

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAYVANSAL YAĞLARDAN BİYODİZEL ELDE EDİLMESİ

Serhat ÜSTÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Konya, 2006

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAYVANSAL YAĞLARDAN BİYODİZEL ELDE EDİLMESİ

SERHAT ÜSTÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 15/12/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Erol PEHLİVAN
(Üye)

Doç.Dr. Hüseyin KARA
(Üye)

Yrd.Doç.Dr. Ufuk Sancar VURAL
(Danışman)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAYVANSAL YAĞLARDAN BİYODİZEL ELDE EDİLMESİ

Serhat ÜSTÜN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ufuk Sancar VURAL
2006, 66 Sayfa

Bu tezde hayvansal yağların dizel yakıt olarak kullanımı araştırılmış, hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

Kemik yağı esteri ve etanol karışımlarının fiziksel özellikleri, dizel yakıtın viskozitesiyle aynı olan ester/etanol karışımını bulmak için tayin edildi. Hayvansal yağ esteri ve etanolün % 65:35 v/v oranı dizel yakıtla aynı viskozite değerini verdi. %0 dan %100 e kadar değişen oranlarda karışım hazırlandı, karışımların viskozite ve yoğunluk değerleri tespit edildi. Hayvansal yağ esterinin bir dizel yakıtı türevi olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Transesterifikasyon, hayvansal yağ, biyodizel

ABSTRACT

MS Thesis

BIODIESEL PRODUCTION FROM ANIMAL FATS

Serhat USTUN

**Selcuk University
Graduate School of Chemical Engineering**

Supervisor: Assis. Prof. Dr. Ufuk Sancar VURAL

2006, 66 Page

In this thesis, using of animal fats as diesel fuel were investigated, physical and chemical properties of biodiesel that obtained animal fats were discussed.

Physical properties of bone fat methyl ester and ethanol blends were determined to find the ester – ethanol blend which had the same viscosity as that of diesel.

Animal fat ester and ethanol in % 65:35 v/v ratio gave the same viscosity as that of diesel fuel. This blend was mixed with diesel fuel in ratio varying from 0 to 100 percent, and viscosities, densities of blends were determined. It was concluded that tallow ester had potentials a diesel fuel substitute.

Keywords : Transesterification, animal fat, biodiesel

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmam boyunca her konuda değerli yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Ufuk Sancar VURAL hocama saygı ve şükranlarımı sunarım.

Eğitim ve Öğrenim hayatımın ilk gününden itibaren çeşitli fedakarlıklarda bulunarak bana her konuda destek olan sevgili aileme de teşekkür ederim. Sizlerin destekleri olmasaydı tüm bunları başarabilmem çok zor olurdu.

Serhat ÜSTÜN

Konya, 2006

İÇİNDEKİLER

ÖZET

ABSTRACT

ÖNSÖZ

İÇİNDEKİLER

1.GİRİŞ.....	1
2.BİYODİZELİN TARİHİ GELİŞİMİ VE BİYODİZEL.....	4
2.1.Biyodizel Nedir?.....	10
2.2.Biyodizelin Genel Kullanım Özellikleri.....	11
2.2.1.Biyodizel Standartları.....	12
2.2.2.Biyobozunabilirlik.....	13
2.2.3.Toksik Etki.....	13
2.2.4.Depolama.....	13
2.2.5.Soğukta Akış Özellikleri.....	14
2.2.6.Motor Yakıtı Özellikleri.....	14
2.3.Biyodizelin Diğer Yakıt Türlerine Göre Üstünlükleri.....	15
2.4.Biyodizelin Emisyonları.....	16
2.5.Biyodizelin Dizel Motorları Dışında Kullanımı.....	18
2.6.Biyodizel Konusunda Dünyadaki Teşvik Ve Destek Uygulamaları.....	20
2.7.Fiyat Gelişimi.....	25
2.8.Pazarı Etkileyen Faktörler.....	25
2.9.Biyodizel Pazarının Üretim, Tüketim Alanları.....	27
2.9.1.Ulaştırma Sektörü.....	27
2.9.2.Konut Sektörü.....	29
3.BİYODİZELİN YAKIT ÖZELLİKLERİ.....	30
3.1.Etanol-Dizel ve Biyodizel-Dizel Karışımları.....	32
3.2.Hayvansal Yağ Esteri Ve Dizel Yakıt Karışımlarının Fiziksel Özellikleri.....	34
4.BİYODİZEL ÜRETİM YÖNTEMİ.....	38
4.1.Alkol Ve Katalizörün Karıştırılması.....	40
4.2.Reaksiyon.....	41
4.3.Ayrırma.....	42
4.4.Alkolün Uzaklaştırılması.....	42
4.5.Gliserin Nötralizasyonu.....	43
4.6.Metil Ester Yıkama İşlemi.....	43
5.MATERYAL VE METOT.....	44
5.1.Hayvansal Yağlardan Biyodizel Eldesi.....	46
5.2.Fiziksel Özelliklerin Tayini.....	48
5.3.Biyodizel, Alkol Ve Dizel Karışımları.....	50
6.SONUÇ TARTIŞMA.....	51
6.1.GC (Gaz Kromatografisi) Sonuçları.....	52
6.2.Biyodizele Dönüşüm Oranı.....	54
6.3.Viskozite.....	55
6.4.Yoğunluk.....	57
6.5.Donma Noktası.....	57
6.6.Bulutlanma Noktası.....	57
6.7.Akma Noktası.....	58

