sağlanamayacağını düşünmektedirler. Ukrayna'da yıllık 10.000 ton biyomotorin üretecek bir tesisin yatırım maliyeti 6.1 MUSD olarak hesaplanmıştır.

Motor üreticileri Caterpillar, Cummins, Detroit Dizel, John Deere, Ford ayrı ayrı yayınladıkları durum raporlarında, hacimce karışımı % 5'i geçmeyen ve standartlar tarafından tarifelenmiş yakıt speklerine (EN 14214) uyan yakıtların motorlarında kullanımı sonucunda bugüne kadar bir problem ile karşılaşılmadığını bildirmelerine karşın, hacimce karışımı %5'in üzerindeki yakıt karışımının kullanılması durumunda yakıt nedeni ile oluşan her türlü arızayı garanti dışında bıraktıklarını bildirmişlerdir. Volkswagen ve Mercedes ürünlerinde Biyoyakıt kullanımına garanti vermektedirler[20]. Tablo 5.4'de çeşitli firmaların Biyodizel uygulamaları verilmiştir.

Tablo 5.4 Çeşitli Firmaların Biyomotorin Uygulamaları

Audi	Otomobiller : Tüm TDI Modelleri – 1996’dan beri
Case-IH	Traktörler- Tüm Modeller-1971’dan beri
BMW	Otomobiller : Model 525 tds-1997’dan beri
Claas	Biçerdöğerler- Traktörler
Farvman Dizel	Motorlar
Fiatağri	Traktörler : Yeni modeller için
Ford AG	Traktörler : Yeni modeller için
Holder	Traktörler
Iseki	Traktörler : 3000 ve 5000 Serileri
John Deere	Traktörler, Biçerdöverler -1987’dan beri
KHD	Traktörler
Kubota	Traktörler : OC , Super Mini, 05, 03 Serileri
Lamborghini	Traktörler : 1000 Serisi
Mercedes-Benz	Otomobiller : C , E 220, C 200 ve 220 CDI Serileri
Mercedes-Benz	Kamyon, Otobüs : BR 300, 400, Unimog Serileri-1988’dan Traktörler-1990’dan beri
Same	Otomobiller : Tüm TDI Serisi- 1996’dan beri
Seat	Otomobiller : Tüm TDI-Serisi- 1996’dan beri
Skoda	Traktörler- 1988’dan beri
Stevr	Botlar : M 16 TCAM ve M 14 TCAM Serileri
Stevr	Traktörler- 1991’dan beri
Valmet	Otomobiller : Tüm TDI Serisi- 1996’dan beri
Volkswagen	Otomobiller : Tüm yeni SDI Serisi (EURO-3)
Volvo	Otomobiller : S80-D, S70-TDI ve V70-TDI Serileri

5.2 Türkiye'de Biyodizel

5.2.1 Giriş

Ülkemizde kara taşımacılığının önemli bölümünde ve deniz taşımacılığında dizel motorlu taşıtlar kullanılmaktadır. Ayrıca endüstride jeneratörler için önemli miktarda motorin kullanılmaktadır. Motorin ihtiyacı yıllara göre artış göstermektedir. Motorin talebinin 2010 yılında 15 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir [3]. Bu artışla birlikte, toplam petrol ihtiyacı içinde ithalatın payı artmakta, zaten sınırlı olan yerli petrol üretiminin payı azalmaktadır. Ayrıca, petrol yanında petrol ürünleri ve motorin yakıtının da ihtiyacı dolayısıyla ithalatının da yıllar itibarıyla artış göstereceği öngörülmektedir. Bu artış sonucu ülkemizin dışa bağımlılığının daha da artacağı görülmektedir. Bu sonuçlar ülkemiz için yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını zorunlu hale getirmektedir.

1992 yılında piyasaya sunulan ve ekonomik ve stratejik açıdan giderek değer kazanan biyodizel hızla yaygınlaşan yerli –yenilenebilir - alternatif yakıtların başında gelmektedir ve ülkemiz içinde değer yaratan bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Biyodizelin yarattığı parasal değer, petrol ithalatçısı olan ülkemizin dışa bağımlılığını azaltması ve ödenen dövizlerin yeni yatırımlara yönlendirilmesi, yağlık tohum üretimi ile tarım sektörüne, küspesi ile hayvancılık sektörüne, yan çıktısı olan gliserinin ile çeşitli sektörlerle kattığı değerler olarak sayılabilir. Bunun yanında daha az zararlı emisyon oluşturmaya çevresel değer katmaktadır.

Stratejik açıdan bakarsak, hedefimiz 2020 yılında AB üyesi olan bir Türkiye'dir.

2020 yılında en az 15.000.000 ton motorin tüketimi bekleniyor. Buna göre: yerli kaynaklardan elde edilen 3.000.000 ton biyodizel, ithal olunan fosil yakıtlar yerine kullanılacaktır.

3.000.000 ton biyodizelin 500.000 ton mertebesindeki bölümü, atık yağlardan elde ediliyor.

Bunun dışındaki 2.500.000 ton biyodizelin hammaddesi olan bitkisel yağlar ise, ülkemizdeki tarımsal etkinliklerden üretiliyor. 3.000.000 ton biyodizelin yerli

kaynaklardan üretilmesi sonucunda – *günümüz fiyatları baz alınarak* – yapılan değerlendirmeye göre: akaryakıt ithalatına ilişkin faturada 1.5 milyar USD mertebesinde bir azalma olacaktır.

2.500.000 ton biyodizelin yerli ürünlerden elde edilen bitkisel yağlardan üretimi durumunda, tarım sektöründe 1,5 milyar USD katma değer yaratılacaktır. Böylece ülkemizin “gelir – gider” tablosunda “gelir” lehine 3 milyar USD/yıl mertebesinde bir iyileşme beklenebilir.

2020 yılında Türkiye’nin nüfusu 75 milyon kişi olarak varsayılırsa, kişi başına düşen milli gelir 40 USD/yıl mertebesinde artacaktır.

Biyodizel üretmek ve kullanmak için Türkiye yeterli ve uygun alt yapıya sahiptir. Yağlı bitki tohumundan üretim yapan tesislerde biyodizel maliyetindeki en büyük pay hammaddeye, ürüne (tohuma) aittir. Atık yağın hammadde olarak kullanıldığı işletmelerde üretim maliyeti göreceli olarak daha azdır.

Türkiye’de kolza (kanola) , ayçiçeği, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinin enerji amaçlı tarımı mümkündür. Kışı ılıman geçen bölgelerimizde kanola ikinci ürün olarak da ekilebilir.

GAP bölgesinde 10 milyon dekar alanda sulu tarım olanağı vardır; bölgede pamuk yanı sıra dönüşümlü olarak kanola ve/veya soya ekimi olumlu olacaktır.

Çok genel bir hesaplama ile GAP bölgesinde kanola ve/veya soya ekimi ve biyodizel üretimi ile yılda 1.5 milyon ton biyodizel üretilbileceği söylenebilir. Üretim maliyetini düşüren yan ürünler küspe ve gliserin sayılabilir.

Gliserin, sabun ve kozmetik sanayisinde, saflaştırılarak ilaç sektöründe kullanılmaktadır. Ayrıca saflaştırma sırasında elde edilen gübrenin de ekonomik bir değeri olmaktadır.

Gelişmiş ülkelerin pek çoğunda biyodizel vergi indirimleriyle kullanılmakta çevre bilinci gelişmiş ülkelerde teşviksiz de kullanılabilir.

Amerika’nın bazı eyaletlerinde fiyatı dizele göre pahalı olmasına rağmen bilinçli tüketici tarafından kullanılmaktadır.

Türkiye’de ancak dizelden daha düşük fiyata satılması durumunda kendine yer bulabilir ve yaygınlaşabilir.

Biyodizel her ne kadar enerji politikalarını tarif ediyorsa da hammaddesi tarıma dayalı olduğu için tarım politikaları içerisinde değerlendirilmelidir.

Bu, ucuz enerji politikası içinde (özellikle tarım sektörü için) uygun bir üretim felsefesinin adıdır.

Biyodizel için yapılacak her türlü üretim yağ bitkileri üretim kültürünün yaygınlaşması, gelecekte de yağ bitkileri ihtiyacımızın yerli üretimle karşılanması anlamına gelmektedir.

Özellikle hammaddeyi üretenlere biyodizelin direkt verilmesi üreticilere cazip gelmekte; en fazla 1,5 YTL/lit'ye biyodizel kullanma imkanı doğmakta, ayrıca her 1 lt biyodizel üretimi için de 1,8 kg kesif yem çiftçimize kalmaktadır.

Böylelikle biyodizel sadece salt enerji ürünü değil, tarım politikaları içinde değerlendirilmesi gereken bir konu olmaktadır.

Ülkemizde, çiftçilere yönelik olarak uygulanacak “TOHUMUNU GETİR, YAKITINI GÖTÜR” benzeri kampanyalar, sözleşmeli tarım modeli yoluyla ve yeterli teşvik primleri ile desteklenerek hem gerekli biyodizel üretimi yapılabilir, hem de ülkemizin ham yağ açığı kapatılabilir.

Örneğin, Almanya 3 yıl önce 1,8 milyon ton kolza üretirken biyodizel uygulamasının planlı olarak devreye girmesiyle 2005'te 5.2 milyon ton kolza üretimini gerçekleştirmiştir.

Özellikle ana maliyeti yakıt olan çiftçimizin şu an ülke genelinde yüzde 6.2 olan yağlı tohum üretimini yüzde 15-20'lere çıkarabileceği, kolza ve anavatanı Anadolu olan aspirin ülkemizde yağlı tohum üretiminde de ciddi bir artış yaşanacağı beklenmektedir.

