

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİZEL MOTORLARINDA KARIŞIMSIZ OLARAK KULLANILAN
BİYODİZELLERİN MOTOR PERFORMANSINA OLAN ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Mak.Müh.Özgür ÖZTÜRK

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makinaları Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Orhan DENİZ

İSTANBUL,2007

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. Literatür Araştırması.....	2
3. MOTOR YAKITI OLARAK BİYODİZEL	4
3.1 Biyodizel Nedir?.....	4
3.1.1 Biyodizelin Fiziksel Özellikleri	5
3.1.1.1 Yoğunluk	5
3.1.1.2 Kinematik Viskozite	5
3.1.1.3 Parlama Noktası.....	6
3.1.1.4 Akma ve Bulutlanma Noktası ve Soğuk Filtre Tıkanma Noktası	7
3.1.1.5 Karbon Kalıntısı.....	8
3.1.1.6 Bakır Şerit Korozyonu	9
3.1.1.7 Su – Sediment Oluşumu	10
3.1.1.8 Kükürt Oluşumu	11
3.1.1.9 Setan İndeksi.....	12
3.1.2 Biyodizelin Petrodizelle Karşılaştırılması	13
3.1.3 Motor Yakıtlarının Genel Karşılaştırılması	13
3.1.4 Biyodizelin Malzemelerle Uyuşabilirliği ve Biyolojik Ayrışabilirliği	15
3.1.5 Biyodizelin Yağlayıcılık Özelliği	18
3.1.6 Biyodizelin Teknik Özellikleri ve Standartları	19
3.1.7 Biyodizelin Egzoz Emisyon Değerleri	21
3.1.8 Biyodizelin Kullanım Alanları	22
3.1.8.1 Ulaştırma Sektörü	22
3.1.8.2 Konut Sektörü	26
3.1.8.3 Sanayi Sektörü	27
3.2 Biyodizel Üretimi	28
3.2.1 Biyodizelin Üretilebileceği Kaynaklar	28
3.2.2 Tohumlardan Yağ Elde Etme	33
3.2.2.1 Mekanik Presleme İşlemi	33

3.2.2.2	Solvent Ekstraksiyonu	34
3.2.2.3	Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu	35
3.2.3	Bitkisel Yağların Yakıtta Dönüştürülme Yöntemleri	35
3.2.3.1	Yakıt Üreteçleri	37
3.2.3.2	Ev Tipi Biyodizel Üreteci	37
3.2.3.3	Köy Ölçeğinde (Orta Ölçekte) Biyodizel Üretim Tesisi	38
3.2.3.4	Sanayi Tipi Ticari Amaçlı Biyodizel Üretimi	40
3.2.4	Kanola'nın Özellikleri	43
3.2.5	Soyanın Özellikleri	44
3.2.6	Aspir	45
3.2.7	Ayçiçeğinin Özellikleri.....	47
3.2.8	Pamuk Tohumunun (Çiğit) Özellikleri.....	50
3.2.9	Yer Fıstığının Özellikleri.....	50
3.2.10	Susamın Özellikleri	51
3.2.11	Haşhaşın Özellikleri.....	52
3.2.12	Kullanılmış Yağların Çevreye Zararı ve Biyomotorin Üretiminde Kullanımı.....	52
3.3	Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Değerlendirilmesi Avantajları	53
3.3.1	Isıl değer	53
3.3.2	Kaynak.....	53
3.3.3	Taşıma ve Depolama	54
3.4	Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Değerlendirilmesi Dezavantajları	54
3.4.1	Vizkozite.....	54
3.4.2	Doymamış Yapı	54
3.4.3	Katılaşma Eğilimi	54
3.4.4	Dezavantajları Giderme Yöntemleri.....	54
3.4.4.1	Seyreltme	54
3.4.4.2	Mikroemülsiyon Oluşturma.....	55
3.4.4.3	Piroliz.....	55
3.4.4.4	İnteresterleşme	55
3.4.4.5	Alkoliz	56
3.4.4.6	Asidoliz.....	56
3.4.4.7	Transsesterifikasyon (ester değişimi)	57
3.4.4.8	Alkol ve Katalizörün Karıştırılması.....	57
3.4.4.9	Reaksiyon	57
3.4.4.10	Ayırma	57
3.4.4.11	Alkolün Uzaklaştırılması	58
3.4.4.12	Gliserin Nötralizasyonu	58
3.4.4.13	Metil Ester yıkama İşlemi.....	58
4.	KANOLA VE SOYA DİZELLERİNİN MOTOR PERFORMANSINA ETKİLERİNİN PETRODİZELLE KARŞILAŞTIRILMASI	60
4.1	Deney ve Deney Düzenegi	60
4.1.1	Deney Motoru	61
4.1.2	DC Motor ve Load Cell	62
4.1.3	Transdüser, Sinyal Yükseltici, Bilgisayar ve Osiloskop	64
4.1.4	Yakıt Tankları	65
4.1.5	Egzoz Gaz Analiz Cihazı.....	65
4.1.6	Kontrol Paneli.....	66
4.1.7	Deney Yakıtları.....	67
4.2	Deneyin Yapılışı	67
4.3	Deney Bulguları.....	68

4.3.1	Performans Bulguları.....	69
	PD Performans Bulguları	70
4.3.1.1	KD Performans Bulguları	70
4.3.1.2	SD Performans Bulguları.....	71
4.3.2	Performans Bulgularının Grafiklerle Toplu Karşılaştırılması	71
4.3.3	Yakıt Tüketimi Bulguları.....	72
4.3.3.1	PD Yakıt Tüketim Bulguları.....	72
4.3.3.2	KD Yakıt Tüketim Bulguları	73
4.3.3.3	SD Yakıt Tüketim Bulguları.....	73
4.3.4	Yakıt Tüketim Bulgularının Grafiklerle Toplu Karşılaştırılması	73
4.3.5	Egzost Emisyon Bulguları	74
4.3.5.1	PD Egzost Emisyon Bulguları	74
4.3.5.2	KD Egzost Emisyon Bulguları	75
4.3.5.3	SD Egzost Emisyon Bulguları	75
4.3.6	Egzost Emisyon Bulgularının Grafiklerle Toplu Karşılaştırılması	75
4.3.7	Hava Fazlalık Katsayısı Grafiklerle Toplu Karşılaştırılması.....	78
4.3.8	Egzost Sıcaklığının Grafiklerle Toplu Karşılaştırılması	79
	Egzost sıcaklıklarının biyodizelde daha az oldu gözlenmiştir.	79
4.3.9	Farklı Yakıtların Maksimum Güç Şartında Elde Edilen Silindir İçi Basınç Datasının Ortalamasının Karşılaştırılması	80
4.3.10	Farklı Yakıtların Maksimum Tork Şartında Elde Edilen Silindir İçi Basınç Datasının Ortalamasının Karşılaştırılması	82
5.	SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	84
	EKLER	87
	Ek 1 Otomotiv Yakıtları – Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME/ Biyodizel) – Dizel Motorlar İçin – Gereklere ve Deney Yöntemleri.....	88
	Ek 2 Kolza Yağ San. Ltd. Şti'nin Kanola Dizeli İçin Hazırladığı Analiz Raporu	105
	Ek 3 Kolza Yağ San. Ltd. Şti'nin Soya Dizeli İçin Hazırladığı Analiz Raporu.....	106
	ÖZGEÇMİŞ.....	107

SİMGE LİSTESİ

MW	Mega Watt
kW	Kilo Watt
P_{mi}	Ortalama indike Basınç (N/m^2)
N_{m-e}	Ortalama efektif güç (BG)
P_{me}	Ortalama efektif basınç (kg/cm^2)
b_e	Özgül yakıt sarfiyatı (gr/BGh)
λ	Hava fazlalık katsayısı
\acute{e}	Düzeltilme katsayısı
m_y	Yakıt kütlesi (gr)
ρ_y	Yakıtın özgül ağırlığı (gr/cm^3)
PN	Parlama noktası ($^{\circ}C$)
AN	Akma noktası ($^{\circ}C$)

KISALTMA LİSTESİ

AME	Ayçiçeği Yağı Metil Esteri
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
DI	Direct Injeksiyon
HC	Hidrokarbon
HCl	Hidroklorik Asit
KEE	Kanola Etil Esteri
KMA	Krank Mili Açısı
KME	Kanola Metil Esteri
KOH	Potasyum Hidroksil
NADPH ₂	Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate
NO _x	Azot Oksit
NaOH	Sodyum Hidroksil
SEE	Soya Etil Esteri
SME	Soya Metil Esteri
SO ₂	Sülfür Dioksit

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.2 Viskozite ölçümü.....	6
Şekil 3.3 Parlama noktası tayin cihazı.....	7
Şekil 3.4 Akma ve Bulutlanma noktası tayin cihazı (Petrotest).....	8
Şekil 3.5 Karbon kalıntısı tayin cihazı (Petrotest).....	9
Şekil 3.6 Bakır şerit korozyonu test cihazı (Petrotest).....	10
Şekil 3.7 Karl – Fischer su tayin cihazı (Kyoto).....	11
Şekil 3.8 Kükürt tayin cihazı (Petrotest).....	12
Şekil 3.9 Dizel yakıtı ile glikoz, kolza metil ve etil esterinin biyolojik ayrışabilirliklerinin karşılaştırılması.....	16
Şekil 3.10 Petrodizel ve Biyodizelin yaşamsal döngü analizi (LCA).....	17
Şekil 3.11 Dizel yakıtına %1 biyodizel katkı maddesi katılmasıyla yağlayıcılık sayısının değişimi).....	19
Şekil 3.12 Türkiye'nin 2001 yılı diesel yakıt tüketiminin sektörlere göre dağılımı.....	24
Şekil 3.13 Ulaştırma sektöründeki kara taşıtlarının dağılımı.....	24
Şekil 3.14 Konutlarda tüketilen Fuel-Oilin bölgelere göre dağılımı.....	26
Şekil 3.15 Dünya yağlı tohum üretimi (Toplam 320,72 milyon ton).....	28
Şekil 3.16 Türkiye'de yağlı tohum üretimi (Toplam 2136566 ton).....	28
Şekil 3.17 Biyodizelin üretildiği bitkisel yağların payları.....	32
Şekil 3.18 Dünya biyodizel üretimi.....	32
Şekil 3.19 Vidalı pres.....	34
Şekil 3.21 Çiftçi ölçeğinde bir biyodizel tesisinin şematik görünüşü.....	39
Şekil 3.22 Ticari amaçlı biyodizel üretim projesi).....	40
Şekil 3.23 Biyodizelin üretim akış şeması.....	42
Şekil 3.24 Biyodizel üretimi.....	59
Şekil 4.2 Deney düzeneği genel görünümü.....	61
Şekil 4.2 Deney Motoru Genel Görünümü.....	62
Şekil 4.3 DC Motor Genel Görünümü.....	63
Şekil 4.4 Load Cell genel görünümü.....	63
Şekil 4.5 Osiloskobun genel görünümü.....	64
Şekil 4.6 Yakıt tanklarının genel görünümü.....	65
Şekil 4.7 Egzoz Analiz cihazının genel görünümü.....	66
Şekil 4.8 Kontrol paneli genel görünümü.....	67
Şekil 4.9 Güç değişimi grafiği.....	71

Şekil 4.10 Tork değişimi grafiği.....	72
Şekil 4.11 Özgül yakıt tüketim grafiği.	74
Şekil 4.12 CO ₂ değişimi grafiği.....	76
Şekil 4.13 CO değişimi grafiği.....	76
Şekil 4.14 HC değişimi grafiği.....	77
Şekil 4.15 O ₂ değişimi grafiği.	77
Şekil 4.16 NO _x değişimi grafiği.	78
Şekil 4.17 Hava fazlalık katsayısı değişim grafiği	78
Şekil 4.18 Egzoz sıcaklığı grafiği.....	79
Şekil 4.19 Silindir içi basınç değerlerinin max. güç şartındaki ortalamasının grafiği	80
Şekil 4.20 Şekil 4.19'un tepe noktasının büyütülmüş hali	81
Şekil 4.21 Silindir içi basınç değerlerinin max. tork şartındaki ortalamasının grafiği.....	82
Şekil 4.22 Şekil 4.21'in tepe noktasının büyütülmüş hali	83

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Uluslararası standartlarda yoğunluk için verilen sınır değerleri	5
Çizelge 3.2 Uluslararası standartlarda viskozite için verilen sınır değerleri	6
Çizelge 3.3 Uluslararası standartlarda parlama noktası için verilen sınır değerleri	7
Çizelge 3.4 Uluslararası Standartlarda karbon kalıntısı için verilen sınır değerleri	9
Çizelge 3.5 Uluslar arası standartlarda bakır şerit korozyonu için verilen değerler.....	10
Çizelge 3.6 Uluslar arası standartlarda su-sediment değerleri için verilen değerler	11
Çizelge 3.7 Uluslararası standartlarda Mercaptan kükürt kütle oranı üst sınırları	11
Çizelge 3.8 Uluslararası standartlarda setan sayısına ilişkin alt sınırlar	13
Çizelge 3.9 Petrodizel ve biyodizelin bazı özelliklerinin karşılaştırılması	13
Çizelge 3.10 Motor yakıtlarının karşılaştırılması	13
Çizelge 3.11 Biyodizel ile malzemelerin uyuşabilirliği	15
Çizelge 3.12 Çeşitli ülkelerin biyodizel standartları	20
Çizelge 3.13 Çeşitli firmaların biyomotorin için garanti bilgileri	23
Çizelge 3.14. Türkiye Genelindeki Otobüs, Minibüs, Kamyonet, Kamyon ve Traktör Sayı	25
Çizelge 3.15 Türkiye'deki deniz taşıtlarının sayısı (1993-2002)	25
Çizelge 3.17 Şekil 2.14'de verilen bölgelerin kapsadığı iller.....	27
Çizelge 3.18 1998 yılı sanayi sektörü ve konutlarda fuel –oil ve diesel yakıt tüketimi.....	27
Çizelge 3.19 Dizel yakıtı ve bazı bitkisel yağların temel bileşenleri	29
Çizelge 3.20 Biyodizel içindeki yağ asitlerinin kimyasal yapısı	29
Çizelge 3.21 Bazı yağların yağ asidi bileşenleri	30
Çizelge 3.22 Bazı tarımsal ürünlerin yağ verimleri	31
Çizelge 3.23 Kimyasal ekstraksiyonda tahmini girdiler	35
Çizelge 3.24 Kanola çeşitlerinin yağ asidi oranları	44
Çizelge 4.1 Deney Motoru Teknik Özellikleri	61
Çizelge 4.2 PD performans bulguları.	70
Çizelge 4.3 KD Performans Bulguları.....	70
Çizelge 4.4 SD Performans Bulguları	71
Çizelge 4.5 PD Yakıt tüketimi bulguları.	72
Çizelge 4.6 KD Yakıt tüketimi bulguları.	73
Çizelge 4.7 SD Yakıt tüketimi bulguları.	73
Çizelge 4.8 PD Egzoz emisyon bulguları.....	74
Çizelge 4.9 KD Egzoz emisyon bulguları.	75
Çizelge 4.10 SD Egzoz emisyon bulguları.....	75

ÖNSÖZ

Enerji kaynaklarının her geçen gün azaldığı ve buna karşın ihtiyacın katlanarak arttığı bir yüzyılda insanlığın, hiç değilse mevcut yaşam standardını korumak için giriştiği bir dizi yeni kaynak arayışı sürmektedir. Buna çevre sorunları da eklendiğinde doğayla daha uyumlu, kolay üretilbildiği gibi kolay ayrışabilen maddelere duyulan gereksinim de eklendiğinde çalışmaların çok daha dikkatli ve süratli yapılması gerektiği sonucuna varılıyor.

Biyodizel teknolojisi bahsi geçen bu ihtiyacın karşılanması konusunda önemli bir başlıktır. Bu çalışmada; üretim şartları, tüketim özellikleri, taşınım ve depolama şartları, performansı ve egzoz emisyon değerlerinin ciddi bir şekilde araştırılması gereken biyodizelin, iki ayrı çeşidi petrodizelle birlikte başta performans verileri olmak üzere emisyon değerleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çalışmamızda büyük katkılarından dolayı; değerli hocam Prof. Dr. Orhan DENİZ ve Arş.Gör. Alptekin ERGENÇ başta olmak üzere, Arş.Gör Orkun ÖZENER'e, Arş. Gör. Levent YÜKSEK'e, Kimya Yüksek Mühendisi Özsev TURAN'a ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

ÖZET

Enerji ihtiyacının ve çevresel sorunların artması buna karşın kaynakların hızla tükenmesi nedeniyle ortaya çıkan alternatif enerji kaynakları arayışının en gerçekçi seçeneklerinden biri biyodizel teknolojisidir.

Özellikle mevcut motor teknolojisinde köklü değişikliklere gerek duyulmadan kullanılabilir olması, üretim ve taşınım kolaylığı, emisyon değerlerinin beklenenden çok uzak olmayışı biyodizelin her geçen gün daha fazla rağbet görmesine neden olmaktadır.

Bu çalışmanın kuramsal kısmında biyodizelin teknik özellikleri, standartları, üretim biçimleri ve kullanım alanları incelenmiştir. Deneysel kısmında ise iki tip biyodizelin (kanola ve soya bitkilerinin yağlarından üretilen) performans, yakıt tüketimi ve egzoz emisyon değerleri açısından petrodizelle karşılaştırması yapılmıştır. Deneysel düzeneğin başlıca elemanı olan motor tek silindirli bir Lombardini motorudur. Sırasıyla petrodizel, kanola dizeli ve soya dizeliyle yapılan deneylerde her yakıttan 10'ar adımda bir dizi veri alınmıştır. Bu motordan alınan devire bağlı güç ve tork değerleri karşılaştırıldığında genel olarak bir düşüş olmakla birlikte devir arttıkça düşüşün de arttığı gözlemlenmiştir.

Yakıt tüketiminin aynı devirlerde daha fazla olduğu fakat egzoz sıcaklığının daha az olduğu tespit edilmiştir.

Çevresel etki bakımından ise CO, CO₂, HC ve NO_x'in oldukça düşük çıktığı görülmüştür.

Sonuç olarak dizel motorlarında biyodizelin %100 oranında kullanılması performans ve yakıt sarfiyatı açısından petrodizelle kıyasla efektif değildir. Karışımlar halinde kullanılmasının daha verimli olacağı düşünülmektedir. Fakat buna karşın kolay elde edilebilirliği ve emisyon değerlerinin düşüklüğü nedeniyle, eğer yasal düzenlemelerle satış ücreti düşük tutulabilirse %100 oranında bile kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Biyodizel, Performans, Emisyon, Yakıt tüketimi.

ABSTRACT

In spite of energy requirement and the environmental problems accure, source of energies consume rapidly. On this point the most realistic searching of the alternative energy source is biodiesel searching.

Because of its good properties; can be used on the clasical diesel engine without any fundamental changing, the production methods are very easy, trasportation is very simple, the exhaust emmission issues are not far away from the expecting points, biodiesel is getting more and more popular, everyday.

In this study's theoretical part tecnicl properties, standart, production methods and the application of biodiesel is done work. In experimental part two different biodiesel (canola and soy) has been compared with petrodiesel in performance, fuel consumption, and exhaust emmision. The main element of experiment is a Lombardini with one cylinder engine. Many different data was noted in ten step from the fuels in turn petrodiesel, canola and soy diesel. When force the function of the rpm and tork the function of the rpm of three fuels compare, generally a comedown can be seen clearly. Moreover when the rpm rises comedown rises, too.

In spite of the fuel consumption is more in the same rpm the heat of exhaust is less.

Furthermore, in environmental effects CO, CO₂, HC and NO_x amount is very low according to petrodiesel.

Finally; in diesel engine to use biodiesel with 100% rate is not efficient in performance and the fuel consumption according to petrodiesel. Consequently touse it as a mixed with different rates can be more efficient. On the other hand because of the easy production and trasportation and the exhaust emmissions deggre according to petrodiesel can be used 100% in diesel engines if the price can be hold in low degree by the government.

Key words: Biodiesel, Performance, Emmision, Fuel consumbtion.

1. GİRİŞ

Günümüzde kömür, petrol, doğal gaz gibi birinci derece enerji kaynaklarındaki, artan tüketime bağlı azalma, araştırmacıları yeni ve yenilenebilir enerji teknolojilerine yöneltmektedir. Son yıllarda bu konuda yapılan çalışmalar, enerji kaynakları içinde Biyokütle enerjisini ön plana çıkartmaktadır. Ana bileşenleri karbon-hidrat bileşikler olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler biyokütle enerji kaynağıdır. Kökeni biyokütleyle dayanan ve son yıllarda üzerinde yoğun olarak çalışılan Diesel motor yakıtı alternatifi biyomotorin (biyodizel) dir.

Bu çalışmanın temel amacı 2003 yılı itibari ile dünya bazında yıllık üretimi 3 milyon tonu bulan biyomotorinin dizel motorlarda %100 oranında kullanıldığında ne gibi sonuçlar doğurduğunun araştırılmasıdır. Çalışmanın deneysel kısmında yapılan bu çalışmada iki değişik tip (Kanola ve Soyadan elde edilen) biyodizel yakıt %100 (saf şekilde) oranında kullanılarak performans, yakıt tüketimi ve egzoz emisyon değerleri yine %100 (saf şekilde) kullanılan petrodizele göre karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda motorine alternatif yakıt olarak kullanılması düşünülen biodieselin güç, döndürme momenti ve özgül yakıt tüketimi açısından petrodizele göre bir takım olumsuzluklar içerdiği, fakat CO, CO₂, HC, NOX gibi emisyon değerleri açısından iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu noktadan yola çıkarak alternatif yakıt olarak biodieselin kullanımından kaynaklan kayıpların ve kazançların tespit edilmesi ve karşılaştırmayla bu tür yakıtların hangi durumda efektif olabilecekleri sonucuna varılmak istenmiştir.

2. Literatür Araştırması

Bitkisel kaynaklı yağların yakıt olarak kullanılabilmesi bilinmesine rağmen uzun zaman petrol kaynaklı yakıtlara güçlü bir alternatif olarak düşünülmemiştir. Günümüzde gerek petrol rezervlerinin tükeniyor olması gerekse çevre ile ilgili yönetmeliklerin artan baskıları sonucu alternatif enerji kaynaklarına hızlı bir yönelme görülmektedir.

80'li yıllarda yeniden dikkat çekmeye başlayan biyodizel, Ağustos 1982'de Kuzey Dakota'da yapılan ilk uluslararası konferans ile resmiyet kazanmıştır. Konferansta ele alınan temel konular, yakıtın maliyeti, motor performansına etkisi, sürekliliği, yakıt ayrılma potansiyeli ve ekstraksiyondur.

Nye ve arkadaşları (1983), kullanılmış kızartma yağları ve metanol, etanol, 1-propanol, 2-propanol, 1-butanol, 2-etoksietanol gibi çeşitli alkoller ile yaptıkları transesterifikasyon reaksiyonlarında en iyi verimin KOH'in katalitik etkisi altında metanol ile yapılan reaksiyonlarda elde edildiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada elde edilen metil, etil, 1-bütül esterlerin laboratuarda yüksek hızlı dizel motorları için emisyon testleri yapılmış ve iyi sonuçlar alınmıştır.

Strayer ve arkadaşları (1983), kanola ve yüksek asitli kolza yağının direkt enjeksiyonlu dizel motorlarda kullanılması üzerine çalışmışlardır. Metil esterleri ve bu yakıtların metanol ve etanol ile karışımları hazırlanmış ve bunlar ASTM standartlarına göre incelenerek kullanılabilirliği saptanmıştır.

Adams ve arkadaşları (1983), 1/1 ve 1/2 oranında karıştırdıkları reçinesi giderilmiş soya fasulyesi yağı ve dizeli, dizel motorunda kullanmış ve 1/1'lik karışım kullanılmasında jelleşme ve kalınlaşma olduğunu, 2/3 ve 1/3'lük karışımlarda ise en iyi sonuçların alındığını, dolayısıyla bu karışımların dizel yakıtı yerine kullanılabilmesini ispatlamışlardır.

Clark ve arkadaşları (1984) soya yağının çeşitli alkoller ile yapılan esterlerinin viskozite değerlerinin düşük olduğunu ve bu esterler ile yapılan 200 saatlik motor testlerinde karbon birikmesi gerçekleştiğini ve ayrıca yakıtın renk ve yapı farklılığı gösterdiğini saptamışlardır.

Gomez ve arkadaşları (2000) kullanılmış kızartma yağı metil esterini doğal emişli, bölünmüş yanma odalı dizel motorunda kullanmışlardır. Bu çalışmada kullanılan metil ester CO, CO₂ ve SO₂ ve is emisyonlarında düşüşe neden olurken, O₂, NO₂ ve NO emisyonlarında motorine göre artış gözlenmiştir.

Leung (2001) çalışmasında restoranların atık kızartma ve hayvansal yağlarından elde edilmiş

biodiesel yakıtını motorin ile üç farklı karışım oranında karıştırarak dizel motorunda kullanmıştır. Çalışmada %15 oranında biodiesel içeren karışımın motorun performansını etkilemediği gözlenmiştir. Kirleticilerde % 1,5 ile %44 oranında azalma gözlenirken artan motor hızlarında NO emisyonlarında %16 artış gözlenmiştir.

Dorado ve arkadaşları (2003) çalışmalarında atık zeytinyağı metil etserini %100 oranında 3 silindirli, 4 stroklu, su soğutmalı ve direkt püskürtmeli bir dizel motorunda yakıt olarak kullanmış ve emisyon değerlerini elde etmişlerdir. Çalışmalarında CO, is NO_x emisyonlarında azalma söz konusu olmuştur.

Ulusoy ve arkadaşları (2004) kullanılmış kızartma yağından elde edilmiş biodiesel yakıtını %100 oranında 4 silindirli, 4 stroklu dizel motorunda yakıt olarak kullanmış ve bu yakıtın performans ve egzoz emisyonu değerlerini elde etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan biodiesel yakıtı ile CO, HC ve partikül emisyonlarında sırasıyla % 8,59, %30,66 ve %63,33 azalma gözlenirken, CO₂ ve NO_x emisyonlarında sırasıyla % 2,62 ve % 5,03 artış gözlenmiştir. Diğer taraftan performans yönünden karşılaştırıldığında dizel yakıtına göre teker kuvvetinde %3,35 ve teker gücünde %2,03 azalma gözlenmiştir.

Çetinkaya ve arkadaşları (2005) düşük hammadde maliyetli kızartma yağından üretilmiş biodiesel yakıtını %100 oranında 4 silindirli, 4 stroklu ve direkt püskürtmeli bir dizel motor ile tahrik edilmiş taşıtta yakıt olarak kullanmışlardır. Çalışmada motor gücünde ve torkunda bir miktar düşüş gözlenmiştir. Ayrıca aynı çalışmada soğuk ortam şartında biodiesel yakıtının motorine benzer şekilde enjektörlerde karbon birikmesine neden olduğu gözlenmiştir.

Özkan ve arkadaşları (2005) çalışmalarında kullanılmış kızartma yağı metil esterini doğal emişli, direkt püskürtmeli bölünmüş yanma odalı dizel motorunda kullanmış ve yakıtın performans ve egzoz emisyonu değerlerini elde etmişlerdir. Çalışmada kullanılan yakıt motorun performans karakterini etkilemesine karşın genel olarak olumlu sonuçlar vermiştir. Diğer çalışmalara benzer şekilde CO ve is emisyonlarında azalma söz konusu olmuştur. Diğer taraftan yakıtının alkol içerikli bir yakıt olması HC emisyonlarının bir miktar artırmıştır.

Bu çalışmada da teksilindirli bir dizel motorunda petrodizelle birlikte kanola ve soya dizeli saf olarak kullanılmış, performans, emisyon ve yakıt tüketim değerleri karşılaştırılmıştır.

3. MOTOR YAKITI OLARAK BİYODİZEL

3.1 Biyodizel Nedir?

Biyodizel; bitkisel yağların yeni ya da kullanılmışlarından ve hayvansal yağlardan, yani her türlü biyolojik orijinli yağdan, kimyasal yöntemler yardımıyla yenilebilir nitelikli sıvı haldeki bir biyo yakıttır. Uygulamada, biyodizel, yeşil enerji, süper dizel, dizelbi ya da halk deyiimiyle “yağ mazotu” isimleriyle de anılmaktadır (Öğüt ve Oğuz 2002).

Tarihte; Rudolf Diesel geliştirdiği motoru ilkönce yer fıstığı yağı ile çalıştırmıştır. Ancak, petrolün o yıllarda yaygınlığı ucuzluğu ve günümüzdeki gibi stratejik olmayışı nedeni ile bu uygulamadan vazgeçmiştir. Biyodizel ise, ilk önce Güney Afrika’da da II. Dünya Savaşı’ndan önce büyük güçlü motorlarda kullanılmış; daha sonra çevresel ve ekonomik sebeplerden dolayı tüm dünyada popüler olmuş ve uygulamanın başlatıcısı olan Rudolf Diesel’in doğum günü 10 Ağustos Dünya’da “Biyodizel Günü” olarak kutlanmaya başlanmıştır.

Biyodizel; Petrodizele göre giderek kabul görmektedir. Bunun başlıca sebepleri:

- Yenilebilir karakterlidir, yerel imkânlarla üretilebilir,
- Biyolojik olarak ayrışabilir ve zehirli değildir. Yapılan testlere göre, kolzadan elde edilmiş biyodizelin 21 günde %99.6 sının ayrıştığı görülmüştür,
- Emisyonlarında karbon monoksit, partikül madde, yanmamış hidrokarbon daha azdır ve aromatik bileşikler ile kükürt hemen hemen hiç yoktur
- Petrodizelle mukayese edildiğinde CO₂'nin atmosferde birikimine ve bunun sonucunda da sera etkisine neden olmaz. Çünkü biyodizelin yanması sonucu oluşan CO₂, biyodizelin elde edildiği bitkiler tarafından kullanılır,
- Parlama noktası petrodizele göre daha yüksektir. Bu özellik biyodizeli taşıma ve kullanımda güvenli yapar,
- Biyodizelin motorda kullanımında herhangi bir değişikliğe ihtiyaç göstermez ve motor yağlanmasını iyileştirir.

Bu üstünlüklerine rağmen biyodizelin sakıncalı yönleri de vardır. Bunlar soğuk hava şartlarından petrodizele göre daha çabuk etkilenir. Bu durum biyodizelin soğuk iklim bölgelerinde kullanımını sınırlandırıcı bir faktördür. Bunu aşabilmek için B20 kullanım formu tercih edilmektedir (Yeni geliştirilen proseslerle biyodizel -20°C'ye kadar sorunuz kullanılabilir.)

Azot oksit emisyonları petrodizele göre birazcık yüksektir. Ancak bu sorun yanma sıcaklığını azaltarak (yanmanın 1-3°C geciktirilmesi ile sağlanabilir veya katalitik konvektör kullanılarak) aşılabilir (Zhang 2002).

3.1.1 Biyodizelin Fiziksel Özellikleri

3.1.1.1 Yoğunluk

Uluslararası Standartlarda yoğunluk için verilen sınır değerler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1 Uluslararası standartlarda yoğunluk için verilen sınır değerleri

ASTM	D6751	kg/m ³	860–900
DIN	E51606	kg/m ³	875–900
PrEN	14214	kg/m ³	860–900



Şekil 3.1 Yoğunluk ölçme cihazı (petrotest)

Yoğunluk ölçme cihazı (Petrotest) ile otomatik sıcaklık kontrollü banyoda, 15 °C’de yapılan, soya metil ester analizlerinde elde edilen yoğunluk değeri 884 kg/m³’tür.

3.1.1.2 Kinematik Viskozite

Bitkisel yağların yüksek viskoziteye sahip olmaları, enjektörlerde tıkanmalardan başlayıp yetersiz püskürtme ve silindir içinde kurumlaşmayla sonuçlanan bir dizi probleme neden olabilmektedir. Viskozitenin yüksek çıkması; Transesterifikasyon işleminin başarıyla tamamlanamadığının bir göstergesidir.

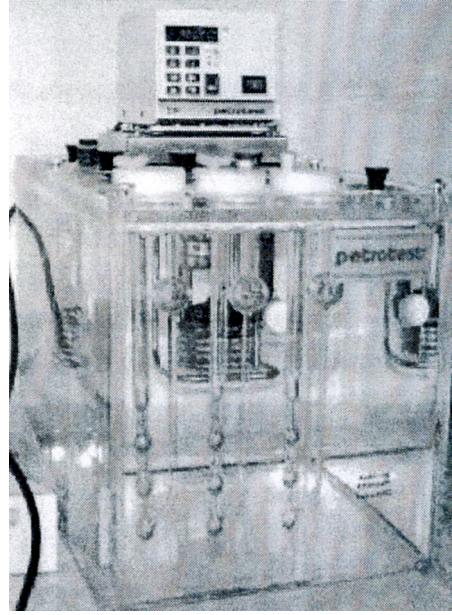
Kinematik viskozite; bir akışkanın yer çekimi etkisi altında, akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Belirli bir hidrostatik kolon basıncı altında yerçekimiyle akış, sıvının kolon basınç yoğunluğu (p) ile orantılıdır. Herhangi bir viskozite için, belirli bir hacimdeki sıvının akış süresi, sıvının

kinematik viskozitesi (ν) ile doğrudan orantılıdır. Dinamik viskoziteye (η), bağlı olarak Kinematik viskozite eşitliği: $\nu(\text{g/m}^2)$ 'dir.

Kinematik viskozite sınır değerleri Uluslararası Standartlarda aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 3.2 Uluslararası standartlarda viskozite için verilen sınır değerleri

ASTM	D6751	mm^2/s	1.9–6.0
DIN	E51606	mm^2/s	3.5–5.0
pr EN	14214	mm^2/s	3.5–5.0



Şekil 3.2 Viskozite ölçümü

Laboratuarda karıştırmak suretiyle, otomatik sıcaklık kontrollü banyoda, 40°C 'de, soya metil esteri ile yapılan analizlerde; kinematik viskozite değeri $4.1 \text{ mm}^2/\text{s}$ olarak tespit edilmiştir.

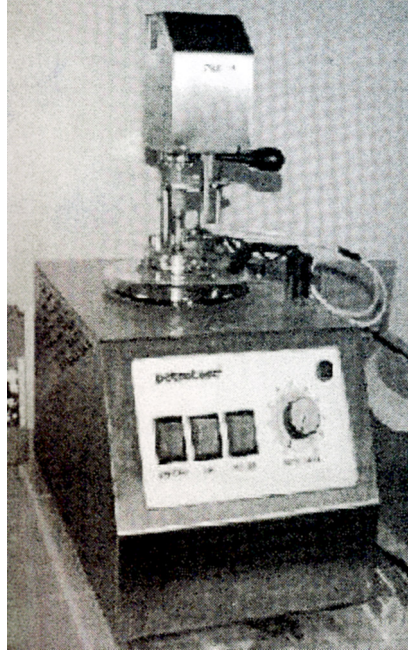
3.1.1.3 Parlama Noktası

Parlama noktası; sıvı buharının parlayabilir bir atmosfer meydana getirdiği en düşük sıcaklık olarak ifade edilebilir. Biyodizelin motorin karşısındaki başlıca üstün özelliklerinden birisi de parlama noktasının yüksek olmasıdır. Bu özellik biyodizelin depolama kolaylığı ve güvenliğini beraberinde getirmektedir.