7.ÖNERİLER.....	59
EK 1.Çeşitli Ülkelerde Uygulanmakta Olan Dizel ve Biyodizel Standartları...	61
EK 2 TS EN 14214 Biyodizel Standardı.....	62
8.KAYNAKLAR.....	63

1. GİRİŞ

Günümüzde kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kökenli, birincil enerji kaynaklarının yanı sıra, yeni yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji teknolojisinde değerlendirmesi konusuna artan bir ilgi ve uygulama yoğunluğu gösterilmektedir (Oğuz H. 2004).

Yakın gelecekte fosil kökenli yakıtların tükeneceği ihtimali tahmin edilmektedir. Dünya petrol rezervlerinin 41 yıl, kömür rezervlerinin 218 yıl, doğal gaz rezervlerinin ise 63 yıl ömrü kaldığı belirtilmektedir. Türkiye'de toplam enerji ithalatı 35344 bin TEP (Ton Eşdeğer Petrol) olarak gerçekleşmiş ve bunun içerisinde ham petrol 25698 bin TEP gibi bir rakama sahiptir. Böylece toplam enerji ithalatının % 73'ünü ham petrol teşkil etmektedir. İthal edilen petrolün büyük bir kısmı da motorlarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Tarımda güç gereksinimi dizel motorlara aşırı derecede bağlıdır. Petrol tüketiminin büyük bölümü ithalat ile sağlanan Türkiye'de kesinlikle petrol gerektirmeyen alanlarda başka enerji kaynaklarının da değerlendirilmesi gereklidir (Özçimen ve ark. 2000).

Dünya üzerinde özellikle taşımacılık ve enerji üretimi amacıyla kullanılan içten yanmalı motorlarda enerji, petrol ürünlerinden sağlanmaktadır. Petrolün sınırlı rezervi ve fiyatındaki dalgalanmalardan dolayı petrolün yerini tutabilecek ve içten yanmalı motorlarda kullanılacak enerji kaynakları üzerinde çok çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Buji ile ateşlemeli motorlarda, etil alkol, metil alkol, hidrojen, LPG, doğal gaz ve biyogaz gibi yakıtların kullanılabilirliği araştırılmış ve

bazı ülkelerde alkole dayalı, metil ve etil alkol yakıt olarak kullanılmıştır. Yine bir kısım ülkelerde LPG ve doğal gaz buji ateşlemeli motorlarda yakıt olarak kullanılmakta ve kullanımı her geçen gün artmaktadır (Yücesu ve ark 2001).

Dizel motorlarında ise LPG, NPG ve biyogaz gibi gaz yakıtlar belli orandaki pilot dizel yakıtıyla birlikte kullanılmaktadır. Çeşitli bitkisel yağlar ve bunlardan elde edilen metil veya etil esterleri dizel motorlarında test edilmekte ve bunların dizel motorlarında kullanılabilirliği araştırılmaktadır. Tarımın gelişmiş olduğu ülkelerde ayçiçek yağı, pamuk yağı, soya yağı, kolza yağı gibi üretimi sırasında elde edilen yemeklik rafine yağlarının dışında kalan ham yağlar, yakıt olarak dizel motorlarında kullanılabilirliği takdirde bu ülkelerde petrol tüketiminden önemli ölçüde tasarruf sağlanabilecektir. Bitkisel yağlar dizel motorlarında dizel yakıtı ile belli bir oranda karıştırılarak kullanılabilirliği gibi saf olarak da kullanılabilir (Altın ve Yücesu 1999).