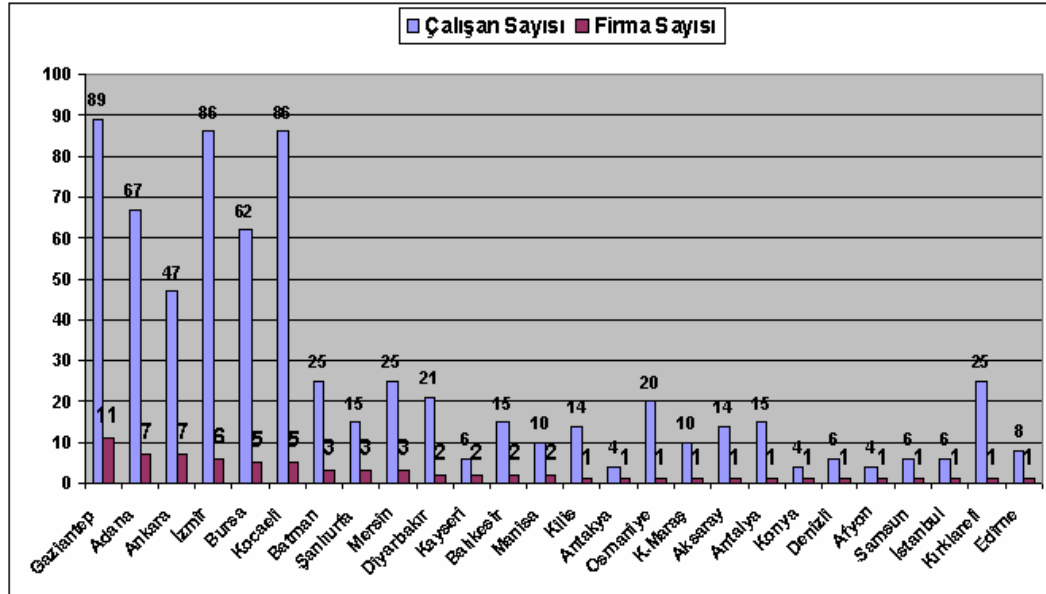
5.2.2 Türkiye de biyodizelin mevcut durumu

Türkiye'de biyodizel 2005 yılı sonunda ALBİYOR'e göre 450 000 ton üretim kapasitesine, TOBB kapasite raporlarına göre ise 878 000 ton/yıl üretim kapasitesine ulaşmıştır. Çalışan sayısına bakıldığında (ekstrem yaratan firmalar çıkartıldığında) 700 kişi biyodizel üretiminde istihdam edilmektedir. Firma başına düşen personel sayısı yaklaşık 9.7 kişi/biyodizel işletmesi olmaktadır. Şekil 5.5'de illere göre firma sayısı ve çalışan sayısı verilmiştir. 2005 yılı Kasım ayı itibarı ile Türkiye'de önceden

kapasite raporu alan firmalar dikkate alındığında toplam üretici sayısı 76'ya çıkmıştır. Bu üreticilerin illere göre dağılımı şekil 5.4'de verilmiştir[25].



Şekil 5.4 Üreticilerin illere Göre Dağılımı



Şekil 5.5 illere Göre Çalışan Ve Firma Sayısı

Bu tabloya göre firma sayısı 76, kurulu kapasite ise 978.436 ton/yıl dır. Kasım 2005 tarihine göre kurulu kapasitenin illere göre dağılımı Tablo 5.5`de verilmiştir.

Tablo 5.5 Türkiye’de Kurulu Kapasitenin İllere Göre Dağılımı

İl	Firma Sayısı	Kapasite(Ton/Yıl)
İzmit	7	160.004
G.Antep	16	158.004
Ankara	11	71.040
Mersin	4	70.534
Adana	7	58.745
Bursa	5	46.062
İzmir	6	35.562

Türkiye’de çok bölünmüşlük ve terkedilmişlikten kaynaklanan kullanılmayan alan 1900000 hektardır. Bu alanlar değerlendirildiği takdirde yılda 1.250.000 ton biyodizel üretimi mümkündür. Ekili alanlarında kullanılması, sözleşmeli çiftçilik ile sağlanabilecektir. Tüm alanların değerlendirilmeye alınması 80.000 çiftçiye iş imkânı sağlayacaktır. Sağlanan iş imkânı şehirlere olan göçü azaltacaktır. Gübre, küspe ve gliserin gibi yan ürünler ile tarıma ve imalat sanayiine önemli katkı sağlanacaktır.

Çevre etkileri, üretimde bir maliyet unsuru haline gelecek ve emisyonlarını indiremeyen fabrikalar biyoyakıt üreticilerinden emisyon sertifikası olarak ihracat yapabilecek, Kriz dönemleri için stratejik üretim tesisleri ve rezervler oluşturulabilecektir.

Kurulmakta olan yeni tesislerle ve Enerji Verimliliği Kanununun yürürlüğe girmesi ile, yıllık üretim miktarının kısa sürede 200.000 tonun üzerine çıkabileceği tahmin edilmektedir.

5.2.3 Türkiye’de Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretim Hedefleri Ve Destekleme Politikaları

Biyodizel yakıtı kolza, soya, ayçiçeği gibi farklı yağ bitkilerinin yağlarından üretilmektedir. Özellikle Avrupa ve Amerika kolza ve soya yağlarını biyodizel üretimi için kullanmakta, kolza ve soya üretimi için planlamalar yapmaktadır. Türkiye’de üretilen biyodizelin %70’lik bir kısmı yurt dışında ithal edilen palm ve türevlerinden elde edilmektedir. Oysa biyodizel üretimi için en uygun bitkiler olan aspir (safflower) ve kolza-00 (kanola-raps) ülkemiz şartlarında rahatlıkla yetiştirilebilecek ve verim alınabilecek bitkiler olarak görülmektedir.

Yağlı tohumlu bitkiler insan beslenmesinde temel gıda maddesi ve biyoyakıt olarak kullanılması nedeniyle stratejik ürünler olarak değerlendirilmektedir. Tablo 5.6`da yağlı tohumlu bitkilerin dünyada ve Türkiye`deki üretimleri verilmiştir[23].

Tablo 5.6 Yağlı Tohumlu Bitkilerin Üretimi

Konular	Dünya	Türkiye
Üretim (milyon ton)	300–350	2,1-2,5
Soya(%)	60	2
Kanola(%)	12	-
Pamuk(%)	11	55
Ayçiçeği(%)	7	38
Diğer(%)	10	5

Görüldüğü üzere ülkemizde kolza ve soya üretimi oldukça düşüktür. Kolza üretiminin son 20 yılı göz önüne alındığında ürün veriminin ortalama 1603 kg/hektar olduğu görülmektedir. Hektar başına kolza ekimi ile yılda yaklaşık 670 kg yağ üretmek mümkündür.

Türkiye'nin ekilebilen, nadasa bırakılan ve toplam arazi varlığı yıllara göre Tablo 5.7'de verilmiştir. Tabloda verilen bilgilere göre toplam ekilebilecek arazi varlığının yaklaşık %15-%20'si iki yılda bir değerlendirilebilmektedir. İleri tarım tekniklerinin bir arada uygulanması ile nadastan vazgeçilmektedir. Bu tekniklerden biri de münavebedir. Ülkemizde bu alanda yapılacak araştırmalarla diğer tarım tekniklerinin yanında yağ bitkilerinin münavebe olanakları artırılarak nadas alanları azaltılabilir [26].

İşlenen tarla alanının kullanımına göre dağılım değerleri ise Tablo 5.8'de verilmiştir. Tablo'da yağlı tohumlu bitkilerin toplam arazi varlığı içerisindeki payı %6,31 olarak görülmektedir. Yağ bitkilerinden biyodizel üretilmesi durumunda, üreticisinin ürettiği ürüne alım garantisi sağlanacağından, bu oranın artırılma şansı olacaktır. Ayrıca, pancar, tütün, fındık üretiminin destek kapsamından çıkarılması bu alanlarda alternatif bitki olarak yağ bitkilerinin yetiştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Tablo 5.7 Türkiye'nin Ekilebilen, Nadasa Bırakılan ve Toplam Arazi Varlığı (ha)

Yıl	1990	1995	1998	1999
Ekilen Alan	18,868,000	18,464,000	18,751,000	18,448,000
Nadasa Bırakılan Alan	5,324,000	5,124,000	4,905,000	4,900,000
Toplam Alan	24,192,000	23,588,000	23,348,000	23,656,000

Tablo 5.8 İşlenen Tarla Alanının Kullanılışına Göre Dağılımı (%) (Anonim 2000)

Yıl	1990	1995	1998
Nadas	22,1	21,72	20,27
Tahıl	56,67	58,57	58,35
Baklagiller	9,45	7,93	6,87
Endüstriyel Bitkiler	5,76	5,94	6,87
Yağlı Tohumlu Bitkiler	6,43	6,52	6,31
Yumru Bitkiler	1,18	1,51	1,33

Türkiye de ekilen alan miktarı 18.4 milyon hektardır. Buna göre mevcut ekilebilen alanların tamamına kolza üretimi yapılmış olsaydı yaklaşık 12.3 milyon ton biyodizel üretmek mümkündü. Buda 2005 yılı motorin ihtiyacına yakın bir değerdir.

Yurdumuzda her yıl ortalama 5 milyon hektar alan nadasa bırakılmaktadır. Eğer nadasa bırakılan alanlarda kolza ekilebilseydi 3 milyon ton biyodizel üretmek mümkün olacaktı buda 2005 yılı için gerekli motorinin %20 sine denk gelmektedir. Ülkemizde yağ ithalatının yıllara göre değişimi Tablo 5.9'da verilmiştir.

Tablo 5.9 Yağ İthalatının Yıllara Göre Değişimi

Yıllar	Miktar(Bin Ton)	Değer(Milyon \$)
2000	732	300
2001	763	324
2002	807	357
2003	869	442
2004	840	544

Ülkemizde yağlı tohum bitkilerinin durumu ve Tarım Bakanlığının hazırladığı ekim alanını artırma planları, ayçiçek, soya yağı, kanola ve pamuk için belirlenmiştir.

Ayçiçeği ; Ülkemizde üretilen ayçiçeği verileri Tablo 5.10' da verilmiştir[23].

Tablo 5.10 Türkiye’de Ayçiçeği Verileri

Yıllar	Ekim Alanı(Ha)	Verim(Ton/Ha)	Üretim(Ton)
2000	542	1.5	800
2001	510	1.2	650
2002	650	1.2	820
2003	545	1.4	800
2004	750	1.2	900

Ayçiçeği üretiminden; Marmara Bölgesi % 85, İç Anadolu Bölgesi % 7 pay almaktadır. Üretimin; % 35’i Tekirdağ, % 24’ü Edirne, % 17’si Kırklareli illerinde gerçekleştirilmektedir.

Ekim alanlarının artırılmasında;

- Akdeniz Bölgesi,
- Orta Anadolu Bölgesi,
- Şekerpancarı ile ekim nöbetine girebileceği diğer bölgeler, potansiyel alan olarak görülmektedir

Ayçiçeği ile ilgili öngörü Tablo 5.11’de verilmiştir[23].

Tablo 5.11 Ayçiçeği İle İlgili Öngörü

Yıllar	Beklenen Ekim Alanı Artışı (ha)	Beklenen Üretim Artışı (ton)
2006	60.000	108.000
2007	120.000	216.000
2008	180.000	324.000
2009	240.000	480.000
2010	300.000	600.000
2011	360.000	720.000

Ülkemizde;

Ayçiçeği ithalatı : 454 bin ton,

Ham yağ karşılığı ürün İthali : 190 bin ton,

Toplam : 644 bin ton,

İthalatın yerli üretimle karşılanması için gerekli alan 360 bin hektardır.

Beklenen üretim artışı sağlandığında, her yıl yapılan yaklaşık 190 milyon dolar ithalatın 2011 yılında tamamı yerli üretimle karşılanabilecektir.

Soya Fasulyesi:

Ülkemizde soya fasulyesi üretimi ile bilgiler Tablo 5.12 de verilmiştir[23].

Tablo 5.12 Türkiye’de Soya Fasulyesi Verileri

Yıllar	Ekim Alanı(Ha)	Verim(Ton/Ha)	Üretim(Ton)
2000	15	3	45
2001	17	2.9	50
2002	25	3	75
2003	27	3.1	85
2004	17	2.9	50

Soya fasulyesi üretiminden; Akdeniz Bölgesi % 84, Karadeniz Bölgesi % 14 pay almaktadır. Ülkemiz üretiminin; % 65'i Adana, % 14'ü Osmaniye , % 14'ü Samsun illerinde gerçekleştirilmektedir.