Parlama noktasının minimum değerleri Uluslararası Standartlarda aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 3.3 Uluslararası standartlarda parlama noktası için verilen sınır değerleri

ASTM	D6751	<i>min °C 13</i>
DİN	E51606	<i>min °C 100</i>
prEN	14214	<i>min °C 120</i>



Şekil 3.3 Parlama noktası tayin cihazı

Şekilde görülen Pensky-Martens kapalı kap parlama noktası tayin cihazı ile yapılan laboratuvar testlerinde, soya metil esteri parlama noktası 146 °C olarak tespit edilmiştir.

3.1.1.4 Akma ve Bulutlanma Noktası ve Soğuk Filtre Tıkanma Noktası

Biyodizel üretiminde özellikle ucuz maliyeti sebebi ile kullanılan hayvansal yağlar ve kızartma yağları, yüksek miktarlarda doymuş yağ asitleri içerdiği için, çok yüksek sıcaklıklarda kristalize olurlar. Bu özellik, iklim şartlarından etkilenerek donmalarına; depolama ve kullanma esnasında problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, biyodizel kalitesine yönelik yapılan analizlerde; Akma ve Bulutlanma noktaları tayinleri ve Soğuk Filtre Tıkanma Noktası değerleri Uluslararası Standartlarda yer almaktadır.



Şekil 3.4 Akma ve Bulutlanma noktası tayin cihazı (Petrotest)

Akma noktası; numunenin, belirlenmiş standart şartlar altında soğutuluyor iken akıcılığını devam ettirdiği en düşük sıcaklığı ifade eder. Standart analiz metodunda ön ısıtmadan sonra numune belirli bir hızda soğutulur ve akış karakteristikleri için 3 °C aralıklarla kontrol edilir. Numune hareketinin gözlenebildiği en düşük sıcaklık akma noktası olarak kaydedilir. Egebiyoteknoloji Laboratuvarında Akma ve Bulutlanma noktası tayin cihazı ile yapılan, soya metil esteri analizlerinde, -8 °C'de akıcılığını kaybetmeye başladığı tespit edilmiştir. (www.biomotorin-biodiesel.com).

Bulutlanma Noktası; deney numunesi, belirlenmiş standart şartlar altında soğutulduğunda parafin kristallerinden oluşan bir sisin gözleendiği ilk sıcaklıktır. Analiz metodunda numune belirli bir hızda soğutulur ve belirli aralıklarla gözlenir. Deney tüpünde ilk sisin ilk gözleendiği sıcaklık bulutlanma noktası olarak kaydedilir.

Akma ve Bulutlanma noktası tayin cihazı ile yapılan, Soya metil esteri Bulutlanma Noktası tayini analizlerinde, -2 °C de bulutlanmanın başladığı gözlenmiştir.

3.1.1.5 Karbon Kalıntısı

Karbon Kalıntısı terimi standartlarda, numunenin buharlaşması ve termal bozulması sırasında oluşan karbonlu kalıntıları tarif etmekte kullanılır. Kalıntı tümüyle karbondan oluşmayıp daha sonraki bozunmalarla bileşimi değişebilen kok'tur. Konradson karbon kalıntısı miktarı, ester

yakıtının kalitesinin bir göstergesidir. Gliseritlerden, sabunlardan ve diğer organik kalıntılardan arındıklarını gösterir.

Damıtık ve atık fuel-oil'lerin karbon kalıntısı, bu yakıtların özel uygulamalarında birikinti oluşturan eğilimleri bakımından yaklaşık olarak değerlendirilmesine imkân verilir. Genel olarak atmosfer basıncında damıtma işleminde kısmen bozunmaya uğrayan ve uçucu bileşikleri fazla olmayan sıvı yakıtlarda uygulanır.

Çizelge 3.4 Uluslararası Standartlarda karbon kalıntısı için verilen sınır değerleri

DIN	E51606	%wt.	Max.0.30
prEN	14214	%(m/m)	max. 0.30



Şekil 3.5 Karbon kalıntısı tayin cihazı (Petrotest)

Laboratuarda Konradson karbon kalıntısı cihazı ile yapılan soya metil esteri analizlerinde, % ağırlıkça tespit edilen değer 0.02 Mir'dir.

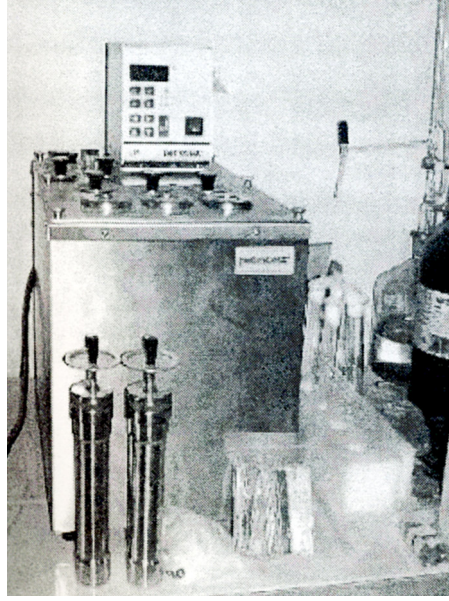
3.1.1.6 Bakır Şerit Korozyonu

Parlatılmış bakır bir şerit belirli bir miktardaki numunenin içine daldırılır ve numune içinde, belirtilen sıcaklığa kadar ve belirtilen süre bekletilir. Bekletme süresinin sonunda bakır şerit numunenin içinden çıkartılır, yıkanır ve referans korozyon şeritler ile karşılaştırılır. Deneylerde kullanılacak bakır şeritler, soğuk çekilmiş, iyi tavllanmış, 99.9'dan daha yüksek

safılıktaki elektrolitik bakırdan olmalıdır.

Çizelge 3.5 Uluslar arası standartlarda bakır şerit korozyonu için verilen değerler

ASTM	6751	max. No.3
DIN	E 51606	max. 1.0
prEn	14214	Clas 1



Şekil 3.6 Bakır şerit korozyonu test cihazı (Petrotest)

3.1.1.7 Su – Sediment Oluşumu

Bu testler ile yakıtlardaki su ve sediment miktarları tespit edilmektedir. Yakıtlarda bulunan su ve sedimentler kullandıkları motorun bazı parçalarının işlevini olumsuz yönde etkileyebilirler. Motorun performansını düşürebilirler.

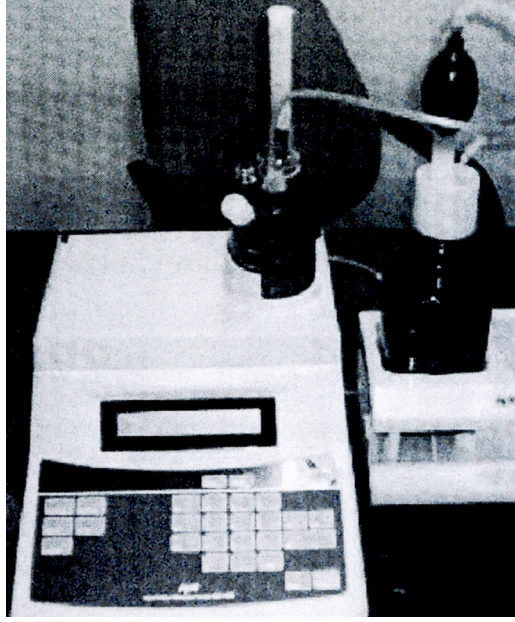
Su tayini Karl-Fischer kulometrik titrasyon metodu ile yapılır. Bu metotla kaynama sıcaklığı 390 °C den düşük olan petrol ürünlerindeki, kütlece yüzde 0.003 – 0.100 aralığındaki su miktarı tayini yapılır.

Sediment tayini ise ekstraksiyon yöntemi ile yapılır. Refrakter malzemedan yapılmış bir kartuş içindeki sıvı yakıt numunesi, kalıntı sabit kütleye erişinceye kadar sıcak toluen ile ekstrakte edilir.

Aşağıdaki çizelgede konuyla ilgili uluslar arası standartlar verilmiştir.

Çizelge 3.6 Uluslar arası standartlarda su-sediment değerleri için verilen değerler

ASTM	D 6751	% VOL	max. 0.05
DIN	E 51606	MG/KG	max. 300
prEn	14214	MG/KG	max. 500



Şekil 3.7 Karl – Fischer su tayin cihazı (Kyoto)

Işığın deney sonuçları üzerinde dikkate değer olumsuz etkisi tespit edildiğinden, banyo şeffaf olmayan bir malzemedен yapılmış olmalıdır.

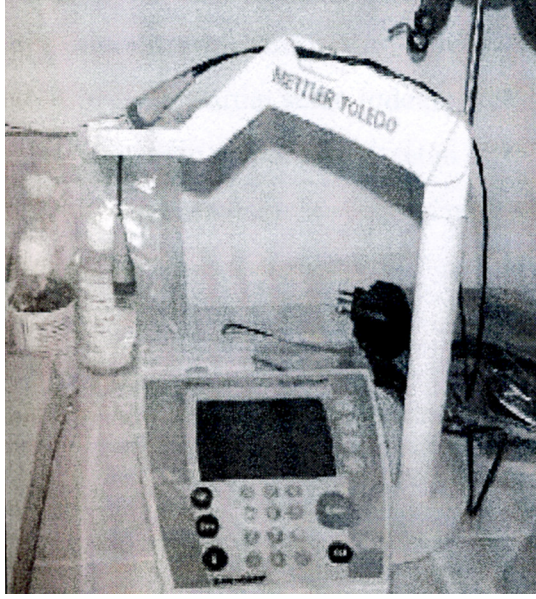
3.1.1.8 Kükürt Oluşumu

Yakıtlardaki kükürt hem motora hem de çevreye verdiği zararlar sebebi ile istenmeyen bir elementtir. Merkaptan kükürt tayin yöntemi yakıtlardaki kükürdün tespiti için kullanılan bir yöntemdir.

Uluslararası standartlarda Mercaptan kükürt kütle oranı üst sınırları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.7 Uluslararası standartlarda Mercaptan kükürt kütle oranı üst sınırları

ASTM	D 6751	% mass	max. 0.05
DIN	E 51606	% wt	max. 0.01
prEn	14214	mg/kg	max. 10.0



Şekil 3.8 Kükürt tayin cihazı (Petrotest)

3.1.1.9 Setan İndeksi

Kolayca yanmayan düz hidrokarbon zincirleri içeren bir yakıt türü olan dizel, kullanıma sunulmadan önce stabilitesi ve tutuşma kalitesini arttırmak, antistatik özellik kazandırmak amacıyla özel işlemden geçirilir. Dizelin performansı, öncelikle, tutuşma kalitesine bağlıdır. Dizelin ateşleme kolaylığını ve düzenli yanmasını, “setan numarası” belirler. Dizel motorun, yanma hücrelerinde doğru noktada tutuşmaz. Bunun sonucunda, kontrolsüz biçimde yanan karışım, gürültüye ve motor içinde hasara neden olur. Biyodizel, dizel yakıttan daha yüksek setan sayısı sahip olduğu için, bu tür sorunlar ile karşılaşmaz.

Dizel, işleminden geçirmenin bir diğer nedeni de, düşük ısıda kullanım özelliği sağlamaktır. Çünkü dizeli oluşturan parafin, soğukta kristal olarak çöker, yakıt hatlarını ve filtreleri tıkayarak, çalışma sorunları yaratabilir. Dizel yakıttan en düşük ısıda bile en yüksek performansı sağlamak için, soğukta karışkanlık artırıcı katımlarla zenginleştirilmelidir.

Setan sayısını doğrudan, uygun olarak tayin etmek için deney motorunun bulunmadığı durumlarda, bir yakıtın setan sayısının tahmin edilmesinde veya setan sayısının önceden tahmin edildiği durumlarda; setan indeksi, yakıt kaynağı ve üretim şekli değişmemek şartıyla, söz konusu yakıtın bir dizi numunesinin setan sayısının doğruluğunu kontrol etmek için kullanılabilir. Setan indeksi, setan sayısını ifade etmenin alternatif bir yolu değil, sınırlamalar sebebiyle kullanılması gereken yardımcı bir araçtır.

Uluslararası biyodizel standartlarında setan sayısına ilişkin, aşağıdaki alt sınırlar verilmiştir.

Çizelge 3.8 Uluslararası standartlarda setan sayısına ilişkin alt sınırlar

ASTM	D 6751	MİN47.0
DIN	E 51606	MİN49.0
prEn	14214	MİN51.0

3.1.2 Biyodizelin Petrodizelle Karşılaştırılması

Bu iki yakıtın karşılaştırmasını bir tabloyla yapılmıştır.

Çizelge 3.9 Petrodizel ve biyodizelin bazı özelliklerinin karşılaştırılması

Yakıt Özelliği	Petrodizel	Biyodizel
Yakıt Standardı	ASTM D 975	ASTM PS 121
Yakıt Bileşimi	C10-C21HC	C12-C22 FAME
Alt ısıl değer (MJ/l)	36.6	32.6
Kinematik viskozite (40°C de)	1.3 – 1.4	1.9 – 6.0
Özgül ağırlık (15°C de)	0.85	0.88
Su (ppm)	161	Max %0.05
Karbon (Ağırlığın % si)	87	77
Hidrojen (Ağırlığın % si)	13	12
Oksijen (Ağırlığın % si)	0	11
Kükürt (Ağırlığın % si)	Max % 0.005	0.0 – 0.0024
Kaynama noktası (°C)	188 – 343	182 – 338
Parlama noktası (°C)	60 -80	100 – 170
Bulutlanma noktası (°C)	-15 +15	-3 +12
Akma noktası (°C)	-35 -15	-15 +10
Setan sayısı	40 – 55	48 – 65
Hava / Yakıt oranı	15	13.8

3.1.3 Motor Yakıtlarının Genel Karşılaştırılması

Bu karşılaştırma da yine bir tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 3.10 Motor yakıtlarının karşılaştırılması (<http://www.eere.energy.gov>)

Ana kaynak	Oktan Sayısı	Setan Sayısı	Kimyasal Yapı
Ham petrol	86–94	5–20	C4 -C 12 Benzin
Ham petrol	8 –15	40–55	C10–C 20 Motorin
Bitkisel ve Hayvansal Yağlar	-25	46–60	5 C16–C18 Biyodizel(B20)
Yeraltı rezervi	120+	-CH4	6 Yağ asitlerinin metil esteri
Kömür, Nükleer, Doğal gaz, Hidroelektrik ve Yenileyebilir kaynaklar	-	-	Sıkış. Doğal Gaz(CNG) Elektrik
Mısır, Hububat, Şeker pancarı ve Tarımsal atıklar	100	-	CH ₃ CH ₂ OH Etanol (E85)
Doğal gaz, Metanol	130+	-	H ₂ Hidrojen

ve diğer kaynaklar			
Yeraltı rezervi	120+	-	CH ₄ Sıvılaştır, Doğal Gaz (LPG)
Petrol rafineleri ve Doğal gaz iş.	104	-	C1 H8 Sıvılaştır. Petrol Gazı(LPG)
Doğal gaz, Kömür ve Biyokütle	100	-	CH ₃ OH Metanol Odun (M85)

Çevreye etkisi	Araçlarda Kullanılma Durumu	Fiziksel Durumu	Enerji Miktarı MJ/l
Emisyonları Risklidir	Sınıfındaki bütün araçlarda	Sıvı	30.3–34.75
Emisyonları	Sınıfındaki	Sıvı	35.5–36.1
Partikül madde ve küresel ısınmayı neden olan emisyonları azaltırlar, araçlarda NOx emisyonunu biraz arttırır	%2 karışım oranı kadar bütün izel	Sıvı	32.5–36.1
Geleneksel yakıtlarda göre (CO ve Nox) emisyonlarını azaltırlar HC emisyonları arttırabilir	Sınıfındaki bütün araçlarda	Sıkıştırılmış gaz	3000 psi'de 9.1-10, 3600 psi'de 10.5-12.2
Kullanımında emisyon oluşmaz, üretiminde oluşabilir	Hibrit araçlarda	Elektirik	-
Benzine göre CO ve Nox emisyonları azaltırlar Emisyon sıfır	Otomobil, kamyon ve otobüslere Henüz ticari boyutta değildir, demonstrasyon amaçlıdır	Sıvı	22.2
Benzine göre CO ve Nox emisyonları %25 azaltır, HC emisyonunu arttırabilirler	Otobüs ve kamyonlarda	Sıkıştırılmış gaz, gaz veya sıvı	3.000psi'de ~1.8; 10.000 psi'de ~4.4 sıvı ~8.5
Benzine göre CO ve NOx emisyonları %60azaltırlar	Otomobil, kamyon ve otobüslerde	Sıvı	~20.4
Benzine göre CO ve NOx emisyonları %60azaltırlar	Otomobil, kamyon ve otobüslerde	Sıvı	~23.3

Benzine göre CO ve Otobüslerde Sıvı 15.5 – 18.3
Nox emisyonları %40
azaltırlar

3.1.4 Biyodizelin Malzemelerle Uyuşabilirliği ve Biyolojik Ayrışabilirliği

Biyodizel orta dereceli bir çözücüdür. Boyanmış yüzeylerle temas ettiğinde bazı boyaları çözebilmektedir. Emniyet açısından kazalara döküldüğü yerden silinmelidir. Biyodizelin çözücü özelliğinden dolayı daha önceden dizel yakıtından kaynaklanan sediment ve tortuları çözücü olarak yakıt filtresinin tıkanması hatta enjektörlerin takınması gibi problemlerle karşılaşılabilir. Bu yüzden biyodizel yakıt deposuna konulmadan önce yakıt deposunun bakımı yapılarak içi temizlenmelidir.

Pirinç, bronz, bakır, kurşun, kalay ve çinko dizel yakıtı ve biyodizel ile okside olabilir ve tortulaşma meydana getirilebilir. Bakır borular, pirinç regülatörler ve bakır rekorlarda kurşun ve çinko kaplamalardan kaçınılmalıdır. Yakıt veya rekorlar renk değiştirmeye meyleder ve tortu meydana gelerek filtreye ulaşır. Zarar görmüş parça çelik veya alüminyum olanı ile değiştirilmelidir. (Tyson 2001).

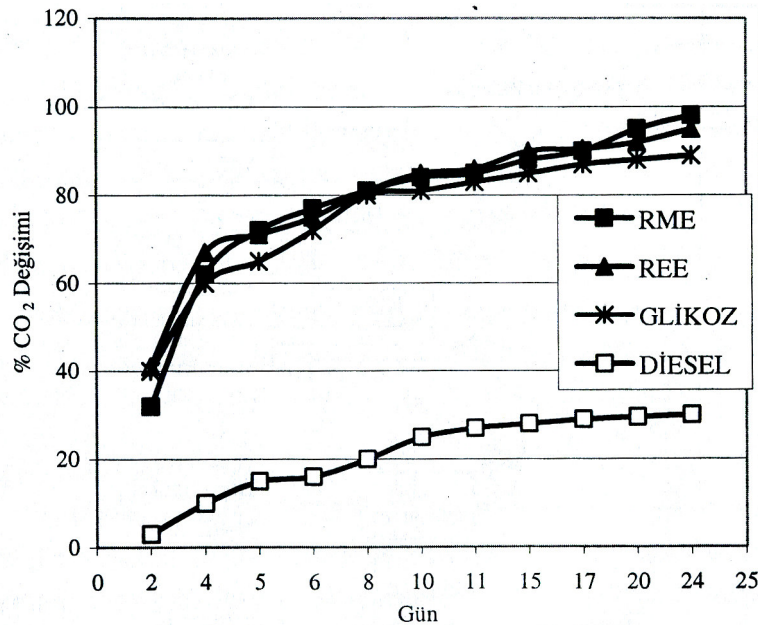
Çizelge 3.11 Biyodizel ile malzemelerin uyuşabilirliği (Tyson 2001)

Malzeme	Biyodizelin % Karım oranı	Etkinin düzey yakıtı ile karşılaştırılması
Teflon	B100	Çok az değişme
Naylon 6/6	B100	Çok az değişme
Nitril	B100	%20 sertleşmede azalma, %18 şişme artışı
Viton A401-C	B100	Çok az değişme
Viton GFLT	B100	Çok az değişme
Flurosilikon	B100	Sertlikte çok az değişme %7 şişme artışı
Poliüretan	B100	Sertlikte çok az değişme %6 şişme artışı
Polipropilen	B100	%10 sertlikte azalma %8 – 15 şişme artışı
Polivinly	B100	Çok kötü
	B50	kötü
	B40	kötü
	B30	kötü
	B10	Benzer
Tygon	B20	Benzer
	B100	Kötü

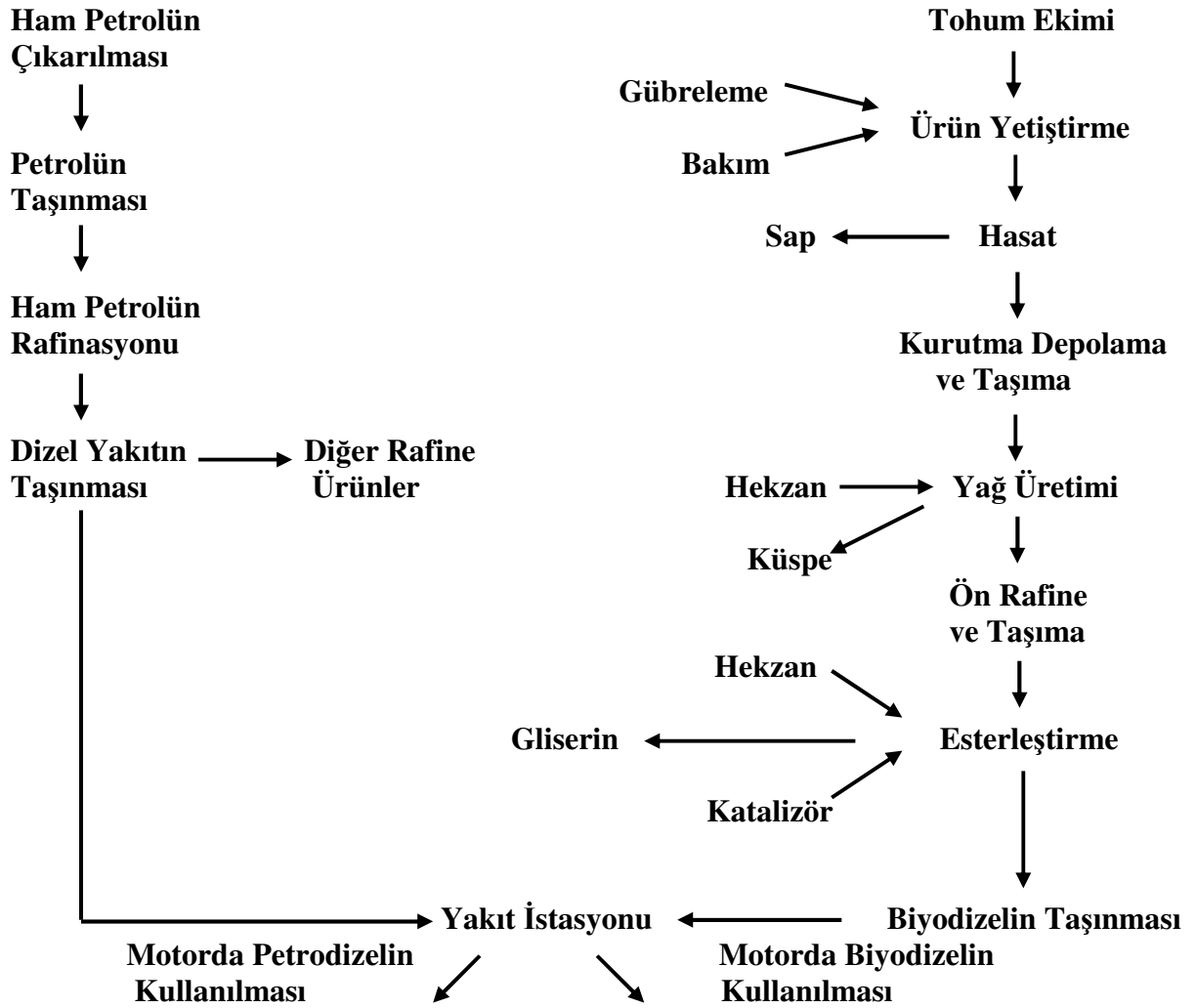
Biyodizelin dizel yakıtı alternatifi olarak kullanılması durumunda çeşitli metal, kauçuk ve

plastik parçalar üzerindeki korozif etkisi de bazı araştırmacılarca incelenmiştir. ABD- Pretoria Üniversitesi'nde, ayçiçeği ester ürünlerinin muhtelif maddeler üzerindeki korozif etkisinin araştırıldığı bir çalışmada çelik, pik demir, alüminyum, pirinç, bakır, galvanize elik 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 belirtiyeye rastlanmadığı bildirilmektedir. Ayçiçeği yağı metilesterleriyle gerçekleştirilen bir başka motor performansı çalışması sonunda metal parçalarda korozyona rastlanmadığı ancak tüm plastik aksamın sertleşme eğilimi ve mukavemette düşen gösterdiği bildirilmektedir. Ester yakıtın tüm kauçuk parçalarda tahrip edici özellik gösterdiği, Viton A kauçuğun konstüksiyon açısından en uygun kauçuk olduğu belirlenmiştir. Ester yakıtlarının uzun süreli temas sonucunda, boyalar üzerinde çözücü etkisi yaptığı, bunun göz önünde tutularak gerekli aksama dayanıklı boya uygulamasının yararlı olacağı vurgulanmaktadır (Işığgür 1992)

Yapılan biyolojik ayrışabilirlik testlerinde petrol esaslı dizel yakıtının 28 günde %30'unun ayrışmasına karşın biyodizelin %95-98'nin biyolojik olarak ayrışabildiği tespit edilmiştir. Özellikle Avrupa Ülkelerinde hassas tarım arazilerinde deniz kenarlarında ve orman arazilerinde biyodizelin kullanımı mecbur hale getirilmiştir. Şekil 2.9' da yapılan bir biyolojik ayrışabilirlik testinin sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 3.9 Dizel yakıtı ile glikoz, kolza metil ve etil esterinin biyolojik ayrışabilirliklerinin karşılaştırılması (James 1996)



Şekil 3.10 Petrodizel ve Biyodizelin yaşamsal döngü analizi (LCA) (Spirinckx ve ark. 2000)

Biyodizel enerji bilançosu açısından da avantajlıdır. Biyodizelin elde edildiği bitkinin yetiştirilmesi, yağ ve yakıt eldesi aşamaları dikkate alındığında, enerji bilançosunda 2.5:1'lik oran olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, biyodizelin sahip olduğu enerjinin, gübreleme, ilaç, ekstraksiyon (yağ eldesi), rafine, kimyasal işlem ve biyodizelin taşınması dahil harcanan enerjiden 2.5 kat fazla olduğudur. Bu nedenle, biyodizel pozitif bir enerji bilançosuna sahiptir. (Acaroğlu ve ark 2000)

Biyodizel, petrodizele herhangi bir oranda karıştırılarak da kullanılmaktadır. Karışımda %20 biyodizel, %80 petrodizel varsa bu karışım, B20 olarak adlandırılır. Bu tür uygulama, hem fiyat dengelemesi, hem de emisyon değerlerinin dengelenmesi açısından önemlidir.

Biyodizel, biyolojik olarak ayrışabilir ve zehirli değildir. Biyodizelin %100 biyolojik ayrışımı şekere benzer, tuzdan ise daha az toksik etkiye sahiptir. Araştırmalar biyodizelin biyolojik ayrışabilirliğinin, petrodizelden 4 kat daha fazla olduğunu göstermektedir. 3 haftalık bir sürede %98 oranında ayrışmama görülmektedir. Bu özellik, biyodizelin deniz taşımacılığı ile orman ve milli park gibi özellik arz eden alanlarda kullanımını gerekli kılmaktadır.

Biyodizel taşıma ve depolama açısından da güvenlidir. Ancak biyodizelin kara yolundaki asfaltı yumuşatma ve eritme etkisi vardır bu nedenle depolara ve tanklara biyodizel doldurulurken dikkatli olunmalıdır. Biyodizel normal şartlar altında patlamaz. Çünkü petrodizelde 52°C olan parlama noktası, biyodizelde 150°C'dir. Bu durum, biyodizeli tehlikeli madde kapsamından çıkarmaktadır. Petrodizelin taşınması sırasında güvenliği artırmak amacıyla içerisine belli oranda biyodizel karıştırması uygulamaları yapılmaktadır.

Biyodizelin enerji değeri, petrodizelden yaklaşık %12 daha azdır. Petrodizelde 42 Mj/kg olan enerji değeri, biyodizelde 37 Mj/gk civarındadır. Bu durum Biyodizelin yanma verimi %7 kadar artırılma yoluyla karşılanabilir.

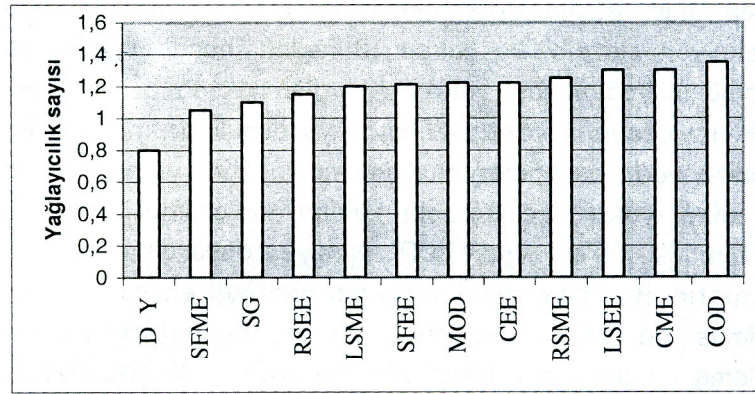
Biyodizel, petrodizelin depolandığı şartlarda güvenle depolanabilmektedir. Biyodizel orta dereceli bir çözücüdür. Boyanmış yüzeylerle temas ettiğinde bazı boyaları çözebilmektedir. Biyodizelin çözücü özelliğinden dolayı daha önceden dizel yakıtından kaynaklanan tortuları çözerek yakıt filtresinin hatta enjektörlerin tıkanması gibi problemlerle karşılaşılabilir. Bu yüzden biyodizel yakıt deposuna konulmadan önce yakıt deposunun bakımı yapılarak içi temizlenmelidir. Pirinç, bronz, bakır, kurşun, kalay ve çinko dizel yakıtı ve biyodizel ile okside olabilir ve tortulaşma meydana getirebilir. Bakır borular, pirinç regülatörler ve bakır rekorlarda kurşun ve çinko kaplamalardan kaçınılmalıdır. Yakıt veya rekorlar renk değiştirmeye meyleder ve tortu meydana gelerek filtreye ulaşır. Zarar görmüş parça çelik veya alüminyum olanı ile değiştirilmelidir. Yakıt deposu malzemesi alüminyum, çelik, fluorinat, polietilen, fluorinatlı poliproben ve teflon içermelidir Dizel motorlarda biyodizel kullanımı yağlama özelliklerinden dolayı, motor ömrünü uzatır. Biyodizel, motorun tork ve güç değerinde kayda değer bir düşmeye sebep olmamaktadır.

3.1.5 Biyodizelin Yağlayıcılık Özelliği

Biyodizel, dizel yakıtından daha iyi yağlayıcılık özelliğine sahiptir bu da motorun daha rahat çalışmasına sebep olur. Bütün dizel motorlar özel bir dizayn olan enjeksiyon sistemi ile çalışır. Buradaki hareket eden iç parçaların yağlanması yakıt ile sağlanmaktadır. Yakıttaki yağlayıcı özelliğin yetersizliğinde ya düşük basınca sebep olmakta yada aşınmalar

oluşmaktadır. 1990 yılında çevre için dizel yakıtı içerisindeki kükürt ve aromatiklerin % 0.5'ten %0.05'e veya 500ppm'ye düşürülme kararı alınmıştır. Bu işlem dizel yakıtının partikül emisyonlarının azalmasında etkili olmuştur. Ancak bu işlem yakıtın yağlama özelliğini kötüleştirmektedir. Kaliforniya'da yapılan çalışmalar ile dizel yakıtının içerisine % 0.4 biyodizel katılarak bu özellik tekrar kazandırılmış ve sonuçta kükürt oranı düşük, yağlama özelliği iyi dizel yakıtı elde edilmiştir (Hertz 1998, Öğüt ve Oğuz 2002)

Hertz (1998) yaptığı araştırmada kükürt oranı düşürülmüş dizel yakıtı içerisine %1 oranında çeşitli bitkisel yağlar ve bunlardan elde edilen etil veya metil ester ilave ederek, yani biyodizel katkı maddesi olarak kullanarak yakıtın yağlayıcılık özelliğini incelemiştir. İçesine %1 biyodizel katkı maddesi katılarak elde edilen yakıtların yağlayıcılık özelliklerindeki meydana gelen değişme Şekil 21'de verilmiştir. Şekil 21 incelendiğinde yağlayıcılık özelliği dizel yakıtına göre tüm bitkisel yağlar ve bunlardan elde edilen etil veya metil esterlerin daha iyi olduğu görülmektedir.



D Y	Dizel yakıtı	MOD	Hardal yağı
SFME	Ayçiçeği metil ester	CEE	Kanola etil ester
SG	Soya metil ester	RSME	Kolza metil ester
RSEE	Kolza etil ester	LSEE	Keten tohumu etil ester
LSME	Keten tohumu metil ester	CME	Kanola metil ester
SFEE	Ayçiçeği etil ester	COD	Kanola yağı

Şekil 3.11 Dizel yakıtına %1 biyodizel katkı maddesi katılmasıyla yağlayıcılık sayısının değişimi (Hertz 1998)

3.1.6 Biyodizelin Teknik Özellikleri ve Standartları

Biyodezilen dizel yakıtlara alternatif olabilmesinin şartı, kalite değerlerinin petrodizel ile rekabet edebilir olmasıdır. Çizelge 2.12'de görüldüğü gibi iyi bir üretim projesi ile biyodizel,

petrodizele yakın değerler göstermektedir.