Ülkemizin petrol ihtiyacının % 91,8'i ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Her yıl 23,2 milyon ton ham petrol ve 5,7 milyon ton petrol ürünü ithal edilmektedir. Bu yönüyle tarım ve taşımacılık sektöründe enerji açısından tam anlamıyla dışa bağımlılık göze çarpmaktadır. Dünyada fosil yakıtlı enerji kaynaklarının giderek azalması, yenilenemeyen bu enerji kaynaklarını gelecekte daha önemli bir stratejik konuma sokacaktır (Oğuz, H. 2004).

Mevcut enerji kaynaklarının sınırlı olması ve yaşanan enerji krizlerinden sonra yeni enerji kaynaklarına ilgi de artmaktadır. Bu kaynaklar arasında biyokütle en büyük potansiyele sahiptir. Bu biyokütle kökenli en önemli alternatif yakıt dizel motorları için üretilen ve biyodizel, biyomotorin, diesel-bi olarak adlandırılan

alternatif yakıttır. Kullandığımız ithal enerjinin fiyatı ve emisyon değerleri nelerdir? Hangi oranda bu ithal edilen enerjiyi ikame edebiliriz? Ve yerli potansiyelimizi nasıl değerlendirebiliriz? Sorularına cevaplar bulmak ülkemizin geleceği açısından önem arz etmektedir (Oğuz, H. 2004).

Tablo 1.1. Petrol Üretim-Tüketim ve Tarım Sektöründeki Enerji Talebi Değerleri (Anonymous 2002)

Yıllar	Üretim (Bin Ton)	Tüketim (Bin Ton)	Tarım Sektörü Talep Bin TEP
1990	3717	22700	1956
1995	3516	27918	2556
2000	2749	31072	3073
2001	2551	29661	2964
2002	2420	29624	3026

TEP: Ton Eşdeğer Petrol

2. BİYODİZELİN TARİHİ GELİŞİMİ ve BİYODİZEL

Bitkisel yağların dizel motor yakıtı olarak ilk kez kullanımı bu motorun mucidi Rudolph Dizel tarafından 1900'lerde gerçekleştirilmiştir. Ancak petrol kökenli dizel yakıtının uzun yıllar boyunca ucuz ve bol miktarda bulunur olması motorun bu yakıt ile uyum sağlayacak biçimde geliştirilmesine neden olmuştur. Biyodizel olarak ise ilk önce Güney Afrika'da II. Dünya savaşından önce büyük ve güçlü motorlarda kullanılmış ve daha sonra çevresel, stratejik ve ekonomik sebeplerden dolayı tüm dünyaya yayılmıştır. 2002 yılı verilerine göre Avrupa Birliğinin biyodizel üretim kapasitesi yıllık 2.000.000 tona ulaşmıştır (Öğüt ve ark 2003).

Zaman zaman ortaya çıkan petrol darboğazları sırasında bitkisel yağların yakıt olarak kullanımı gündeme gelmişse de konuya ilişkin bilimsel çalışmalar 1970'lerdeki petrol krizi ile birlikte yoğunlaşmıştır.

ABD'de bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olabilirliği üzerine yapılan çalışmalar hem üniversite ve araştırma enstitülerinde hem de John Deere, International Harvester, Caterpillar ve Perkins gibi motor üreten büyük firmalar tarafından 1981-1982 yıllarından itibaren süregelmektedir (Işığgür 1982).

1982'de Avusturya'da Tarım ve Orman Bakanlığı'nın desteği ile yürütülen araştırmalarda kolza yağı metil esterinin iyi bir dizel yakıt alternatifi olabileceği ortaya konulunca ülkenin tarımsal fazlasını kolza ve ayçiçeği ekimi yönüne çevirerek 2000 yılına kadar hem dizel yakıt alternatifi üretimine hem de kendi talebine yetecek ölçüde bitkisel yağ elde etmesi öngörülmüştür (Oğuz, H. 2004).