Ekim alanlarının artırılmasında;

- Daha önce ağırlıklı olarak ekildiği bölgeler,
- GAP bölgesi,

Potansiyel alanlar olarak görülmektedir.

Soya fasulyesi üretimi ile ilgili öngörü Tablo 5.13 de verilmiştir[23].

Tablo 5.13 Soya Fasülyesi İle İlgili Öngörü

Yıllar	Beklenen Ekim Alanı Artışı (ha)	Beklenen Üretim Artışı (ton)
2006	60.000	180.000
2007	120.000	360.000
2008	180.000	540.000
2009	240.000	840.000
2010	300.000	1.050.000
2011	360.000	1.260.000

Soya ithalatı : 655 bin ton,

İthal ham yağ tohum karşılığı: 420 bin ton,

Toplam : 1.075 bin ton,

İthalatın yerli üretimle karşılanması için gerekli alan 360 bin ha.

Öngörüde beklenen üretim artışının sağlanması ile her yıl soya, yağı ve küspesi için yapılan yaklaşık 370 milyon dolar ithalatın 2011 yılında % 92'si yerli üretimle karşılanacaktır.

Kanola :

Ülkemizde kanola üretimi son derece düşüktür, üretiminden, Marmara Bölgesi % 90, Ege Bölgesi % 10 pay almaktadır. Ülkemiz üretiminin, % 68'i Tekirdağ, % 22'si Çanakkale, % 10'u Manisa illerinde gerçekleştirilmektedir.

Ekim alanlarının artırılmasında;

- Tahıl üretimi yapılan yerler,
 - GAP Bölgesi,
- potansiyel alan olarak görülmektedir.

Pamuk:

Türkiye de pamuk üretim değerleri Tablo 5.14 de verilmiştir[23].

Tablo 5.14 Türkiye’de Pamuk Verileri

Yıllar	Ekim Alanı(Ha)	Verim(Ton/Ha)	Üretim(Ton)
2001	684	3,4	2340
2002	721	3,3	2423
2003	637	3,6	2345
2004	640	3,8	2455

Ülkemiz Pamuk üretiminden; Güneydoğu Anadolu Bölgesi % 52, Ege Bölgesi % 25, Akdeniz Bölgesi % 23 pay almaktadır. Ülkemiz üretiminin; % 30 Şanlıurfa, % 11 Diyarbakır, % 10 Aydın, % 9 Hatay, % 7’si Adana illerinde yapılmaktadır.

GDA Bölgesi en önemli pamuk üretim bölgesi haline gelmiştir. GAP tamamlandığında 1,6 milyon ha alan sulanacaktır. Bu sulama ile bölgede mevcut üretim deseni değişerek pamuk ekim alanı artacaktır.

Lif Pamuk İthalatı : 520 bin ton

İthalatın yerli üretimle karşılanması için gerekli alan 324 bin ha.

Tablo 5.15 de Pamuk ile ilgili öngörü verilmiştir[23]. Öngöründe beklenen üretim artışı sağlandığında, her yıl yapılan yaklaşık 600 milyon dolar ithalatın 2011 yılında tamamı yerli üretimle karşılanabilecektir.

Tablo 5.15 Pamuk İle İlgili Öngörü

Yıllar	Beklenen Ekim Alanı Artışı (ha)	Beklenen Üretim Artışı (ton)	
		Kütlü	Lif
2006	40.000	160.000	64.000
2007	83.000	332.000	132.000
2008	128.000	512.000	204.000
2009	176.000	704.000	281.000
2010	227.000	908.000	363.000
2011	282.000	1.128.000	451.000
2012	329.000	1.316.000	526.000
2011 YILI İTİBARI İLE DURUM			
Ürün Cinsi	İhtiyaç duyulan alan (ha)	Ulaşılan üretim miktarı (ton)	Katma değer (000.-\$)
Ayçiçeği	360.000	750.000	200.000
Soya	360.000	1.260.000	340.000
Kanola	150.000	375.000	120.000
TOPLAM	870.000	2.385.000	660.000

2011 yılı itibari ile toplam 985 milyon dolar ithalatın tamamı ayçiçeği, soya, kanola ve pamuk üretiminden sağlanacak katma değerle karşılanacaktır.

Ülkeler, biyodizel üretiminde kullandıkları tarımsal hammaddeleri tamamen kendi şartlarına bağlı olarak belirlemektedirler. Örnek olarak, A.B.D biyodizel üretiminde soya, Avrupa ülkeleri ise kolza kullanmaktadır. Ülkemizde ise biyodizel üretimi

açısından ayçiçeğini göz ardı etmemekle birlikte potansiyel olarak görülen yağ bitkileri kolza ve aspirdir

Türkiye'nin ham yağ ihtiyacının yaklaşık yarısını ithalat yoluyla karşılıyor olması biyodizel üretimi açısından kısıtlayıcı bir durum gibi gözükmemekte ise de;

Ham yağ açığının bulunması biyodizel sektörünün faaliyete geçmemesi gibi bir sonuç doğurmamalıdır.

Yapılan araştırmalar, kolza üretiminin buğdaya göre daha kârlı olduğunu göstermiştir. Çiftçiye tanıtımı iyi yapıldığı takdirde, alım garantisiyle alternatif bitki arayışı içerisinde olan üreticimiz kolza ve aspire gereken ilgiyi gösterecektir

Sonuç olarak, biyodizel için 3 milyon ton/yıl yağ bitkileri üretiminin yapılması 1 milyon ton yerli biyodizelin karşılığı yaklaşık 1,5 milyar ytl/yıl, 1,8 milyon ton kesif yem için 300 milyon ytl/yıl ile toplam 1,8 milyar ytl/yıl bir istihdam sağlayacaktır.

Üreticilerimize yapılacak en önemli konu, Tohumunu Getir, Yakıtını Götür felsefesinin çok iyi anlatılması: yeni bir üretim felsefesi ve değişimi ile sözleşmeli tarımı yaygınlaştırması, üretim fazlası ürün yerine ihtiyaç olan yağ bitkilerinin üretimi ve bu anlayışla işletmeci ve üreticilere hem bitkisel üretimde ve hem de yatırım da avantajlar sağlaması esas hedef olmalıdır.

Ülkemizde biyodizel hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi gereken diğer bir kaynak atık yağlar olmalıdır. Gerek mevcut yağ tohumlu bitki üretimimizin yetersiz olması, gerekse bu bitkilerin hammadde kaynağı olarak pahalı olması, atık yağları değerlendirmemizi gerektirmektedir. Tarım bakanlığının öngörüsüne göre 2011 yılında yağlı tohumlu bitkilerin üretiminin arttırılması, kaynak sıkıntısını azaltmada önemli olsa da, geçiş süresinin uzunluğu ve bunun yanında standartlara göre iyot sayısının 120 den küçük olma şartı sorun olmaktadır. Kanola dışındaki bitkilerin iyot sayısının 120 den büyük olması, bu bitkilerden elde edilecek biyodizelin motorlarda kullanımında garanti sorunları çıkartacaktır.

Bundan sonraki bölümlerde atık yağların biyodizel hammadde kaynağı olarak incelenmesi ve Türkiye'deki durumu ele alınmıştır.

5.2.4 Atık Yağların Biyodizel Hammaddesi Olarak Kullanımı

Biyodizel hammadde kaynağını oluşturan bitkisel yağların pahalı olması önemli bir dezavantajdır. Örneğin; Amerika'da 1 litre motorinin fiyatı 0,30 \$ iken soya yağından elde edilen biyodizelin fiyatı 0,66 \$ dır[33].

Daha ucuz bir şekilde üretim yapılabilmesi için, daha düşük fiyata sahip olan hammadde kullanımına gidilmektedir. Bu hammaddelerden birisi de atık bitkisel ve hayvansal yağlardır.

Ev veya restaurant atığı yağlardan yağ asidi esterleri üretimi, alternatif yakıtlar konusuna farklı bir yaklaşım getirmiştir. Atık mutfak yağları yüksek oranda serbest yağ asidi ve su içerir. Hatta rafine edilmiş bitkisel yağlarda bile çok az da olsa serbest yağ asidi ve su vardır. Hayvansal yağlar ise yüksek oranda doymuş yağ asitleri içermektedir. Bu nedenle oda sıcaklığında katıdırlar [27]. Hem bitkisel hem de hayvansal yağlar dizel motorunda herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılabilmesi için motorine yakın özelliklere sahip bir yakıtla dönüştürülmesi gerekmektedir.

Dünyada birçok ülkede biyodizel üretimi ve bu yakıtların dizel motorlarında kullanımı ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Fransa ve Almanya, bu ülkeler arasında Avrupa'daki en büyük üreticilerdir. 2000 yılında Fransa'da $2,5 \times 10^5$ ton, Almanya'da $2,3 \times 10^5$ ton üzerinde biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. National Biyodizel Board'ın 2002 yılındaki raporuna göre ABD'de sadece yellow grease'den $2,4 \times 10^4$ ton ile $3,2 \times 10^4$ ton arasında biyodizel üretimi gerçekleştirildiği tahmin edilmektedir. INE (Spanish National Institute of Statistic) 'in raporuna göre, İspanya'da her yıl yaklaşık $7,4 \times 10^4$ ton atık zeytinyağı toplanmakta, bu değerden çok daha fazlası da kanalizasyon şebekesine atık olarak dökülmektedir [28]. Yine aynı rapora göre 2001 yılında İspanya'daki 2 numaralı dizel yakıt tüketimi yaklaşık $2,4 \times 10^7$ ton dur. Japonya'da yapılan bir çalışmada, Japonya'nın yıllık 4×10^5 ile 6×10^5 ton arasında atık mutfak yağına sahip olduğu belirtilmiştir [29]. Bu miktarın yaklaşık $2,5 \times 10^5$ tonu endüstride, $1,5 \times 10^5$ tonu hayvansal yemlerde, 6×10^4 tonu yağ asitlerine dönüştürülerek kullanılmıştır[30].

Bu atık kaynağının harekete geçirilmesi hem alternatif yakıt kaynakları açısından hem de çevresel açıdan önemli bir avantajdır. Bu nedenle, atık mutfak yağlarında üretilen biyodizel, Avrupa ve Amerika'daki yakıt istasyonlarında dizel motorları için alternatif yakıt olarak satılmak suretiyle ticarileşmesi sağlanmıştır.