Biyodizel kullanımının yaygınlaşması bunlarla ilgili standartları da beraberinde getirmiştir. Tabloda bazı ülkelerin bu alandaki standartları görülmektedir. Ülkemizde EN 14214 nolu Avrupa Birliği Standardı Türk standartları olarak yürürlüğü girmiştir. (EK-1)

Çizelge 3.12 Çeşitli ülkelerin biyodizel standartları (Oğuz ve Ögüt 2001)

Standart/ Özellikler Tarih	Avusturya ON C 1191 Temmuz 1997	Çek Cum. CSN 65 6507 Eylül 1998	Fransa Eylül 1997	Almanya DIN E 51606 Eylül 1997	İtalya UNI 10635 Nisan 1997	İsveç SS 155436 Kasım 1996	ABD ASTM PS121-99 Temmuz 1999	
Uygulama Yoğunluk (15°C)	g/cm ³	FAME 0.85-0.89	RME 0.87-0.89	VOME 0.87-0.90	FAME 0.875-0.90	VOME 0.86-0.90	VOME 0.87-0.90	FAMAE -
Viskozite (40°C)	mm ² /s	3.5-5.0	3.5-5.0	3.5-5.0	3.5-5.0	3.5-5.0	3.5-5.0	1.9-6.0
Damıtma (%95)	°C	-	-	≤ 360	-	≤ 360	-	-
Parlama Noktası	°C	≥ 100	≥ 110	≥ 100	≥ 110	≥ 100	≥ 100	≥ 100
CFPP, Soğukta Filtre Tıkama Noktası	°C	0/-15	-5	-	0/-10/-20	-	-5	-
Akma Noktası	°C	-	-	< -10	-	≤ 0/≤ 15	-	-
Kükürt	%Kütle	≤ 0.02	≤ 0.02	-	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.001	≤ 0.05
CCR % 100 %10 dist.	%Kütle	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.3	≤ 0.05	≤ 0.5	-	≤ 0.05
Artığı Sülfatlaşmış Kül	%Kütle	≤ 0.02	≤ 0.02	-	≤ 0.03	-	-	≤ 0.02
(Oksit) Kül	%Kütle	-	-	-	-	≤ 0.01	≤ 0.01	-
Su	mg/kg	-	≤ 500	≤ 200	≤ 300	≤ 700	≤ 300	≤ %0.05
Toplama Bozulma	mg/kg	-	≤ 24	-	≤ 20	-	≤ 20	-
Bakır	3h/50°C	-	1	-	1	-	-	≤ No.3
Korozyonu								
Setan Sayısı	-	≥ 49	≥ 48	≥ 49	≥ 49	-	≥ 48	≥ 40
Asit Sayısı	mg KOH/g	≤ 0.8	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.6	≤ 0.8
Metanol İçeriği	%Kütle	≤ 0.2	-	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 0.2	≤ 0.2	-
Ester İçeriği	%Kütle	-	-	≥ 96.5	-	≥ 98	≥ 98	-
Monoglisericid	%Kütle	-	-	≤ 0.8	≤ 0.8	≤ 0.8	≤ 0.8	-
Diglisericid	%Kütle	-	-	≤ 0.2	≤ 0.4	≤ 0.2	≤ 0.1	-
Triglisericid	%Kütle	-	-	≤ 0.2	≤ 0.4	≤ 0.1	≤ 0.1	-
Serbest Gliserol	%Kütle	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.05	≤ 0.02	≤ 0.02
Toplam	%Kütle	≤ 0.24	≤ 0.24	≤ 0.25	≤ 0.25	-	-	≤ 0.24

Gliserol İyot Sayısı		≤ 120	-	≤ 115	≤ 115	-	≤ 125	-
C 18:3 ve Daha Yüksek Doymamış Asit	%Kütle	≤ 15	-	-	-	-	-	-
Fosfor İçeriği	mg/kg	≤ 20	≤ 20	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-
Alkalin (Na, K)	mg/kg	-	≤ 10	≤ 5	≤ 5	-	≤ 10	-

RME : Kanola yağı metil ester

FAME : Yağ asidi metil ester

VOME : Bitkisel yağ etil esterleri

FAMAE : Yağ asidi mono alkali

3.1.7 Biyodizelin Egzoz Emisyon Değerleri

Egzoz emisyonları sera etkisi (CO₂), duman formu (HC, CD, PM, SOX NOX) ve toksik PAH (polii Aromatik Hidrokarbon), nPAH (nitrated PAH) özelliklerine göre gruplandırılmaktadır.

Biyodizelin emisyon değerleri, petrodizelle mukayese edildiğinde şu sonuçlar görülür;

- Karbondioksit (CO₂) emisyonu %80 daha azdır,
- Kükürtdioksit (SO_x) emisyonu %100 daha azdır,
- Hidrokarbon (HC) %36.73 daha azdır,
- Karbon monoksit (CO) emisyonu % 46.23 daha azdır
- Partikül madde (PM) %68 daha azdır,
- Azotoksit emisyonu (NO_x) aracın yaşına ve motorun devir sayısına bağlı olarak %10–18 azalır ya da artar.
- Toksik karakter gösteren PAH %80, nPAH ise %90 daha azdır.

Biyodizel kullanımı, atmosferdeki CO₂ emisyonunu artırmaz. Nitekim yapılan araştırmalar, kanola tohumunun ekiminden petrol istasyonlarına biyodezilin teslimine kadar tüm aşamaların dikkate alınması durumunda, dizel motorunda yanan biyodizelin her bir kg'ının 3 kg C2 tükettiğini ortaya koymuştur.

Fosil kökenli yakıt kullanımının yol açtığı aşırı CO₂ emisyonunu değeri, çevre açısından büyük bir risk oluşturduğu kabul edilmektedir. Nitekim KYOTO protokolü halen yıllık 402 milyon ton olan CO₂ emisyonunun 2010 yılında, yıllık 250 milyon tona düşürülmesini öngörmektedir. Bunun için de biyodizel kullanımının tüm dünyada yaygınlaştırılması desteklenmektedir.

Halen dünyada 200 milyon civarında dizel motoru bulunduğu buna her yıl 20 milyon yeni motorun eklendiği düşünülürse, bu motorlarda biyodizel kullanımının ne derece önemli olduğu anlaşılır.

Biyodizelin emisyon değerlerinin olumlu olması yanında, özellikle alevlenme noktasının

yüksekliğinden kaynaklanan “Tehlikeli Madde” olmama özelliği de, çevre açısından önemlidir. Avrupa Birliği’nin ilgili normlarına göre, biyodizel “Tehlikeli Madde” kapsamında yer almamaktadır. Hatta petrodizelin tankerlerle istasyonlara taşınması esnasında, tehlike riskini azaltmak için, içerisine belli oranda Biyodizel karıştırılması istenmektedir. Ayrıca deniz taşımacılığında biyodizel kullanımı denizlerdeki canlı hayatını korumak açısından önemlidir.

3.1.8 Biyodizelin Kullanım Alanları

Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtının dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Jeneratör yakıtı, kalorifer yakıtı olarak da değerlendirilebilir. Kükürt içermeyen biyodizel seralar için mükemmel bir yakıt olabilir. Ayrıca gıda kurutulmasında ve yeraltı madenciliğinde de başarı ile kullanılabilir. Ayrıca gıda kurutulmasında ve yeraltı madenciliğinde de başarı ile kullanılabilir.

En yaygın araştırma yapılan yerler; bazı Avrupa ülkeleri, Amerika, Yeni Zelanda ve Kanada’dır. En çok kullanılan deneme alanları ise; kamyon, araba, lokomotif, otobüs traktör ve deniz araçlarıdır.

Biyodizel saf ve petrodizel-biyodizel karışımları şeklinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu yakıtlar aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır:

B5: %5 Biyodizel + %95 Petrodizel

B20: %20 Biyodizel + %80 Petrodizel

B50: %50 Biyodizel + %50 Petrodizel

B100: %100 Biyodizel

Biyodizel için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ile ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir. Ülkemizde EN 14214 Standardı temel alınarak TSE Standardı hazırlanmaktadır (www.biomotorin-biodiesel.com).

Ülkemizde de biyodizel çok soğuk bölgelerimizin dışında petrodizelin kullanıldığı her alanda kullanılabilir bir yakıttır.

Biyodizel ulaştırma sektöründe petrodizel yakıtı yerine kullanıldığı gibi konut ve sanayi sektörlerinde de fuel oil yerine kullanılabilir bir yakıttır.

3.1.8.1 Ulaştırma Sektörü

Biyomotorin, diesel yakıt kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya

küçük değişikler yapılarak kullanılabilir ve dieselin depolandığı koşullarda ve mekanlarda depolanabilir. Bu özelliği nedeniyle ulaştırma sektöründe kullanımı yaygın olarak gerçekleşmektedir. 1996 yılı öncesinde üretilen bazı araçlarda kullanılan doğal kauçuk malzemesi biyomotorin il uyumlu kullanılmamıştır. Çünkü biyomotorin, doğal kauçuktan yapılan hortum ve contaları tahrip etmiştir. Ancak, bu problemler B20 (%20 biyomotorin - %80 diesel) ve daha düşük oranlı biyomotorin / diesel karışımlarında görülmez. Bununla birlikte, biyomotorinin çözücü özelliği nedeniyle diesel yakıtının depolanmasından kaynaklanan yakıt deposu duvarlarındaki ve borulardaki kalıntıları – tortuları çözdüğü için filtrelerin tıkanmamasına yönelik önlemler alınmalıdır. Ayrıca yakıt istasyonları ve araç tamirhanelerinde herhangi bir değişikliğe gerek yoktur.

Gerek tarım makineleri üreticileri gerekse otomobil üretici firmaları biyomotorini yakıt olarak araçlarında kullanma garantisi vermişlerdir. Çizelge 2.13’de de çeşitli firmalarının biyomotorin için verdikleri garanti bilgileri sunulmaktadır (www.biomotorin-biodiesel.com).

Çizelge 3.13 Çeşitli firmaların biyomotorin için garanti bilgileri (www.biomotorin-biodiesel.com).

Firmalar

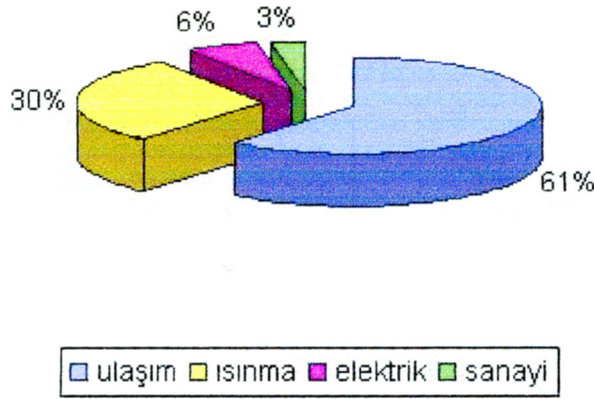
Audi
Case – IH
BMW
Claas
Farvman Diesel
Fiatagri
Ford AG
Holder
Iseki
John Dere
John Dere
KHD
Kubota
Lamborghini
Mercedes-Benz
Mercedes-Benz

Taşıtlar

Otomobiller: Tüm TDI Modelleri – 1996’dan beri
Traktörler – Tüm Modeller –1971’den beri
Otomobiller : Modeller 525 tds-1997’der beri
Biçerdöğnerler – Traktörler
Motorlar
Traktörler: Yeni modeller için
Traktörler: Yeni modeller için
Traktörler
Traktörler: 3000 ve 5000 Serileri
Traktörler – 1987’den beri
Biçerdöğnerler – 1987’den beri
Traktörler
Traktörler: OC, Super Mini, O5, 03 Serileri
Traktörler: 1000 Serisi
Otomobiller: C, E220, C 220 v e 220 CDI Serileri
Kamyon, Otobüs: BR 300, 400, Unimog Serileri-
1988den
Traktörler – 1990’dan beri
Otomobiller: Tüm TDI Serisi - 1996’dan beri
Otomobiller: Tüm TDI – Serisi – 1996’dan beri
Traktörler – 1988’den beri
Botlar: M 16 TCAM ve M 14 TCAM Serileri
Traktörler – 1991’den beri
Otomobiller: Tüm TDI Serisi – 1996’dan beri
Otomobiller: Tüm yeni SDI Serisi (EURO-3)
Otomobiller: S80-D, S70-TDI ve V70-TDI Serileri

Same
Seat
Skoda
Stevr
Stevr
Valmet
Volkswagen
Volkswagen
Volvo

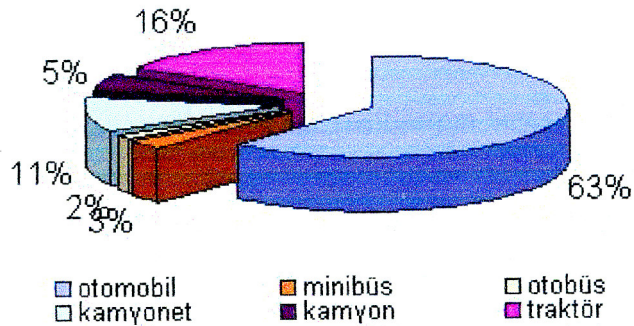
Ülkemizde 2001 yılında sivil diesel yakıt tüketimi 8 763 828 ton (2004'de 10 Milyon ton) olarak gerçekleşmiş ve tüketimin sektörlere göre dağılımı Şekil 2.12'de verilmiştir (www.biomotorin-biodiesel.com).



Şekil 3.12 Türkiye'nin 2001 yılı diesel yakıt tüketiminin sektörlere göre dağılımı

Şekil 2.12'den de görüldüğü gibi diesel yakıt tüketiminde en büyük pay %61 ile ulaştırma sektörüne aittir. Isınma için harcanan diesel yakıt miktarı da %30 gibi küçümsenmeyecek bir paya sahiptir.

DİE'nin yapmış olduğu istatistiklere göre Mart 2003 tarihi itibarıyla ülkemizdeki motorlu kara taşıtlarının sayısı toplam 7 507 516 dır. Dağılımı Şekil 10.2'de verilen kara taşıtlarının %49.37'si diesel yakıtla çalışmaktadır ve ticari araç kategorisindedir (www.biomotorin-biodiesel.com).



Şekil 3.13 Ulaştırma sektöründeki kara taşıtlarının dağılımı

Otobüs, minibüs, kamyonet, kamyon ve traktörün diesel yakıt kullandığı düşünülerek Türkiye genelinde sayıları Şekil 2.13'te verilmiştir (www.biomotorin-biodiesel.com).

Çizelge 3.14. Türkiye Genelindeki Otobüs, Minibüs, Kamyonet, Kamyon ve Traktör Sayıları (Mart,2003)

Araç	Adet	
Otobüs	150	150
Minibüs	225	226
Kamyonet	825	827
Kamyon	375	376
Traktör	1 201	201

Ayrıca; ülkemizde deisel yakıtı deniz taşıtlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada biyomotorinin diesel yerine deniz taşıtlarında kullanımı oldukça yaygındır. Ülkemizde de Çizelge 2.16'dan görüldüğü gibi biyomotorinin deniz taşımacılığında da kullanım potansiyeli vardır (www.biomotorin-biodiesel.com).

Çizelge 3.15 Türkiye'deki deniz taşıtlarının sayısı (1993-2002)

Gemi Tipleri	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Kuruyük	479	476	475	469	465	465	460	445	417
Dökmeyük	121	157	173	181	171	167	156	154	138
OBO	8	9	8	7	6	7	5	1	1
Petrol Tankeri	100	99	103	98	98	105	119	125	119
Kimyevi Madde Tankeri	27	31	39	41	43	52	57	58	51
LPG Tankeri	5	7	5	5	5	5	7	6	6
Asfalt Tankeri	5	5	5	5	5	4	3	3	3
Su Gemisi	11	11	10	10	10	10	10	10	12
RO/RO	14	22	24	25	29	28	30	29	26
Konteyner	1	3	7	11	18	25	30	29	26
Feribot	14	15	16	17	19	19	19	20	20
Tren Ferisi	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Frigorifik	0	1	1	1	1	1	3	3	2
Balıkçı	20	31	42	42	42	44	54	55	52

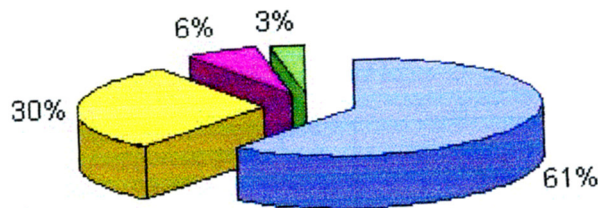
Gemisi									
Yolcu& Yolcu-Yük	31	33	35	36	40	42	39	39	31
Bilimsel Araştırma	5	5	5	5	5	5	5	5	4
Şeh. Hat./ Den. To.	75	71	68	72	73	73	73	74	76
Şeh. Hat. Arabalı	30	26	25	26	26	26	28	28	20
Romorkör	97	134	131	139	141	158	167	165	157
Diğer	-	-	-	-	-	-	-	-	4
TOPLAM	1050	1143	1179	1197	1024	1242	1270	1264	1185

3.1.8.2 Konut Sektörü

Biyomotorin fuel oil yakan kazanlarda da yakıt olarak kullanılabilir. DİE'nin 1998 yılı verilerine göre Türkiye'deki toplam 903 224 adet kaloriferli konuttan (resmi daireler ve okullar hariç) %24.9'u (224 817) adet) fuel oil ile ısınmaktadır. Bunun yanı sıra konutlarda toplam 144 431 adet elektrik jeneratörü mevcuttur ve jeneratörlerde e biyomotorin kullanılabilir.

Konutlarda 1998 yılında tüketilen toplam enerji 21 232 166 TEP olup, 1 043 398 TEP (%4.9) enerji fuel oilden karşılanmıştır.

Konutlardaki kalorier kazanlarında tüketilen fuel oil miktarı 1998 yılı için 976 825 ton'dur ve bölgelere göre dağılımı Şekil 10.3'de verilmiştir



Şekil 3.14 Konutlarda tüketilen Fuel-Oilin bölgelere göre dağılımı

Şekil 2.14'de verilen istatistik bilgilerinin kapsadığı iller Çizelge 2.17'de verilmiştir. Bu dağılıma göre biyomotorin kullanım potansiyeli ve iklim koşulları itibarıyla biyodizel kullanımına en uygun bölge Marmara bölgesidir (www.biomotorin-biodiesel.com).

Çizelge 3.17 Şekil 2.14’de verilen bölgelerin kapsadığı iller

Bölge	Coğrafi Bölge	Kapsanan iller
1	Marmara	Balıkesir, Bilecek, Bursa, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya, Tekirdağ, Yalova
2	Ege	Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla, Uşak, Afyon
3	Akdeniz	Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, İçel, Kahramanmaraş
4	İç Anadolu	Ankara, Eskişehir, Çankırı, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Sivas, Yozgat, Aksaray, Karaman, Kırıkkale
5	Karadeniz	Amasya, Bolu, Çorum, Kastamonu, Samsun, Sinop, Bartın, Zonguldak, Artvin, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Tokat, Trabzon, Bayburt, Karabük
6	Doğu Anadolu	Ağrı, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Kars, Malatya, Muş, Tunceli, Van
7	Güneydoğu Anadolu	Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Batman, Kilis

Ayrıca 1998 yılı için konutlarda tüketilen toplam enerjinin %0.7’si (153 177 TEP) Diesel yakıttan karşılanmıştır.

2000 yılı DİE verilerine göre Türkiye’de toplam bina sayısı 4 387 971 adet olup, %76’sı konuttur. Resmi dairelerin toplam bina sayısı içerisindeki payı %0.4 olup 33 124 adetti.

3.1.8.3 Sanayi Sektörü

1998 yılında DİE tarafından imalat sanayinde 500 TEP ve daha yukarısında enerji tüketimine sahip işletmelerde yapılan çalışmaya göre, 1 224 adet sanayi tesisinde toplam 15 936 657 TEP enerji tüketilmiş ve bu enerjinin %23.4’ü (3 728 009 TEP) fuel oilden karşılanmıştır.

Aynı yılda, yine 1 224 adet tesisin 132 127 TEP’lik (%0.83) enerjisi 129 533 ton dieselden karşılanmıştır. Tablo 10.5’den de görülebileceği gibi sanayi sektörünün yanısıra konut sektöründe de ısınma amacıyla diesel yakıt kullanılmaktadır.

Çizelge 3.18 1998 yılı sanayi sektörü ve konutlarda fuel –oil ve diesel yakıt tüketimi

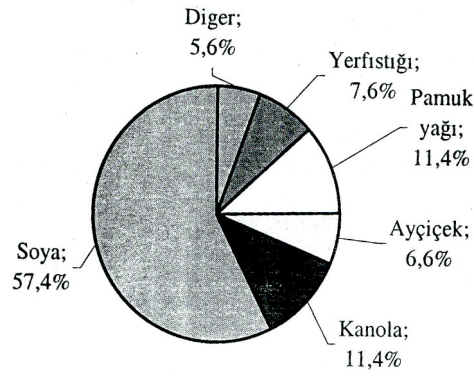
	Fuel Oil Tüketimi (1998) (ton)	Diesel Tüketimi (1998) (ton)
Konutlar*	1 058 213	150 174
Sanayi**	3 780 943	129 533

2001 yılı kalorifer yakıtı tüketimi 1 280 098 ton, 6 numaralı fuel oil tüketimi ise 6 528 936 ton olarak gerçekleşmiştir.

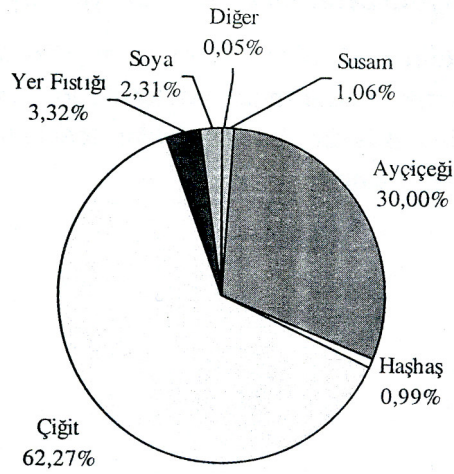
3.2 Biyodizel Üretimi

3.2.1 Biyodizelin Üretilbileceği Kaynaklar

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



Şekil 3.15 Dünya yağlı tohum üretimi (Toplam 320,72 milyon ton) (Bockey ve Körbitz 2002)



Şekil 3.16 Türkiye’de yağlı tohum üretimi (Toplam 2136566 ton) (Anonymous 2003)

Çizelge 2.19’da bazı bitkisel yağların, karbon, hidrojen, oksijen ve ısıl değerleri verilerek dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Çizelge 2.19’a göre bitkisel yağların karbon ve hidrojen değerleri dizel yakıtına yakın; oksijen değeri ise daha yüksektir. Isıl değerleri ise dizel yakıtının ısıl değerlerinden yaklaşık %10–15 kadar daha azdır.

Çizelge 3.19 Dizel yakıtı ve bazı bitkisel yağların temel bileşenleri (Apfelbeck 1986)

	Birim	Dizel Yakıtı	Kolza Yağı	Soya Yağı	Ayçiçeği Yağı
Karbon, C	%	86	77.7	77.8	77.6
Hidrojen, H	%	13	12.0	11.8	11.7
Oksijen, O	%	0.4	10.9	10.7	11.1
Kükürt, S	%	0.3	-	-	-
Isıl Değeri	MJ/kg	41.6–45.2	35.8	36.1	36.2
	MJ/l	35.8	32.9	33.2	33.3

Çizelge 3.20 Biyodizel içindeki yağ asitlerinin kimyasal yapısı (Tyson 2001)

Yağ Asidinin Adı	Karbon ve Çift Bağ Sayısı	Kimyasal Yapı
Kaprilik	C8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
Kaprik	C10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
Laurik	C12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
Miristik	C14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
Palmitik	C16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
Palmitoleik	C16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Stearik	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	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Linolenik	C18:3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Araşidik	C20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
Eikosenoik	C20:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$
Behinik	C22:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$
Erusik	C22:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$

Çizelge 3.21 Bazı yağların yağ asidi bileşenleri (Stout 1984, <http://www.ott.doe.gov/epact>)

Yağ	Miristik Asit 14:0	Palmitik Asit 16:0	Stearik Asit 18:0	Oleik Asit 18:1	Linoleik Asit 18:2	Linolenik Asit 18:3	Araşidik Asit 20:0	Erusik Asit 22:1
Soya Yağı		6-10	2-5	20-30	50-60	5-11		
Mısır Yağı	1-2	8-12	2-5	19-49	34-62	Eseri		
Fındık Yağı		4-10	1-3	71-85	7-22	1.5	1	
Yer Fıstığı Yağı		8-9	2-3	50-65	20-30			
Zeytin Yağı		9-10	2-3	73-84	10-12	Eseri		
Pamuk Toh. Yağı	0-2	20-25	1-2	23-35	40-50	Eseri		
Yüksek Linoleikli Aspir		5.9	1.5	8.8	83.8			
Yüksek Oleikli Aspir		4.8	1.4	74.1	19.7			
Yüksek Oleikli Aspir		4.3	1.3	59.9	21.1	13.2		
Kolza Yüksek Erusikli		3.0	0.8	13.1	14.1	9.7	7.4	50.7
Kolza Tere Yağı	7-10	24-26	10-13	28-31	1-2.5	2-5		
Don Yağı	3-6	24-32	20-25	37-43	2-3			
Keten Toh.		4-7	2-4	25-40	35-40	25-60		

Çizelge 2.20’de biyodizeldeki kullanılan yağ asitlerinin kimyasal yapıları verilmiştir. Çizelge 2.21’de bazı yağların yağ asidi bileşimleri verilmiştir. Çizelge 2.21’de görüldüğü gibi fındık yağının, oleik asit miktarı 71–85 gibi bir rakamla oldukça zengin 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, oleik asitçe zengin yağları ön plana çıkarmaktadır (Karaosmanoğlu ve Aksoy 1994)

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. Monodoymamış 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 monodoymamış ve

poyidoymamış 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'lik polidoymamış zincire sahiptir (Oğuz ve Öğüt 2001).

Yüksek oleik asitli ayçiçeği yağı gibi bir yağ, oksitlenme direnci artırmak için kullanılabilir. Yüksek oleik asitli ayçiçeği yağı kanola yağından daha çok 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 antioksidanlar 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 depolanabilmesine imkan sağlamaktadır (Gümüşkesen 1999)

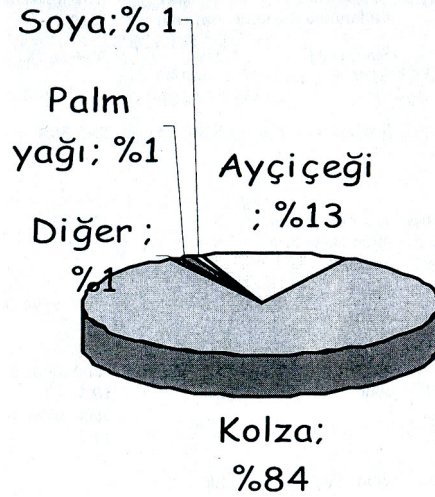
Biyodizelin üretilebileceği dünyanın farklı toprak ve iklim şartlarında yetiştirilebilen 50'nin üzerinde yağ bitkisi vardır. Bunlardan bazıları Çizelge 2.22'de görülmektedir.

Çizelge 3.22 Bazı tarımsal ürünlerin yağ verimleri (Kitani 1998)

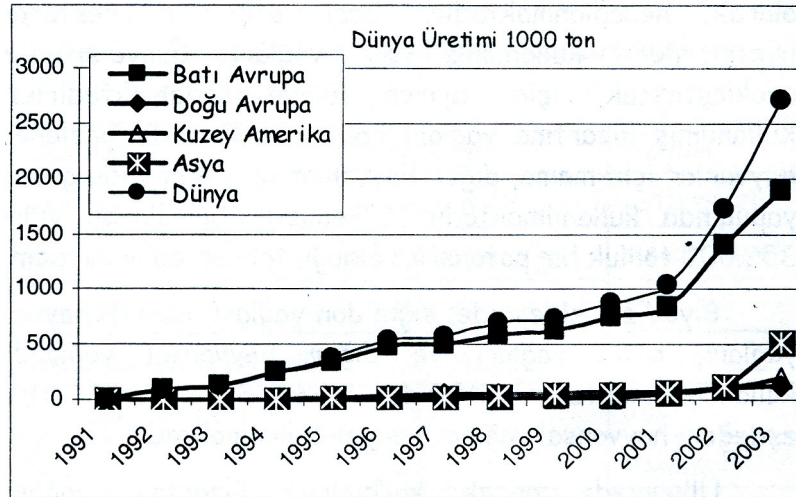
Yağ Bitkisinin Adı	Bilimsel Adı	Yağ Miktarı (kg/ha)	Yağ İçeriği (%)
Mısır	<i>Zea mays</i>	145	5-6
Mahun Cevizi	<i>Anacardium occidentale</i>	148	38-46
Palm	<i>Erythea salvadorensis</i>	189	50
Acı Bakla, Termiye	<i>Lupinus albus</i>	195	6-9
Pamuk	<i>Gossypium spp.</i>	273	20
Kenevir	<i>Cannabis sativa</i>	305	30-35
Soya	<i>Glycine max</i>	375	17-26
Keten	<i>Linum usitatissimum</i>	402	38
Fındık	<i>Corylus avellana</i>	405	65-75
Bezir Yağı	<i>Perilla frutescens</i>	442	49-51
Bal Kabağı	<i>Cucurbita pepo</i>	449	24-30
Hardal	<i>Brassica alba</i>	481	27-35
Susam	<i>Sesamun indicum</i>	585	50
Aspir	<i>Carthamus tinctorius</i>	655	25-37
Ayçiçeği	<i>Helianthus annus</i>	800	35-40
Kakao	<i>Theobroma cacao</i>	863	50
Yer Fıstığı	<i>Arachis hypogaea</i>	890	36-50
Haşhaş	<i>Papaver somniferum</i>	978	40-50
Kanola	<i>Brassica napus</i>	1000	33-40
Zeytin	<i>Olea europaea</i>	1019	35-70
Zencibar	<i>Telfairia pedeta</i>	1119	35-38

Badem	Prunus dulcis	1125	25–50
Jajoba	Simmondsia chinensis	1528	48–52
Ceviz	Juglans nigra	4500	60

Çizelge 2.22’de gösterilen bitkilerden kanola sarıçiçekli bitki olarak da adlandırılır. Kanola Almanya, Rusya ve Kanada gibi soğuk bölgelerde yetiştirilmektedir. Avrupa da biyodizel üretiminde en fazla kanola kullanılmaktadır.



Şekil 3.17 Biyodizelin üretildiği bitkisel yağların payları (Tickell 2000)



Şekil 3.18 Dünya biyodizel üretimi (Körbitz 2002; Ögüt ve ark. 2003)

Biyodizelin elde edilebileceği yağ bitkilerinin sayısı 50’nin üzerindedir. Bu bitkiler dünyanın değişik toprak ve iklim şartlarında yetiştirilebilir. Başka bir ifadeyle dünyanın hemen hemen her yerinde biyodizelin üretilbileceği, farklı bitkilerin tarımını yapmak mümkündür. Bu durum şüphesiz tarım kesiminin gelirini artırıcı bir uygulamadır. Biyodizel üretiminde,

kullanılmış kızartma yağlarının kullanılmasıyla, atıkların enerji amaçlı olarak geri kazanımı sağlanabilmektedir.

Biyodizel hammaddelerinden kullanılmış (atık kızartma yağının ABD'deki yıllık miktarı 11.5 milyar litre olarak hesaplanmaktadır. Bazı otel ve restoran işletmecileri kullanılmış bu yağları bünyelerinden uzaklaştırmak için ayrıca ücret ödemektedirler Kullanılmış kızartma yağları hali hazırda evde beslenen hayvanlar için mama, diğer hayvanlar için yem yada gübre yapımında kullanılmaktadır. Ülkemizde bu alanda yıllık 350.000 tonluk bir potansiyel olduğu tahmin edilmektedir.

Biyodizel eldesinde; sığır don yağları, kanatlı hayvan yağları, balık yağları ve diğer hayvansal yağlarda kullanılabilir. ABD'de yıllık 3.8 milyar litre eşdeğeri hayvansal yağ potansiyeli bulunmaktadır.

Ülkemizde gerek kullanılmış kızartma yağları gerekse hayvansal yağlar açısından büyük bir potansiyel bulunduğu ancak alternatif kullanım imkanlarının oluşmadığı bilinmektedir.

3.2.2 Tohumlardan Yağ Elde Etme

Yağlı tohumlar ham yağa işlenmeden önce temizlenme (çöpsasör), tohumun nemlendirilmesi ve kavurma (şartlandırılma), kabuk kırma ve ayırma, pulcuk haline getirme (pullama) ve gibi ön işlemlerden geçirilmektedir.

Uygulanacak ön işlemler yağlı tohumun yasal özelliklerine ve ham yağ üretiminde kullanılacak yöntemlere göre değişmektedir.

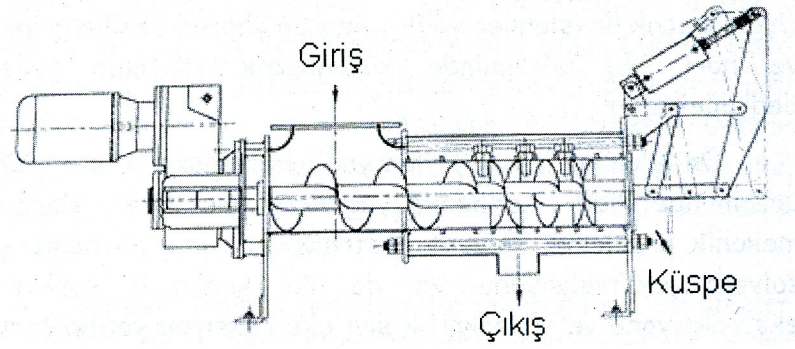
Ön işlemlerden geçirilen yağlı tohumlardan ham yağ üretiminde ham maddenin yağ içeriğine bağlı olarak mekanik presleme, solvent ekstaksiyonu, ön presleme- solvent ekstaksiyonu ya da iki kademeli solvent ekstaksiyonu ve süperkritik sıvı ekstaksiyon yöntemleri kullanılmaktadır.

3.2.2.1 Mekanik Presleme İşlemi

Katı – sıvı faz ayırma yöntemi olarak tanımlanabilir. Genellikle yağ oranı %20'nin üzerinde olan yağlı tohumlara mekanik ekstaksiyon uygulanır. Mekanik presleme sonucu esas ürün olarak ham yağ, yan ürün olarak küspe elde edilmektedir.

Yakıt üretmek amacıyla, tohumlardaki yağ değişik yöntemlerle çıkartılmaktadır. Bu yöntemlerden preslemenin küçük ya da büyük kapasiteli olanları vardır. Küçük ölçekli

(kapasiteli) olanlar bilhassa çiftçilere büyük bir mali yük getirmediği için tercih edilmektedir.



Şekil 3.19 Vidalı pres

Kullanılan preslerin çalışma prensibi açısından en yaygın olanı ise vidalı preslerdir. Elektrik motoru ile tahrik edilen bu tip preslerde materlay besleme miktarı saatte 4-8 kilogram, elde edilen yağ miktarı ise 0.25-2 litredir.

Vidalı preslerin endüstriyel amaçlı olanları da varır ve günlük kapasiteleri çok yüksektir. Bu presler elektrik motoru ya da dizel motorla tahrik edilebilmektedir. Pisonlu presler ise çok daha büyük kapasitelere hizmet ederler. Presleme sonucu elde edilen yağ, birkaç gün tankta bekletilerek, katı fazın tankın dibine çökmesi sağlanmalıdır. Daha sonra sıvı kısım filtre edilmelidir. Biyodizelin ticari amaçlı üretiminde isi kimyasal ekstaraksiyon işlemine başvurulmaktadır. Solvent ekstaksiyonunda ise kesikli ya da sürekli tipler kullanılmaktadır. Bu yöntemler büyük kapasiteler için uygundur. Örneğin sürekli tiplerin ekonomik için günlük kapasite en az 200 ton olmalıdır.

3.2.2.2 Solvent Ekstraksiyonu

Yöntemi ile ham yağ üretiminde özellikle tohumların yağ içerikleri azaldıkça mekanik preslemenin verimi düşmekte ve alınamayan yağın tohumdaki toplam yağ oranı yükselmektedir. Bu nedenle, yağ içeriği düşük tohumlarda solvent ekstraksiyonu, mekanik preslemeden daha iyi sonuç vermektedir.

Yağ oranı %20'den yüksek yağlı tohumların ise ön presleme-solvent ekstraksiyonu ya da direkt solvent ekstraksiyonu yönteminde yağ oranı ilk kademedede %14-20 değerine düşürülmekte, kalan yağ ikinci kademedede solvent ekstraksiyonu ile alınmaktadır.

Direk solvent ekstraksiyonunda ise iki kademeli solvent ekstraksiyonu uygulanmaktadır.