1988 yılında küçük bir çiftçi kooperatifi Avusturya'da 500 ton/yıl kapasiteye sahip ilk biyodizel üretim tesisini kurdu. Bu tesisin ardından, ilk endüstriyel boyutta üretim yapan 10.000 ton/yıl kapasiteye sahip olan tesis yine Avusturya'da kuruldu. İtalya'nın Livorno şehrinde kurulan 80000 ton/yıl, halen dünyada en büyük kapasiteli üretim yapan Fransa'nın Rouen şehrinde kurulan 120000 ton/yıl kapasiteli tesislerin yanında Almanya ve İsveç başta olmak üzere Avrupa'nın birçok ülkesinde biyodizel üretim tesisleri kurulmaya başlandı. Çek Cumhuriyeti oluşturduğu üretim programını bitirerek 16 tesisle dünyada en çok tesise sahip olan ülke konumuna ulaştı. Uluslararası Enerji Ajansı tarafından organize edilen ve "Avusturya Biyoyakıtlar Enstitüsü" tarafından bitirilen 1998 tarihli raporda, dünyada 21 ülkenin biyodizel üretimi yaptığı belirlenmiştir (Karaosmanoğlu, F. 2004).

Biyodizel endüstrisinin oluşmasını sağlayan Avrupa ülkelerinin yanında son yıllarda ABD'de büyük gelişmeler olmaktadır. Griffin Industries firması tarafından Kentucky'de kurulan dünyanın en modern tesisi, MFS- Biyodizel Tesisi, bu oluşumda önemli bir yere sahiptir. 1999 yılı sonrasında Avrupa Komisyonu'nun endüstriyel tarım ürünlerinin ekiminde yağlı tohumların payını % 10 arttırması biyodizel üreticileri için ışık olmuştur. Bu yeniliğin bir sonucu da Almanya'da gözlenmektedir. Bugün 90 000 ton/yıl olan biyodizel üretiminin bu karar sonucunda, çoğunluğu Doğu Almanya'da gerçekleşecek şekilde 2003 yılı sonunda 1 000 000 ton/yıl değerine ulaşmıştır. 1973'ten beri biyodizel için dünya genelinde ön plana çıkan gelişmeler şunlardır:

- 1978-1988 : Soya yağı kökenli biyodizel (MWM Brezilya).
- 1987-1990 : Palm yağı kökenli biyodizel (Malezya).
- 1991-1992 : Taksi uygulamaları (Freiburg- Almanya).
- 1992- 1993 : Kolza yağı kökenli biyodizel (500 saatlik test- Porsche- Weissach).
- Haziran 1991 : Üretim Leer- Almanya
- 1996'dan beri : VW firmasının biyodizeli kabulü ve Avusturya, İsveç ve Almanya'da 300 000 taşıtta B100 kullanımı.
- 1995'den beri : Fransa'da 10-15 milyon taşıtta EN 590 dizele biyodizel katkısı (B02) (Karaosmanoğlu, F. 2004).

Almanya bitkisel yağların alternatif dizel yakıtı olarak değerlendirilmesi konusunda önemli çalışmaların önderliğini yapmaktadır. Devlet destekli büyük projeler, uluslararası üne sahip otomobil fabrikalarının gerçekleştirdiği uygulamalar oldukça önemli sonuçlar vermiştir (Oğuz, H. 2004).

Scharmer (1991), dizel yakıtına alternatif olarak, bitkisel yağ metil esteri (biyodizel) ve özel motorlar için doğal dizel üretim yöntemlerini sunmuştur. Araştırmacı aynı zamanda biyodizelin ekonomik analizini yaparak, kanola yağı metil esterinin (RME) madeni yağ vergisi kapsamına girmediğinden, dünya bitkisel yağ piyasasına 0.80 DM/L fiyatından verilebileceğini ve bu fiyatla 1.16 DM/L olan dizel yakıtına rakip olabileceğini belirtmiştir.