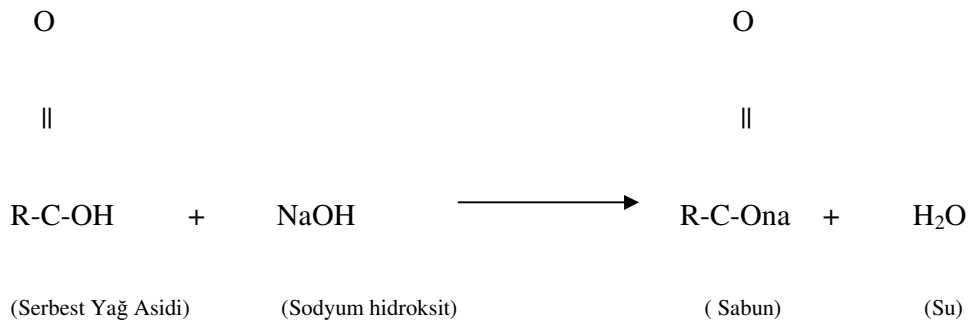
5.2.5 Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi

Bitkisel yağları biyodizele dönüştürmede kullanılan transesterifikasyon yöntemi atık yağlar içinde kullanılır. Ancak kullanım esnasında bu atık yağların özellikleri değişmiş olabilir. Bu nedenle kullanılmış kızartma yağları, biyodizel üretimine başlanmadan önce, analiz edilmelidir. Analiz parametreleri ise; yağın kimyasal ve fiziksel değişimi, su ve diğer yiyecek maddeleriyle kirlenmesi, serbest yağ asidi

(SYA) miktarı ve yağ asidi dağılımıdır. Hemen hemen aynı parametreler hayvansal yağlar içinde geçerlidir.

Bitkisel ve hayvansal yağlar mutfakta kullanıldıktan sonra ham veya rafine edilmiş özelliklerinden daha farklı bir yapıya sahip olurlar. Isı ve su, trigliseridlerin hidrolizini hızlandırır ve yağdaki serbest yağ asitlerinin (SYA) artmasına sebep olur [30]. SYA ve su transesterifikasyon reaksiyonunu önemli ölçüde olumsuz yönde etkiler. Aynı zamanda reaksiyon sonu ürünlerinden gliserol ile yağ asidi esterinin ayrıştırılması zorlaşır. Özellikle atık mutfak yağlarında polimerik, dimerik asitlerin ve gliserinin oluşması yağı daha viskoz hale getirir. Yağın moleküler ağırlığı ve iyot değeri azalırken, sabunlaşması ve yoğunluğu artar.

Dolayısı ile atık yağ kullanımındaki en büyük sorun, bu yağların SYA içeriğidir. Bu SYA'lar baz katalizör ile reaksiyona girdiğinde; katalizörü tüketip ester dönüşümünü azaltan ve esterin, gliserolün ve yıkama suyunun ayrışmasını engelleyen sabun oluşumuna neden olurlar. Şekil 5.6'da sabun oluşum reaksiyonu görülmektedir[31].

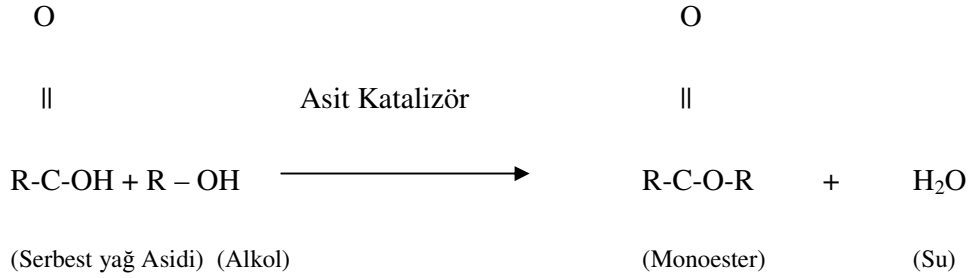


Şekil 5.6 Sabun Oluşum Reaksiyonu

Atık bitkisel yağların analizi sonucunda kullanılmamış bitkisel yağlar ile arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Bir çok durumda, ısıtma ve katı parçacıkların filtrelenmesi, transesterifikasyon reaksiyonuna geçişte yeterlidir.

Genellikle atık mutfak yağlarında SYA seviyesi %2 kütle oranından daha fazladır. Bir çok araştırmacı yüksek SYA' lı hammaddeler üzerinde çalışmış ve baz katalizör kullanımının dönüşüm oranını düşürdüğü sonucuna varmıştır. Baz katalizör kullanılan bir transesterifikasyonda optimum ester dönüşümü isteniyorsa, kullanılan yağın SYA seviyesi %1'i geçmemelidir [32]. Bununla birlikte bir kısım çalışmalarda yakıt kalitesinde biyodizel üretebilmek için, işlenen yağın asitliliğinin %0,5'den az olması gerektiği vurgulanmıştır. Atık yağların SYA seviyesi %0,5'i geçerse, SYA' lara karşı çok daha toleranslı olan asit katalizörler kullanılmalıdır. Asit katalizörler,

trigliseritleri biyodizele dönüştürmek için pratik sayılamayacak kadar yavaştır; fakat SYA'ları estere dönüştürmek için pratik sayılabilecek kadar hızlıdır[31]. Böylece asit katalizörler kullanılarak bu atık yağların SYA seviyesi %0,5'in altına indirilebilir. Ön iyileştirme reaksiyonu denilen bu reaksiyon bir ester değişimi değil esterleştirme reaksiyonudur. Bu reaksiyon şekil 5.7'de görülebilir[31].



Şekil 5.7 Öniyileştirme Reaksiyonu

Ön iyileştirme reaksiyonunda kullanılan alkol ve katalizör miktarı, kullanılan yağın SYA içeriğine göre belirlenir. Ön iyileştirme için ana engel su oluşumudur. Yukarıdaki denklemde görüldüğü gibi, SYA' lar alkol ile reaksiyona girdiklerinde ester ile birlikte su oluşur. Su, SYA'ların estere dönüşüm reaksiyonunu engeller. Suyun etkisini daha belirgin bir şekilde ortaya çıkarabilmek için bitkisel yağa su eklenerek deneyler yapılmış, %3 H₂SO₄ kullanılan reaksiyonda, %0,1 kadar küçük bir su ilavesinin dahi esterleşmeyi düşürdüğü tespit edilmiştir. Baz katalizörler suya karşı daha toleranslıdır. Su oluşumunun olumsuz etkisi nedeni ile ön iyileştirme reaksiyonu birden fazla adımdan oluşmalı ve bu adımlar arasında su-alkol fazı reaksiyon ortamından uzaklaştırılmalıdır. Daha sonra yağın yeni asit değeri ölçülür ve ikinci iyileştirme adımından sonra serbest asit miktarı %0,5'in altına düşürülmeye çalışılır. Her bir ön iyileştirme adımından sonra reaksiyondan alınan su-alkol karışımı içinde önemli miktarda ester ve yağ içerir. Bu nedenle son iyileştirme adımından sonra alkol-su karışımı alınmaz, çünkü az miktardaki su, baz katalizör kullanılan transesterifikasyon reaksiyonunu engeller.

Ön iyileştirmede atık yağın SYA seviyesi %0,5'in altına düşürüldükten sonra reaksiyona, çok daha kısa sürede bitirmek için, baz katalizör ile devam edilir. Transesterifikasyonda kullanılan ve reaksiyona girmemiş trigliserit miktarı temel alınarak hazırlanır. Ancak ön iyileştirme reaksiyonuna tabi tutulmuş yağın mevcut SYA içeriği ve ön iyileştirme reaksiyonlarından kalan atık asit katalizör miktarı da dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda atık kızartma ve hayvansal yağların

transesterifikasyonu, bitkisel yağlara oranla başlangıçta daha yavaştır. Soya ve ay çiçek yağında ilk bir dakikada yaklaşık %80 lik dönüşüm elde edilirken, atık yağlarda daha düşük oran vardır. Çünkü metanolün çözünürlüğünü sağlamak için iç yağı ile iyi bir şekilde karıştırmak gerekir.

5.2.6 Atık Yağlardan Üretilen Biyodizelin Kalitesi

Kullanılmış kızartma yağlarının üzerindeki en büyük etki, yağın ısıtılması sırasında oluşan ve esasen dimerik yağ asidi esterlerine dönüştürülen, polimerize olmuş trigliseritlerdir [31]. Bu yağlar biyodizele dönüştürüldüğünde polimer yüzdesi önemli oranda azalmaktadır ancak dimerik yağ asidi esterlerinin, viskozite ve Konradson Karbon Kalıntısı üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir. Konradson Karbon Kalıntısı miktarı, ester yakıtının kalitesinin bir göstergesidir. Gliseritlerden, sabunlardan ve diğer inorganik kalıntılardan arındıklarını gösterir. Bu nedenle atık yağlardan üretilen biyodizel yakıt kalitesinde olmalı yani standartlara uymalıdır.

Özellikle hayvansal yağlar ve kızartma yağları, bitkisel yağlara oranla, doymuş yağ asitlerinden fazla oranda içerdiklerinden çok yüksek sıcaklıklarda kristalize olurlar.

Bu özellik soğuk çalışma şartlarında problem oluşturabilir. Ancak bu yağlar biyodizele dönüştürülürken izo- propil alkol gibi dallanmış yapıda alkoller kullanılırsa soğuk akış özellikleri iyileştirilebilir. Ayrıca bu düşük maliyetli hammaddelerden üretilen biyodizel ile yüksek kaliteli bitkisel yağlardan üretilen biyodizelin egzoz emisyonları arasında fark çok azdır. Aynı durum yanma ve motor performansı içinde söylenebilir. Tablo 5.16'da Avrupa'da uygulanan biyodizel standardı ile kolza ve kullanılmış kızartma yağından üretilen biyodizelin özellikleri verilmiştir[31].

Tablo 5.16 Kolza ve Kızartma Yağından Üretilen Biyodizelin Özellikleri

Parametrelere	Metot	Birim	Atık Kızartma	Kolza Yağı	E DIN 51606
Yoğunluk (15 C)	ISO 3675	g/cm	0,8809	0,8796	0,875 - 0.900
Kinematik Viskozite	ISO 3104	mm/s	4,63	4,24	3,5 - 5,0
CFPP	DIN EN 116	C	0	-10	0 - -20
Parlama Noktası	DIN EN 22719	C	166	164	>110
Konradson Karbonu	DIN 51551	%	0,04	0,01	< 0,05
Asit Değeri	DIN 51558	mgKOH/g	0,36	0,37	< 0,50
Serbest Gliserol	E DIN 51609	%	0,003		< 0,02
Toplam Gliserol	E DIN 51609	%	0,046		< 0,25

Bir çok ülkede atık yağ potansiyeli ile ilgili çalışmalar yapılmış ve önemli miktarda atık yağ tespit edilmiştir. Avrupa’da ve ABD’de restaurantlardan çıkan kızartma yağları ile hayvansal yağlar toplanmakta ve başlıca hayvan yemi katkısı olarak kullanılmaktadır. Ancak deli dana hastalığı nedeni ile bu yağların hayvan yemi yapımında kullanımı yasaklanmıştır. Böylece bu atıkların pazarı ortadan kalkmış olup, çevre kirliliğine neden olur hale gelmişlerdir. Bununla birlikte biyodizel üretimi için atık kızartma yağlarının toplanmasıyla ilgili çalışmalar yapılmıştır. 1993 yılında Avusturya’nın Styria eyalet hükümeti tarafından biyodizel üretimi için evlerden ve restaurantlardan kullanılmış kızartma yağının toplanmasını destekleyen kampanya düzenlenmiştir. Styria ve Salzburg’da evlere 3 litrelik yaklaşık 130.000 adet toplama kovası, restaurantlara ve özel atık tesislerine ise 1000 litre kapasiteli 550 adet konteynır yerleştirilmiştir.