3.2.2.3 Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu

Son yıllarda önemli gelişmelerin kaydedildiği bir tekniktir. Yağ ekstarsiyonunda solvent olarak kullanılan hidrokarbonların insan 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 gerçekleştirilmektedir. Ekstraksiyon işlemi yüksek basınç altında

Gerçekleştirildiği için sistemin kuruluş ve işletme maliyeti oldukça yüksektir (Gümüşkesen 1999)

Çizelge 3.23 Kimyasal ekstraksiyonda tahmini girdiler (Bernortini 1976)

Girdi (1 ton tohum için)	Birim	Kesikli	Sürekli
Buhar	kg	700	280
Elektrik	kWh	45	55
Su	m ³	14	12
Solvent	kg	5	4
İş Gücü	saat	0,8	0,5

3.2.3 Bitkisel Yağların Yakıtı Dönüştürülme Yöntemleri

Bitkisel yağların enerji içerikleri, fosil kökenli dizel yakıtları ile hemen hemen aynı düzeydedir. Ancak dizel yakıtına göre viskozite değerleri 10-20 kat daha fazladır. Bu yüksek viskozite; enjektörlerde tıkanma, soğuk havalarda motorun ilk çalıştırılmasında problem ve motor ömrünün kısalması gibi pek çok olumsuzluklara sebep olabilmektedir.

Bitkisel yağların motorlarda yakıt olarak kullanılabilmesinde; motorun bitkisel yağ uygun hale getirilmesi yada, yakıtın motora uygun hale getirilmesi yada, yakıtın motora uygun hale getirilmesi seçenekleri söz konusudur.

Direkt 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 motorlarla mümkün olabilmektedir. Nitekim; Deutz firması tarafından geliştirilmiş olan ön yanma dalı püskürtmeli ve türbülans prensibiyle çalışan motorlarda, saf bitkisel motorlar, normal dizel motorlardan %6 daha fazla yakıt tüketmekle beraber güçlü ve güvenilir motorlardır. Girdap odacıklı tip ön yanma odalı dizel motorlarda ise yakıt tüketimi direkt püskürtmeli motorlara göre, %10 – 20 kadar daha yüksektir. Bu alandaki diğer bir seçenekte John Deere firmasına

ait, bitkisel yağlarında kapsamda olduğu çeşitli yakıtlarla çalışabilen wankel motorudur.

Bitkisel yağlar saf olara, giderek yaygınlaşan direkt püskürtmeli motorlarda kullanılmamaktadır. Çünkü kısa bir çalışma süresini müteakip, yağ bozulmakta ve uzun sürede de motorun ilgili kısımlarında kalıntılar oluşmaktadır.

Direkt 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 perodizel ve bitkisel yağ esterine (biyodizel) göre yüksek olmasındadır. Petrodizelde % 0.15 olan karbon artığı miktarı kolza yağından %0.25 iken kolza biyodizeline bu değer %0.02'ye kadar inmektedir. Yine kolza yağı, kimyasal işlemler sonucunda Kolza Yağ Metil Esterine dönüştürüldüğünde, viskozite yaklaşık 10 kat azalmaktadır.

Uygulamada direkt püskürtmeli motorların yaygın olduğu düşünülürse, bitkisel yağların gerekli kimyasal işlemler uygulanmadan, bu tip motorlarda yakıt olarak kullanılmasının uygun olmayacağı anlaşılır. Kolza biyodizelinin, yakıt olarak kullanıldığı tarım traktörü motorlarında yağlama yağının seyrelmesi sorunuyla karşılaşabilmektedir. Kolza biyodizelinin motor yağına geçmesi sonucunda, yağlama yetersiz hale gelmekte, piston üst yüzeyi, segman ve supaplarda sakızlaşma meydana gelmektedir. Bu durum kullanım süresi,, motor tipi, yanma odasının yapısı,püskürtme paterni ve zamanına bağlıdır. Biyodizelin neden olabileceği seyrelme sorununu, motor yağı değiştirme aralığı 250 saatten 150 saatte indirilerek aşılabilmektedir.

Bu nedenle; bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olarak değerlendirilebilmesi için, öncelikle yüksek viskozite probleminin çözülmesi gerekmektedir.

Bu amaçla uygulanan yöntemler:

- Seyreltme,
- Mikroemülsiyon oluşturma,
- Piroliz,
- Süper kritik yöntem ve
- Transesterifikasyon'dur

Seyreltme yönteminde, bitkisel yağlar dizel yakıtı ile belli oranlarda karıştırılarak seyreltilmekte, böylece viskozite değeri belli oranlarda düşürülmektedir. Seyreltme yöntemi uygulamalarında, en çok tercih edilen bitkisel yağlara örnek olarak, ayçiçek yağı, soya yağı, aspir yağı, kanola yağı, yer fıstığı yağı ve kullanılmış kızartma atık yağlar gösterilebilir.

(Oğuz ve ark. 2000)

Mikroemülsiyon oluşturma yöntemi; bitkisel yağın mikroemülsiyon haline getirilmesinden ibarettir. Bu yöntemin sakıncası alkollerin setan sayılarının düşük olması nedeniyle emülsiyonunda setan sayısının düşük olması ve düşük sıcaklıklarda kaşımın ayrışma eğilim göstermesidir.

Piroliz yönteminde, moleküller yüksek sıcaklıkta daha düşük moleküllere parçalanmaktadır. Bu yöntem sayesinde viskozite oldukça düşürülmekte, fakat işlemler ilave masraf gerektirmektedir.

Süper Kriter Yönteminde işlem, transesterifikasyon yönteminden farklı olarak katalizör kullanmadan 350 °C gibi yüksek sıcaklıklarda, 240 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleşmektedir.

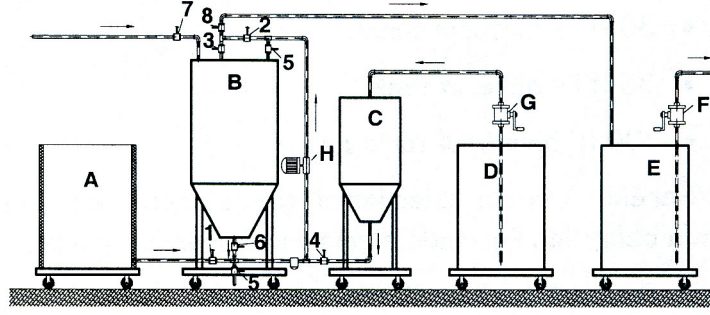
Transesterifikasyon yöntemi ise, bitkisel yağların bir katalizör vasıtasıyla alkolle reaksiyona sokularak yeniden esterleştirilmesi işlemidir. Bu yöntem viskoziteyi azaltmada hâlihazırda en etkili yöntemdir.

3.2.3.1 Yakıt Üreteçleri

Biyodizel üretmek için oluşturulan tesisi üretim kapasitesi ve üretim şekline göre üçe ayırmak mümkündür. Bunlar küçük (Ev tipi), orta (Köy-Kooperatif tipi) ve büyük (Sanayi tipi) biyodizel üretim tesisidir.

3.2.3.2 Ev Tipi Biyodizel Üreteci

Günümüzde biyodizelle ilgili olarak en çok tartışılan konular, bitkisel yemeklik yağ açığı dolayısıyla hammadde yetersizliği ve maliyettir. Maliyeti düşürebilmek ve yağ bitkileri tarımını yaygınlaştırabilmek için çiftçinin kendi imkanları ile biyodizel üretebilmesi önemlidir. Aile işletmesi ölçeğinde pres ve biyodizel üretim vasıtalarının ortaya konması bu bakımdan önemlidir. Bir önceki bölümde söylendiği gibi tohumlardan yağ eldesi için küçük kapasiteli, vidalı presler amaca hizmet etmektedir. Buradan elde edilen yağdan, yakıt (biyodizel) eldesi için basitten gelişmişe birçok düzenek vardır. Bu düzenek, elektrik motoru tahrikli bir karıştırıcının ilave edildiği ve tabanı konik hale getirilmiş evde bulunabilen eski bir arılden ibarettir. Böyle bir düzeneğin maliyeti 50-500 \$ arasındadır.



Şekil 3.20 Ev tipi biyodizel üretici (www.ott.doe.gov/epact)

- A. Ham yağ tankı B. Ana Reaktör C. Metoksit tankı
D. Metanol tankı E. Biyodizel tankı F, G ve H. Pompa

3.2.3.3 Köy Ölçeğinde (Orta Ölçekte) Biyodizel Üretim Tesisi

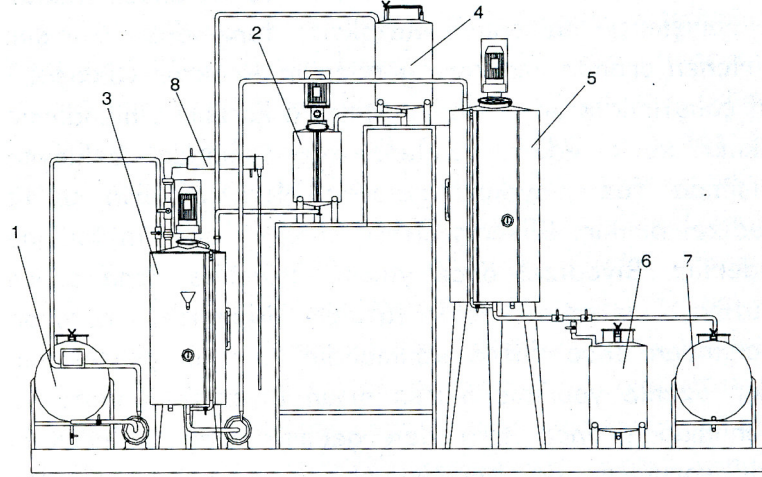
Tesis saatte 100 Litre biyodizel üretilebilecek kapasitede tasarlanmıştır. Tesis aşağıda belirtilen yedi ana tanktan oluşmaktadır. Bunlar;

- 100 lt kapasiteli ham yağ depolama tankı,
- 100 lt kapasiteli reaktör,
- 150 lt'lik yıkama tankı,
- 50 lt'lik metoksit tankı,
- 30 lt'lik metanol tankı
- 30 lt'lik gliserin tankı
- 100 lt' biyodizel tankıdır.

Gerekli kontrol işlemlerini gerçekleştirmek içinde aşağıda belirtilen kumanda elemanları kullanılmaktadır.

- 3 adet 1 fazlı asenkron motor (mikseri çalıştırmak için)
- 2 adet 1 fazlı asenkron motor (ürün pompalamak için)
- 3 adet ısıtıcı (ön ısıtma, metoksitin ısıtılması, yıkama tankı)
- 2 adet termometre (reaktör ve yıkama tankı sıcaklık ölçümünde)
- 2 adet termostat (reaktör ve yıkama tankı sıcaklığını kontrol etmek için)

Tesis yukarıda bahsedilen ana elemanlardan ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Yapılan tesisin genel görüşünü Şekil 3.16'de verilmiştir



1. Ham yağ tankı 2. Metoksit tankı 3. Reaktör
 4. Metanol tankı 5. Yıkama tankı 6. Gliserin tankı
 7. Biyodizel tankı 8. Eşanjör

Şekil 3.21 Çiftçi ölçeğinde bir biyodizel tesisinin şematik görünüşü (www.ott.doe.gov/epact)

Böyle bir tesiste üretim işlemi şöyle yapılır:

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 ve reaktör çalıştırılır. Yağ reaksiyon sıcaklığına ulaştığı zaman Metanol metoksit tankına gönderilir ve katalizör madde ile karışması sağlanır. Metoksit tankındaki karışım belirlenen oranda reaktöre gönderilir. Reaktör yaklaşık 1 saat çalıştırdıktan sonra içerisindeki karışım dinlendirme tankına sev edilir. Dinlendirme tankında bekleyen karışım da faz meydana gelerek altta gliserin tankına sevk edilir. Dinlendirme tankında bekleyen karışım da faz meydana gelerek altta gliserin üstte biyodizel birikir. Gliserin alttan alınarak gliserin tankına gönderilir. Biyodizel önce yıkama işlemine daha sonra kurutma işlemine tabi tutulur. Biyodizel motorda kullanımdan önce filtre edilmelidir. Üretim prosesi ne kadar özenle yapılmış olursa olsun biyodizelin motorda kullanılmadan önce filtreden geçirilmemesi kullanımda ciddi sorunları da beraberinde getirecektir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; filtre edilmeyen biyodizelin yakıt özellikleri istenen standart değerlerin bir çoğunu yerine getiremezken aynı biyodizel filtre edildikten sonra, standart değerlere ulaşılmaktadır. Bu amaçla standart olarak 100.50 ve 5 mikrometrik filtreler kullanılabilir.

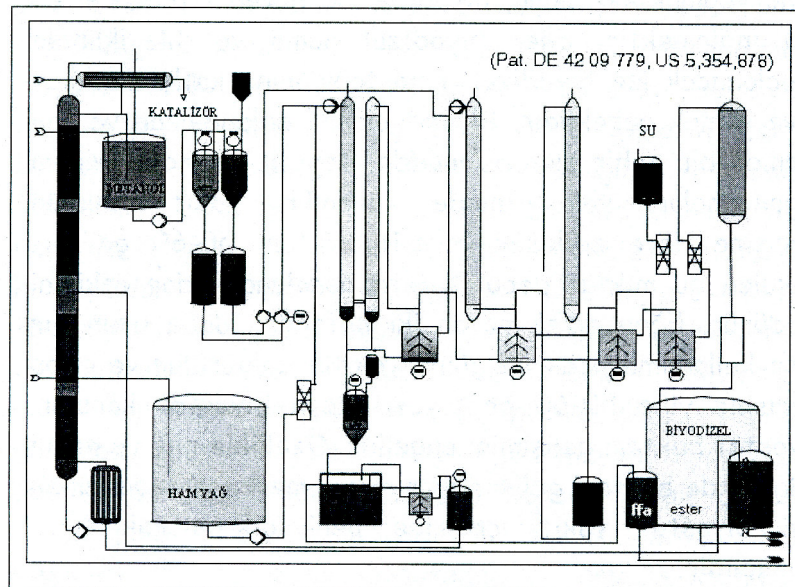
Biyodizelin depolanmasında herhangi bir sorunla karşılaşmaz. Biyodizel soğuk iklim şartlarında depolama kurallarına uymak şartı ile en az 1 yıl süreyle depolanabilir. Depolama

için petro-dizelin depolandığı tanklar ve ortamlar kullanılabilir. Uzun süreli depolanmış biyodizelin, kullanımından önce pH'sı test edilmeli ve pH'nın 7-10'un sınırları arasında olmasına dikkat edilmelidir. Yine aynı şekilde uzun süre beklemiş biyodizelin kullanımından önce özgül ağırlığının 0.9'u aşıp aşmadığı belirlenmelidir. Biyodizel tankları mümkünse 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 gereklidir. Biyosit olarak dalandırılan ve sıvı fırında bir zehir olan bu madde, depo içerisindeki mikro organizmaları yok etmede kullanılır. Yakıt tankının içerisine ilave edilecek biyosit miktarı 50-60 gr dır. Dökülen bu miktar depo 3 defa boşalana kadar etkisini sürdürür. Eğer dizel motor iki haftadan daha uzun bir süre kullanılmayacak ise depo yakıtla doldurulur ve depo içerisine yine 50-60 gd biyosit veya biyostat konulur. Biyostat bakteri gelişimini mümkün mertebe engellemek için biyostat yakıt içerisine periyodik olarak ilave edilmelidir.

Küçük ölçekli düzeneklerde biyodizel 2 saatlik bir çalışma süresinde elde edilebilir. Bunun 30 dakikası hazırlık, 1 saati karıştırma ve 30 dakikası temizliktir.

3.2.3.4 Sanayi Tipi Ticari Amaçlı Biyodizel Üretimi

Günümüzde biyodizel atık ticari olarak üretilmektedir. Bu nedenle bu amaca hizmet eden kompakt tesisler geliştirilmiştir. Doğal olarak bu tesislerin kapasiteleri saatlik, 200-1000 litre arasında değişebilmektedir. Böyle bir tesisin şematik görüşünü Şekil 2.22'de verilmiştir



Şekil 3.22 Ticari amaçlı biyodizel üretim projesi (Connemann ve Fischer 1998)

Biyozidel üretim tesislerinde kullanılacak, reaktör hacmi şöyle hesaplanabilir:

$$V = \frac{V_t}{f} \quad V = \frac{V_t}{f} \quad (2.1)$$

Burada;

V : Reaktör hacmi, m³

V_t : Reaksiyon hacmi, m³/min

F : Dolma katsayısı (0.5)

Reaktörün hacmi belirlendikten sonra, çapı ve yüksekliği de belirlenebilir. Reaktörün yüksekliği, çapının 3 katı kadar olmalıdır.

Proseste gerek metil alkolün geri kazanılması, gerekse biyodizelin ve gliserinin saflaştırılmasında kolonlar kullanılır. Baz katalizörün kullanıldığı proseste kolonların sayısı genelde 5 adettir. Kolon çapı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir:

$$D_c = \sqrt{\frac{4V_w}{\pi\rho_v U_v}} \quad (2.2)$$

D_c : Kolon çapı, m

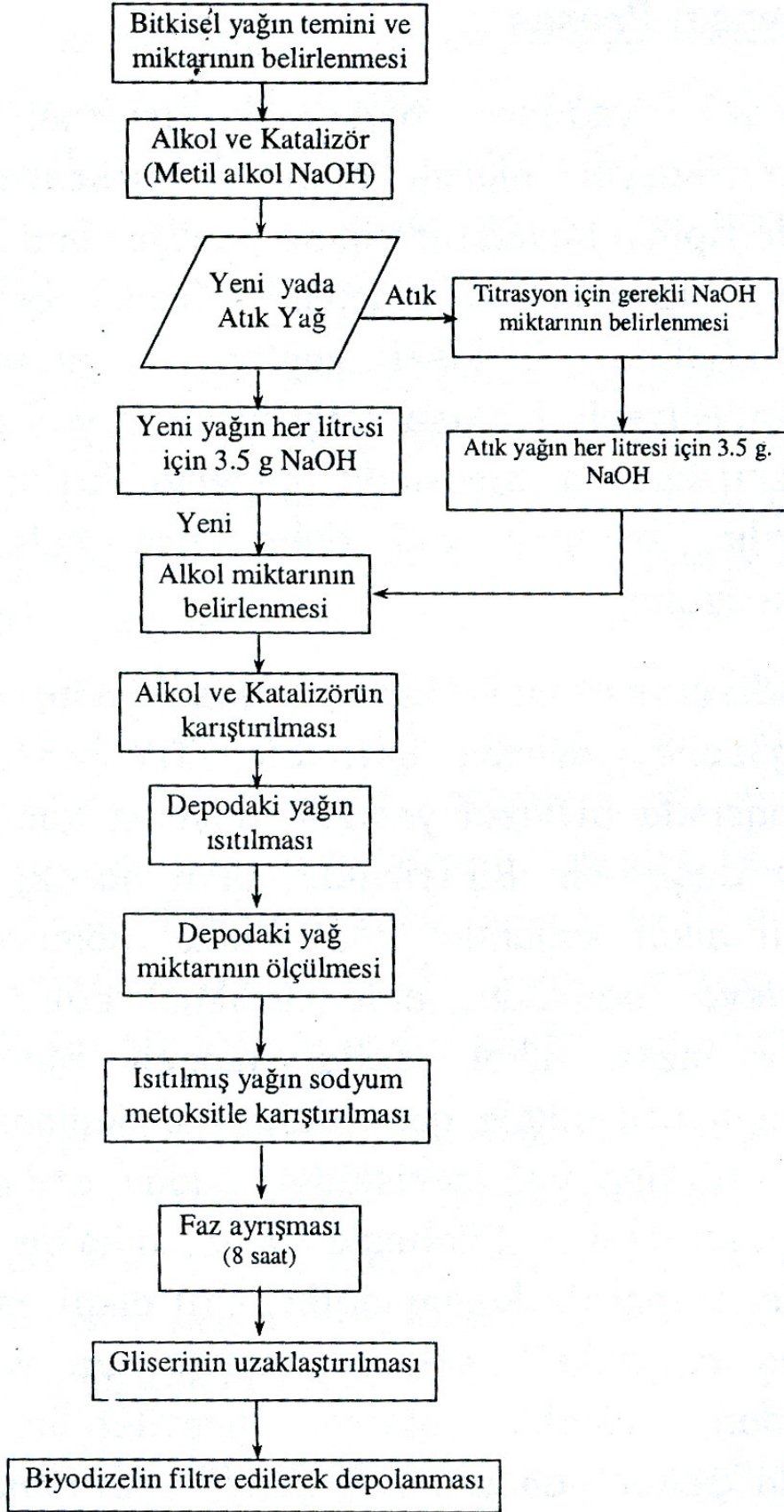
V_w : Maksimum buhar miktarı , kg/s

p_v : Buhar yoğunluğu, kg/m³

U_v: Müsaade edilen buhar hızı, m/s

Reaktörde biyodizel üretimini müteakip, biyodizelin ve gliserinin saflaştırılması gerekmektedir. Katalizör olarak NaOH kullanımında nötralizasyon tankında fosforik asit ilave edilerek, katalizör madde uzaklaştırılır. Bu işlem sonucunda Na₃PO₄ oluşur. Şayet katalizör madde olarak KOH kullanılmışsa Potasyum fosfat oluşur ki bu ekonomik değeri olan bir çeşit gübredir.

Biyodizelin saflaştırılması ve kurutulması işlemleri de son derece önemlidir. Biyodizelin kalitesi üzerine esas etki eden bu işlemlerdir. Yıkama işlemi için kullanılacak suyun niteliği, sıcaklığı, yıkama sayısı ve basıncı önemlidir. Yıkama ve kurutma işlemi biyodizelin kalitesi yanında, tesisin verimini doğrudan etkilemektedir.



Şekil 3.23 Biyodizelin üretim akış şeması (www. Woodfellas.org/2003)

3.2.4 Kanola'nın Özellikleri

Kolza; tohumu ve yağı için üretilen bir bitkidir. Yağında erusik asit olanlar, insan beslenmesinde kullanılmamaktadır. Günümüzde erusik asit içermeyen hatların ıslahı ile yemeklik yağ olarak da kanola yağı üretimi ve tüketimi artmıştır.

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

Çoğu bilim adamları, bu bitkinin orjinin Akdeniz çevresinin olduğunda hem fikirdirler. 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.yüzyılın sonlarında başlamıştır. Asya'da ise Kanola ile ilgili ilk kayıt M.Ö.'ne kadar uzanmaktadır. Günümüzün en büyük kanola yetiştiricisi ve ihracatçısı olan Kanado, kanola tarımı 1942 yılında başlamıştır. (Turan ve Göksoy 1998)

Ülkemizde azda olsa kanola tarımı özellikle Trakya'da yer almıştır. 2002 yılı dünya kanola üretimi 32.550.024 ton iken ülkemizde bu değer 200 ton civarındadır. (Peterson ve ark. 2001)

Kanola hem yazlık, hemde kışlık olarak yetiştirilebilen tek yıllık bir bitkidir. Kanolanın tohumlarının 1000 tane ağırlığı 3.0 – 6.0 gram arasında değişir. Kanola,kışlık hububatın yetiştirildiği bütün iklim alanlarında yetiştirilebilir. Kışa çok dayanıklı sayılır. Kanolanın toprak seçiciliği pek fazla değildir. Buğday ve arpa topraklarında rahatlıkla yetiştirilebilir. Humuslu ve erin topraklar kanola için idealdir.

Kışlık kanolalar için ekim nöbetinde tahıl + kanola ve buğdaygil + kanola sistemleri önerilmektedir. Ülkemiz şartlarında ekim zamanı kışlık ekim için Eylül ve +ekim, yazlık ekim için ise Mart ve Nisan aylarıdır. Ekim normu0.2-1.5 kg/da'dır. Kanolanın toprak hazırlığı ekim, bakım ve hasat işleri klasik mekanizasyon araçları ile yapılabilir. Ekim derinliği 1.5-3.0 cm arasında değişir. Sıralar arası ise 40.50 cm'dir.

Kanola tohumları küremsi şekilli, kahverengi ve silah renkte, %25-50 arasında yağ, %16-34 arasında ham protein ve %15-24 arasına da karbonhidrat içermektedir (Atakişi 1985)

Çizelge 3.24 Kanola çeşitlerinin yağ asidi oranları (Atakişi 1985)

Yağ Asitleri	Yazlık Kanola (%)	Kışlık Kanola (%)
Palmitik Asit	3,0	4,7
Palmitolik Asit	0,1	0
Stearik Asit	1,0	1,8
Oleik Asit	11,7	63,3
Linoleik Asit	13,6	20,3
Linolenik Asit	8,8	8,9
Araşhidik Asit	0,7	0
Ekosenoik Asit	7,6	1,3
Erusik Asit	51,1	0
Diğerleri	1,8	0

Çizelge 2.24'de görülen yağ asitlerinden, istenilenlerin yükseltilmesi, istenilmeyenlerin azaltılması yönünden Kanada, İsveç ve Almanya'da yapılan ıslah çalışmaları başarı ile sonuçlanmıştır. Buna en belirgin örnek, ERUSİK (Erucic) asittir. Kolza yağında %5050-54 arasında olan bu asit, kalite ıslah çalışmalarıyla yok edilmiş ve ıslah edilen bu çeşit KANOLA (Canola) adıyla tanınmıştır. (Atakişi 1985)

3.2.5 Soyanın Özellikleri

Soya tohumlarında bulunan % 18-26 yağ ve % 40 oranındaki protein ile önemli bir yağ bitkisidir. Soya proteininde bulunan Iycine hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Soya yağında bulunan önemli yağ asitlerinden oleik ve linoeik yağ asitlerinin yüksek olması, buna karşılık linolenik yağ asidinin düşük olması yağın kalitesini arttırmaktadır. Dünyada 250-300 değişik alanda kullanımı olan soyanın ülkemizde de bir çok ürünün yapımında kullanıldığı bilinmektedir. Unu, lesitini, küspesi, proteini, yağı ve onlardan elde edilen yağ ürünleri sanayi hammadresi oluşturmaktadır. Ancak, ülkemizde soya ile ilgili entegre yan sanayi tesislerinin olmayışı, yerli üretim açısından büyük olumsuzlukları beraberinde getirmekte ve soya tohumunun sadece yağını çıkarıp, kalanından küspe olarak yararlanma şeklinde katma değeri yetersiz bir sanayi üretim metodunu geçerli kılmaktadır ki bu da ekonomik potansiyel adına önemli bir kayıptır.

1999 yılı soya ekiliş alanı 24 bin ha, üretim ise 66 bin ton olarak gerçekleşmiştir. 2000 yılında soya ekiliş alanı 15 bin ha, üretim ise 44,5 bin ton olarak 2001 yılında 17 bin ha, üretim ise 75 bin ton olarak ve 2003 yılında ise soya ekiliş alanı 27 bin ha, üretim ise 85 bin ton olarak gerçekleşmiştir.

Görüldüğü gibi, ülkemizde soya ekim alanlarında ve üretiminde dalgalanmalar olmaktadır. Bunun başlıca nedeni soya / mısır paritesi ve soya alımlarında yaşanan sorunlardan kaynaklandığını söylemek mümkündür. Soya tarımı daha önce ağırlıklı olarak ekildiği bölgelerde ve GAP'ın faaliyete girmesiyle tekrar büyük bir atılım yapabilir.

Ülkemizde en çok soya üretimi yapan illerin başında 22, 084 ton'la Adana'nın geldiğini, bunu sırasıyla 10,310 tonla Osmaniye, 9,432 tonla Samsun ve 1,030 tonla İçel ile izlemiştir. Ekim alanı bakımından 7277 ha ile başta Adana, 3580 ha ile Samsun ve 3150 ha ile Osmaniye en fazla soya ekimi yapılan illerdir. Verim bakımından ise en yüksek verim 327,3 kg/da ile Osmaniye'den en düşük verim Şanlıurfa ilinden 80 kg/da olarak elde edilmiştir. Şanlıurfa ilimizdeki verimin Türkiye ortalamasının çok altında olmasının nedeni soya yetiştiriciliğinin yeni yapılıyor olması ve yanlış sulamadan kaynaklanabilir. Ayrıca, bölgedeki yüksek hava sıcaklığını soyanın çiçeklenme dönemine denk gelmesi, çiçek dökümüne neden olduğundan verimin düşmesine neden olmaktadır. (www.ott.doe.gov/epact)

3.2.6 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, tohumların da %30-45 arasında yağ bulunan, yazlık karakterde ve ortalama 130-150 gün arasında 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 ise dahilen terletici, kurt düşürücü ve müshil olarak, haricen ise romatizmal ağrılara karşı kullanılmaktadır. Çiçekleri içerdiği carthamin maddesinden dolayı ipliklerin, kozmetiklerin, alkollü ve alkolsüz içeceklerin boyanmasında kullanılmakta, yöresel olarak (özellikle Gaziantep yöresinde) renk vermek amacıyla yemeklere konulmaktadır. Ayrıca sarı, kırmızı ve turuncu renkte aspir çiçekleri günümüzde pek çok ülkede kuru ve kesme çiçek olarak değerlendirilmektedir. Aspir'den yağ çıkarıldıktan sonra geriye kalan küspe, çiftlik hayvanlarının yemlerine karıştırılarak kullanılabilir. Asperde 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. Mibzerle ekimde, dekara 1.0-1.5 kg tohum kullanılır. Ekim derinliği 3-5 cm kadar olmalıdır. Bitkiler 5-10 cm boya ulaştınca çapa ve seyreltme yapılır Seyreltmede geç kalınmamalıdır.

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 sağlamakta ve özel bir itina istemeden yetiştirilebilmektedir. Bunun yanında, tarımsal yönden fazla seçici olmayan bitkinin, geçit bölgelerimizdeki nadas alanları için de uygun olacağı belirtilmektedir.. Bitkinin derin ve kazık köklü olması tarlayı yumuşatması erozyonu önlemesi, yabancı otu bastırması, meyilli, kıraç ve fakir topraklarda diğer bitkilerden daha fazla verim sağlaması nedenleriyle, üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Aspir tarımındaki en önemli avantaj, buğday-arpa tarımında toprak hazırlığından ürünün depoya alınmasına kadar geçen sürede kullanılan bütün alet-ekipmanların bu bitkinin tarımından da kullanılabilmesidir. Bunun yanında tohumunun çok ekstrem şartlar dışında dökülme tehlikesinin olmaması hasat kayıplarını asgariye indirmekte, hasadın biçerdöverlerle yapılması ise maliyeti düşürmektedir. (Öztürk, 1994)

Ülkemizde yetiştirilmeyen ancak biyodizel üretiminde kullanılan diğer bir hammadde “Palm Yağı”dır. Hektardan 5000 kg yağ elde edilebilen palm ağacı dünyada yağ verimi en yüksek bitkidir. Palm yağı, palm 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. Meyvenin çekirdeğinden elde edilen palm yağı, oda sıcaklığında katı haldedir. Palm ağacının yüksekliği 8+20 m arasındadır. Palm ağacı Afrika’da; Libya’dan Angola’ya kadar geniş bir bölgeye yayılmıştır. Palmiye ağacı Subtropikal iklim bölgelerinde ise peyzaj amaçlı kullanılmaktadır.

Ülkemizde adaptasyon çalışmaları yapılan bir diğer yağ bitkisi de jojobadır. Jojoba çok yıllık çalımsı kurağa dayanıklı bir çöl bitkisidir. Sanayide kullanım alanları belirlendikten sonra yetişmesi uygun ülkelerde yetiştirilmeye başlanmıştır. Antalya ve Adana’da yetiştirilmesinde olumlu sonuçlar alınması sonucunda İzmir, Denizli, Konya, Ağrı, Elazığ, Ankara, Malatya, Afyon, Yalova, Mersin, Aksaray, Adıyaman, Nevşehir ve Kayseri’de de jojoba ekimine başlanmıştır. Bitkiden elde edilen yağa özellikle ABD ve İsrail firmalarından talep

gelmektedir. Jojoba yağı biyodizel üretimi dışında üstün bir yağlayıcı olması nedeni ile yüksek devirli makinalarda metal kesme işlerinde kullanılmaktadır. Değişik sıcaklıklarda stabil karakter göstermektedir. 600 ile 1200 m yüksekliklerde yetişen jojoba bitkisinin toprak seçiciliği yoktur. Jojobanın kökleri ortalama 9-10 metre derine indiği için kurağa dayanıklıdır. 100-200 yıllık ömrü olan jojobanın tohum erimi bitki başına verimi 138-578 gramdır (Özerden 2002).

Bunların dışında potansiyellerine bağlı olarak ülkeler Hindistan cevizi, yer fıstığı, ayçiçeği, soya, kenevir, mısır ve yosundan da biyodizel üretimi yapmaktadırlar.

Ayrıca biyodizel üretiminde yeni bir kaynak olarak “Deniz Börülcesi” gündemdedir. Ya oranı %26-33, protein oranı :30-33 olan deniz börülcesi yağının %73-45’i linoleik asittir. Hektara verimi 3.5 ton olan bu bitkinin özellikle ülkemizde tarıma uygun olmayan tuzlu bölgelerde yetiştirilme imkanı vardır (İnanç ve ark. 2004). Aynı zamanda bu bitki yem sanayinde kanatlıların beslenmesinde soya fasulyesine alternatif olarak gösterilmektedir.

3.2.7 Ayçiçeğinin Özellikleri

Ayçiçeği hemen her bölgemizde yetiştirilebilen ve tanelerinde yüksek oranda kaliteli yağ bulunduran, ekim alanı, üretimi ve yağ üretimi bakımından ilk sırada yer alan önemli bir yağ bitkisidir. Bu nedenle ayçiçeği üretiminin artırılması gerekmektedir. Üretim artışı ekim alanı veya birim alan verimi artışıyla gerçekleştirilebilir. Günümüzde ayçiçeği ekim alanını arttırmada I. Ve II. Ürün tarımı olarak, GAP ve Akdeniz bölgeleri potansiyel görülmektedir. Bunun dışında üretim deseninde meydana gelen değişikliklerle ayçiçeği ekim alanı artırılabilir. Verimi arttırmada ise yeni geliştirilen hibrit ayçiçeği çeşitlerine uygun yetiştirme teknikleri uygulamak etkili olacaktır.

Ayçiçeği ekiliş alanları 1999 yılında 595 bin ha iken her yıl giderek azalan bir trend izleyerek 2001 yılında 510 bin ha’ a kadar yükselmiştir. 2003 yılında ekim alanı 545 bin hektar olarak gerçekleşmiştir. Üretim ise 1999 yılında 950 bin ton iken, 2000 yılında 8000 bin tona 2001 yılında ise 650 bin tona gerilemiştir. Bu azalmada en önemli neden ekim alanındaki ve verimdeki düşüşlerdir. 2002 yılında üretim tekrar 850 bin ton’a yükselmiştir. Bu yükselmenin ise bir önceki yıl ayçiçeği fiyatlarının iki kata yakın oranda artması ile ekim alanındaki ve verimdeki olumlu gelişmelerden kaynaklanmaktadır. 2003 yılında ise üretim 800 bin ton’a gerilemiştir.

Ülkemizde ekimi yapılan yağlı tohumlu bitkiler arasında ekim alanı ve yağ üretimi

bakımından (% 73) ilk sırayı alan ayçiçeği, ağırlıklı olarak Trakya bölgemizde üretilmekte olup bununda % 30,8'ini tek başına Tekirdağ ili karşılamaktadır. Edirne % 20.1 ve Kırklareli % 11.2 ile diğer önemli ayçiçeği üretimi yapan illerdir.