İtalya'da endüstriyel ölçüde üretilmeye başlayan kolza, soya veya ayçiçek yağı metil esteri ilk biyoyakıttır. Diesel-bi adı ile üretilip 19 Ağustos 1991 tarihinden itibaren İsviçre'de Zürih şehri belediye otobüslerinde kullanılmakta olan bu yakıt aynı zamanda çevre kirliliği testleri de uygulanmaktadır. Aynı yakıt İtalya, Almanya, Fransa ve Avusturya'da da çeşitli tip dizel motorlu taşıtlarda denenmekte ayrıca

Milano-İtalya'da bulunan Montedisan Holding genel müdürlük binası bu yakıt ile ısıtılmaktadır (Işığigür 1992).

Işığigür (1992), deneme amaçlı aspir bitkisi yetiştirmiş ve bu bitkiden elde edilen yağın viskozitesini seyreltme ve transesterifikasyon yöntemleri ile düşürmek suretiyle alternatif dizel yakıt olabileceğini belirtmişlerdir. Motor denemelerini yaparak, emisyon değerlerini tespit etmişlerdir. Motor denemeleri sonucu, motor karakteristik eğrilerinin dizel yakıtı yakın değerlerde iken emisyon değerlerinin daha iyi sonuçlandığını gözlemişlerdir.

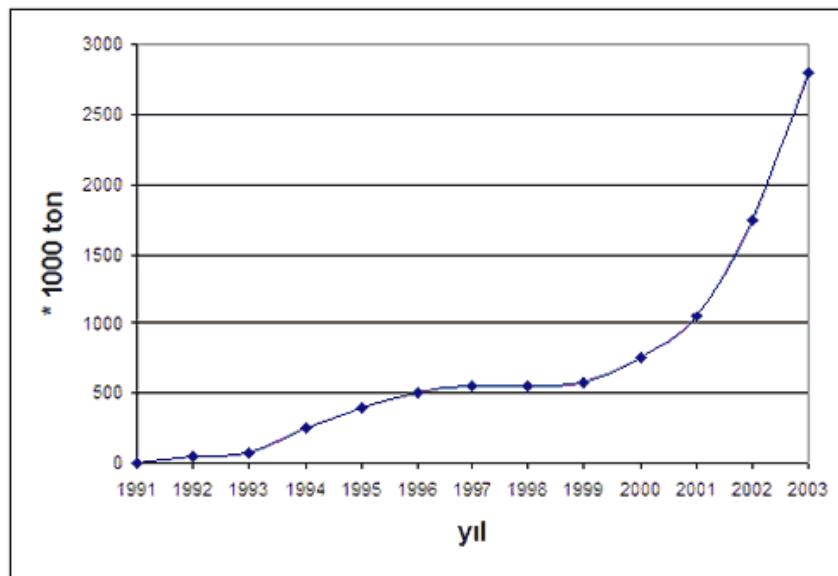
Goodrum (2002), hayvansal yağ atıklarından biyodizel üretimi ve bu biyodizelin petrol kökenli dizel yakıtı katkı karışımı şeklinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla sığır etinden elde edilen donyağı, domuz eti yağı ve kümes hayvanlarından elde edilen yağ gibi çeşitli hayvansal yağların dizel katkı materyali olarak kullanılabilirliğini göstermişlerdir. Yapılan karışımların, dizel yakıt performans değerlerine çok yakın olduğunu gözlemişlerdir.

Çek Cumhuriyeti'nde 2003 yılına kadar 176 adet biyodizel dolun istasyonu açılmıştır. Skoda firması dizel motorlu Skoda Felica 1.9 D ve Skoda Octavia otomobilleri için biyodizel deposu adapte ederek otomobiller üretmiş ve piyasaya çıkarmıştır. Dizel yakıtına % 22 katma değer vergisi uygulamasına karşın biyodizele sadece % 5 katma değer vergisi uygulamış. ve biyodizeli 13 -15 CZK'dan dizel yakıtını ise 20 CZK' dan satmaktadır. (1 € = 30 CZK). Günümüzde biyodizel üretimi artık ticari boyut kazanmış ve üretim miktarları hızla artmaktadır (Oğuz, H. 2004).