5.2.7 Atık Yağlardan Elde Edilen Biyodizelin Motor Performans Ve Emisyonlarına Etkisi

Yakıtın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesi motor performansı ve emisyonlarını etkileyeceği bilinmektedir. Bu nedenle biyodizelin atık yağ hammaddelerinden üretimi motor performans ve emisyonlarını etkileyecektir. Bu etkilerin ne şekilde olduğunu belirlemek amacı ile Çanakçı tarafından Iowa State

Üniversitesinde deneysel bir çalışma yapılmıştır [33]. Yapılan çalışmada, bitkisel ve hayvansal yağ kaynaklı biyodizelin motor performansına ve emisyonlarına etkisi motorin ile kıyaslanmıştır. Deneyler dört silindirli, dört zamanlı, turbo şarjlı, direk enjeksiyonlu John Deere 4279T tipi dizel motoru üzerinde, 1400 d/d için tam yükte yapılmıştır. Test motorunun teknik özellikleri Tablo 5.19`da verilmiştir.

Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilen biyodizel (AYME), No.2 dizel yakıtı ile %20 oranında biyodizel karışımı (%20 AYME), No 2 dizel yakıtı, bitkisel yağlardan üretilen biyodizel (SME) ve No.2 dizel yakıtı ile %20 oranında SME karışımı(%20 SME) yakıtı test edilmiştir. Biyodizelin hammaddesini oluşturan atık bitkisel ve hayvansal yağ (AY) ile biyodizelin (AYME) yağ asidi dağılımları Tablo 5.17`de gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere AY ile AYME arasında karbon zinciri bakımından fazla bir fark olmadığı görülmektedir.

Tablo 5.17 Atık Bitkisel Yağ ile Metil Esterinin Yağ Asidi Dağılımı

ÜRÜN	KARBON ZİNCİRİ(%)										Doymuşluk(%)
	C14:0	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	
AY	2,43	0,37	23,24	3,79	1	12,96	44,32	6,97	0,67	0,14	39,79
AYME	2,42	0,36	22,27	3,84	0,95	12,03	44,98	7,8	0,79	0,14	38,67

Tablo 5.18`de test edilmiş olan yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere kullanılan biyodizel standartlara uygundur. Bununla birlikte, motor üzerinde herhangi bir değişiklik yapmaksızın biyodizelin kullanımı motor performans ve emisyonlarını etkileyecektir. Çünkü biyodizelin özellikleri petrol kökenli yakıtlardan farklıdır. Biyodizel ağırlıkça %11 kadar oksijen içermekte, setan sayısı ise yüksektir. Bununla birlikte, daha yüksek viskoziteye ve yoğunluğa sahip olması enjeksiyon zamanını, püskürtülen yakıt miktarını ve püskürtme geometrisini değiştirecektir. Ayrıca biyodizelin yaklaşık olarak %12 kadar daha az bir ısı değere sahip olması, motor çıkış gücünü azaltacaktır. Bu ise, aynı miktarda güç üretmek için daha fazla yakıt tüketimini gerektirecektir. Bunu sağlamak için bir çevrimde daha uzun süreli yakıt püskürtülmesi şarttır. Bu da enjeksiyon başlangıç zamanını değiştirecek bununla birlikte tutuşma gecikmesi de değişecektir.

Tablo 5.18 AYME, No 2 Yakıtı, No 1 Yakıtının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Test Özellikleri	AYME	No 2 Dizel Yakıtı	SME
Karbon(Kütlese %)	76.46	86.70	77.10
Hidrojen(Kütlese %)	12.25	12.71	11.81
Oksijen(Kütlese %)	11.29		10.97
K/H Oranı	6.24	6.82	6.53
Doymuş(Hacimsel %)		63	77.2
Olefin(Hacimsel %)		1.3	1.3
Aromatik(Hacimsel %)		35.7	21.6
Kükürt(Kütlese %)	<0.005	0.041	<0.005
Ortalama Molekül Ağırlığı	283.52	193.89	291.62
Setan Sayısı(ASTM D613)	62.6	42.6	51.5
Üst Isıl Değer(kJ/kg)	39.86	45.34	39.871
Alt Isıl Değer(kJ/kg)	37.14	42.64	37.388
Özgül Yoğunluk(g/cm ³)	0.873	0.854	0.882
Kinematik Viskozite	5.164	2.827	4.27

Tablo 5.19 Test Motorunun Teknik Özellikleri

Marka	John Deere
Model	4276T DI
Silindir Çapı	106,5 mm
Strok	127 mm
Biyel Kolu Uzunluğu	202,9 mm
Sıkıştırma Oranı	16,8:1
Maks Güç(2100 d/d)	57,1 kW
Maks Tork(1300 d/d)	305,0 Nm

Tüm bu değişikliklerin motor performans ve emisyonlarında oluşturduğu değişiklikleri analiz etmek üzere, test motoru (John Deere), ölçümleri dijital olarak yapabilen 112 kW gücünde General Electric TLC 2544 model direk akım dinamometresine bağlanmıştır. Motor egzoz emisyonları için her bir testten önce egzoz analiz cihazlarının kalibrasyonu yapılmıştır. Yakıt tüketiminin bulunması için elektronik bir terazi ve kronometre, emme hava miktarının ölçümü için ise laminar akış elementi kullanılmıştır.

Yakıtlar motor devri 1400 d/d de tam yük şartlarında test edilmiştir. Özgül yakıt tüketimi, termik verim, egzoz emisyonları açısından değişimler değerlendirilmiştir. No.2 dizel yakıtı referans yakıt olarak kabul edilerek karşılaştırma yapılmıştır.

Test edilen yakıtların özgül yakıt tüketimi, termik verimleri ve No.2 dizel yakıtına göre % değişimleri Tablo 5.20`de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün biyodizel çeşitlerinin kullanımında özgül yakıt tüketimi dizel yakıtlardan daha fazladır. Özgül yakıt tüketimi açısından atık yağlar, bitkisel yağlar ve bunların motorin ile karışımlarından elde edilen yakıtlar arasında fazla bir fark yoktur. Saf biyodizel ve %20 AYME kullanıldığında, aynı miktarda motor gücü elde etmek için, sırasıyla %14,4 veya % 2,76 kadar daha fazla yakıt tüketmek gerekmektedir. Bu artışın sebebi biyodizelin ısı değeri olarak yaklaşık olarak % 12 kadar motorinden düşük olmasıdır. Yakıtların termik verimleri birbirine çok yakın olarak elde edilmiştir. Bu, test edilen yakıtların kimyasal enerjilerinin, aynı oranda mekanik enerjiye çevrildiğinin bir

göstergesidir. Motorun 1400 d/d `de, tam yük şartlarında %37 gibi bir termik verime sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.20 ÖYT, Termik Verim Değerleri ve Değişim Yüzdeleri

YAKIT	ÖYT	DEĞİŞİM(%)	TERMİK VERİM	DEĞİŞİM(%)
NO 2 DİZEL YAKIT	227,95		37,04	
% 20 SME	234,55	2,69	36,9	-0,16
% 20 AYME	234,16	2,75	36,99	-0,11
AYME	261,86	14,44	37,14	0,49
SME	259,33	13,53	37,13	0,45

Yakıtların ürettikleri egzoz emisyonları; karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), yanmamış hidrokarbon (HC), azot oksit (NO_x) ölçülmüş ve referans yakıt kabul edilen No.2 dizel yakıtına göre % değişimleri ile ölçüm değerleri Tablo 5.21 de verilmiştir.

Bu tabloya göre, yapılan testlerden elde edilen CO emisyonları incelendiğinde en düşük CO miktarı 0,45 gr/ kW-h olarak AYME kullanımında ölçülmüştür. % 20 AYME karışımı ise 0,51 gr/ kW-h CO üretmiştir. SME kullanımında 0,46 gr/ kW-h %20 SME kullanımında ise 0,52 gr/ kW-h CO üretimi olmuştur. Referans yakıtı kıyas edildiğinde üretilen CO; AYME için %18,2, karışım için %7,5, SME için %17,8, %20 SME için ise % 7 daha az olmuştur.

Deneylerde ölçülen CO₂ değerlerine bakıldığında, saf biyodizel kullanımında CO₂ miktarı bir miktar daha fazladır. %20 karışım kullanımında ise çok az düşüş vardır. Referans yakıtı kıyasla AYME'nin CO₂ miktarı %1,2 kadar artmakla birlikte, SME kullanımında bu artış %1,8 dir. %20 AYME karışımında ve %20 SME karışımında sırası ile %0,06 ve 50,04 azalma olmuştur.

Egzoz gazları içerisindeki yanmamış HC miktarı motorun çalışma şartlarına, püskürtme karakterine ve yakıtın yanma odasında hava ile etkileşimine bağlıdır. Test sonunda ölçülen yanmamış HC değerlerinin referans yakıtı göre değişimine bakıldığında, en yüksek düşüş %46,3 ile AYME kullanımında olmuştur. %20 AYME karışımının kullanıldığı deneyde ise HC azalma miktarı %2,3 olarak bulunmuştur. HC emisyonlarında önemli bir azalma ise %42,5 ile SME yakıtında gözlemlenmiştir.

Azot oksitler(NO_x) egzoz gazları içerisinde en önemli olanlardan birisidir. Oluşumunda en önemli faktör yüksek ortam sıcaklığıdır. Deneylede ölçülen NO_x emisyonlarının referans yakıtı göre değişimine bakıldığında, NO_x emisyon değerleri tüm biyodizel yakıtların kullanımında artış göstermektedir. Biyodizelin kullanımında %10,6 NO_x artışı, biyodizelin bünyesinde bulunan oksijen olabilir.