Türkiye'de ayçiçeğinin ekim alanlarının % 75.9'u Trakya-Marmara, % 10.2'si Orta Anadolu, % 49'u Ege, % 4.2'si Karadeniz, % 3.3'ü Akdeniz ve % 2.5'i Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Ayçiçeği verimi bakımından Türkiye ortalaması 125 kg/da ile Orta Anadolu Bölgesinden elde edilmektedir. Bunun nedeni bölgede kurak koşullarda geniş sıra aralıkları ile ayçiçeği yetiştirilmesi, genellikle ülkemizin çerezlik üretimin büyük kısmının bu bölgede yapılması ve entansif ayçiçeği tarımının yapılmamasıdır. Bu bölgede iklimin ayçiçeği yetiştirilmesine uygun olması, şeker pancarına kota uygulanması ve şeker pancarında uygulanan üçlü ekim nöbeti yerine dörtlü ekim nöbetine geçilmesi gibi nedenler, bölgede sulanan alanlarda çifçileri alternatif ürün arayışına yöneltmektedir. Bu nedenle, hem ülkemiz yağ açığının kapatılmasında önemli bir yeri olan, hem de bölge şartlarında daha yaygın yetiştirme olanağı olan ayçiçeği, bölge üreticilerine rahatlıkla önerilebilir.

Son yıllarda ayçiçeğinde herbisitlere (Yabancı ot öldürücü) dayanıklılık sağlayarak yabancı ot kontrolünün etkin bir şekilde yapılması ve her bisitlerle orabaş zararının en aza indirilmesi amacıyla değişik ıslah çalışmaları yürütülmüştür. Ayçiçeğinde IMI herbisit grubuna dayanıklılığın yabancı ayçiçeği bitkilerinde belirlenmesi ve bu genlerin geri melezlemeyle kültür teşitlerine aktarılması ile her bisitlere dayanıklı ayçiçeği çeşitlerinin kullanılmasıyla, başta ayçiçeğinde büyük verim azalmalarına neden olan orabaş olmak üzere birçok yabancı ot kontrol altına alınabilmektedir. Herbisite dayanıklı bu çeşitler ayçiçeği verimini, dolayısıyla üretimi arttıracak önemli bir ıslah çalışması olarak görülmektedir.

Ayçiçeği kurağa fazla dayanıklı olmamakla birlikte diğer kültür bitkilerinin yetişemediği kurak koşullarda başarıyla yetişebilmektedir. Ayçiçeği bitisi topraktaki suyu en iyi değerlendiren bitkilerden biridir. Yetiştirme süresi boyunca 500-600 mm'lik toplam yağışa gereksinim duymaktadır. Ancak yağışlarla alınan su miktarı yeterli değilse verim alınması için sulama gereklidir. Kurak koşullarda sulama ile % 100'e varan bir verim artışı sağlanabilmektedir. Ayçiçeğinde su isteği toprak yapısına, sıcaklığa, nispi neme ve rüzgarın etkisine göre değişmektedir. Suya en fazla ihtiyaç duyduğu dönem çiçeklenmeden önceki ve sonraki 40 günlük dönemdir. Özellikle, çiçeklenme ve döllemenin olduğu 10 günlük dönemde, bitki su stresine maruz kalırsa, verim çok fazla etkilenmektedir. Ayrıca, çiçeklenmeden sonraki 20 günlük dönemde bitkinin su stresine girmesi halinde, yağ verimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu periyotta yapılacak 1-2 sulama ile verim artışı

sağlanabilmektedir. Özellikle Orta Anadolu Bölgesi ve Batı Geçit Bölgelerimizde daha çok kuraklıktan kaynaklanan verim düşüklüklerin minimize edebilmek için ayçiçeğinde özellikle sulama potansiyeli olan alanlarda sulamanın teşvik edilmesi hem üretici hem de ülke ekonomisi açısından bir kazanç olacaktır.

Ülkemizdeki yağ açığının kapatılması açısından yağ tohumlu bitkilerden ayçiçeği, soya fasülyesi ve kolza ile zeytinyağında prim sistemi uygulaması yapılmaktadır. Bu kapsamda, 1998 yılı ürünü pamuk ve zeytinyağına yaklaşık 111 trilyon Türk lirası prim ödemesi yapılmıştır. Bu politika, 1999 yılı ürünü pamuk, yağlık ayçiçeği ve soya fasülyesi, 2000 ve 2001 yılı ürünleri pamuk, yağlık ayçiçeği, soya fasülyesi, kolza ve zeytinyağı için uygulanmış, sırasıyla yaklaşık 180, 335, 180 trilyon Türk Lirası ödeme yapılmıştır.

Prim ödemesine ait 2003/11 sayılı tebliğ, 30 Nisan 2003 tarih ve 25094 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu tebliğe göre, yağlık ayçiçeğine 85.000 TL/kg, soya fasülyesine 100.000 TL/kg, kolzaya 90.000 TL/kg olarak ödenecektir. Ayrıca, sertifikalı tohumluk kullanmak suretiyle soya fasülyesi üretimi yapan ve bu durumu belgelendiren üreticilere verilecek prim miktarı yüzde 10 fazla ödeme yapılmak suretiyle karşılanacaktır.

Son yıllarda ayçiçeği üretiminde görülen yetersizliğin temel nedenlerinden biri üretim alanlarından görülen azalmadır. Ayçiçeği –buğday Trakya yöresinde yetiştirilen iki ana ürün olup fiyat açısından ayçiçeğinin buğday ile rekabet edebilmesi için ayçiçeği / buğday fiyat paritesinin ayçiçeği lehine 2.5-3.0 arasında olması gerekmektedir. Ayçiçeği / buğday fiyat paritesinin 2.5’den aşağı düşmesi sonucu Trakya bölgesi üreticilerinin ayçiçeğinden kaçarak buğday / ekim nöbetini uygulaması bölge topraklarında yer yer % 1’in altına düşen organik madde miktarının daha da azalmasına neden olduğu gibi bölgede süne ve zabrus zararlarının yaygınlaşmasına da neden olmaktadır. Halbuki Trakya bölgesinde tahıllar ve ayçiçeği ekim nöbeti toprak verimliliği ve bitkisel yağ açığının kapatılması açısından çok önemlidir.

Ülkemiz, ortalama verim değerleri yönünden dünya ortalamasının üzerinde olup, Rusya, Çin ve Ukrayna ile başa baş giderken özellikle Slovenya (400 kg/da), Fransa (200-240 kg) da, Mısır (227,9 kg/da) ve Lübnan (227.7 kg/da), gibi ülkelerin altında kalmaktadır. Verim artışının sağlanmasında sulamanın teşvik edilmesi yanında, kuraklık stresine dayanıklı, yüksek yağ oranı ve kalitesine sahip, daha yüksek oranda hibrit çeşit kullanımı, başta orabaşın yeni ırkları ile mevcut hastalık ve zararlılarına dayanıklı çeşitlerin üretiminde kullanılması önem taşımaktadır. (www.ott.doe.gov/epact)

3.2.8 Pamuk Tohumunun (Çiğit) Özellikleri

Pamuk tohumlarından lif elde edilen bir bitki olması ve üretiminde asıl amacın lif üretimi ve lif verimi olması ile birlikte ortalama lif randımanının % 35-40 olması nedeniyle birim alandan elde edilen kütlünün %60'ı çiğittir. Çırcırlama sonrasında litleri alınan tohumlarda (çiğit) % 17-74 oranında yağ bulunmaktadır. Yaklaşık 700 bin ha'lık bir alanda, 1.3 milyon ton çiğit üretiminin yapılması, içerdiği düşük yağ oranına (17-24) rağmen, ülkemiz için pamuğu önemli miktarda yağ elde edilen bir bitki konumuna getirmiştir.

1999 yılında 1,157 milyon ton olan çiğit üretiminin 2000 yılında 1.295 milyon ton'a ulaştığı gözlenmektedir. Bu artış doğrudan doğruya çiğit verimindeki yaklaşık % 23'lük artıştan kaynaklanmıştır. Üretimdeki artış 2001 yılında 1,354 milyon ton'la devam etmiştir. Bu artışın nedeni ise bir önceki yıla göre ekim alanındaki artıştan kaynaklanmıştır. 2002 yılında üretim 1,457 milyon ton'a yükselmiştir. Bunun artışın nedeni ise hem verimdeki hem ekim alanındaki artıştan kaynaklanmıştır. 2003 yılında ise üretim bir önceki yıla göre % 10.2 azalarak 1,308 milyon ton'a düşmüştür. Bunun en önemli nedeni ekim alanındaki % 12.7'lik azalıştan kaynaklanmıştır.

GAP alanında sulamaya açılan alanlarda pamuk ekiminin yaygınlaşmasına da bağlı olarak toplam pamuk ekim alanında bir artış gözlenmiştir. Ekim alanı 1999 yılında 719.264 hektar iken, 2000 yılında 654.177 hektara gerilemiştir. Ekim alanı 2001'de 684.665 hektara, 2002 yılında ise 721.077 hektara yükselmiştir. 2003 yılında ise ekim alanı tekrar 620.610 hektara gerilemiştir. Bunun nedeni pamuk fiyatındaki düşüklükten kaynaklanmaktadır. (www.ott.doe.gov/epact)

3.2.9 Yer Fıstığının Özellikleri

Yerfıstığı bir baklagil bitkisi olup, tohumları % 44-56 oranında yağ içermektedir. Ayrıca tohumları % 22-30 protein içerdiğinden beslenmede önemli bir yer alır. Bu nedenle yer fıstığı tohumları çerez olarak da tüketilmektedir. Yer fıstığı yağında bulunan Tocopherol antioksiden bir madde olup, yağın oksitlenme ile bozulmasını önlemektedir.

Yerfıstığında yağlık çeşitlerin geliştirilmesi yanında hasat ve harmanda mekanizasyonun gerçekleştirilmesi ile özellikle Güney Anadolu bölgemizde ikinci ürün olarak, GAP yöresinde de ekim nöbetinde ana ve ikinci ürün olarak üretimi arttırabilecektir.

Ülkemizde son üç yılda yer fıstığı ekim alanında artış olduğu gözlenmektedir. 2001 yılında 27 bin ha olan ekim alanı, 2002 yılında 33 bin hana yükselmiş, 2003 yılında ise 28 bin hana

gerilemiştir. Üretim ise yıllara göre değiştiği gözlenmiş olup, bunun nedeni ise verimdeki değişikliklerden kaynaklanmıştır.

Ülkemizde en çok üretim yapan illerin başında 26.748 tonla Osmaniye'nin geldiğini, bunu sırasıyla 26.686 tonla Adana, 8.463 tonla İçel, 4.672 tonla Aydın, 3.884 tonla K.Maraş, 2.885 tonla Muğla ve 2.770 tonla Antalya ilinin geldiği görülmektedir. Verim bakımından ise en yüksek değer 337,7kg/da ile Adana'dan elde edilmiş olup, en düşük verim İçel ilinden 161,2 kg/ da olarak elde edilmiştir. (www.ott.doe.gov/epact)

3.2.10 Susamın Özellikleri

Susam bitkisi tohumlarında % 40-60 oranında yağ bulunduğu için önemli bir yağ bitkisidir. Susam yağı içerdiği antioksidant etkili sesamin ve sesamolün nedeniyle yağdaki bozulmaya karşı çok dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı patates cipsi yapımında susam yağı diğer yağlara göre daha fazla tercih edilmektedir. Susam yağı gıda maddesi olarak kullanıldığı gibi, ilaç sanayinde kozmetik yapımında, sesamol etken maddesiyle böcek öldürücü ilaçların yapımında ve ayrıca sabun yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Susam tohumları ezilerek tahin yapıldığı gibi çerez olarak da tüketilmektedir. Ancak susam yağının birim fiyatının mekanizasyonunun tam olarak uygulanmaması sonucu pahalı olması nedeniyle bitkisel yağ sanayimizde bugün için bir katkı sağlamamaktadır. Ayrıca tohum veriminin düşük olması da bir dezavantaj getirmektedir.

Ülkemizde ekilişi ve üretimi üreticiler tarafından plansız ve programsız olarak gerçekleştirilmektedir. GAP yöresinde gelecekte yüksek tohum verimine sahip çeşitlerin devreye sokulması, sulama koşulları altında mekanizasyon sorunlarının da çözülmesi, ekilişi ve üretiminin planlı bir şekilde yapıldığı takdirde yağ açığının kapatılmasında katkı sağlayabileceği beklenebilir.

1999 yılı susam ekiliş alanı 51 bin ha, üretim ise 28 bin ton olarak gerçekleşmiştir. 2000 yılında susam ekiliş alanı 50,9 bin ha, üretim ise 23,8 bin ton, 2001 yılında 50 bin ha, üretim ise 23 bin ton, 2002 yılında ekim alanı 48 bin ha, üretim ise 22 bin ton ve 2003 yılında ise ekim alanı 44 bin ha, üretim ise 22 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Susam tarımında ekimin kuruya yapılması, sertifikalı tohumluk kullanılmaması ekimin serpmeye olarak yapılması, hasat ve harmanında fazla iş gücüne ihtiyaç olmasından kaynaklanan verim düşüklüğü verim artışını kısıtlayan en önemli faktörler olduğunu söylemek mümkündür.

3.2.11 Haşhaşın Özellikleri

Tohumunda % 50 oranında yağ bulunan haşhaşın ekilebileceği bölgeler her yıl Bakanlar kurulunca tespit edilmekte olup, üreticilerin ekim için izin alması gerekmektedir. TMO'nun ajans müdürlükleri tarafından ekim alanlarının kontrolü yapılır. Haşhaş kapsülünden morfin ve türevleri üretilmektedir. Tohumlarından elde edilen yemeklik yağ içerdiği yüksek orandaki linoleik asit (% 60-75) ile essential yağlar içerisinde haşhaş yağının değerini arttırmaktadır. Haşhaş tohumları kavrulup ezilerek ya da çerez olarak gıda ürünlerinde çeşni vermek için değerlendirilmektedir. Ancak haşhaş bitkisinin ülkemizdeki esas kullanım amacı ilaç sanayinin hammadesini oluşturmaktadır.

Haşhaş son yıllarda özellikle de 2000 yılından itibaren ekiliş ve buna bağlı olarak tohum üretiminde çok büyük artışlar sağlamıştır. Tablo 6.2.1. incelendiğinde- 2000 yılında 27.555 ha olan ekiliş alanı 2003'de 97.121 ha'a, tohum üretimi de 11. 564 ton da 52.000 tona yükselmiştir. Bugün haşhaş üretim izni alan illerin sayısı Ankaranın Polatlı ve Nallıhan ilçeleri de dahil edilerek 15'e çıkarılmıştır. Ülkemizde alkaloid üretimine yönelik tarımı yapılan haşhaşın üretim alanlarında 52.000 tona ulaşan tohumlardan bitkisel yağ üretimi de sadece yöresel basit yağhaneler yerine gelişmiş yağ fabrikalarında değerlendirmeye alınarak bu kaliteli bitkisel yağın yemeklik yağ üretime katkısı sağlanabilmelidir. Hatta tohum verimini arttıracak yetiştirme teknikleri uygulayarak sadece yağ üretimi için de tarım alanlarında artışlar sağlanabilir.

Bugün için alkaloid üretiminde Avustralya başta olmak üzere haş haş üretici ülkeler ile haşhaş kabuğundaki alkaloid oranımızın düşük olması (%0,05) nedeniyle binde 15-20 gibi değere sahip haşhaş çeşitlerini ürettikleri için rekabet şansımız giderek azalmakta, dünya piyasalarındaki pazarlama şansımızı maliyet yüksekliğinden kaybetmekteyiz. Bu nedenle başta TMO ve ilgili fakültelerin bilim adamlarının halen başlatılmış olan müşterek çalışmalarıyla yüksek alkaloid içerikli ıslah çeşitleri geliştirme yanında, yüksek tohum veren çeşitlerin de geliştirilmesine yönelik çalışmaların devam ettirilmesi gerekmektedir. (www.ott.doe.gov/epact)

3.2.12 Kullanılmış Yağların Çevreye Zararı ve Biyomotorin Üretiminde Kullanımı

Özellikle Büyükşehirlerde binlerce lokanta, fastfood ve restoran yanında onlarca hazır yemek hazırlama merkezi v 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 otel sayısı ise sırasıyla 42 ve 24 adettir. Bu oteller

ağırlıklı olarak Beşiktaş, Beyoğlu, Şili, Eminönü ve Bakırköy ilçelerinde bulunmaktadır.

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.

Bitkisel ve hayvansal yağ atıkların kalorileri çok yüksektir. Bu atık yağlar, suya kanalizasyona döküldüğü zaman su yüzeyini kaplar, su sistemine zarar verir., havadan s uya oksijen transferini önler, zamanla suda bozunarak sudaki oksijenin tükenmesini hızlandırır. Atık su artıma tesisinin işletme maliyetini artırır. Atık su kanal borularına yapışarak boru kesitinin daralmasına ve tıkanmasına neden olur.

Kullanılmış bitkisel yağlar atık su kirliliğinin %25 ini oluşturulmaktadır. Denize, akarsuya ve göle ulaşan bitkisel atık yağlar, kuşlara, balıklara ve diğer canlı türlerine zarar vermektedir. Yukarıda sıralanan olumsuzluklardan dolayı gelişmiş Ülkelerde kullanılmış bitkisel e 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

3.3 Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Değerlendirilmesi Avantajları

3.3.1 Isıl değer

Yağ asitleri ve bunları içeren yağlar biyolojik maddeler içinde en yüksek ısıl değere sahiptir. Örneğin, bu değerler selüloz için 18.83 MJ/kg, protein için 23.44 MJ/kg, odun için 17.58 MJ/kg, et için 24.28 Mj/kg, bitkisel yağ için 38.93 MJ/kg ve petrol için ise 43.95MJ/kg'dır. Bu özellik iki hidrojen atomu taşıyan tek bir karboksil grubuna bağlanmış nispeten uzun hidrokarbon zincirine sahiptir. Bu nedenle bitkisel yağlar sıvı yakıtlara en yakın biyolojik maddelerdir ve yağsız biyolojik maddelere nazaran daha yüksek ısı enerjisine sahip olan yağlı biyolojik maddeler, biyoyakıt üretimi için sürekli bir poansiyel oluştururlar.

3.3.2 Kaynak

Ayrıca bitkisel yağ kaynağı olarak değerlendirilebilecek bitkilerin geniş bir iklim aralığında yetişmeleri, işlenme kolaylığı, bu işlemin artıklarının ve yan ürünlerinin değerlendirilmesi bitkisel yağların diğer avantajları arasında sayılabilir.

3.3.3 Taşıma ve Depolama

Bitkisel yağların sıvı halde bulunmaları da taşıma ve depolamada avantaj sağlar. Bitkisel yağların fosil kaynaklı alışagelmış enerji kaynaklarına göre en önemli avantajı ise yenilebilir bir enerji kaynağı olmasıdır.

3.4 Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Değerlendirilmesi Dezavantajları

3.4.1 Viskozite

Bitkisel yağların doğrudan dizel yakıtı olarak kullanımların olumsuz yönde etkileyen başlıca faktör yüksek viskoziteleridir. Bu değer dizel yakıtının yaklaşık 10 katı kadardır. Modern dizel motorlarının enjeksiyon sistemleri viskozite değişimlerine karşı hassasiyet gösterirler.. Yüksek viskozite yakıtının yanma odasındaki atomizasyonunu bozmakta, damlacık boyutundaki büyümeyle tam yanmayı önlemektedir. Tamamlanmayan yanma ise yanma odasında birikmelere. Enjektörlerde koklaşma ve tıkanmalara ayrıca yağlama yağına bulaşmaya neden olmakla ve yağlama yağında kalınlaşma ile jelleşme görülmektedir.

3.4.2 Doymamış Yapı

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanımında bir diğer sorun içerdikleri doymamış bağlardan kaynaklanır. Doymamış yapıların yağlama yağına karışması ve bu ortamda polimirezasyonu, motoru tahrip edecek viskozite artışlarına neden olmaktadır.

3.4.3 Katılaşma Eğilimi

Ayrıca bitkisel yağların düşük sıcaklıklarda söz konusu olan katılaşma eğilimi de yakıt olarak kullanılmasında sorun yaratır. Bu durum dizel yakıtla karışım oluşturularak veya ön ısıtma ile giderilebilir.

3.4.4 Dezavantajları Giderme Yöntemleri

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanımında ana kısıtlayıcı faktör olan viskozite probleminin çözümü için dört yöntem önerilmektedir.

3.4.4.1 Seyreltme

Bu yöntemde uygun bitkisel yağlar belirli oranlarda dizel yakıtına katılmakta ve viskozite düşürülmektedir. Ziejewski ve arkadaşlarının hacimce 25/75 oranında ayçiçek yağı dizel

yakıt karışımı ile yürüttükleri çalışmalarda karışım 400C deki viskozitesi 4.88 mm²/s olarak tespit edilmiş ve ASTM standartlarında dizel yakıt için belirlenen üst sınır 4.0 mm²/s olduğundan söz konusu karışımın direkt enjeksiyonlu dizel motorlarında kullanılmayacağı sonucuna varmışlardır. Yapılan bir diğer çalışmada ise ağırlıkça %10 kolza yağı katılan dizel yakıtında önemli değişimler gözlenmemiştir. Bu karışım ile dizel motorlarında yapılan laboratuvar çalışmaları da olumlu sonuçlar vermiş ve egzoz gazlarında da bazı iyileşmeler gözlenmiştir.

3.4.4.2 Mikroemülsiyon Oluşturma

Bu yöntemde, bitkisel yağların metenol etanol gibi kısa zincirli alkollerle mikroemülsiyon oluşturarak viskoziteleri düşürülür. Mikroemülsiyon, boyutları 1-150nm arasında olan optikçe izotropik sıvı mikro yapılarının kolloidal denge dağılımı olup, normalde karışmayan iki sıvı ve bir veya daha fazla amfifilin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu konuda yapılacak çalışmalarda kullanılacak yağ, alkol, amfifil sisteminde faz dengelerinin, karışabilme limitleri ve diğer fiziksel karakteristiklerin geniş ölçüde incelenmesi gerekmektedir.

3.4.4.3 Piroliz

Piroliz (termik parçalanma) ve katalitik kriting kimyasal bağların daha küçük moleküler oluşturmak üzere kırılması prosesidir. İncelenen çalışmalarda bitkisel yağların pirolizi iki şekilde gerçekleştirilmektedir.

- 1) Kapalı kapta piroliz
- 2) Standart ASTM distilasyonu

3.4.4.4 İnteresterleşme

Bu terim bir esterindir alkol (alkoliz), bir asid (asidoliz) veya bir diğer estlerle (ester değişimi), genellikle katalizör yanında, reaksiyona girerek yeni bir ester veya esterler karışımı oluşturduğu reaksiyonları kapsar. Bitkisel yağların viskoziteleri, küçük molekül ağırlıklı alkollerle metil veya etil esterlerine dönüştürdükleri alkoliz reaksiyonundan faydalanılarak düşürebilir. Ayrıca bu dönüşüm reaksiyonunda oluşan gliserin gibi yan ürünleri değerlendirmekte olanaklıdır. Reaksiyonlar asidik (HCl, H₂SO₄) veya bazik (NaOH, KOH) katalizör yanında gerçekleşir. Katalizörler reaksiyon hızlandırıcı, dönüşümü arttırıcı etki gösterirler. Bazik katalizörler kullanıldığında reaksiyon daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşebilir. Alkoliz reaksiyonu transesterifikasyon ismi ile de tanınır.

3.4.4.5 Alkoliz

Alkoliz en önemli içesterleşme reaksiyonudur. Yağların alkolizi ticari açıdan çok önemlidir. Yağların alkolizi çok önemlidir. Yağların metil estere alkolizi ve yağların karışık mono ve diaiçilgliserille gliserolizi endüstride büyük öneme sahiptir. Çoğunlukla sıvı fazda gerçekleşen ve genel ifadesi aşağıda görülen alkoliz reaksiyonları dört ana grupta toplanır.

- 1) Monoester ve monohidrik alkoller arasındaki reaksiyonlar
- 2) Monoester ve polihidrik alkoller arasındaki reaksiyonlar
- 3) Poliester ve monohidrik alkoller arasındaki reaksiyonlar
- 4) Poliester ve polihidrik alkoller arasındaki reaksiyonlar

Alkoliz reaksiyonlarında farklı alkol oranlarının kullanılmasıyla değişik bileşimde ürünler elde edilebilir.

Reaksiyon özel bir alkolle gerçekleştirildiğinde o alkolün adı ile tanımlanır. Metanoliz, etanoliz; metil ve etil alkollerle yürütülen reaksiyonları ifade eder. +Alkoli reaksiyonları genellikle katalizör varlığında, alkol fazlasıyla geniş bir sıcaklık aralığında gerçekleştirilir. Alkali katalizörler kullanıldığında oda sıcaklığında veya altındaki sıcaklıklarda, asit katalizörler kullanıldığında yaklaşık 1000°C civarında, katalizör kullanılmadığında ise 250°C civarında veya daha yüksek sıcaklıklarda çalışılır.

Alkolizm özel bir çeşidi olan gliseroliz reaksiyonları yağlar ile gliserin arasında gerçekleşir. Markley'e göre gliserin ve triaçilgliserol molekülleri arasında çok çeşitli reaksiyonların oluşumu mümkündür.

3.4.4.6 Asidoliz

Asidoliz. Alkolize benzer değişim gösteren bir reaksiyon çeşididir. . Ester bir yağ asidi fazlasıyla reaksiyona sokulduğunda bu yağ aidi ile esterin orijinal alkol grubu birleşerek yine ester oluşturulur. Bu reaksiyona sokulduğunda bu yağ aidi ile esterin orijinal alkol grubu birleşerek yeni ester oluşturur.

Bu reaksiyonlar için yükseltilmiş sıcaklık veya asit katalizör ya da her ikisi birden gereklidir. Alkoliz gibi bu reaksiyonlar da tersinirdir. Düşük molekül ağırlığına sahip asitler, esterlerdeki daha yüksek molekül ağırlıklı asitlerle yer değiştirme eğilimine sahiptir.

3.4.4.7 Transsesterifikasyon (ester değişimi)

Biyozel üretiminin çeşitli metodları olmakla birlikte günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon; yağ asitlerinin (bitkisel yağlar, evsel atık yağlar, hayvansal yağlar) bazik bir katalizör eşliğinde alkol (metanol, etanol vb.) ile esterleşme reaksiyonudur. Bu yöntem ile biyodizel üretiminde aşağıdaki işlem basamakları takip edilmektedir.

3.4.4.8 Alkol ve Katalizörün Karıştırılması

Katalizör tipik olarak sodyum hidroksit (kostik soda) veya potasyum hidroksittir. Katalizör standart bir karıştırıcı ve mikser kullanılarak alkol içerisinde çözülür.

3.4.4.9 Reaksiyon

Alkol/katalizör karışımı kapalı reaksiyon kabı içerisinde doldurulur ve bitkisel veya hayvansal yağ ilave edilir. Daha sonra alkol kaybını önlemek amacıyla sistem tamamen atmosfere kapatılır. Reaksiyon karışımı, reaksiyonu hızlandırmak amacıyla belli bir sıcaklıkta tutulur ve reaksiyon geręekleşir. Önerilen reaksiyon süresi 1 ile 8 saat arasında değişmektedir ve bazı sistemler reaksiyonun oda sıcaklığında olmasını gerektirir. Hayvansal veya bitkisel yağların kendi esterlerine tamamen dönüştürülmesinden emin olunmasını sağlamak için normal olarak fazla alkol kullanılır.

Beslenmedeki hayvansal veya bitkisel yağların içerisindeki su ve serbest yağ asitlerinin miktarının izlenmesi konusunda dikkatli olunmalıdır. Serbest yağ asiti veya su seviyesinin yüksek olması sabun oluşumu ve gliserin yan ürünün alt akım olarak ayrılması problemlerine neden olabilir.

3.4.4.10 Ayırma

Reaksiyon tamamlandıktan sonra iki ana ürün gliserin ve biyodizeldir. Her biri reaksiyonda kullanılan miktardan arta kalan önemli miktarda metanol içerir. Gerek görülürse bazen reaksiyon karışımı bu basamakta nötrülide edilir. Gliserin fazının yoğunluğu, biyodizel fazınınkinden çok daha fazla olduğundan bu iki faz gravite ile ayrılabilir ve gliserin fazı çöktürme kabının dibinden kolayca çekilebilir. Bazı durumlarda bu iki malzemeyi daha hızlı ayırmak amacıyla santrifüj kullanılır.

3.4.4.11 Alkolün Uzaklaştırılması

Gliserin ve biyomotorin fazları ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkol bir flaş buharlaştırma veya distilasyon prosesi ile uzaklaştırılır ve reaksiyon karışımı nötrülize edilir. Gliserin ve ester fazları ayrılır. Her iki durumda da alkol distilasyon kolonu kullanılarak geri kazanılır ve tekrar kullanılır. Geri kazanılan alkol içerisinde su bulunmamalıdır.

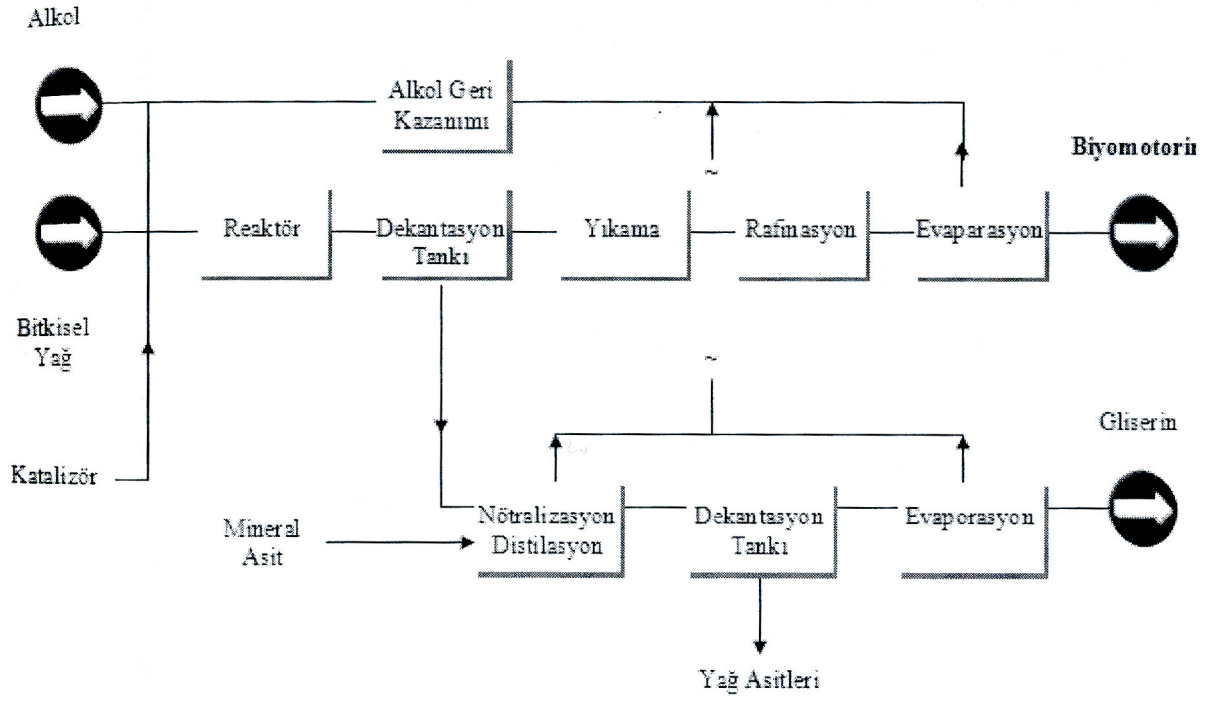
3.4.4.12 Gliserin Nötralizasyonu

Gliserin yan ürünü, kullanılmamış katalizör ve bir asit ile nötralize edilmiş sabunlar içerir ve ham gliserin olarak depolanmak üzere depolama tankına gönderilir. Bazı durumlarda bu fazın geri kazanılması sırasında oluşan tuz, gübre olarak kullanılmak üzere geri kazanılır. Pek çok durumda uz gliserin içerisinde bırakılır. Su ve alkol, ham gliserin olarak satışa hazır olan %80-88 saflıktaki gliserin elde etmek amacıyla uzaklaştırılır. Daha sofistikle işlemlerde gliserin %99 veya daha yüksek saflığa kadar distillenir ve kozmetik ve ilaç sektörüne satılır.

3.4.4.13 Metil Ester yıkama İşlemi

Gliserinden ayrıldıktan sonra biyomotorin kalıntı katalizör ve sabunları uzaklaştırmak amacıyla ılık suyla yavaşça yıkanır, suyu uzaklaştırılır ve depolamaya gönderilir. Bazı proseslerde bu basamak gereksizdir. Bu normal olarak, açık amber-sırı renkte, petrodizele yakın viskoziteli bir sıvı veren üretim prosesinin sonudur. Bazı sistemlerde de biyomotorin distillenerek safsızlıkların uzaklaştırılması sağlanır.

Şekil 2.24'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.