Stavarache (2005), bitkisel yağların, küçük moleküllü alkollerle transesterifikasyonunun baz katalizli ortamda, 28-40 kHz gibi düşük frekanslı ultrasonik ses vasıtasıyla gerçekleştirerek, biyodizel elde etmiştir. Ultrasonik ses kullanıldığında reaksiyon zamanının mekanik karıştırmaya göre 10-40 dakika daha kısa olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca kullanılan katalizör miktarının da 2-3 kat düştüğünü gözlemişlerdir. Alkol/yağ oranının da 6/1 şeklinde düştüğü görülmüştür. Küçük moleküllü alkollerle reaksiyonun çok hızlı olduğu, buna karşın sekonder ve tersiyer alkollerle reaksiyonun 60 dakika civarında veya daha uzun olduğu gözlenirken, reaksiyon veriminin % 98-99 civarında olduğunu tespit etmişlerdir.

Türkiye'de alternatif yakıt konusu Cumhuriyetin ilk yıllarında gündeme gelmiştir. 1936 yılında Atatürk'ün hazırlattığı 2. Beş Yıllık Kalkınma Planında yakıtların ithal yolu ile sağlanmaması, ülkenin hammadde kaynaklarından faydalanılması öngörülmüştür. Ancak II. Dünya Savaşı ardından dünya ham petrol üretiminin artması, fiyatların düşmesi konunun ilgi görmemesine neden olmuştur. 1973 yılından sonra petrol fiyatlarındaki artış ve enerji krizleri sonucu bu konu çerçevesinde çeşitli girişimler olmuşsa da dizel yakıt alternatifi olarak bitkisel yağlardan yararlanma konusu ancak çok az sayıdaki bilimsel çalışma ile sınırlı kalmıştır. 2003 yılında Enerji Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt idaresi Genel Müdürlüğü biyodizel konusunda çalışmaya başlamış ve tarlasında biyodizel üretmek maksadı ile aspir yetiştirmektedir. Enerji Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü 200 L/saat kapasiteli bir biyodizel reaktörü yaptırarak biyodizel üretmeye başlamış ve bu reaktörü çeşitli fuarlarda sergileyerek tanıtımlar yapmaktadır (Oğuz, H. 2004).

04.12.2003 kabul tarihli 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanununun 2. maddesi 7. fıkrasında akaryakıtla harmanlanan ürünler: Metil tersiyer bütül eter (MTBE), Etanol vb. yerli tarım ürünlerinden denatüre olarak üretilenler (biyodizel hariç) akaryakıt ile eşdeğer vergiye tabi olan ve olacak ürünleri ifade eder tanımı kullanılmıştır (Anonymous, 2003).



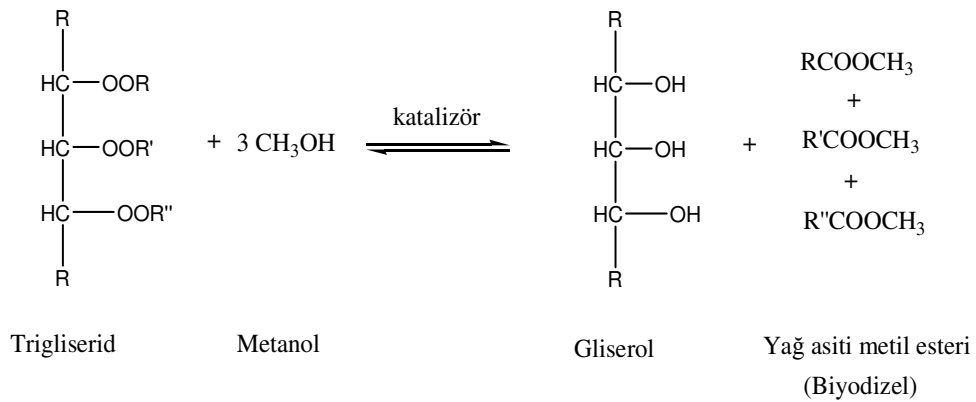
Şekil 2. 1. Biyodizelin 1991- 2003 Yılları Arasında Dünya'da Üretim Miktarları (Austrian Biofuels Institute)

Yaşanan petrol sıkıntıları bitkisel yağların dizel motorlar için yakıt alternatifi olabilirliğini yeniden gündeme getirmiş ve böylece yağların hangi kimyasal ve fiziksel özellikleri ile dizel motorlarında daha sorunsuz kullanılabileceği konusu araştırılmıştır. Kimyasal yapı olarak uzun, dallanmış ve tek çift bağ içeren yağ asidi esterlerinin dizel motorları için uygun yakıt olabileceği, artan doymamışlığın setan sayısını olumsuz yönde etkilediği ortaya konulmuştur. Bunun yanı sıra viskozitenin