Deney sonuçlarına göre, atık yağların kullanımında özgül yakıt tüketimi No.2 dizel yakıtına göre %14,4 daha fazla olduğu görülmüştür. Bu artışın sebebi biyodizelin ısı değeri dizel yakıttan daha düşük olmasıdır. Bununla birlikte, ham bitkisel yağ ile kıyaslandığında özgül yakıt tüketimi farklı değildir. Termik verimler kıyaslandığında ise atık yağlardan elde edilen yakıtın verimi motorin ve ham bitkisel yağdan elde edilen biyodizel yakıttan farklı değildir, birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Test edilen atık yağlardan elde edilen biyodizelin ürettiği emisyonların, No.2 dizel yakıt ile kıyaslandığında, NO_x hariç, azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 5.21 Emisyon Değerlerinin Referans Yakıtı Göre % Değişimleri

Yakıt Tipi	CO Miktarı(g/kW- hr	CO Değişimi (%)	CO ₂ Miktarı(g /kW-hr	CO ₂ Değişimi (%)	HC Miktarı(g /kW-hr	HC Değişimi (%)	NO _x Miktarı(g/k W-hr	NO _x Değişimi(%)
No.2 Dizel	0,56		803		0,5		18,8	
%20 SME	0,52	-7,5	802,7	-0,04	0,49	-3,1	19,1	1,5
%20 AYME	0,51	-7	802,6	-0,06	0,49	-2,3	19	1,1
SME	0,46	-18,2	817,4	1,8	0,29	-42,5	21,3	13,1
AYME	0,45	-17,8	812,3	1,2	0,27	-46,3	21	11,6

5.2.8 Türkiye de atık yağların durumu

Türk mutfağında hazırlanan yemeklerde genel olarak bol miktarda yağ kullanılmaktadır. Özellikle tavuk, hindi, balık v.s. kızartma işlemleri esnasında önemli miktarda hayvansal atık yağ oluşmaktadır. Son zamanlarda ülkemizde yağda kızartılmış patates ve diğer yiyeceklerin kullanımında önemli artışlar olmuştur. Bu artışın sonucu kullanılmış bitkisel yağ atıkları da artmıştır.

Özellikle Büyükşehirlerde binlerce lokanta, fastfood ve restoran yanında onlarca hazır yemek hazırlama merkezi ve yüzlerce otel/motel bulunmaktadır. Lokantacılar odası verilerine göre İstanbul'da 8700 adet lokanta/restoran faaliyet göstermektedir. Lokanta, restoran, hazır yemek merkezleri ve özellikle dört ve beş yıldızlı otellerde yemek pişirme merkezleri bulunmaktadır. İstanbul'da yemek üretimi yapan firma sayısı yaklaşık olarak 75 adettir. Dört ve beş yıldızlı otel sayısı ise sırasıyla 42 ve 24 adettir. Bu oteller ağırlıklı olarak Beşiktaş, Beyoğlu, Şişli, Eminönü ve Bakırköy ilçelerinde bulunmaktadır.

Ülkemizde her yıl yaklaşık 1,5 milyon ton bitkisel yağ tüketilmektedir. Özellikle kızartma işlemlerinden sonra 300–350 bin ton civarında kızartmalık atık bitkisel yağ oluştuğu tahmin edilmektedir[34].

İstanbul'da günde ortalama 100–150 ton arasında bitkisel ve hayvansal yağ atıkları oluşmaktadır. Bu yağların bir kısım piyasada yağ toplama işi yapan birkaç firma tarafından toplanmaktadır.

Bu firmalar restoran, hazır yemek pişirme tesisleri ve lokantalara 50–100 litrelik konteynırlar koymaktadırlar. Haftada bir veya on beş günde bir bu konteynır alınıp yenisi ile değiştirilmektedir. Toplanan yağlar filtre edilerek yağ içinde bulunan askıda katı maddeler bertaraf edilmektedir.

Bitkisel ve hayvansal yağ atıkların kalorileri çok yüksektir. Bu atık yağlar, suya, kanalizasyona döküldüğü zaman su yüzeyini kaplar, su sistemine zarar verir, havadan suya oksijen transferini önler ve zamanla suda bozunarak sudaki oksijenin tükenmesini hızlandırır. Atık su arıtma tesisinin işletme maliyetini artırır. Atık su kanal borularına yapışarak boru kesitinin daralmasına ve tıkanmasına neden olur. Kullanılmış bitkisel yağlar atık su kirliliğinin %25 ini oluşturmaktadır. Denize, akarsuya ve göle ulaşan bitkisel atık yağlar, kuşlara, balıklara ve diğer canlı türlerine zarar vermektedir. Yukarıda sıralanan olumsuzluklardan dolayı gelişmiş ülkelerde

kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağların kanalizasyona, yüzeysel sulara dökülmesi yasaktır.

Bu tür yağların kanala dökülmesi önleildiği için gelişmiş ülkelerde atık suların kirlilik yükü Türkiye'deki evsel atık sulara göre daha düşüktür.

1 Litre atık yağ 1 milyon litre içme suyunu kirletmektedir.

Bitkisel yağlar yüksek sıcaklıkta kolaylıkla okside olmakta ve kullanım ömürlerini tamamladıktan sonra ekotoksik özellikler göstermektedir. Bu atık yağlar, atık su toplama sistemlerinin (kanalizasyon, kolektörler) daralmasına ve tıkanmasına neden olmaktadır. Şekil 5.8 ve şekil 5.9 de sırası ile tıkanan kanalizasyon borusu ve taşlaşmış atık yağ görülmektedir.



Şekil 5.8 Tıkanan Kanalizasyon Boruları



Şekil 5.9 Taşlaşmış Atık Yağlar

Bitkisel ve hayvansal yağ atıklarının çöp içerisine atılması veya dökülmesi yasaktır. Çöpe dökülen atık yağlar çöp depolama alanında sık sık yangın çıkmasına neden olmaktadır. Çöp depolama alanı işleticileri kızartma yağlarının çöpe karışmamasını isterler. Kullanılmış yağlar yeraltı sularının kirlenmesine neden olabilir. Kirlenen yer altı sularını temizlemek çok çok pahalı ve zordur. Yeraltı suları her ülke için önemli bir içme suyu kaynağıdır. Köpekler, ayılar ve bazı kuş türleri (martı gibi) bitkisel ve hayvansal yağ atıklarını severler. Bu durum hayvanların bu depolama alanına gelmesine neden olur.

Atık yağlar, su yüzeyini kaplayarak havadan suya oksijen transferini önlemektedir ayrıca zamanla suda bozunarak sudaki oksijeni tüketmektedir.

Atık bitkisel yağlar ekotoksik özelliklerinden dolayı çevreyle uyumlu olarak yönetilmesi gereken atıklar arasında yer almaktadır.

Ulusal atık yönetim politikası önceliklerine göre bu atıklar;

- Kaynakta azaltma
- Geri kazanım

Yolları ile atık yağların sebep olduğu sorunlar çözülmelidir. Bu yaklaşım Avrupa Birliğinin 75/442/Eec atık çevre direktifinde belirtilen topluluk politikasıyla uyumlu bir bakış açısıdır.

Bitkisel atık yağların kontrolü yönetmeliği 19.04.2005 Tarih Ve 25791 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Bu yönetmelikle atık yağların, geri kazanım ürünleri sabun, yem katkı maddeleri biyodizel ve benzeri ikincil maddelere dönüştürülmesi teşvik edilmektedir.

Atık bitkisel yağlar uygun teknolojiler ile yağlı tohumlarda olduğu gibi biyodizele dönüştürülebilmektedir.

Bu olanak Türkiye'deki, biyodizel üretimindeki hammadde ihtiyacına katkı sağlayacak önemli bir alternatiftir.

Atık bitkisel yağların biyodizel üretimine kolaylıkla akışının sağlanabilmesi ve üretim maliyetlerinin kabul edilebilir düzeylerde tutulabilmesi için kaynağından ücretsiz olarak toplanması yönetmelikte önemli bir ilke olarak yer almaktadır.

Atık yağların toplanmasında yaşanan çevresel zararların en aza indirilmesi için atık yağ toplayıcılarına çeşitli standartlar getirilmiştir. Böylece biyodizel üretimi amacıyla kullanılacak yağların kaynakta diğer atıklardan ayrı olarak sınıflandırılması da sağlanmış olacaktır.

Ülkemizde, biyodizelin motorin karşısında ticari anlamda rekabet edebilmesi için ve atık yağların yukarıda sayılan çevresel ve sağlık açısından verdiği zararları yok edebilmek amacı ile atık yağlar değerlendirilmelidir. Özellikle nüfusun yoğun olarak yaşadığı ve sanayinin yoğun olarak bulunduğu Marmara Bölgesinden başlamak üzere, atık yağ potansiyeli araştırılmalıdır. Ülkemizde atık yağ potansiyeli ile ilgili yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu anlamda sanayi ve nüfusun yoğun olarak yaşadığı İzmit ilimiz genelinde bir çalışma yapılmıştır. Tablo 5.22 de bu çalışmanın sonuçları görülmektedir [32].

Tablo 5.22 İzmit İli Yıllık Atık Yağ Potansiyeli

Yerleşim Yeri	Restoran sayısı	Atık Yağ Miktarı
İl Merkezi	330	427.680
Derince	24	31.104
Hereke	13	16.848
Gebze	63	81.648
Gölcük	48	62.208
Kandıra	8	10.368
Karamürsel	33	42.768
Körfez	90	116.640
TOPLAM	609	789.264

Ayrıca İzmit ilinde kurulu bulunan FritoLay Cips fabrikasından bir yılda 360 000 litre atık kızartma yağı çıkmakta olduğu öğrenilmiştir. Bu ise atık kızartma yağlarının gıda sektöründe önemli bir potansiyeli olduğunu göstermektedir.

5.2.9 Türkiye’de Biyodizel Mevzuatı

5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu gereğince EPDK ikincil mevzuat çıkarma yetkisine haiz olup bu kapsamda; petrol piyasası yasasında (kanun no:5015) yerli tarım ürünlerinden üretilen biyodizel ve etanol akaryakıt ile eşdeğer vergiye tâbi olmaktan çıkartılmıştır.

Madde 2. –7)

Akaryakıtlarla harmanlanan ürünler: metil tersiyer bütül eter (mtbe), etanol vb. (yerli tarım ürünlerinden denatüre olarak üretilenler ile biyodizel hariç) akaryakıt ile eşdeğer vergiye tâbi olan ve olacak ürünleri tanımlanmaktadır. Bu yasa sayesinde biyodizel yasal anlamda koruma altına alınmış ve bu alandaki çalışmalara önemli bir destek sağlanmıştır[35,38].

Enerji piyasası düzenleme kurumu petrol piyasası lisans yönetmeliğinde biyodizel akaryakıt olarak tanımlanmıştır.

İlgi madde şu şekildedir:

Madde 4- 5.

Akaryakıt: benzin türleri, nafta (hammadde, solvent nafta hariç), gazyağı, jet yakıtı, motorin türleri, fuel-oil türleri ile biyodizeli.

Resmi gazetenin 10 Eylül 2004 tarih ve 25579 sayılı nüshasında yayınlanan Petrol Piyasasında Uygulanacak Teknik Kriterler Hakkında Yönetmenliğinde;

- biyodizel akaryakıt olarak tanımlanmış,
- yerli tarım ürünlerinden üretilen biyodizel ve etanol akaryakıt ile eşdeğer vergiye tâbi olmaktan çıkartılmış,
- saf biyodizel ve etanolün akaryakıt ile harmanlama işlemini rafinerici ve dağıtıcı lisansı sahipleri yapmakta,
- biyodizel dışındaki akaryakıtlar birbirleriyle karıştırılmaz,
- biyodizel üretimi için lisans almaya gerek yok

olarak belirlenmiştir. İlgili yönetmenliğin 4. maddesinin fıkraları aşağıdaki gibidir.