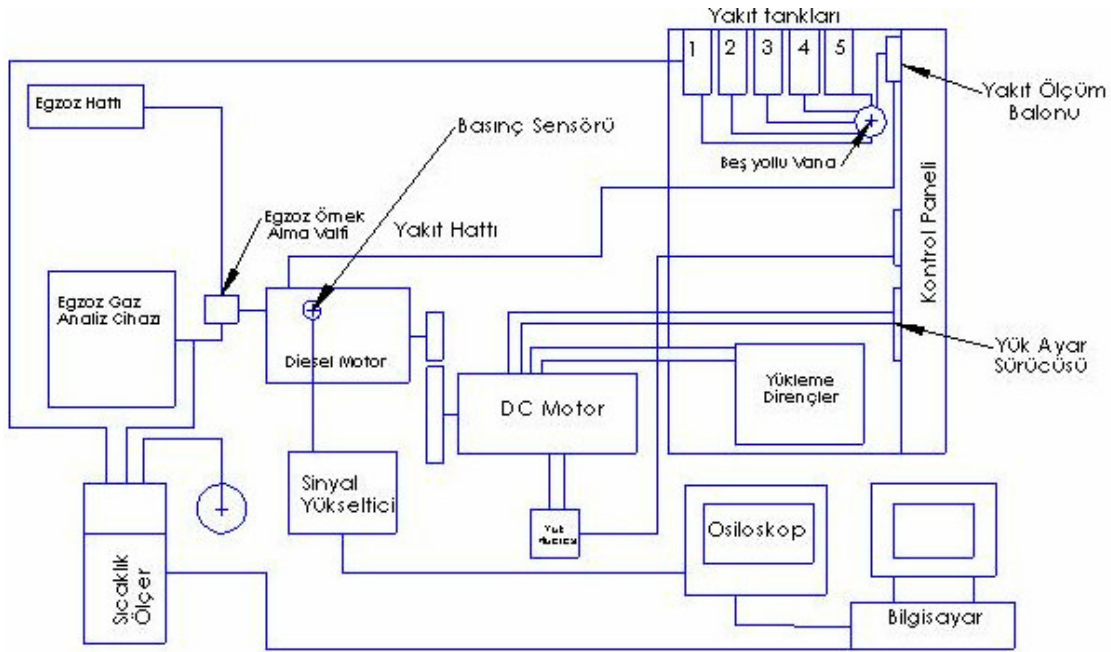
ŞEKİL-1.2. Biyomotorin Üretimi

Şekil 3.24 Biyodizel üretimi

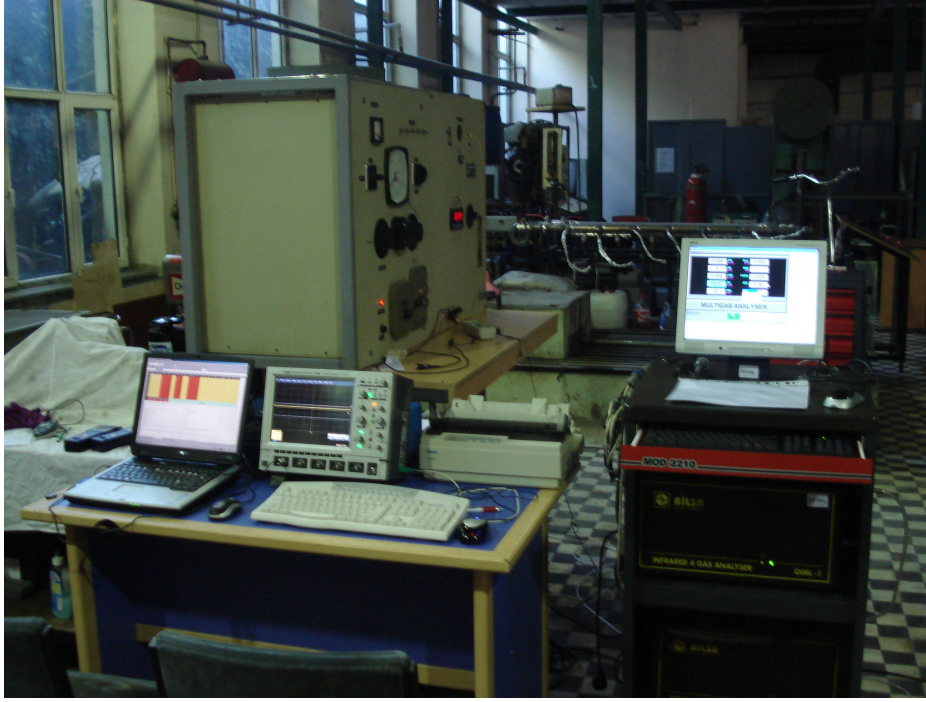
4. KANOLA VE SOYA DİZELLERİNİN MOTOR PERFORMANSINA ETKİLERİNİN PETRODİZELLE KARŞILAŞTIRILMASI

4.1 Deney ve Deney Düzeneği

Bu çalışmada soya yağı metil esteri – motorin karışım oranı değişiminin dizel motorun motorine göre performansı ve emisyonu üzerindeki değişimleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Deneyde kullanılan düzeneğin şematik yapısı Şekil 3.1’de, genel görünümü ise Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 4.1 Deney düzeneği şematik yapısı.



Şekil 4.2 Deney düzeneği genel görünümü.

4.1.1 Deney Motoru

Bu çalışmada Lombardini marka, hava soğutmalı, tek silindirli bir dizel motoru kullanılmıştır. Motorun genel görünümü Şekil 9’da, teknik özellikleri ise Çizelge 3’de görülmektedir.

Markası	ANTOR-LOMBARDINI
Modeli	LDA 450
Silindir sayısı (adet)	1
Silindir çapı (mm)	85
Stroku (mm)	80
Strok hacmi (cm³)	454
Kompresyon oranı	17,5:1
Devir (d/d)	3000
Güç (N DIN70020) (kW)	7,5
Maksimum tork (Nm)	28,5
Yakıt tüketimi (lt/h)	1,7
Yağ tüketimi (kg/h)	0,007
Boş ağırlık (kg)	57
Yanma havası ihtiyacı (3000 d/d) (lt/1')	560
Soğutma havası ihtiyacı (3000 d/d) (lt/1')	9000
Krank mili maksimum eksenel yük (kg)	250

Çizelge 4.1 Deney Motoru Teknik Özellikleri



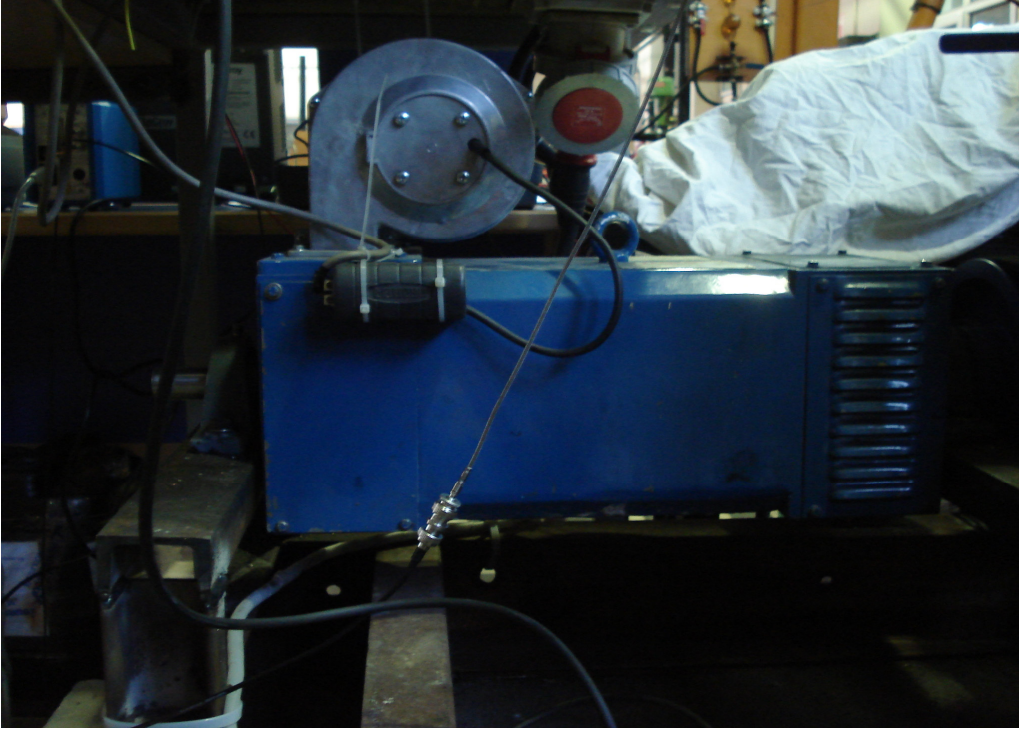
Şekil 4.2 Deney Motoru Genel Görünümü.

4.1.2 DC Motor ve Load Cell

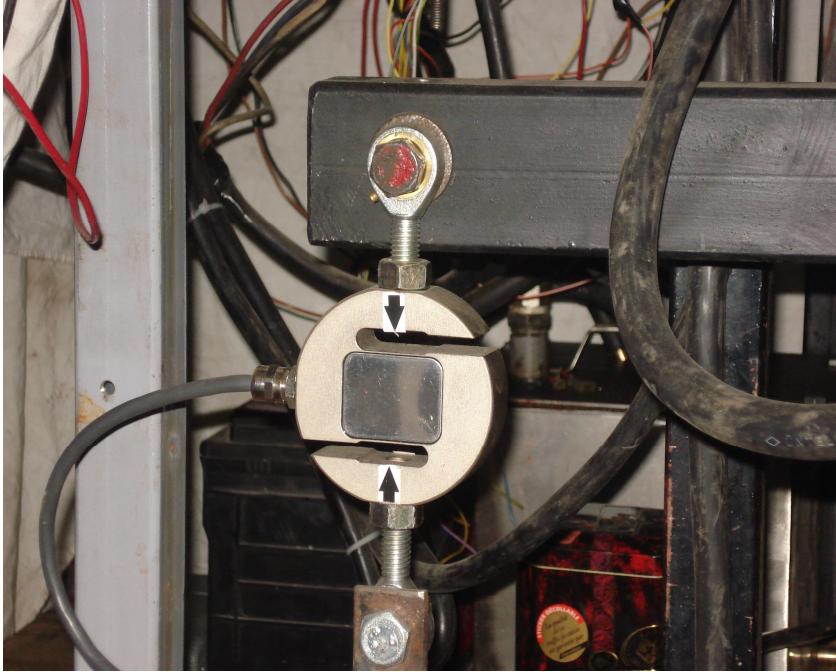
DC motor bu sistemde dinamometre olarak görev almaktadır. Motorun ürettiği efektif gücü veya torku işe, elektrik enerjisine dönüştürerek yutan iş makinasına dinamometre denilmektedir. Bu sistemle motorun belli devir ve yük şartlarında yüklenmesi sağlanarak rotora karşı bir direnç oluşturulup motorun gücü ölçülmektedir. Deneyde dinamo gövdesi ve ona bağlı olan stator sarkaç sehpa olduğu gibi iki yatak üzerinde sallandırılır. Dinamonun üzerinde bir kol mevcut olup, ucunda yükü tespit etmemizi sağlayan 300N kapasiteli load cell bulunmaktadır. Statorun doğurduğu manyetik alanda dönen rotor statoru ve gövdeyi yatırır. Gövdenin dönmesine karşı koymak ve kolu yatay durumda için gerekli ağırlık load cell vasıtasıyla kontrol panelindeki yük göstergesinden okunur. Dirençler yüklenerek rotor ile stator arasında oluşan manyetik alanın değişmesiyle motordan alınan yük, dolayısıyla moment ve tork ile olan bağlantısı kurulur.

DC motor, dizel motoruna kayış – kasnak sistemiyle bağlanmış olup, yük miktarı kontrol panelindeki kumanda kolu vasıtasıyla ayarlanmaktadır.

Şekil 10'da DC motor ve şekil 11'de de load cell görülmektedir.



Şekil 4.3 DC Motor Genel Görünümü



Şekil 4.4 Load Cell genel görünümü.

4.1.3 Transdüser, Sinyal Yükseltici, Bilgisayar ve Osiloskop

Transdüser basıncı elektrik sinyallerine dönüştürür. Bunlar sinyal yükseltici ile bilgisayarın ölçebileceği seviyeye gelir. Bilgisayarın ses girişine gelen bu sinyaller aynı zamanda osiloskop vasıtası ile elektriksel elektriksel dalga şeklinde gözlemlenir. Transdüser silindir kafasına delik açılmak sureti ile yerleştirilmiştir.

Transdüserin özellikleri

M5 x 0,5 kistler, type 6052 B, SN 1480865

Ölçüm aralığı:

1) 0-150 bar

2) 0-100 bar

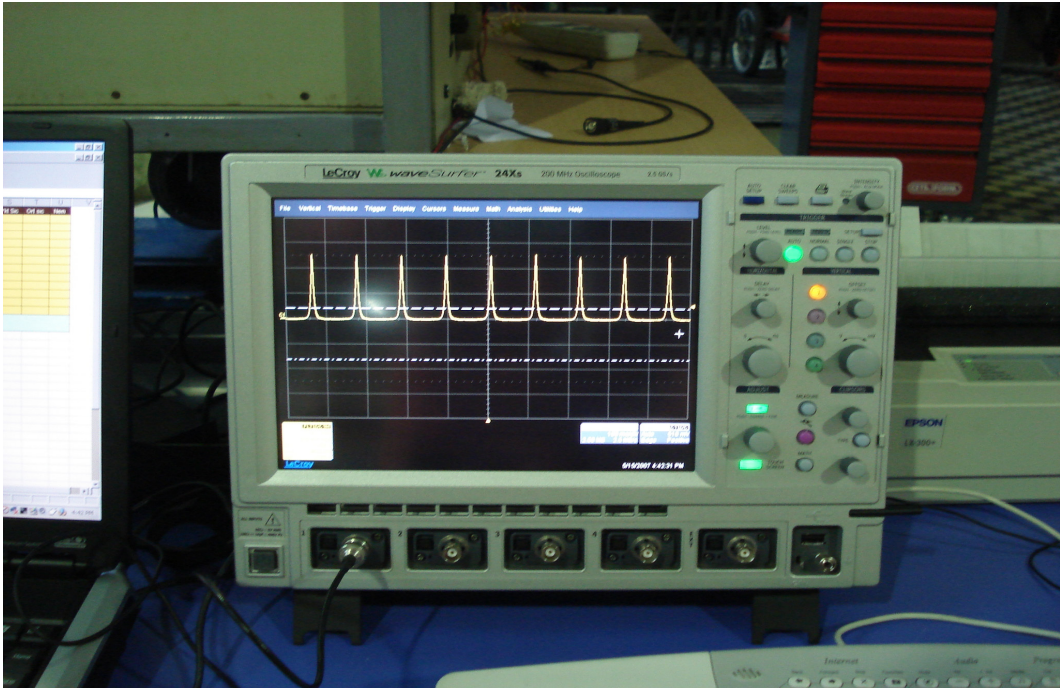
Hassasiyet:

1) -19,92 pC/bar

2) -19,95pC/bar

200 C de kalibre edilmiştir.

Osiloskobun genel görünümü Şekil 4.5’de görülmektedir.



Şekil 4.5 Osiloskobun genel görünümü

4.1.4 Yakıt Tankları

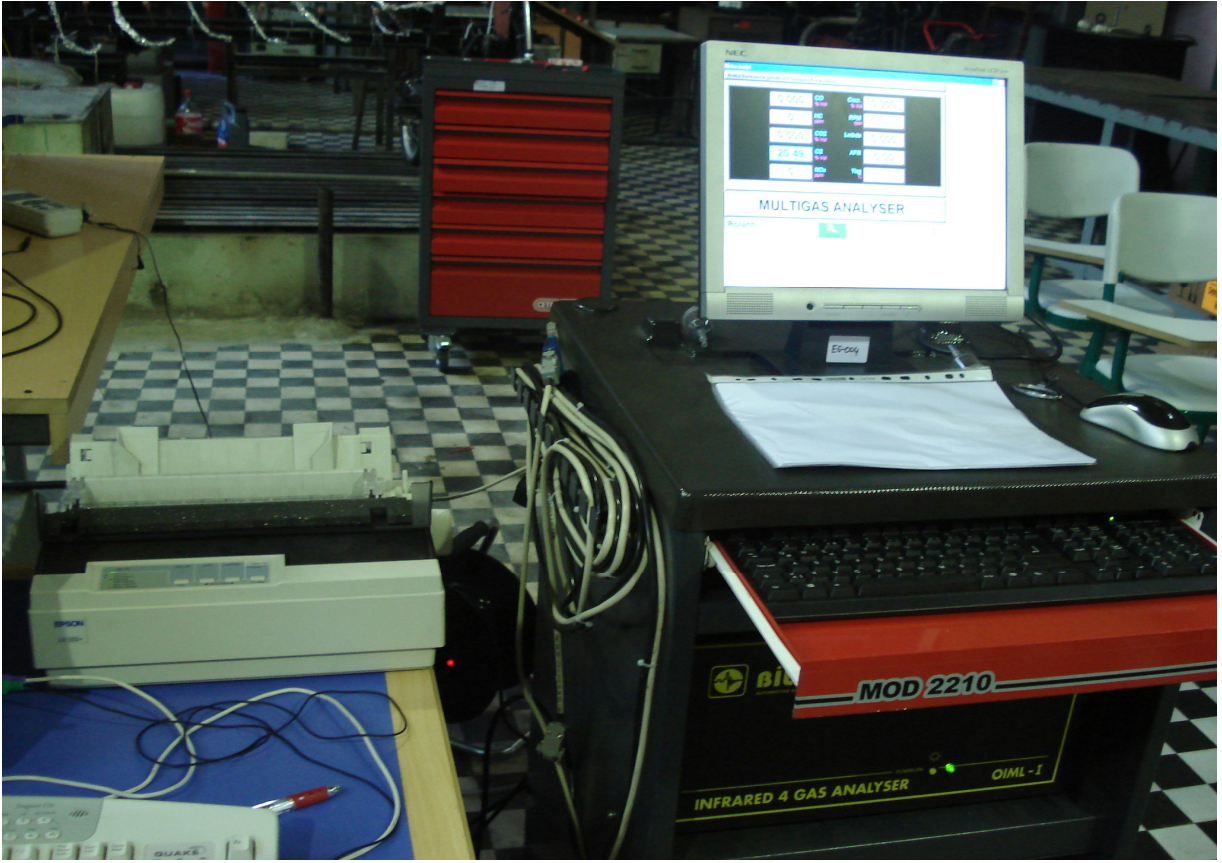
Deney düzeneğinde 5 adet yakıt tankı bulunmaktadır. Bunlar 5 yollu vana ile motora bağlanmıştır. Deney esnasında 2 adet yakıt tankı kullanılmıştır. Kontrol panelinde bulunan yakıt ölçüm balonu ile ne kadar zamanda ne kadar yakıtın tüketildiği tayin edilmiştir. Yakıt tankları ve 5 yollu vananın genel görünümü şekil 13'de görülmektedir.



Şekil 4.6 Yakıt tanklarının genel görünümü

4.1.5 Egzoz Gaz Analiz Cihazı

Bu çalışmada Bilsa marka egzost emisyon cihazı kullanılmıştır. Egzoz hattına egzoz gaz analiz cihazının problrarı sokulmak suretiyle egzoz gazlarının içerisindeki CO, CO₂, HC, O₂, NO_x ve lambda miktarlarının tespiti yapılmıştır. Şekil 14'de egzoz gaz analiz cihazı genel görünümü.



Şekil 4.7 Egzoz Analiz cihazının genel görünümü.

4.1.6 Kontrol Paneli

Kontrol paneli elemanları;

- 1) Karşı yük ayar kolu
- 2) Yük göstergesi
- 3) Egzoz emisyon selenoid valfi kumanda düğmesi
- 4) Yakıt miktarı tayininde kullanılan balon
- 5) Soğutucu fan

Şekil 15'de kontrol paneli genel görünümü yer almaktadır.



Şekil 4.8 Kontrol paneli genel görünümü

4.1.7 Deney Yakıtları

Bu deneyde, Petrodizel, Kanola dizeli ve Soya dizeli kullanılmıştır.

4.2 Deneyin Yapılışı

Bu çalışmada tek silindirli bir dizel motora yakıt olarak saf yakıtlar kullanılmıştır. Bunlar karışimsız (motorin) petrodizel, karışimsız olarak kanola yağından üretilmiş biyodizel, ve yine karışimsız olarak soya yağından üretilmiş biyodizeldir.

Yakıtlar önceden hazırlanıp tanklara doldurulmuştur ve kumanda panelindeki beş yollu vana vasıtasıyla sırayla testler yapılmıştır. İlk önce motora %100 motorin gönderilmiştir. Motor üzerine uygulanan yük miktarı kontrol paneli üzerinden ayarlandıktan sonra takometre vasıtasıyla dizel motorun devri ölçülmüş, hemen akabinde de elektrik motorunun devri yine bir takometre vasıtasıyla ölçülmüştür. Bu esnada silindir içine yerleştirilen alıcı aracılığıyla silindir içi basınç dataları osiloskopa aktarılmış ve kaydedilmiştir. Bu işlemler gerçekleştirilirken diğer yandan kontrol paneli üzerindeki egzost valfi kumanda düğmesi ile

egzost emiş valfi açılıp emisyon değerleri (CO, CO₂, HC, O₂, NO_x ve lambda) okunmuştur. Kontrol paneli üzerindeki 50 ml'lik balon vasıtasıyla da motorun 50 ml'lik yakıtı kaç saniyede tükettiği tespit edilmiştir. Son olarak da yakıt içine, egzost çıkışına ve ortama yerleştirilen termokupllar vasıtasıyla yakıt, egzost çıkış ve ortam sıcaklıkları tespit edilmiştir.

Bu işlemler gerçekteştirildikten sonra motora uygulanan karşı yük arttırılarak aynı işlemler ve ölçümler gerçekteştirilmiştir. Bu şekilde toplam on farklı yük durumundaki veriler toplanmış ve kaydedilmiştir.

Motorin ile yapılan testler sonunda kumanda panelindeki beş yollu vana vasıtasıyla yakıt olarak Kanola motora gönderilmeye başlanmıştır. Motorda yakıt olarak tamamen Kanola kullanıma geçince motorin ile yapılan deneydeki süreç aynen işletilmiş ve yük miktarı arttırılarak motor devri, elektrik motoru devri, silindir iç basınç değişimi, egzost emisyon (CO, CO₂, HC, O₂, NO_x ve lambda) değerleri, yakıt tüketimi, egzost çıkış sıcaklığı ve yakıt sıcaklığı tespit edilmiştir. Kanola ile yapılan deneyde de on farklı yük durumundaki veriler toplanmış ve kaydedilmiştir.

Kanola ile yapılan testler bittikten sonra beş yollu vana vasıtasıyla yakıt olarak Soya motora gönderilmeye başlanmıştır. Kanola'da yapılan işlemler aynen uygulanarak motor devri, elektrik motoru devri, silindir iç basınç değişimi, egzost emisyon (CO, CO₂, HC, O₂, NO_x ve lambda) değerleri, yakıt tüketimi, egzost çıkış sıcaklığı ve yakıt sıcaklığı tespit edilmiştir. On farklı yük durumundaki veriler toplanmış ve kaydedilmiştir.

4.3 Deney Bulguları

Yukarıda anlatıldığı şekilde gerçekteştirilen testler sonucunda elde edilen bulgular aşağıda gösterilmiştir. Bu bulgulardan Güç, Döndürme momenti ve özgül yakıt sarfiyatlarının teorik açılımları (formülleri) şöyledir:

$$P(\text{Güç}) = \frac{Md \cdot n}{9555,2} \quad (\text{kW}) \quad (4.1)$$

Md: Tork (τ : döndürme momenti)

n: Motor devri

9555,2: Kat sayısı

$$\tau(Tork) = \frac{F \cdot L}{2} \cdot \eta_k \quad (\text{Nm}) \quad (4.2)$$

F: Kuvvet [= $m \cdot g$ (m: yük, g: 9,81)]

L: Kuvvet kolu

η_k : Kasnak verimi

$$be = \frac{V \cdot \rho \cdot 3600}{T \cdot P} \quad (\text{g/kWh}) \text{ özgül yakıt sarfiyatı} \quad (4.3)$$

V: Hacim

ρ : Özgül ağırlık

T: Sıcaklık

P: Güç

4.3.1 Performans Bulguları

Performans bulguları olarak adlandırılan bulgularla aslen motor devrini bağlı güç ve tork eğrileri elde edilmek istenmiştir. Bu hesaplamaları yapabilmek için motor devrine ek olarak aşağıda görülen başka bir takım veriler de kaydedilmiştir.

PD Performans Bulguları

Çizelge 4.2 PD performans bulguları.

	Mot Dev.	G. Dc Devri	DC Dev	Kas Verim	Yük	Tork	Güç	Ykt Sıc	Ort sıc	Nem
1	3230	1553	1615	0,96	3,8	6,52	2,21	23,2	23	70
2	2986	1402	1493	0,94	13,2	22,66	7,08	23,2	23	70
3	2737	1293	1368,5	0,94	13,7	23,52	6,74	23,2	23	70
4	2590	1220	1295	0,94	14	24,03	6,51	23,2	23	70
5	2288	1058	1144	0,92	14,35	24,64	5,90	23,2	23	70
6	2125	1009	1062,5	0,95	14,4	24,72	5,50	23,2	23	70
7	1920	896	960	0,93	14,5	24,89	5,00	23,2	23	70
8	1759	831	879,5	0,94	14,25	24,46	4,50	23,2	23	70
9	1532	722,3	766	0,94	14,1	24,21	3,88	23,2	23	70
10	1216	560	608	0,92	13,2	22,66	2,88	23,2	23	70

4.3.1.1 KD Performans Bulguları

Çizelge 4.3 KD Performans Bulguları

	Mot Dev.	G. Dc Devri	DC Dev	Kas Ver	Yük	Tork	Güç	Ykt Sıc	Ort sıc	Nem
1	2972	1432	1486	0,96	5,6	9,61	2,99	25,3	24,8	76
2	2939	1417	1469,5	0,96	8,3	14,25	4,38	25,3	24,8	76
3	2901	1400	1450,5	0,97	11,3	19,40	5,89	25,3	24,8	76
4	2791	1329	1395,5	0,95	11,5	19,74	5,77	25,3	24,8	76
5	2631	1256	1315,5	0,95	12	20,60	5,67	25,3	24,8	76
6	2354	1117	1177	0,95	12,6	21,63	5,33	25,3	24,8	76
7	2195	1054	1097,5	0,96	12,6	21,63	4,97	25,3	24,8	76
8	1963	940	981,5	0,96	13	22,32	4,59	25,3	24,8	76
9	1723	830	861,5	0,96	13,3	22,83	4,12	25,3	24,8	76
10	1441	707	720,5	0,98	13,3	22,83	3,44	25,3	24,8	76

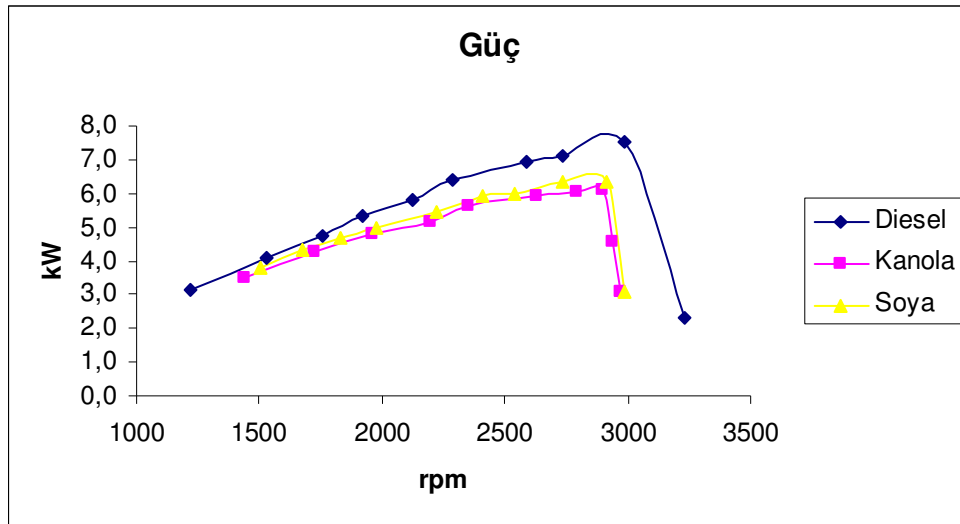
4.3.1.2 SD Performans Bulguları

Çizelge 4.4 SD Performans Bulguları

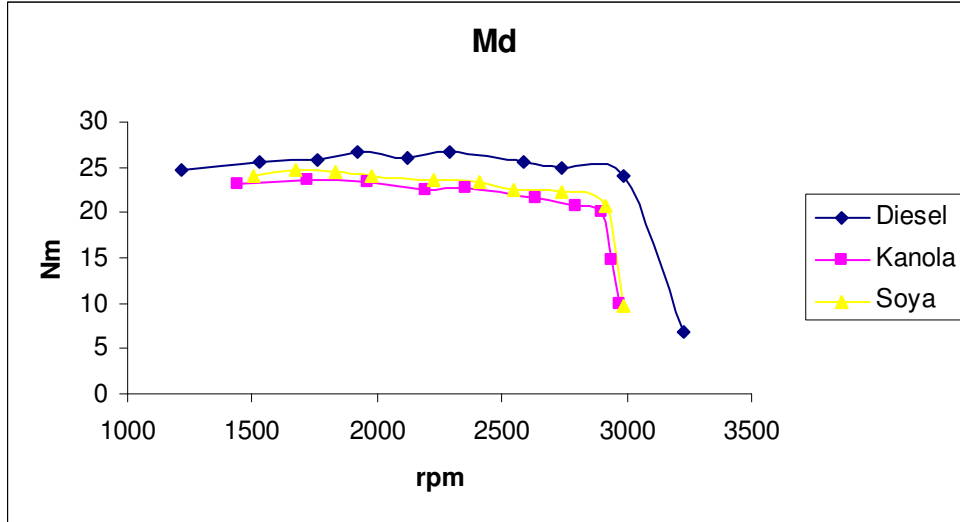
	Mot Dev.	G. De Devri	DC Dev	Kas Verim	Yük	Tork	Güç	Ykt Sıc	Ort sıc	Nem
1	2988	1445	1494	0,97	5,5	9,44	2,95	24,3	24,5	76
2	2914	1407	1457	0,97	11,7	20,09	6,13	24,3	24,5	76
3	2736	1301	1368	0,95	12,3	21,12	6,05	24,3	24,5	76
4	2543	1236	1271,5	0,97	12,7	21,80	5,80	24,3	24,5	76
5	2408	1148	1204	0,95	13	22,32	5,62	24,3	24,5	76
6	2223	1062	1111,5	0,96	13,1	22,49	5,23	24,3	24,5	76
7	1978	943	989	0,95	13,3	22,83	4,73	24,3	24,5	76
8	1831	877	915,5	0,96	13,7	23,52	4,51	24,3	24,5	76
9	1675	795	837,5	0,95	13,6	23,35	4,09	24,3	24,5	76
10	1502	716	751	0,95	13,4	23,00	3,62	24,3	24,5	76

4.3.2 Performans Bulgularının Grafiklerle Toplu Karşılaştırılması

Üç yakıt için toplanan verilerden hareketle, formülleri çalıştırılıp, devre bağlı güç ve tork değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin çizelgedeki sıralanışlarıyla aşağıdaki eğriler elde edilmiştir.



Şekil 4.9 Güç değişimi grafiği.



Şekil 4.10 Torque değişimi grafiği.

İki grafikte de görüldüğü gibi biyodizel yakıtların güç ve tork eğrileri birbirlerine yakın olmakla birlikte petrodizelin altında kalmışlardır. Özellikle yüksek devirlere çıktığında bu fark daha fazla göze çarpıyor.

4.3.3 Yakıt Tüketimi Bulguları

Performans bulgularının dışında bir de yakıt tüketim sonuçları değerlendirildi. Bunun için yine aynı motor devirlerinde yakıt sıcaklıkları ve η_e değerleri kaydedildi. Buradan hareketle özgül yakıt sarfiyatı formülü çalıştırılıp “be” değerleri hesaplandı.

4.3.3.1 PD Yakıt Tüketim Bulguları

Çizelge 4.5 PD Yakıt tüketimi bulguları.

	Mot Dev.	G. Dc Devri	Ykt T. sn	be g/kwh	η_e
1	3230	1553	147	444,24	38,20
2	2986	1402	68	292,04	25,12
3	2737	1293	74	283,82	24,41
4	2590	1220	78	277,64	23,88
5	2288	1058	87	269,87	23,21
6	2125	1009	91	284,26	24,45
7	1920	896	97	288,08	24,78
8	1759	831	105	299,24	25,73
9	1532	722,3	107	340,05	29,24
10	1216	560	130	367,92	31,64

4.3.3.2 KD Yakıt Tüketim Bulguları

Çizelge 4.6 KD Yakıt tüketimi bulguları.

	Mot Dev.	G. Dc Devri	Ykt T. sn	be g/kwh	ñé
1	2972	1432	148	346,24	29,78
2	2939	1417	104	336,39	28,93
3	2901	1400	78	334,07	28,73
4	2791	1329	81	324,19	27,88
5	2631	1256	84	318,62	27,40
6	2354	1117	93	304,49	26,19
7	2195	1054	96	320,12	27,53
8	1963	940	102	325,63	28,00
9	1723	830	115	323,55	27,83
10	1441	707	119	380,78	32,75

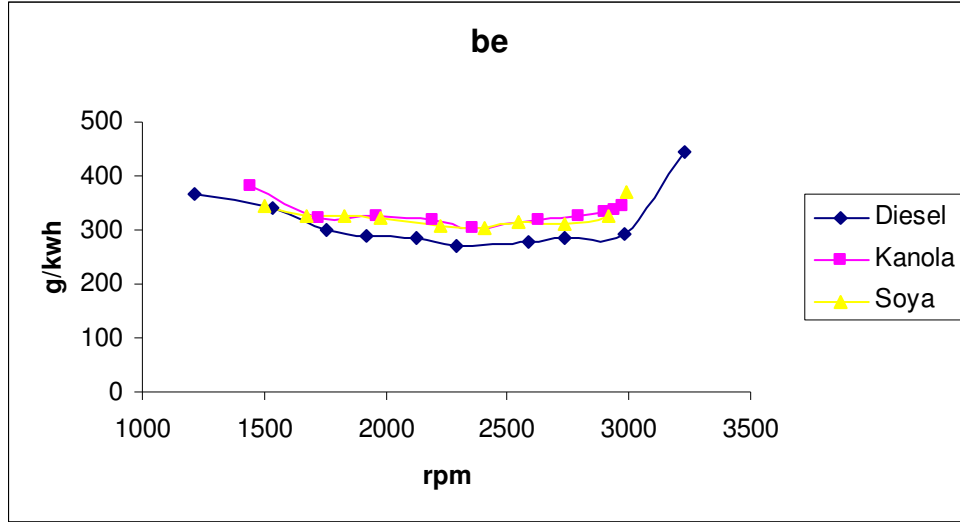
4.3.3.3 SD Yakıt Tüketim Bulguları

Çizelge 4.7 SD Yakıt tüketimi bulguları.

	Mot Dev.	G. Dc Devri	Ykt T. sn	be g/kwh	ñé
1	2988	1445	141	368,87	31,72
2	2914	1407	77	325,07	27,96
3	2736	1301	80	312,17	26,85
4	2543	1236	84	316,66	27,23
5	2408	1148	89	302,44	26,01
6	2223	1062	94	308,45	26,53
7	1978	943	99	323,53	27,82
8	1831	877	104	324,50	27,91
9	1675	795	113	325,88	28,03
10	1502	716	122	343,13	29,51

4.3.4 Yakıt Tüketim Bulgularının Grafiklerle Toplu Karşılaştırılması

Çizelgedeki “be” değerleri veri alınarak devire bağlı özgül yakıt sarfiyatı eğrileri çizildi.



Şekil 4.11 Özgül yakıt tüketim grafiği.

Şekil 3.11’de görüldüğü gibi özgül yakıt sarfiyatı biyodizelerde petrodizelere göre daha fazladır. Bu fark her ne kadar 1500-3000 devirler arasında petrodizel lehine olsa da 1500’ün altındaki ve 3000’in üzerindeki devirlerde fark gittikçe kapanıyor.

4.3.5 Egzost Emisyon Bulguları

Deneyler sırasında bilgisayar kontrollü emisyon cihazı yardımıyla egzost emisyon değerleri de kaydedilmiştir.

4.3.5.1 PD Egzost Emisyon Bulguları

Çizelge 4.8 PD Egzost emisyon bulguları.

	Mot Dev.	G. Dc Devri	CO ₂	CO	HC	O ₂	NO _X	λ	Egz Sıc
1	3230	1553	4,5	0,12	32	14	288	3,12	212
2	2986	1402	11,7	0,95	22	3,8	1059	1,18	491
3	2737	1293	11,4	1,06	23	4,2	1124	1,2	497
4	2590	1220	11,1	0,84	18	4,4	1180	1,23	500
5	2288	1058	11	1,16	24	4,2	1138	1,2	492
6	2125	1009	11,1	1,34	22	3,7	1114	1,16	487
7	1920	896	11	1,64	27	3,4	1078	1,13	481
8	1759	831	10,7	2,08	32	3,2	1041	1,1	470
9	1532	722,3	10,3	3,58	64	2,2	848	0,99	450
10	1216	560	10,1	4,1	81	1,9	770	0,96	420

4.3.5.2 KD Egzoz Emisyon Bulguları

Çizelge 4.9 KD Egzoz emisyon bulguları.

	Mot Dev.	G. Dc Devri	CO2	CO	HC	O2	N0X	λ	Egz Sıc
1	2972	1432	4,77	0,07	6	14	595	2,99	330
2	2939	1417	6,52	0,07	10	11	763	2,2	317
3	2901	1400	9,1	0,2	8	7,5	877	1,56	377
4	2791	1329	9,1	0,24	10	7,5	966	1,55	399
5	2631	1256	9,25	0,3	9	7,3	969	1,53	443
6	2354	1117	9,23	0,43	12	7,2	1073	1,5	436
7	2195	1054	9,34	0,61	12	6,8	1077	1,46	431
8	1963	940	9,56	0,93	16	6,2	1102	1,38	423
9	1723	830	9,63	1,11	21	6	1145	1,35	412
10	1441	707	9,89	1,67	32	5,1	1113	1,25	379

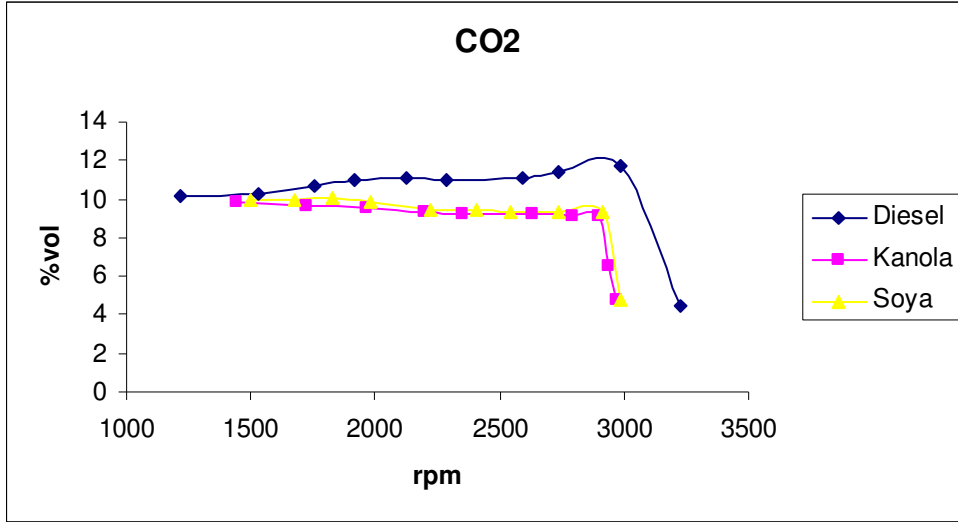
4.3.5.3 SD Egzost Emisyon Bulguları

Çizelge 4.10 SD Egzoz emisyon bulguları.

	Mot Dev.	G. Dc Devri	CO2	CO	HC	O2	N0X	λ	Egz Sıc
1	2988	1445	4,8	0,07	6	14	582	2,97	361
2	2914	1407	9,34	0,28	10	7,2	987	1,51	380
3	2736	1301	9,38	0,43	12	7	1061	1,48	433
4	2543	1236	9,38	0,49	13	6,9	1104	1,47	438
5	2408	1148	9,46	0,55	13	6,7	1169	1,45	440
6	2223	1062	9,4	0,67	15	6,7	1130	1,44	434
7	1978	943	9,86	1	20	5,7	1122	1,33	431
8	1831	877	10	1,23	23	5,3	1114	1,28	428
9	1675	795	9,98	1,4	29	5,2	1104	1,27	423
10	1502	716	9,93	1,87	39	4,8	1008	1,22	412

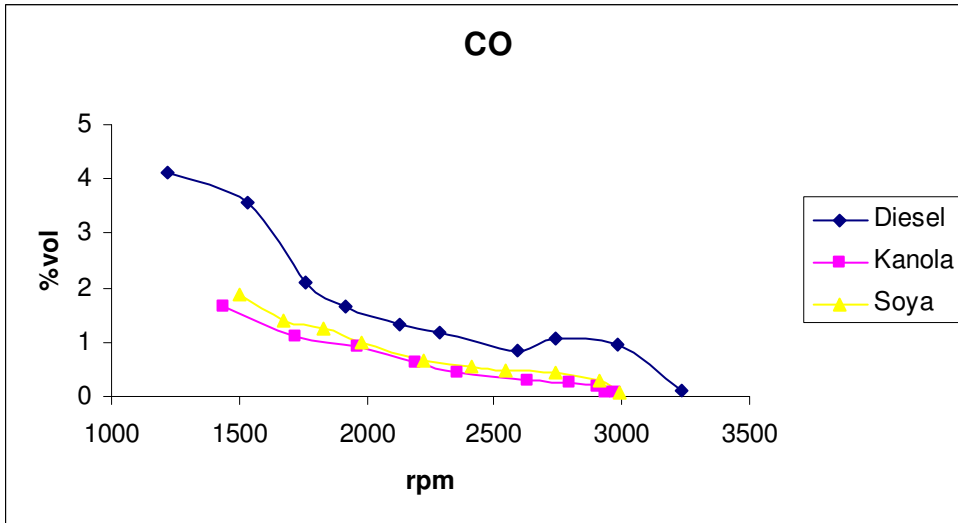
4.3.6 Egzoz Emisyon Bulgularının Grafiklerle Toplu Karşılaştırılması

Emisyon değerleriyle oluşturulan Excel tablosu yardımıyla yine devire bağlı emisyon miktarları hacimsel oran olarak (%Vol) bir grafik üzerinde gösterildi



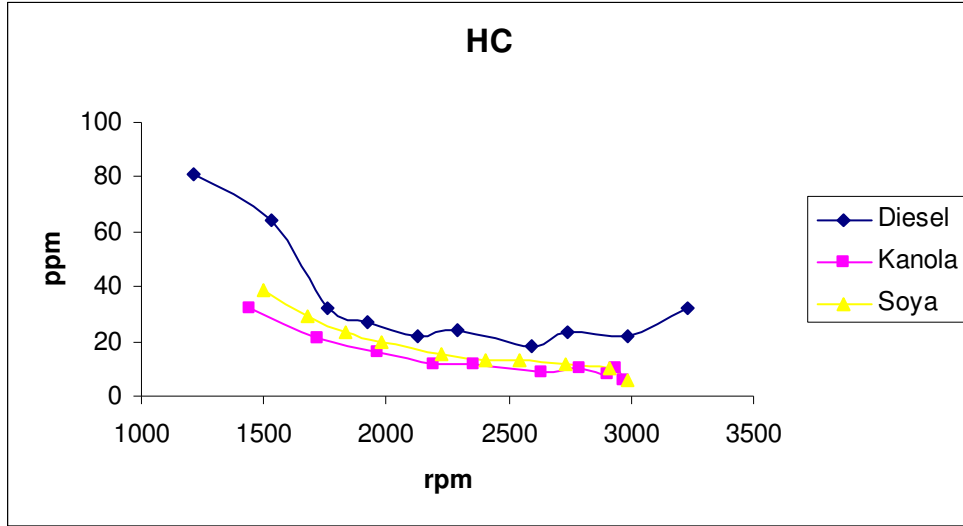
Şekil 4.12 CO₂ değişimi grafiği.

Biyodizel içerisindeki oksijen nedeniyle yanma petrodizel göre daha iyi gerçekleşiyor ve egzoz ürünleri içerisindeki zararlı bileşikler daha az oluyor. Bunların en önemlilerinden CO₂ 1500 devrin altında aynı miktarda tespit edilirken devir arttıkça çok daha az gözlenmeye başlamıştır.



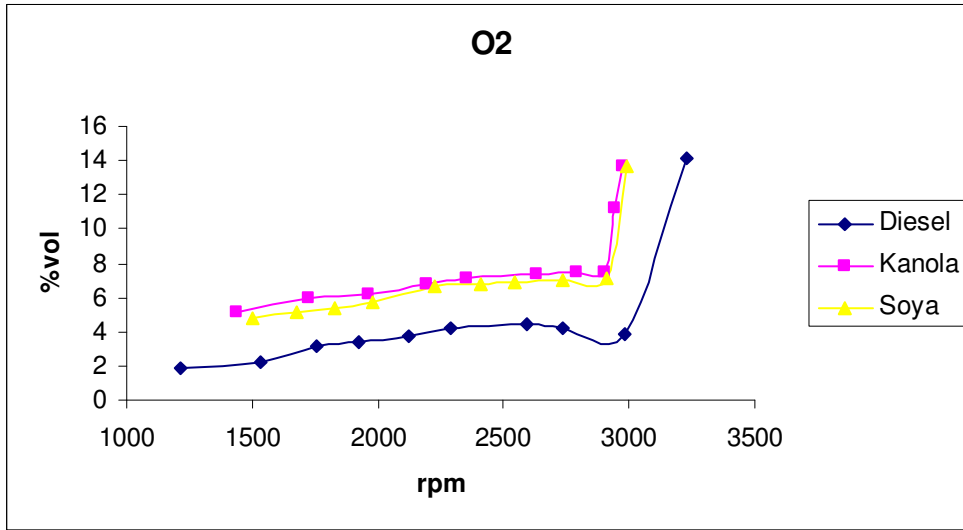
Şekil 4.13 CO değişimi grafiği.

Benzer bir durum başka bir zehirli gaz olan CO için de geçerlidir. Burada 1500 devrin altında biyodizel lehine belirgin bir fark söz konusudur. Üstelik biyodizelerde CO gazının sıfıra yakın değerlere petrodizel göre daha çabuk ulaştığı gözlenmiştir. Bkz. Şekil 3.13.



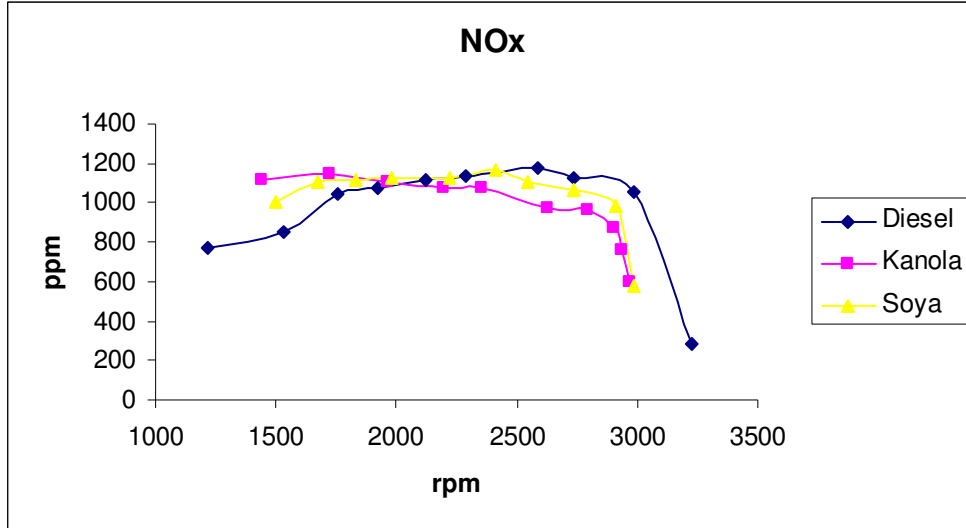
Şekil 4.14 HC değişimi grafiği.

HC eğrisi karakter olarak CO eğrileriyle büyük benzerlik göstermesine karşın farklı olarak; 2500 devirden itibaren petrodizel de HC miktarı artışa geçerken biyodizelde düşüş devam etmektedir.



Şekil 4.15 O₂ değişimi grafiği.

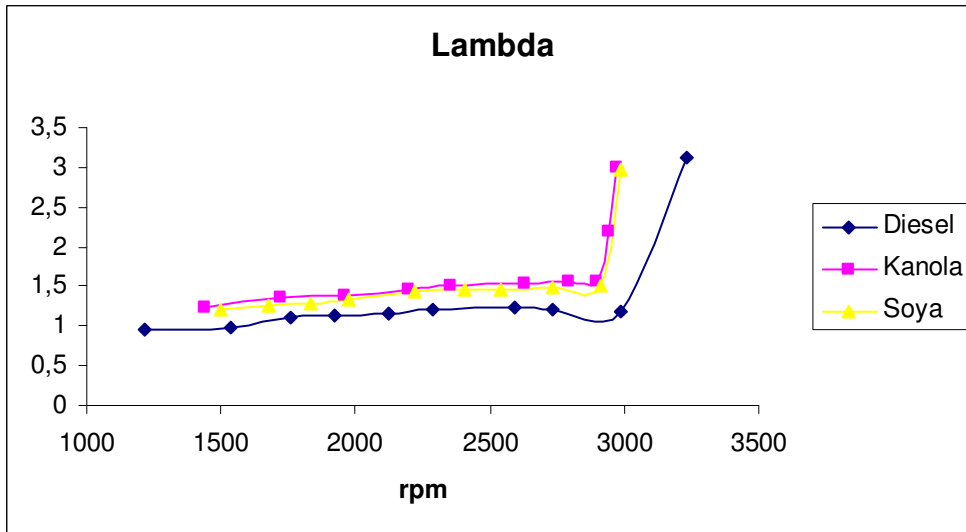
Yine yapısında fazla miktardaki O₂ nedeniyle yanma sonrasında da petrodizel göre daha fazla O₂ açığa çıkaran biyodizel yine 3000 devirden itibaren aradaki farkı daha da açmıştır.



Şekil 4.16 NO_x değişimi grafiği.

Önemli bir egzoz çıktısı olan NO_x 2000 devir altında biyodizelde daha fazlayken 2000 devir ve üzerinde çok ciddi bir fark gözlenmese de petrodizelden daha az NO_x üretimiştir. Burada başka bir fark kanola ve soya arasındadır.

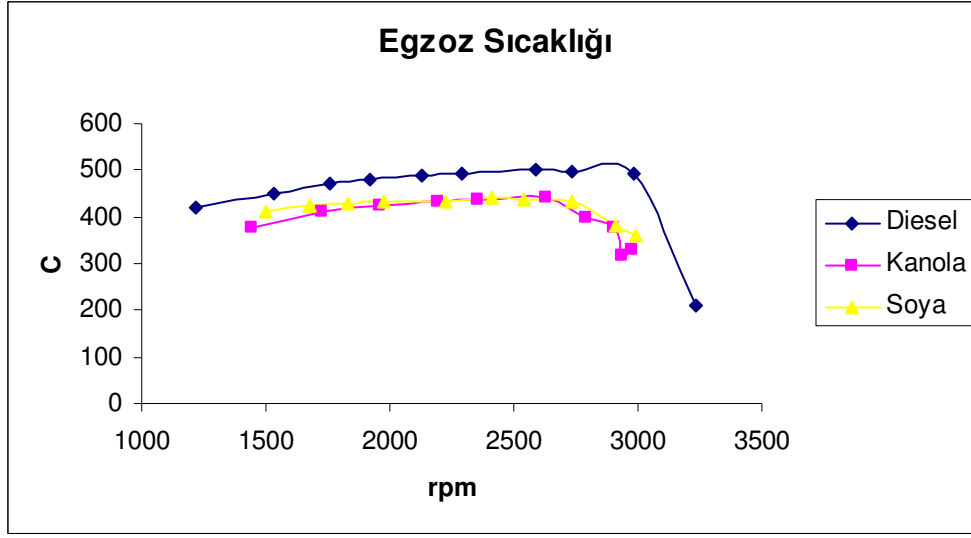
4.3.7 Hava Fazlalık Katsayısı Grafiklerle Toplu Karşılaştırması



Şekil 4.17 Hava fazlalık katsayısı değişim grafiği

Hava fazlalık katsayısının biyodizelde daha fazla oldu gözlenmiştir. Bunun nedeni.....

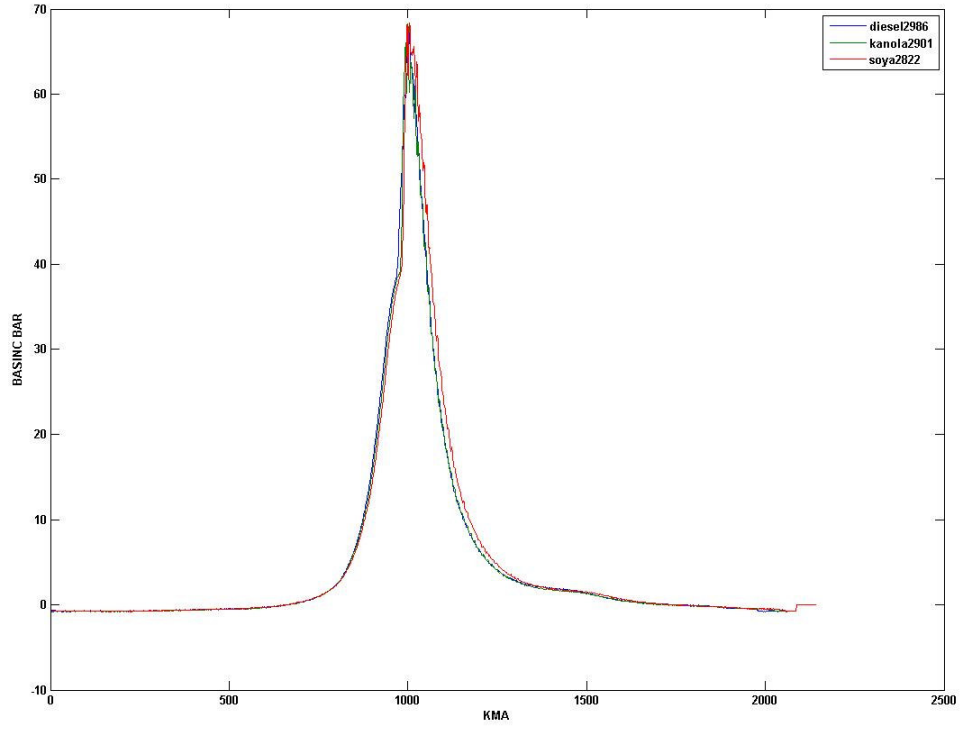
4.3.8 Egzoz Sıcaklığının Grafiklerle Toplu Karşılaştırılması



Şekil 4.18 Egzoz sıcaklığı grafiği

Egzoz sıcaklıklarının biyodizelde daha az oldu gözlenmiştir.

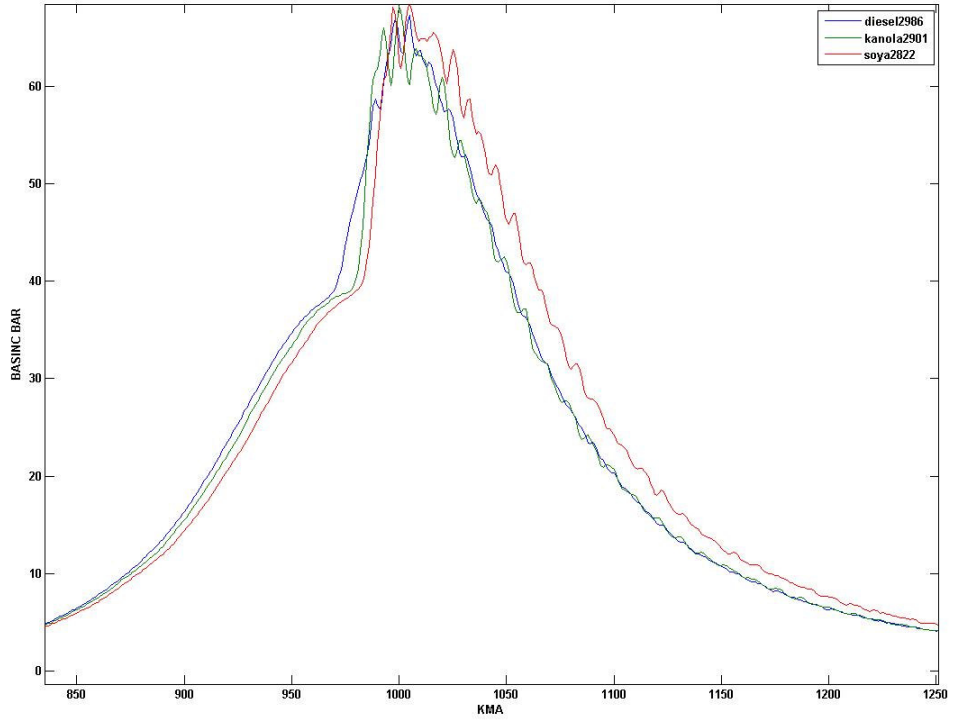
4.3.9 Farklı Yakıtların Maksimum Güç Şartında Elde Edilen Silindir İçi Basınç Datasının Ortalamasının Karşılaştırılması



Şekil 4.19 Silindir içi basınç değerlerinin max. güç şartındaki ortalamasının grafiği

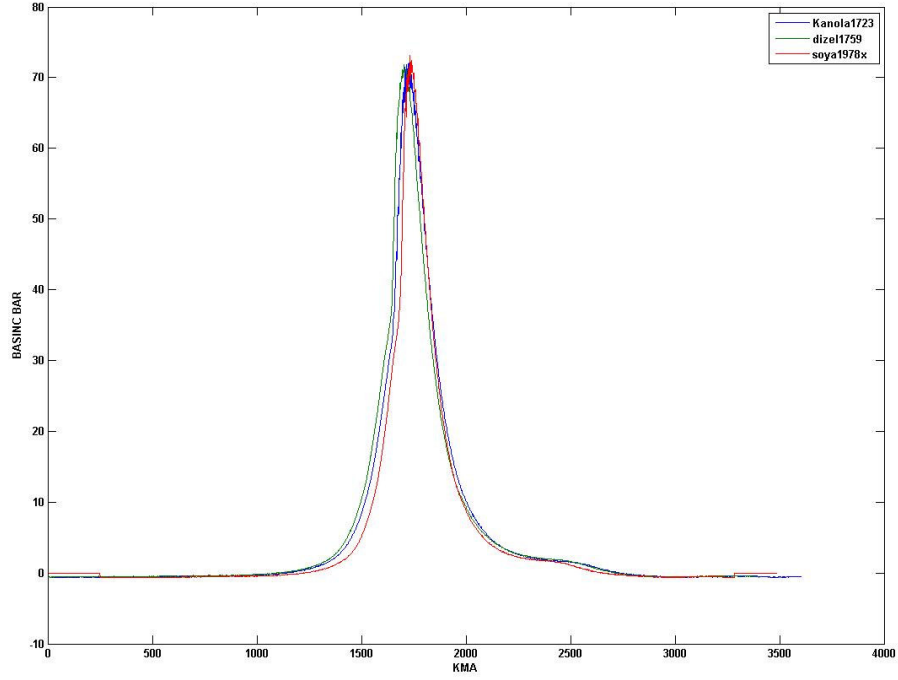
Silindir içi basınç değerlerinde bir fark görülmemiştir.

Sadece tutuşma gecikmesi süresinin biraz daha fazla olduğu görülmüştür.



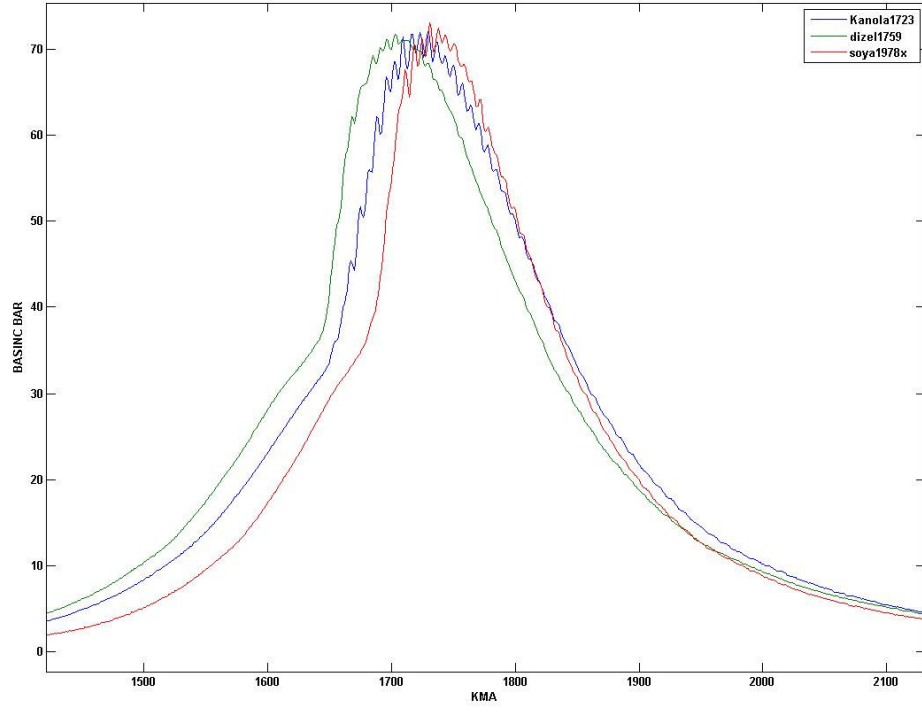
Şekil 4.20 Şekil 4.19'un tepe noktasının büyütülmüş hali

4.3.10 Farklı Yakıtların Maksimum Tork Şartında Elde Edilen Silindir İçi Basınç Datasının Ortalamasının Karşılaştırılması



Şekil 4.21 Silindir içi basınç değerlerinin max. tork şartındaki ortalamasının grafiği

Yine maksimum tork şartında da silindir içi basınç değerlerinde ciddi bir fark görülmemiştir.



Şekil 4.22 Şekil 4.21'in tepe noktasının büyütülmüş hali

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki biyodizel ile petrodizel saf olarak kullanıldığında da performans, emisyon ve yakıt tüketimi eğrilerinin karakterleri oldukça benzerdir. Hatta farklı tip olmalarına karşın biyodizellerin eğrileri birbirlerine çok yakındır.

Yüzde yüz oranında, saf olarak, kullanılan biyodizellerin petrodizele göre tork ve güç değerleri düşük çıkmıştır.

Emisyon değerleri ise biyodizelin yapısında daha fazla miktarda O_2 olduğu için bir farklılık göstermiştir. O_2 fazlalığı nedeniyle yanma sonucu açığa çıkan zehirli gazların miktarları daha azdır. Özellikle yüksek devirlerde biyodizelin bu yönü daha çok ortaya çıkıyor.

Özgül yakıt sarfiyatı ise daha fazla çıkmıştır. Çünkü biyodizelin alt ısıl değeri petrodizele göre daha düşüktür. Bu da motoru aynı devirde çalıştırmak için daha fazla yakıt yakmayı gerektiriyor. Bu nedenle de yakıt sarfiyatı daha yüksek çıkıyor.

Biyodizelde egzoz sıcaklığının düşük çıkmasının muhtemel nedeninin, yanma sonucu sıcaklığının petrodizele göre daha düşük olduğu düşünülmektedir.

Biyodizelde hava fazlalık katsayısının yüksek çıkmasının muhtemel nedeni, yakıt içinde bulunan fazla miktardaki oksijendir.

Bütün bunlara karşın maksimum güç ve tork değerlerinde silindir içi basınç değerlerinin çok farklı olmadığı gözlenmiştir. Fakat maksimum güç şartında çizilen basınç grafiğinde tutuşma gecikmesinin biyodizelde biraz daha fazla olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak enerji kaynaklarının hızla tükendiği ve fakat ihtiyacın ve çevresel sorunların katlanarak arttığı günümüzde, alternatif enerji kaynakları içinde kolay elde edilebilirliği, kolay taşınabilirliği ve mevcut motor teknolojilerinde köklü değişiklikler gerektirmemesi nedeniyle biyodizel en önemli seçenek olarak karşımıza çıkıyor. Bu önem nedeniyle yaptığımız karşılaştırmalı deneylerde yukarıda belirtilen sonuçlardan hareketle biyodizelin saf olarak, yüzde yüz, motorlarda kullanılmasının petrodizelle karşılaştırıldığında kayıplara neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle değişik oranlardaki karışımlar halinde kullanılması durumunda daha verimli olacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte bütün olumsuzluklara rağmen fiyat düzenlemesi yapılması durumunda da kayıpların kabul edilebilir değerlere ineceği öngörülmüyor.

KAYNAKLAR

Nye, M.J., Williamson, T.W., Deshpande, S., Schrader, J.H., Snively, W.H., (1983), "Conversion of used frying oil to diesel fuel by transesterification: preliminary test ", *J.Am.Oil Soc. Chem.*, 60(8),1598-1601

Strayer, R.C., Blake, J.A., Craig, W.K., (1983), "Canola and high erucic rapeseed oil as substitutes for diesel fuel: preliminary tests. *JAOCS*, 60, 1587-1592.

Adams, C., Peters, J.F., Rand, M.C., Schroer, B.J., Ziemke, M.C., (1983), "Investigation of soybean oil as a diesel fuel extender: endurance tests", *JAOCS*, 60, 1574-1579.

Dorado, M.P., Ballesteros, E., Arnal, J.M., Gomez, J., Lopez, F.J., (2003), "Exhaust emissions from a diesel engine fueled with transesterified waste olive oil", *Fuel*, 82, 1311-1315.

Gomez, G., Howard-Hildige, R., Leahy, J.J., O'Reilly, T.O., Supple, B., Malone, M., (2000), "Emission and performance characteristics of a 2 litre Toyota van operating on esterified waste cooking oil and mineral Diesel fuel", *Env. Mon. Ass.*, 65, 13-20.

Leung, D.Y.C., (2001), "Development of a clean biodiesel fuel in Hong Kong used cooking oil", *Water, Air Soil Pollut.* 130, 277-282.

Ulusoy, Y., Tekin, Y., Çetinkaya, M., Karaosmanoğlu, F., (2004), "The engine tests of biodiesel from used frying oil", *Energy Sources*, 26, 927-932.

Çetinkaya, M., Ulusoy, Y., Tekin, Y., Karaosmanoğlu, F., (2004), "Engine and winter road test performances of used cooking oil originated biodiesel", *En. Con. Man*, 46, 1279-1291

Özkan, M., Ergenç, A.T., Deniz, O., (2005), "Experimental Performance Analysis of Biodiesel Traditional Diesel and Biodiesel with Glycerine", *Turk. J. Engin. Environ. Sci.*, 29, 89-94.

Zhang, Y., (2002) "Design and Economic Assessment of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil", Ottawa, Canada

Tyson, S.K., (2001) Biodiesel Handling and Use Guidelines. NREL September.

James, J., (1996) "Pacific Northwest and Alaska Regional Biomass Energy Program Yearbook.

Acaroğlu ve ark. (2000) "Energy Balance for Winter, Rape – 00 Production In Middle Anatolia, 226-229.

Hertz, P. B., (1998) "Extending Diesel Engine Life and Fuel Economy with Canola Based Fuel Additives" Mechanical Engineering dept. University of Saskatchewan, Saskatoon SK Canada.

Körbitz, W., (2002), "New Trends in Developing Biodiesel World – Wide, Evaluating and Exploiting the Commercial Uses of Ethanol, Fuel Alcohol and Biodiesel" Singapore.

Apfelbeck, R., (1986), "Production and Processing of Plant Oils and By-products to Fuels"

Germany October 14-17.

Karaosmanoğlu, F., Aksoy, H. A., (1994) “Kullanılmış Kızartma Atık Yağının Seyreltme Yöntemiyle Alternatif Yakıt Olarak Değerlendirilmesi” 6. Enerji Kongresi, İzmir.

Gümüşkesen, A.S., (1999) “Bitkisel Yağ Teknolojisi” Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği Yayını. 5-10, İzmir.

Tickel, J., (2000) “From the Fyer to the Fuel Tank. The Complete Guide to Using Vegatable Oils as on Alternative Fuel”

Bernortini, E., (1976) “Batch and Continuous Solvent Extraction” Journal of the American Chemistry Society.

Conneman, J., Fischer, J., (1998) “Biodiesel in Europe” International Liquid Biofuels Congress, July 19-22, Brasil.

Turan, Z.M., Göksoy, A.T., (1998) Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Yayın No:80, Bursa.

Peterson ve ark. (2001) “Biodiesel from Yellow Mustard” Oill Ofiice of University Research and Education U.S. Department of Transportation.

Atakişi, I., (1985) “Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı” Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Yay No: 20.

Öztürk, Ö., (1994) “Konya Şartlarında Bazı Aspir Çeşitlerinde Verim Unsurlarının Tespiti” S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

İnanç ve ark. (2004) “Yüksek Verimli Yeni Bir Yağlı Tohum Varyetesinin Türk Yağ Sanayine Kazandırılması. Yayınlanmış Proje Notları.

EKLER

- Ek 1 Otomotiv Yakıtları – Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME/ Biyodizel) – Dizel Motorlar İçin – Gereker ve Deney Yöntemleri
- Ek 2 Kolza Yağ San. Ltd. Şti'nin Kanola Dizeli İçin Hazırladığı Analiz Raporu
- Ek 3 Kolza Yağ San. Ltd. Şti'nin Soya Dizeli İçin Hazırladığı Analiz Raporu

Ek 1 Otomotiv Yakıtları – Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME/ Biyodizel) – Dizel Motorlar İçin – Gereklere ve Deney Yöntemleri



TÜRK STANDARDI
TURKISH STANDARD

TS EN 14214

Ekim 2005

ICS 75.160.20

**OTOMOTİV YAKITLARI –YAĞ ASİDİ METİL ESTERLERİ
(YAME/BİYODİZEL) - DİZEL MOTORLAR İÇİN -
GEREKLER VE DENEY YÖNTEMLERİ**

Automotive fuels - Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines - Requirements and test methods

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

Bugünkü teknik ve uygulamaya dayanılarak hazırlanmış olan bu standardın, zamanla ortaya çıkacak gelişme ve değişikliklere uydurulması mümkün olduğundan ilgililerin yayınları izlemelerini ve standardın uygulanmasında karşılaştıkları aksaklıkları Enstitümüze iletmelerini rica ederiz.

– Bu standardı oluşturan Hazırlık Grubu üyesi değerli uzmanların emeklerini; tasarımlar üzerinde görüşlerini bildirmek suretiyle yardımcı olan bilim, kamu ve özel sektör kuruluşları ile kişilerin değerli katkılarını şükranla anarız.



Kalite Sistem Belgesi

İmalât ve hizmet sektörlerinde faaliyet gösteren kuruluşların sistemlerini TS EN ISO 9000 Kalite Standardlarına uygun olarak kurmaları durumunda TSE tarafından verilen belgedir.



TSE Markası, üzerine veya ambalajına konulduğu malların veya hizmetin ilgili Türk Standardına uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.

TSEK

Kalite Uygunluk Markası (TSEK Markası)

TSEK Markası, üzerine veya ambalajına konulduğu malların veya hizmetin henüz Türk Standardı olmadığından ilgili milletlerarası veya diğer ülkelerin standardlarına veya Enstitü tarafından kabul edilen teknik özelliklere uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.

DİKKAT!

TS işareti ve yanında yer alan sayı tek başına iken (TS 4600 gibi), mamulün Türk Standardına uygun üretildiğine dair üreticinin beyanını ifade eder. **Türk Standardları Enstitüsü tarafından herhangi bir garanti söz konusu değildir.**

Standardlar ve standardizasyon konusunda daha geniş bilgi Enstitümüzden sağlanabilir.

TÜRK STANDARDLARININ YAYIN HAKLARI SAKLIDIR.