Madde 4 —

h) Akaryakıt: Benzin türleri, nafta (hammadde, solvent nafta hariç), gazyağı, jet yakıtı, motorin türleri, fuel-oil türleri ile biyodizeli,

i) Akaryakıtle harmanlanan ürünler: Metil tersiyer bütıl eter (MTBE), Etanol vb. (yerli tarım ürünlerinden denatüre olarak üretilenler ile biyodizel hariç) akaryakıt ile eşdeğer vergiye tâbi olan ve olacak ürünleri,

Akaryakıt ile Harmanlanan Ürünler ve Katkı Maddeleri

İfadeleri yer almaktadır. Böylelikle petrol piyasası kanunundan sonra petrol piyasasında uygulanacak teknik kriterler hakkında yönetmenlikte de biyodizelin ekonomik olarak korunacağı ve teşvik edileceği görülmektedir.

Aynı yönetmenliğin 8. maddesi

Madde 8 — Saf biyodizel ve etanolün akaryakıt ile harmanlama işlemini rafinerici ve dağıtıcı lisansı sahipleri yapar. Biyodizel dışındaki akaryakıtlar birbirleriyle karıştırılamaz.

Söz konusu madde, biyodizelin motorine nasıl nerde ve kimler tarafından karıştırılacağını açıklamaktadır.

Bu yönetmenliğin yine 9. maddesi:

Akaryakıt Üretimi

Madde 9 — Saf biyodizel ve sanayi tesislerinde yan ürün olarak elde edilenler hariç, akaryakıt üretimi sadece rafinerici lisansı sahipleri tarafından yapılır.

Açıklamasıyla biyodizelin kimler tarafından üretilebileceğini açıklamıştır.

Çevre ve Orman Bakanlığının bitkisel atık yağların kontrolü yönetmeliğinde;

Atık yağları sabun veya sabun hammaddesi, biyodizel ve diğer ürünleri elde etmek amacıyla kullanan geri kazanım tesisleri için çevre bakanlığından atık yağ toplama lisansının alınması, biyodizel üretimi yapacak geri kazanım tesisleri için, elektrik işleri etüt idaresi genel müdürlüğü ve TÜBİTAK'tan proses yeterlik belgesi alınması getirilmiştir.

Madde 18 — atık yağlardan biyodizel üretimi yapacak tesisler için aşağıdaki esaslar uygulanır:

a) atık yağlardan biyodizel üretimi yapacak tesisler, bu yönetmelik kapsamında geri kazanım tesisi olarak değerlendirilir.

b) bu tesisler, enerji piyasası düzenleme kurumunun teknik düzenlemelerine uygun üretim yapar ve piyasaya arz edilen ürünlere ilişkin olarak dağıtım firmalarından alınacak teslimatla ilgili belgeleri altı aylık dönemlerde bakanlığa sunar.

c) biyodizel üretimi sonucu oluşan yan ürünlerin kullanımı ve satışı için ilgili kurumlardan izin alınması şarttır. Bu tesislere kabul edilen atık yağ miktarları ve geri kazanılamayan atıkların nasıl bertaraf edildikleri yıllık olarak ilgili valiliklere bildirilir.

Atık yağlar için toplama lisansı verilmesi

Madde 21 — bitkisel yağ rafinasyon tesisleri içinde rafinerinin kendi atıklarının değerlendirildiği ve ana tesisle entegre olarak işletilen geri kazanım üniteleri için lisans alma yükümlülüğü bulunmamaktadır. atık yağları sabun veya sabun hammaddesi, biyodizel ve diğer ürünleri elde etmek amacıyla kullanan geri kazanım tesisleri için bakanlıktan atık yağ toplama lisansının alınması zorunludur. geri kazanım tesisi bulunmayan gerçek veya tüzel kişilere toplama lisansı verilmez. söz konusu tesislerin proseslerinin yeterliliği;

1) biyodizel üretimi yapacak geri kazanım tesisleri için, elektrik işleri etüt idaresi genel müdürlüğü ve TÜBİTAK'tan alınacak teknik raporlarla,

2) bu yönetmeliğin 19 uncu maddesi kapsamında belirtilen ürünlerin üretimini yapacak geri kazanım tesisleri için, TÜBİTAK ve konu hakkında uzman bir üniversiteden alınacak teknik raporlarla belgelenir.

Hazırlanan Mevzuat: Enerji verimliliği yasa taslağında petrol piyasası kanunu'na biyodizel ile ilgili hususlar ilave edilmiştir. Bunlar;

Akaryakıt: benzin türleri, nafta (hammadde, solvent nafta hariç), gazyağı, jet yakıtı, motorin türleri, biyodizel, fuel-oil türleri ile kurum tarafından belirlenen diğer ürünleri,

Akaryakıtle harmanlanan ürünler: metil tersiyer bütül eter (mtbe), denatüre biyoetanol, biyodizel vb.

(maliye bakanlığının belirlediği miktarlarda harmanlanan yerli tarım ürünlerinden üretilenlerin ötv muafiyet oranları maliye bakanlığınca düzenlenir) akaryakıt ile eşdeğer vergiye tâbi olan ve olacak ürünleri,

ürün: fiziksel veya kimyasal işlem, rafinaj veya diğer yöntemlerle elde edilen ürün veya ara ürün herhangi bir hidrokarbonu,

biyodizel: akaryakıt olarak veya akaryakıt ile harmanlanarak kullanılmak üzere, bitkisel ve hayvansal, yağlar veya bitkisel ve hayvansal atık yağlardan elde edilen ürün türevi yağ asiti metil esterleri karışımını,

biyoetanol: akaryakıt ile harmanlanmak üzere şekerli, nişastalı bitkilerden, her türlü selülozik kaynaklardan ve biyokütle atık ve artıklarından üretilen denatüre etil alkolü,

Biyodizel üreticileri, EPDK'dan kalite standartlarına göre üretim yapmak üzere, bedelsiz olarak üretim lisansı alırlar. Kalite denetimleri EPDK tarafından yapılır veya yaptırılır.

Rafinerici ve dağıtıcılar, tamamen yerli tarım ürünlerini kullanarak üretim yapan biyodizel üreticilerinden temin edecekleri biyodizeli akaryakıt ile en az yüzde iki oranında harmanlarlar. Harmanlama oranı ve bu oranın ÖTV'si Maliye Bakanlığı tarafından düzenlenir.

Harmanlama oranları ile ilgili denetimler EPDK tarafından yapılır.

Biyodizel üreticileri sadece yerli tarım ürünlerinden üretilen saf biyodizel dağıtımı ve satışı yapmak için, yıllık en az otuz bin ton saf biyodizel satış projeksiyonu vermek koşuluyla dağıtım lisansı ve bayi lisansı alabilirler.

Tarım birlik ve kooperatifleri, üye çiftçilerinden aldıkları yağlı tohum karşılığında üretilen biyodizeli çiftçinin kendi araçlarında kullanması için KDV ve ÖTV den muaf olarak verebilecektir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde kullanılmakta olan petrol kökenli yakıt kaynaklarının sınırlı olması ve bunun doğurduğu ekonomik, siyasal sorunlar ile giderek artan çevre bilinci, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırmıştır.

Biyodizel, dizel motorları için, bitkisel ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen alternatif bir yakıttır. Bu bağlamda Biyodizel, yeni iş alanları açması dolayısıyla istihdam sağlaması, dünyanın hemen her yerinde üretilabilir oluşu, çevre ve canlı yaşamı açısından risk oluşturmaması, atık maddelerin değerlendirilmesine imkân sağlaması gibi nedenlerden dolayı öne çıkmaktadır.

Biyodizelin oksidasyon kararlılığı düşüktür ve biyodizelin oksidasyonu sonucu organik asitler oluşmaktadır. Oluşan asitler, Bakır, pirinç, bronz ve diğer bakır alaşımları, kurşun, çinko, çinko alaşımları, çinko-fosfat yüzeylerde korozyona sebep olmakta oluşan korozyon ise yüzeylerin zayıflamasına, enjektör meme koklaşmasına, tortu oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, Biyodizel kullanımında, yakıtın temas ettiği bakır borular, pirinç regülatörler ve bakır rekorlarda kurşun ve çinko kaplamalardan kaçınılmalıdır. Zarar görmüş parça çelik veya alüminyum olanı ile değiştirtmelidir.

Biyodizel kullanımının, emisyonlar üzerinde olumlu etkisi bulunmaktadır. Biyodizelin ürettiği emisyonlar, motorin ile kıyaslandığında NO_x hariç, bütün emisyonlarda özellikle HC ve is miktarında önemli ölçüde azalma görülmüştür. Yanma esnasında meydana gelen NO_x konsantrasyonu üzerinde etkisi büyük olan faktörler, yanma odasında ulaşılan maksimum sıcaklık ve hava-yakıt oranıdır. Bu yüzden NO_x gazlarını azaltmanın en etkili yolu yanma odası içindeki sıcaklığın 1800°C 'ye ulaşmasını önlemek veya yüksek sıcaklıklarda ulaşılan süreyi mümkün olduğu kadar kısa tutmaktır.

Azot oksit oluşumunu etkileyen diğer bir faktör de hava fazlalık katsayısıdır. $\text{HFK}=1,1$ civarında olursa (ki bu durum azot ile oksijenin bulunması durumudur) azot oksit oluşumu en fazla olmaktadır. Bu değer arttıkça silindir içi sıcaklık reaksiyona giren

gaz miktarının azalması ile düşecek ve NOx emisyonunda hızlı bir azalma gözlenecektir.

Biyodizel üretiminde kullanılan hammadde kaynakları arasında en büyük payı yağlı tohumlu bitkiler oluşturmaktadır. Ülkeler biyodizel üretiminde kullandıkları tarımsal hammaddeleri tamamen kendi şartlarına bağlı olarak belirlemektedirler. Örnek olarak, A.B.D biyodizel üretiminde soyayı, Avrupa ülkeleri ise kolzayı kullanmaktadır. Ülkemizde ise biyodizel üretimi açısından ayçiçeğini göz ardı etmemekle birlikte potansiyel olarak görülen yağ bitkileri, kolza ve aspirdir. Avrupa ve ABD de kullanımı giderek yaygınlaşan biyodizelin, ülkemizde de yaygınlaşması için Biyodizel hammadde kaynağı, yağlı tohumlu bitkilerin üretiminin artırılması gerekmektedir. Mevcut durumda, Türkiye'nin ham yağ ihtiyacının yaklaşık yarısını ithalat yoluyla karşılıyor olması, biyodizel üretimi açısından kısıtlayıcı bir durum gibi gözükmemekte ise de; ham yağ açığının bulunması biyodizel sektörünün faaliyete geçememesi gibi bir sonuç doğurmamalıdır. Yapılan araştırmalar, kolza üretiminin buğdaya göre daha kârlı olduğunu göstermiştir. Çiftçiye tanıtımı iyi yapıldığı takdirde, alım garantisiyle alternatif bitki arayışı içerisinde olan üreticimiz kolza ve aspire gereken ilgiyi gösterecektir. Üreticilerimize yapılacak en önemli konu Tohumunu Getir, Yakıtını Götür felsefesinin çok iyi anlatılması: yeni bir üretim felsefesi ve değişimi ile sözleşmeli tarımı yaygınlaştırması, üretim fazlası ürün yerine ihtiyaç olan yağ bitkilerinin üretimi ve bu anlayışla işletmeci ve üreticilere hem bitkisel üretimde ve hem de yatırım da avantajlar sağlaması esas hedef olmalıdır.