Ön söz

- Bu standard, CEN tarafından kabul edilen EN 14214:2003+AC:2003 standardı esas alınarak, TSE Petrol İhtisas Grubu'nca hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 13 Ekim 2005 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.
- Bu standard, TS 3082 EN 590 "Otomotiv yakıtları - Dizel - Özellikler ve deney metotları" standardı ile paralellik arz etmektedir.
- Bu standard, şu anda, YAME'nin bir dizel otomotiv yakıtı olarak tanımlanabilmesi için gerekli olan, iyot sayısı dahil ilgili bütün özelliklerini ve deney yöntemlerini kapsar. Avrupa Birliği tarafından finanse edilen BIOSTAB araştırma programında, YAME'nin kararlılıkla ilgili özellikleri araştırılmaktadır. Bu programın başarılı bir şekilde tamamlanması durumunda, uygun sınır değerleri ve deney yöntemleri, olası iyot sayısı değişikliği de dahil olmak üzere, bu standardın revize edilen metnine dahil edilebilir.
- Bu standardda belirtilen deney yöntemlerinin birçoğu, yöntemin uygulanabilirliğinin ve kesinliğinin farklı kaynaklardan elde edilen yağ asidi metil esterleriyle ilişkisinin tayini amacıyla lâboratuvarlar arası deneylere tabi tutulmuştur. Söz konusu deneylerde kullanılan yağ asidi metil esterleri, kanola(kolza) çekirdeği ve ayçiçek yağından elde edilmiştir.
- Ek A mecburi olup, CEN/TC 19 Çalışma Grupları tarafından yürütülen ve yukarıda belirtildiği gibi lâboratuvarlar arası deneylerde uygulanan deney yöntemlerinden elde edilen kesinlik verilerini içerir. Ek B ve Ek C de mecburi olup, hesaplamalarla ilgili ayrıntıları içerir.
- Bu standardda kullanılan bazı kelime ve/veya ifadeler patent haklarına konu olabilir. Böyle bir patent hakkının belirlenmesi durumunda TSE sorumlu tutulamaz

İçindekiler

1 Kapsam.....	93
Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar	93
Numune alma.....	95
Dağıtım birimlerinin işaretlenmesi	95
Özellikler ve deney yöntemleri.....	95
5.1 Boyalar ve işaretleyiciler(markerler).....	
5.2 Katkı maddeleri	
5.3 Genel özellikler ve ilgili deney yöntemleri	
5.4 İklima bağlı özellikler ve ilgili deney yöntemleri.....	
5.5 Kesinlik ve uyumsuzluk	
Ek A - Lâboratuvarlar arası deney programının ayrıntıları.....	99
Ek B -iyot sayısının hesaplanması.....	100
Ek C - YAME yoğunluğunun hesaplanması için düzeltme faktörü.....	102
Ek MA - Millî ek.....	103
Kaynaklar.....	104

Otomotiv yakıtları –Yağ asidi metil esterleri (YAME/BİYODİZEL) - Dizel motorlar için - Gereker ve deney yöntemleri

1 Kapsam

Bu standard, dizel motorlar için %100 derişimlerde otomotiv yakıtı olarak kullanılan veya EN 590'da belirtilen özelliklere uygun dizel yakıtlara ilâve edilen yağ asidi metil esterleri (YAME) için gerekleri ve deney yöntemlerini kapsar. %100 derişimli YAME, %100 derişimli YAME ile çalışmak üzere tasarılanmış veya daha sonradan uyarlanmış dizel yakıtlı araçlarda kullanılabilir.

Not - Bu standardın amacı bakımından “% (m/m)” tabiri, kütle kesrini ifade etmek için kullanılır.

2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar

Bu standardda, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer standard ve/veya dokümanlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve aşağıda liste hâlinde verilmiştir. Tarih belirtilen atıflarda daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, atıf yapan bu standardda da tadil veya revizyon yapılması şartı ile uygulanır. Atıf yapılan standard ve/veya dokümanın tarihinin belirtilmemesi hâlinde ilgili standardın en son baskısı kullanılır.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No ¹⁾	Adı (Türkçe)
EN 116 :1997	Diesel and domestic heating fuels- Determination of cold filter plugging point	TS EN 116	Dizel yakıtlar ve konut ısıtmada kullanılan yakıtlar - Soğuk filtre tıkanma noktasının tayini
EN 590 :1999	Automotive fuels - Diesel - Requirements and test methods	TS 3082 EN 590	Otomotiv yakıtları - Dizel - Özellikler ve deney yöntemleri
EN 12662 :1998	Liquid petroleum products- Determination of contamination in middle distillates	TS EN 12662	Sıvı petrol ürünleri - Orta destile yakıtlar - Kirlilik tayini
EN 14103 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents	TS EN 14103*	Katı ve sıvı yağ türevleri – Yağ asidi metil esterleri (YAME) – Ester ve linolenik asit metil ester içeriğinin tayini
EN 14104 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of acid value	TS EN 14104*	Katı ve sıvı yağ türevleri-Yağ asidi metil esterleri(YAME)-Asit sayısının tayini
EN 14105 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of free and total glycerol and mono-, di-, triglyceride contents (Reference method)	TS EN 14105*	Katı ve sıvı yağ türevleri – Yağ asidi metil esterleri (YAME) – Serbest gliserol, toplam gliserol ve mono-, di-, trigliserit içeriklerinin tayini (Referans yöntem)
EN 14106 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of free glycerol content	TS EN 14106*	Katı ve sıvı yağ türevleri – Yağ asidi metil esterleri (YAME) – Serbest gliserol içeriği tayini
EN 14107 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of phosphorus content by inductively coupled plasma (ICP) emission spectrometry	TS EN 14107*	Katı ve sıvı yağ türevleri – Yağ asidi metil esterleri (YAME) – İndüktif olarak eşleşmiş plazma (ICP) emisyon spektrometri ile fosfor içeriği tayini
EN 14108 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of sodium content by atomic absorption spectrometry	TS EN 14108*	Katı ve sıvı yağ türevleri – Yağ asidi metil esterleri (YAME) – Atomik absorpsiyon spektrometri ile sodyum içeriği tayini

¹⁾ TSE Notu: Atıf yapılan standardların Türkçe adı 3. ve 4. Kolumda verilmiştir.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No	Adı (Türkçe)
EN 14109 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of potassium content by atomic absorption spectrometry	TS EN 14109*	Katı ve sıvı yağ türevleri – Yağ asidi metil esterleri (YAME) – Atomik absorpsiyon spektrometri ile potasyum içeriği tayini
EN 14110 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of methanol content	TS EN 14110*	Katı ve sıvı yağ türevleri – Yağ asidi metil esterleri (YAME) – Metanol içeriği tayini
EN 14111 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of iodine value	TS EN 14111*	Katı ve sıvı yağ türevleri – Yağ asidi metil esterleri (YAME) – İyot değeri tayini
EN 14112 :2003	Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)	TS EN 14112*	Katı ve sıvı yağ türevleri – Yağ asidi metil esterleri (YAME) – Yükseltgenme kararlılığı tayini (hızlandırılmış yükseltgenme deneyi).
EN ISO 2160 :1998	Petroleum products- Corosiveness to copper strip test	TS 2741 EN ISO 2160	Petrol ürünleri - Bakır korozyonu - Bakır şerit metodu
EN ISO 3104 :1996	Petroleum products-Transparent and opaque liquids- Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity	TS 1451 EN ISO 3104	Petrol ürünleri-Saydam ve opak sıvılar- Kinematik viskozite tayini ve dinamik viskozitenin hesaplanması
EN ISO 3170 :2004	Petroleum liquids-Manual sampling	TS 900-1 ISO 3170	Petrol sıvıları-Elle numune alma
EN ISO 3171 :1988	Petroleum liquids-Automatic pipeline sampling	TS 900-2 ISO 3171	Petrol sıvıları-Boru hattından otomatik numune alma
EN ISO 3675 :1998	Crude petroleum and liquid petroleum products- Laboratory determination of density or relative density-Hydrometer method	TS 1013 EN ISO 3675	Ham petrol ve sıvı petrol ürünleri - Yoğunluğun lâboratuvarında tayini-Hidrometre yöntemi
EN ISO 3679 :2002	Determination of flash point - Rapid equilibrium closed cup method (ISO 3679:2004)	TS EN ISO 3679*	Parlama noktalarının belirlenmesi - Hızlı dengelenen kapalı kap metodu
EN ISO 4259 :1995	Petroleum products-Determination and application of precision data in relation to methods of test	TS 4700 EN ISO 4259	Petrol ürünleri- Deney yöntemleriyle ilgili kesinlik verilerinin tayini ve kullanılması
EN ISO 10370 :1995	Petroleum products-Determination of carbon residue-Micro method	TS 6148 EN ISO 10370	Petrol ürünleri - Karbon kalıntısı tayini-Mikro yöntem
EN ISO 12185 :1996/C1 :2001	Crude petroleum and petroleum products-Determination of density-Oscillating U-tube method	TS EN ISO 12185*	Ham petrol ve petrol ürünleri-Yoğunluk tayini-Salınan U-Tüpü yöntemi
EN ISO 12937 :2000	Petroleum products - Determination of water - Coulometric Karl Fischer titration method	TS 6147 EN ISO 12937	Petrol ürünleri- Su tayini- Kulometrik Karl Fischer titrasyon yöntemi
EN ISO 13759 :1996	Petrol Ürünleri-Dizel Yakıtlarda Alkil Nitrat Tayini-Spektrometrik Yöntem	TS 6146 EN ISO 13759	Petrol ürünleri-Dizel yakıtlarda alkil nitrat tayini-Spektrometrik yöntem
EN ISO 20846	Petroleum products - Determination of total sulfur content of automotive fuels - Ultraviolet fluorescence method (ISO 20846:2004)	TS EN ISO 20846*	

* İşaretili olanlar İngilizce metin olarak basılan Türk Standardlarıdır.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No	Adı (Türkçe)
EN ISO 20884	Petroleum products - Determination of low sulfur content of automotive fuels - Wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometry (ISO 20884:2004)	TS EN ISO 20884*	
ISO 3987: 1994	Petroleum products – Lubricating oils and additives – Determination of sulfated ash	TS 1985	Yağlama yağları ve katkı maddelerinde sülfatlanmış kül tayini
ASTM D 1160: 1999	Distillation of Petroleum Products at Reduced Pressure	TS 7447	Petrol ürünlerinin düşük basınçlarda damıtılması (petrol ürünlerinin vakum damıtmada kaynama aralıklarının

3 Numune alma

Numuneler, EN ISO 3170 veya EN ISO 3171'e göre ve/veya otomotiv dizel yakıtından numune alma ile ilgili millî standartlara veya mevzuata göre alınmalıdır. Millî özellikler, bu standarddaki millî ekte ayrıntılı olarak verilmeli veya atıf yapılarak belirtilmelidir.

Bu standardda atıf yapılan bazı deney yöntemlerinin hassasiyeti bakımından, varsa, numune kapları ile ilgili olarak deney yönteminde belirtilen hususlara özel dikkat gösterilmelidir.

4 Dağıtım birimlerinin işaretlenmesi

YAME dizel yakıt ikmali için kullanılan dağıtım birimleri üzerinde işaretlenecek olan bilgiler ve işaretin ebadı, otomotiv dizel yakıtları için pompaların işaretlenmesi hakkındaki millî standartlara veya mevzuatın gereklerine uygun olmalıdır. Bu gereklerin ayrıntıları bu standardın millî ekinde verilmeli veya ilgili standarda atıf yapılmalıdır.²⁾

5 Özellikler ve deney yöntemleri

5.1 Boyalar ve işaretleyiciler(markerler)

YAME'ye boya veya işaretleyiciler ilâve edilebilir.

5.2 Katkı maddeleri

Performans kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla otomotiv dizel yakıtlarına katkı maddesi katılabilir. Taşıtın kullanımı sırasında motorun düzgün çalışmasının bozulmasını önleme ve emisyon kontrol kararlılığını sürdürmeye yardım amacıyla, uygun miktarlarda bilinen zararlı yan etkileri olmayan uygun yakıt katkı maddelerinin katılması tavsiye edilir. Eş değer etkiye sahip diğer teknik vasıtalar da kullanılabilir.

Not -Rutin kontroller için ,” kalıntı oluşturma eğilimi” için uygun deney yöntemleri henüz belirlenmemiş ve geliştirilmemiştir.

5.3 Genel özellikler ve ilgili deney yöntemleri

5.3.1 Yağ asidi metil esterleri (YAME) Çizelge 1'de verilen yöntemlere göre deneyeye tâbi tutulduğunda, elde edilen değerler Çizelge 1'de belirtilen sınır değerlere uygun olmalıdır. Bir lâboratuvarlar arası deney programında, Çizelge 1'de listelenen deney yöntemlerinin yağ asidi metil esterlerine tatbik edilebildiği gösterilmiştir. Bu programdan elde edilen ve petrol ürünleri için uygulanan deney yöntemlerinin kesinlik verilerinden farklılık gösteren kesinlik verileri Ek A'da verilmiştir. olduğu görülmüştür.

5.3.2 YAME'nin tayin edilmesi gerektiğinde, yağ asidi metil esterlerinin LC/GC ile ayrılması ve özelliklerinin belirlenmesini esas alan ve tavsiye edilen yöntem EN 14331 [1]'de verilmiştir.

5.3.3 YAME kalitesinin kontrol edilmesi gerektiğinde, YAME iyot sayısı Ek B' de belirtilen yöntem ile hesaplanabilir fakat bu yöntem Çizelge 1'de belirtilen iyot sayısı deneyinin alternatifi değildir.

5.3.4 Çizelge 1'de verilen karbon kalıntısı sınır değeri, yanmayı iyileştirici katkı maddeleri katılmışsa, bu katkı maddesi katılmadan önceki değerdir. Piyasaya verilen nihai yakıtta bu sınır değerini aşmış olması durumunda, EN ISO 13759'a göre nitrat ihtiva eden bileşiklerin mevcudiyeti tayin edilmelidir. Tayin sonucu yanmayı iyileştirici bir madde bulunduğu tespit edilirse, deneye tâbi tutulan ürünün karbon kalıntısı ile ilgili sınır değeri uygulanamaz. Yanmayı iyileştirici katkı maddesinin kullanılmış olması bile, üreticiyi katkı maddesi katılmamış halde en fazla %0,30 (m/m) karbon kalıntısı sınırını aşma yükümlülüğünden muaf tutmaz.

Çizelge 1 - Genel özellikler ve deney yöntemleri

Özellik	Birim	Sınırlar		Deney Yöntemi ^a	En çok
		En az			
Ester muhtevası ^a	% (m/m)	96,5 ^b	-	EN 14103	
Yoğunluk ^c , 15°C'ta	kg/m ³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185	
Viskozite ^d , 40°C'ta	mm ² /s	3,50	5,00	EN ISO 3104	
Parlama noktası	°C	120	-	EN ISO 3679 ^e	
Kükürt muhtevası	mg/kg	-	10,0	EN ISO 20846 EN ISO 20884	
Karbon kalıntısı ^f (%10 damıtma kalıntısında)	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370	
Setan sayısı ^g		51,0	-	EN ISO 5165	
Sülfatlanmış kül muhtevası	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987	
Su muhtevası	mg/kg	-	500	EN ISO 12937	
Toplam kirlilik ^h	mg/kg	-	24	EN 12662	
Bakır şerit korozyonu (50°C'ta 3 saat)	derece	Sınıf 1		EN ISO 2160	
Oksidasyon kararlılığı, 110°C'ta	h	6,0	-	EN 14112	
Asit sayısı	mg KOH/g	-	0,50	EN 14104	
İyot sayısı	g iyot/100 g	-	120	EN 14111	
Linolenik asit metil esteri	% (m/m)	-	12,0	EN 14103	
Çoklu doymamış (>=4 çift bağ) metil esterleri ⁱ	% (m/m)	-	1,0		
Metanol muhtevası	% (m/m)	-	0,20	EN 14110	
Monogliserit muhtevası	% (m/m)	-	0,80	EN 14105	
Digliserit muhtevası	% (m/m)	-	0,20	EN 14105	
Trigliserit muhtevası ^j	% (m/m)	-	0,20	EN 14105	
Serbest gliserol ^j	% (m/m)	-	0,02	EN 14105 EN 14106	
Toplam gliserol	% (m/m)	-	0,25	EN 14105	
Grup I metaller (Na+K) ^k Grup II metaller (Ca+Mg) ^ı	mg/kg mg/kg	-	5,0 5,0	EN 14108 EN 14109 prEN 14538	
Fosfor muhtevası	mg/kg	-	10,0	EN 14107	

^a bk. Madde 5.5.1 ^b Katkı maddeleri haricinde, YAME olmayan bileşiklerin ilâvesine izin verilmez, bk. (Madde 5.2). ^c Yoğunluk 20°C ilâ 60°C sıcaklık aralığında EN ISO 3675'e göre ölçülebilir. Ek C'de verilen bağıntıya göre sıcaklık düzeltmesi yapılmalıdır. bk. (Madde 5.5.2). ^d Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN) -20°C veya daha düşük ise -20°C'de ölçülen viskozite 48 mm²/s'yi aşmamalıdır. Bu durumda, iki fazlı bir sistemdeki Newtonyan olmayan özellikler sebebiyle, kesinlik verileri hariç EN ISO 3104 uygulanmalıdır.. ^e 2 mL'lik bir numune ve sıcaklık algılama tertibatı ile teçhiz edilmiş cihazlar kullanılmalıdır. ^f %10 damıtma kalıntısı elde etmek için ASTM D 1160 uygulanmalıdır. ^g bk. Madde 5.5.3 ^h CEN/TC 19, tarafından uygun bir yöntem belirlene kadar EN 12662 uygulanmalıdır. Ancak YAME ürünleri için EN 12662'nin kesinliği iyi değildir. ⁱ Uygun deney yöntemi geliştirilecektir. ^j bk. Madde 5.5.1 ^k bk. Madde 5.5.1. Yöntem geliştirilmektedir. Na+K'nın toplamı ile ilgili kesinlik verileri için Ek A'ya bakınız. ^ı Yöntem geliştirmektedir. Ca+Mg'nın toplamı ile ilgili kesinlik verileri için Ek A'ya bakınız.

5.4 İklima bağlı özellikler ve ilgili deney yöntemleri

5.4.1 İklima bağlı özellikler için, ülkelerin düzenleme yapabilmelerine imkân vermek amacı ile iklim tipi seçenekleri verilmiştir. Seçenekler Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN) değerlerine göre, ılıman iklimler için 6 tip ve kutup iklimleri için 5 tip olarak belirlenmiştir. İklima bağlı özellikler Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 biri ılıman iklimlere göre (Çizelge 2a) ve diğeri kutup iklimlerine göre (Çizelge 2b) olmak üzere iki kısma bölünmüştür. Otomotiv dizel yakıtı olarak YAME, Çizelge 2a ve Çizelge 2b'de verilen deney yöntemlerine göre deneye tâbi tutulduğunda bu çizelgelerde verilen sınırları sağlamalıdır.

5.4.2 Bu standardda ek bir millî ekte, her bir ülke kış ve yaz tipleri için özellikleri ayrıntılı olarak vermelidir²⁾. Bu eke millî meteorolojik verilere göre ara ve/veya bölgesel tipler de dâhil edilmelidir.

Çizelge 2 – İklima bağlı özellikler ve deney yöntemleri

Çizelge 2a – İlıman İklimler

Özellik	Birim	Sınırlar						Deney Yöntemi ^a
		Tip A	Tip B	Tip C	Tip D	Tip E	Tip F	
SFTN	°C, en çok							EN 116
		+5	0	-5	-10	-15	-20	

Çizelge 2b – Kutup iklimleri

Özellik	Birim	Sınırlar					Deney Yöntemi ^a
		Tip 0	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	
SFTN	°C, en çok						EN 116
		-20	-26	-32	-38	-44	

^a: bk. Madde 5.5.1

5.5 Kesinlik ve uyuşmazlık

5.5.1 Bu standardda atıf yapılan bütün deney yöntemleri EN ISO 4259'a göre kesinlik bilgilerini içermektedir. Anlaşmazlık hâlinde, EN ISO 4259'da anlaşmazlıkların giderilmesi için belirtilen usullere ve deney yöntemi kesinliğini esas alan deney sonucu değerlendirmelerine göre hareket edilmelidir. Ancak, toplam kirlilik ester muhtevası, trigliserit muhtevası, serbest gliserol ve Grup I metaller (Na+K) için mevcut olan yöntemler, Çizelge 1'de verilen sınır değerler açısından EN ISO 4259'un 2R şartını (gereğini) karşılamamaktadır.

5.5.2 Yoğunlukla ilgili anlaşmazlık hâlinde, 15 °C'ta yapılacak yoğunluk tayini için EN ISO 3675 uygulanmalıdır.

Serbest gliserol ile ilgili anlaşmazlık hâlinde EN 14105 uygulanmalıdır.

5.5.3 Setan sayısının tayininde anlaşmazlık olması durumunda, bilinen bir yöntem serisi baz alınan ve EN ISO 4259'a göre elde edilmiş geçerli kesinliğe sahip olan ve kesinliği en azından atıf yapılan yöntemin kesinliği kadar olan alternatif yöntemler kullanılabilir. Alternatif yöntem kullanıldığında elde edilen deney sonucu ile atıf yapılan yöntemle elde edilen sonuç arasında makul bir ilişki bulunmalıdır.

Ek A Lâboratuvarlar arası deney programının

ayrıntıları

Standardda belirtilmemiş olsa da, YAME olması durumunda Çizelge A.1'de verilen kesinlik verileri YAME için uygulanır. Çizelge A.1'de, EN-ISO yöntemleri için sadece ISO/TC 28'in kesinlik verilerinden farklılık arz eden kesinlik verileri verilmektedir.

Çizelge A.1 - Lâboratuvarlar arası deney programından elde edilen kesinlik verileri

Özellik	Deney Yöntemi	Birim	Saf YAME için CEN/TC 19 verileri
Viskozite, 40 °C'ta	EN ISO 3104	mm ² /s	r=0,0011X R=0,018X
Kükürt muhtevası	EN ISO 20846 EN ISO 20884	mg/kg	r=0,0285 X+2 R=0,1088 X+2 r=0,026 X +1,356 R=0,0567 X +1,616
Damıtma	ASTM D 1160	°C	r=2,0 R=3,0 (%90 damıtılmış)
Setan sayısı	EN ISO 5165		r=2,4 R=5,0
Sülfatlanmış kül muhtevası	ISO 3987	% (m/m)	r=0,06 X _{0,85} R=0,142 X _{0,85}
Toplam kirlilik	EN 12662 ^a	mg/kg	r=2,24 R=13,6
STFN	EN 116	°C	Mevcut değil
Na+K'nın Toplamı	EN 14108 EN 14109	mg/kg	r= -0,017X + 0,512 R=0,305 X + 1,980
Burada; r tekrarlanabilirlik (EN ISO 4259) R uyarlık (EN ISO 4259) X karşılaştırılan iki sonucun ortalamasıdır.			
^a yeniden incelenecektir.			

Ek B İyot sayısının

hesaplanması

Not - Bu yöntem, yenilebilir yağın yağ asidi bileşiminden iyot sayısının tayini için AOCS tarafından tavsiye edilen Cd 1c-85'den, biyodizel için uyarlanmıştır [2].

B.1 Kapsam

Bu yöntem katkısız biyodizelin veya dizel yakıtlı karışımlardan elde edilmiş biyodizelin iyot sayısının hesaplanması için bir işlemi kapsar. İyot sayısı hakkında uyumsuzluk olması hâlinde bu yöntem EN 14111'in yerine kullanılmamalıdır.

B.2 Tarif

Bu yöntem EN 14103 (katkısız biyodizel) veya EN 14331 [1] (dizel yakıtlı karışımlardan elde edilmiş biyodizel) ile tayin edildiği şekilde metil esterlerin yüzde kütlesinden elde edilen ve g l/100 g numune cinsinden ifade edilen iyot sayısını hesaplamak için kullanılır.

B.3 İşlem

Numunenin metil ester bileşimi, Madde B.2'de tarif edilen uygun yöntem kullanılarak kontrol edilir.

Not - Toplam metil esterler, EN 14103'te kullanılan metil ester C17 düşüldükten sonra 100'e eşit olmalıdır.

Çizelge B.2'deki örnekte belirtildiği şekilde, metil ester yüzdesinin ilgili faktör (Çizelge B.1) ile çarpılması suretiyle elde edilen her bir metil esterin münferit katkısının toplamı olan metil esterlerin toplam kütlece yüzde değeri, numune iyot sayısını hesaplamak için kullanılır.

Biyodizelin her bir bileşeni için faktör, Çizelge B.1'de verilmektedir.

Çizelge B.1 - Metil ester faktörleri

Metil ester	Faktör
Doymuş yağ asitleri metil esteri	0
Metil heksadesenoat (Metil palmitoleat) C16:1	0,950
Metil oktadesenoat (Metil oleat) C18:1	0,860
Metil oktadesedinoat (Metil lineolat) C18:2	1,732
Metil oktadesetrinoat (Metil linolenat) C18:3	2,616
Metil eikosenoat C20:1	0,785
Metil dokasenoate (Metil erukat) C22:1	0,723

Μετιλ εστερλεριν ψ?δεχε κ?λεσινιν ιψοτ σαψισινιν hesaplanmasının bir örneği Çizelge B.2'de

verilmektedir. **Çizelge B.2** - Hesaplama örneği

Aşağıdaki asidin metil esteri	Yüzde (%m/m)	Faktör	Katkı
Miristik C14:0	0,3	0	0
Palmitik C16:0	4,0	0	0
Palmitoleik C16:1	1,1	0,950	1,0
Stearik C18:0	2,0	0	0
Oleik C18:1	60,5	0,860	52,0
Linoleik C18:2	19,8	1,732	34,3
Linolenik C18:3	9,4	2,616	24,6
Eikosanoik C20:0	0,4	0	0
Eikosanoik C20:1	0,7	0,785	0,6
Dokosanoik C22:0	0,7	0	0
Dokosanoik C22:1	1,1	0,723	0,8
		Hesaplanan iyot sayısı	113,3

B.4 Sonuçların gösterilmesi

İyot sayısı (metil ester bileşiminden hesaplanan) = X g iyot/ 100 g (B.1)

Sonuç, virgülden sonra tek basamaklı olarak rapor edilmelidir.

Not 1 - 1994 yılında AOCS Standard Yöntemler Komitesi, kullanılan katsayıları gözden geçirmiş ve herhangi bir değişikliğe gerek olmadığı sonucuna varmıştır. Mevcut işlem, geçmişte trigliserit karışımındaki iyot sayısının hesaplanmasında kullanılan katsayıları kullanır. Bunun sebebi, metil esterin mol kütlesinin üç katının trigliseritin moleküler ağırlığı ile hemen hemen aynı olmasıdır.

Not 2 -Sabunlaşmayan muhteva miktarı % 0,5 (m/m)'den büyük olan veya önemli miktarda katkı maddesi ihtiva eden numuneler için, hesaplanan iyot sayısını gerçek değerden daha yüksek olabilir.

Not 3 -Düşük iyot sayılı numunelerde, hesaplanan değer gerçek değerden daha düşük olabilir.

Ek C

YAME yoğunluğunun hesaplanması için düzeltme faktörü

20°C ilâ 60°C sıcaklıkta EN ISO 3675'e göre tayin edilen yoğunluğu 15°C'daki yoğunluğa düzeltmek için kullanılan dönüşüm faktörü, Kasım 1995'de Viyana'da yapılan "International Conference on Standardization and Analysis of Biodiesel" konferansında yayınlanan verilere dayanır [3].

7 adet YAME numunesinin yoğunluğu 20°C ilâ 60°C sıcaklıkta 6 farklı sıcaklıkta piknometre ile ölçülmüştür. Bu aralıktaki ortalama düzeltme faktörü % 1,2'lik bir standart sapma ile 0,723 kg/(m³ C°) olarak hesaplanmıştır. YAME numunelerini 15 C°da ortalama yoğunluğu, 886,5 kg/ m³ olarak hesaplanmıştır.

Aşağıdaki bağıntı, 20°C ilâ 60°C sıcaklıkta belirli bir sıcaklıkta (T) EN ISO 3675'e göre tayin edilen yoğunluk değeri ($\rho_{(T)}$) kullanılarak, 15°C'ta ($\rho_{(15)}$, kg/m³ cinsinden verilen) YAME yoğunluğunun hesaplanması için kullanılmalıdır.

$$\rho_{(15)} = \rho_{(T)} + 0,723(T-15) \quad (C.1)$$

Ek MA**Millî ek**

- 1 Biyodizel otomotiv yakıtları dağıtımın birimlerinin üzerine 15 cm x 30 cm boyutlarından küçük olmamak üzere "Biyodizel" yazısı yazılmalı veya bu ibareyi taşıyan levha asılmalıdır.
- 2 Türkiye için Çizelge 2a'da belirtilen tiplerden Tip A yaz mevsiminde, Tip E kış mevsiminde kullanılacaktır.
- 3 Bu standardın uygulanması ile ilgili olarak yaz ve kış mevsiminin başlangıç ve bitiş tarihleri aşağıda verilmiştir.

Yaz	:	
Kış	:	1 Nisan - 30 Eylül (± 15 gün) 1 Ekim -31 Mart (± 15 gün)

Kaynaklar

- [1] EN 14331 - Liquid petroleum products - Separation and characterisation of fatty acid methyl esters (FAME) by liquid chromatography/gas chromatography (LC/GC).
- [2] The official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 5th edition, 1998, Champaign, IL, USA.
- [3] J.Rathbauer & A.Bachler, Physical Properties of Vegetable Oil Methyl Esters, International Conference on Standardization and Analysis of Biodiesel, November 6th – 7th, 1995, Vienna.

Ek 2 Kolza Yağ San. Ltd. Şti'nin Kanola Dizeli İçin Hazırladığı Analiz Raporu

ASG Analytik - Service Gesellsch. f. analyt. Chem.
Trommler Ring 30 • D-85356 Neu-Ulm / Germany

KOLZA BIYODİZEL YAKIT VE PETROL URUNLERI
SAN. VE TIC. A.Ş.
TUZLA/İSTANBUL
TURKEY

your reference : -
your order-no : -
date of order : -
sample receipt : 4.07.2008
sampling : Customer
report date : 4.07.2008
page : 1 of 2

Report-No. : 142592 -85302

Sample Designation : Biodiesel
Sample Appearance : Yellowish, limpid, visibly free of contaminants and precipitated water, characteristic odor
Sample Container : PE bottle 1000 ml
ASG-ID : 85302

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 14214		Unit
			min.	max.	
Ester Content	DIN EN 14103	96,9	96,5	-	% (m/m)
Density at 15 °C	DIN EN ISO 12185	883,4	860	900	kg/m ³
Viscosity at 40 °C	DIN EN ISO 3104	4,512	3,5	5,0	mm ² /s
Flash Point	DIN EN ISO 3679	123	120	-	°C
CFPP	DIN EN 116	-18	-	-	°C
Sulfur Content	DIN EN ISO 20884	1,3	-	10,0	mg/kg
Carbon residue (10%)	DIN EN ISO 10370	0,15	-	0,3	% (m/m)
Cetane number	ISO 5165	54,1	51,0	-	-
Sulfated Ash	ISO 3987	0,003	-	0,02	% (m/m)
Water Content	DIN EN ISO 12937	357	-	500	mg/kg
Total contamination	DIN EN 12662	17	-	24	mg/kg
Copper Strip Corrosion	DIN EN ISO 2160	1	-	1	Corr. Degree
Oxidation stability at 110 °C	DIN EN 14112	7,1	6,0	-	h
Acid value	DIN EN 14104	0,360	-	0,5	mg KOH/g
Iodine value	DIN EN 14111	115	-	120	g iodine/100g
Linolenic Acid Methyl ester	DIN EN 14103	8,2	-	12,0	% (m/m)
Methanol Content	DIN EN 14110	0,11	-	0,20	% (m/m)
Free Glycerol		0,01	-	0,020	% (m/m)
Monoglyceride Content		0,50	-	0,30	% (m/m)
Diglyceride Content	DIN EN 14105	0,12	-	0,20	% (m/m)
Triglyceride Content		0,04	-	0,20	% (m/m)
Total Glycerol		0,16	-	0,35	% (m/m)
Phosphorous Content	DIN EN 14107	<0,5	-	10,0	mg/kg
Metals I (Na - K)		3,7	-	5,0	mg/kg
Metals II (Ca - Mg)	E DIN EN 14538	<0,5	-	5,0	mg/kg

* requirements : 01.04. - 30.09. (= 15 days) min. = 9,5 h
01.10. - 31.03. (= 15 days) max. = 12,0 h



J. Barmann

Customer:
Arbeitsgemeinschaft
RAC
RAC-Beitrag
RAC-Beitrag
RAC-Beitrag
RAC-Beitrag

ASG Analytik - Service Gesellsch. f. analyt. Chem.
Trommler Ring 30
D-85356 Neu-Ulm / Germany

phone : ++49 821 486 25 19
fax : ++49 821 486 25 19
e-mail : info@asg-analytik.de

General Manager:
Dr. Thomas W. Barmann
Arbeitsgemeinschaft Augsburg - RAC

Ek 3 Kolza Yağ San. Ltd. Şti'nin Soya Dizeli İçin Hazırladığı Analiz Raporu

ASG Analytik-Service Gesellschaft mbH
Trentiner Ring 10 • D-86356 Neusass / Germany

KOLZA BIYODİZEL YAKIT VE PET. UR. SAN. VE TIC. A.Ş.
TUZLA

ISTANBUL/TURKEY

your reference :
your order-no : per Email
date of order : 6/08/2006
sample receipt : 6/07/2006
sampling : Customer
report date : 6/19/2006
page : 1 of 1

Report-No. : 143658 -87509

Sample Designation : Biodiesel sample
Sample Appearance : Yellowish, limpid, visibly free of contaminants and precipitated water, characteristical odour
Sample Container : PE bottle 1000 ml
ASG-ID : 87509

Parameter	Method	Result	Specification DIN EN 14213		Unit
			min.	max.	
Ester Content	DIN EN 14103	98,4	96,5	-	% (m/m)
Density at 15 °C	DIN EN ISO 12185	882,1	860	900	kg/m ³
Viscosity at 40 °C	DIN EN ISO 3104	4,38	3,5	5,0	mm ² /s
Flash Point	DIN EN ISO 3679	125	120	-	°C
CFPP	DIN EN 116	-15	-	-12	°C
Sulfur Content	DIN EN ISO 20884	6,8	-	10,0	mg/kg
Carbon residue (10%)	DIN EN ISO 10370	0,26	-	0,3	% (m/m)
Sulfated Ash	ISO 3987	0,014	-	0,02	% (m/m)
Water Content	DIN EN ISO 12937	433	-	500	mg/kg
Total contamination	DIN EN 12662	12	-	24	mg/kg
Oxidation stability at 110 °C	DIN EN 14112	5,6	4,0	-	h
Acid value	DIN EN 14104	0,385	-	0,5	mg KOH/g
Iodine value	DIN EN 14111	121	-	130	g Iodine/100g
Free Glycerol		<0,01	-	0,020	% (m/m)
Monoglyceride Content		0,72	-	0,80	% (m/m)
Diglyceride Content	DIN EN 14105	0,17	-	0,20	% (m/m)
Triglyceride Content		0,14	-	0,20	% (m/m)
Pourpoint	DIN ISO 3016	-35	-	0	°C
Calorific value, lower	DIN 51 900-2	37,35	35	-	MJ/kg



J. Bernath



ASG Analytik-Service Gesellschaft mbH
Trentiner Ring 10
D-86356 Neusass / Germany

phone ++49 821 498 25 19
fax ++49 821 498 25 19
e-mail info@asg-analytik.de

General Manager
Dr. Thomas Wilharm
Amberger Ort Augsburg HRB 12297

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	22.07.1981	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1995-1999	Eyüp Otakçılar Lisesi
Lisans	1999-2004	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2004-2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Anabilim Dalı

Çalıştığı kurumlar

2004-2004	Met-Mak Vida
2004-2007	Korkmazçelik Ltd. Şti.
2007- Devam ediyor	Assab&Korkmaz AŞ