Ülkemizde, Biyodizel ile ilgili zorluklar, hammadde temini, standartlara uygun kalitede üretim yapılamaması, mevcut tesislerin yetersizliği ve yetersiz teşvikler olarak sıralayabiliriz.

Türkiye de biyodizel hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi gereken diğer bir kaynak atık yağlar olmalıdır. Gerek mevcut yağ tohumlu bitki üretimimizin yetersiz olması gerekse bu bitkilerin hammadde kaynağı olarak pahalı olması atık yağları değerlendirmemizi gerektirmektedir. Tarım bakanlığının öngörüsüne göre 2011 yılında, yağlı tohumlu bitkilerin üretiminin artırılması kaynak sıkıntısını azaltmada önemli olsa da, geçiş süresinin uzunluğu ve bunun yanında standartlara göre iyot sayısının 120 den küçük olma şartı sorun olmaktadır. Kanola dışındaki bitkilerin iyot sayısının 120 den büyük olması, bu bitkilerden elde edilecek biyodizelin motorlarda kullanımında garanti sorunları çıkartacaktır. Atık yağların biyodizele dönüştürülerek geri kazanımı, bu yağların çevreye verdiği zararı ortadan kaldırması ve biyodizelin dezavantajlarından biri olan yüksek maliyeti azaltması açısından oldukça önemlidir.

Motorlarda, atık yağ kaynaklı, Biyodizel kullanımının, performans ve emisyon değerlerine etkisi, yağlı tohum bitki kaynaklı biyodizel kullanımından farklı değildir.

Sonuç olarak, ülkemizde biyodizel için kullanılacak yağların tarım alanları artırılmalı ve üretim teşvik edilmelidir. Bununla birlikte, atık yağ potansiyelimiz belirlenerek, biyodizel üretiminde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu durumda, hammadde zorluğu giderilmiş olacaktır.

Ülkemizde, Biyodizel üretimi ile ilgili bir başka sorun, mevcut tesislerin alt yapı eksiklikleridir. Bunlar genel hatlarıyla;

- Üretim tesisinin yeri ve yerleşimi
- Üretim tesislerinde kullanılan malzemeler
- Kullanılan katalizör, metanol veya etanol kalitesi
- Enerji tasarrufu dönüşümleri (metanolün geri kazanımı, saf su yerine arıtılmış su kullanımı vb)
- Üretilen yakıtların ham kaynak aynı olmasına rağmen, yakıt özelliklerinin farklı olması
- Ham materyale göre katalizör ve alkol oranlarının değişik kullanılması
- Üretilen biyodizelin yıkama fazında problemler
- Üretilen yakıtın depolama koşulları ve depolama sistemlerinin yetersizliği
- Biyodizel üretim sistemlerinde iş güvenliği tedbirleri ile ilgili hiçbir verinin olmaması

Olarak sayılabilir. Bu tesislerde, standartlara uygun olmayan biyodizel üretimi, kullanılan araçlarda, motor çalışma sorunları çıkartacaktır. Bu durum, biyodizelin ülkemizde yaygınlaşmadan, son bulmasına neden olacaktır.

Stratejik önemi olan biyodizelin ekonomik olarak üretilmesi için doğrudan devlet desteğine ihtiyacı vardır. Bu bağlamda, yatırım teşvikleri verilmeli, vergi indirimleri uygulanmalı ve ucuz hammadde temini için tarım sektörü desteklenmelidir. Yerli tohumlu bitkilerden elde edilen biyodizele getirilen ÖTV vergi indirimi, atık yağlardan elde edilen biyodizel içinde sağlanmalıdır.

7. KAYNAKLAR

- [1] **Safgönül, B., Ergeneman, M., Arslan, E., ve Soruşbay, C.,** 1995.
İçten Yanmalı Motorlar, Birsen Yayınevi Ltd. Şti. ,İstanbul
- [2] http://tr.wikipedia.org/motorlu_tasitlar, 2006
- [3] DPT, “ Petrol Ürünleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, 2001
- [4] **Öğüt, H. ve Oguz, H.,** 2005. Üçüncü Milenyum Yakıtı Biyodizel, Nobel Yayınevi Ltd. Şti.
- [5] **Karaosmanoğlu, F. ve Çetinkaya, M.,** 2003. Türkiye enerji profili ve hidrojen, // *Ulusal Hidrojen Kongresi*, Ankara, 9 Temmuz, s. 25-40.
- [6] www.iea.org, 2007
- [7] <http://www.biyomotorin-biodiesel.com/biomoto.html>, 2006
- [8] <http://www.biyomotorin-biodiesel.com>, 2006
- [9] **Knothe, G., Dunn, R.O., Bagby, M.O.,** 1996. Biodiesel: The use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels, Oil Chemical Research, National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, U.S Department of Agriculture, U.S.A.
- [10] **Schumacher, L.G.,** 1997. 6V-92TA DDC Engine exhaust emission tests using metliyi ester, National SoyDiesel Development Board, U.S.A
- [11] **Poulton, M.L.,** 1994. Alternative Fuels for Road Vehicles. Computational Mechanics Publications, Southhampton.

- [12] **Akyarlı,A.**, “Biyodizelin yakıtın uluslar arası standartlarda üretimi” Bioenerji Sempozyumu İzmir 2004
- [13] **Karahan,Ş.**, “Biyodizel Kalitesi ve Biyodizel Kalitesinin dizel Motorlara Etkisi” Ulusal B’yod’zel Sunuştay, Ankara 2006
- [14] **Karabektaş, M.**, 2002. “ Dizel motorlarında alternatif yakıt olarak biyodizel kullanımının motor performansına etkisi”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [15] [http:// www.biodiesel.org/pdf_files/emissions.PDF](http://www.biodiesel.org/pdf_files/emissions.PDF)
- [16] **Tyson, K.S.**, 2001. Biodiesel Handling and Use Guidelines, National Renewable Energy Laboratory, U.S.A
- [17] **Alptekin, E., Çanakcı, M.**, “Biyodizel ve Türkiye’deki durumu” Mühendis ve Makina Dergisi Sayı 561, S: 60-64
- [18] http://www.biodiesel.org/pdf_files/prod._quality.pdf, 2005
- [19] http://www.eie.gov.tr/biyodizel/bd._uretim.html, 2006
- [20] FIE Manufacturers Statement June 2004
- [21] **Peterson, C.L.**, ‘Technical Overview of Vegetable Oil as a Transportation fuel’ , Solid Fuel Conversation for the Transportation Sector , vol 12, ASME 1991
- [22] **Schumacher, L.G., Borgelts, W.G.**, ‘Project Uptade: Fueling 5, 9 L Cummins Engines With %100 Biodiesel’ American Society of Agricultural Engineers Summer Meeting, pp. 956740,
- [23] **Şentürk, T.**, 2006-2011 Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretim Hedefleri ve Destekleme Politikaları// *Ulusal Biyodizel Sunuştay*, Ankara, 2 Aralık
- [25] **Acaroğlu, M.**, AB ve Türkiye’de Biyodizel Potansiyeli ve Biyodizel Üretiminin Geleceği, // *Ulusal Biyodizel Sunuştay*, Ankara, 2 Aralık
- [26] **Ulusoy, Y. ve Alibaş, K.**, 2002. Diesel motorlarda biodiesel kullanımının teknik ve ekonomik olarak incelenmesi, Uludağ Üniversitesi 'Ziraat Fakültesi Dergisi, 16, 37-50

- [27] **Fangrui, M., Milford, A.H.,** “ Biodiesel production: a review” Biosource Technology 70 : 1-15
- [28] **Dorada, M.P., Ballesteros,E.,** Amal., J.M., Gomez,j., “Testing waste olive methyl ester as a fuel in diesel engine” NREL Report, Energy and Fuels, 1560-1565 2003
- [29] **Muruyama,T., Fujivara,Y., Noto,T.,**”Evaluating waste vegetable oil as diesel fuel” Proc Instn. Mech. Engrs., Part D, 214 : 141-148 2000
- [30] **Çanakcı,M., Özsezen,N.,** “Evaluating Waste Cooking Oils as Alternative Diesel Fuels” G.U. Journal of Science, 18(1): 81:91\ 2005
- [31] **Şanlı, H., Çanakcı,M.,** “ Atık kızartma ve hayvansal yağların biyodizel üretiminde kullanımı” V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu” 26-28 Mayıs 2004 s : 535- 546
- [32] **Mittelbach, M., Enzelsberger, H.,** “ Transesterification of Heated Rapeseed Oil for Extending Diesel Fuel” JAOCS 76, 545- 550\ 1999
- [33] **Çanajcı, M.,** “ Atık hayvansal ve bitkisel yağlardan üretilen biyodizelin motor performansına etkisi” V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu” 26-28 Mayıs 2004 s : 565- 575
- [34] **Öztürk,M.,** “ Kullanılmış Bitkisel ve Hayvansal Yağlar” Ankara
- [35] **Çağlar, M.,** “ Türkiye Biyodizel Konusunda Altyapı, Yatırım, Dünya Perspektifi” PAL Danışma Kurul Toplantısı, Şubat 2006
- [36] **Çıldır, O., Çanakcı, M.,** “ Çeşitli Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör ve Alkol Miktarının Yakıt Özelliklerine Etkisi” J.Fac. Eng. Arch. Gazi Univ., Vol 21, No 2 367-372 2006
- [37] **Gerpen, J.H., Canakcı, M.,** “ Comparison of engine performance and emissions for petroleum diesel fuel, yellow grease biodiesel and soybean oil biodiesel” Transactions of the ASAE Vol. 46 No.4 july
- [38] **Gerpen, J.H., Canakcı, M.,** “ Comparison of engine performance and emissions for petroleum diesel fuel, yellow grease biodiesel and soybean oil biodiesel” Transactions of the ASAE Vol. 46 No.4 july

8. ÖZGEÇMİŞ

Altınsoy, 1978 yılında Aksaray ilinde doğdu. Aksaray Anadolu Lisesi orta kısmını bitirdikten sonra kazandığı Kayseri Fen Lisesinden 1996 yılında mezun oldu. 2001-Temmuz döneminde Makina Mühendisi ünvanı ile İstanbul Teknik Üniversitesinden mezun olan Altınsoy, aynı yıl otomotiv bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 askerlik dönemine kadar TEMSA A.Ş / ADANA Ürün Geliştirme bölümünde Proje Mühendisi olarak çalışan Altınsoy, askerlik sonrası çalışmaya başladığı TEMSA AR-GE Teknoloji Müdürlüğü/ GEBZE` de AR-GE mühendisi olarak çalışmasına devam etmektedir. Nişanlı olan Altınsoy, İngilizce bilmektedir.