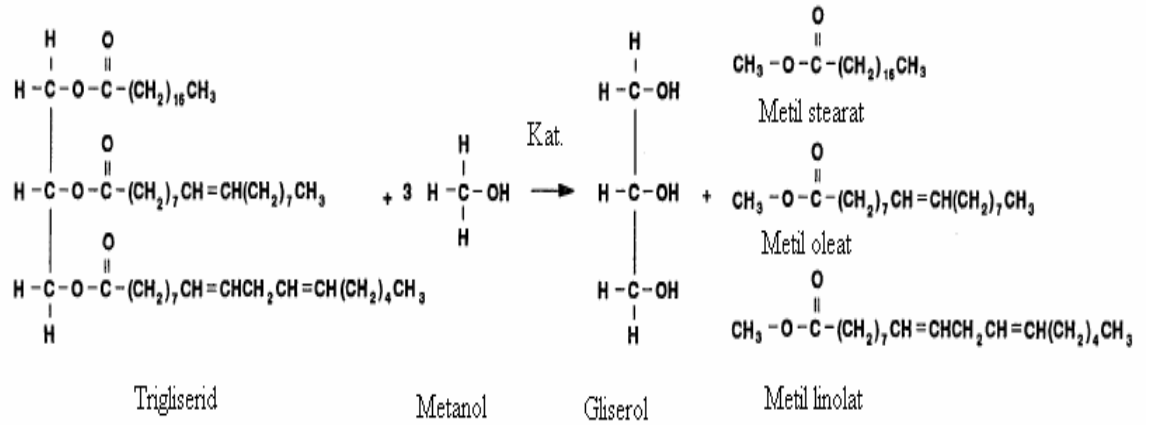
karbon zinciri uzunluğu ile orantılı olarak arttığı yağ asidindeki doymamışlığın artışı ile de azaldığı bilinmektedir. Yüksek oleik ve yüksek linoleik bitkisel yağlarının her ikisi de dizel yakıtı alternatifi olabilme özelliğine sahip görünmektedir (Işığür 1982, Schmidt ve Gerpen 1996, Ikwuagwu ve ark 2000, Vita et al. 2000).

2. 1. Biyodizel Nedir?

Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir, gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir.



Şekil 2. 2. Trigliserid (yağ)'ın Metanol ile Katalizör Esterleşme Reaksiyonu



Şekil 2. 3. Yukarıdaki reaksiyon denkleminde yağın yapısında bulunan stearik, oleik ve linoleik yağ asitlerinin metil esterine dönüşümü açık olarak gösterilmiştir (Ali, 1995).

Biyodizel petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizelle karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir.

Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları herhangi bir dizel motoruna, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir.

2. 2. Biyodizelin Genel Kullanım Özellikleri

Biyodizel orta uzunlukta C₁₆-C₁₈ yağ asidi zincirlerini içeren metil veya etil ester tipi bir yakıttır. Oksijene zincir yapısı biyodizeli, petrol kökenli dizelden ayırır. Biyodizelin genel kullanım özellikleri aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir (Karaosmanoğlu, F. 2004):

- Çevre dostu
- Yenilenebilir hammaddelerden elde edilebilen
- Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilebilen

- Anti-toksik etkili
- Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozunabilen
- Kanserojenik madde ve kükürt içermeyen
- Yüksek alevlenme noktası ile kolay depolanabilir, taşınabilir ve kullanılabilir
- Yağlayıcılık özelliği mükemmel
- Motor ömrünü uzatan
- Motor karakteristik değerlerinde iyileşme sağlayan
- Kara ve deniz taşımacılığında kullanılabilen
- Isıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygun
- Stratejik özelliklere sahip
- Mevcut dizel motorlarında hiçbir tasarım değişikliği gerektirmeden kullanılabilen
- Ticari başarıyı yakalamış bir yeşil yakıttır.

2. 2. 1. Biyodizel Standartları

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

- B5 : % 5 Biyodizel+ %95 Dizel
- B20 : % 20 Biyodizel+ %80 Dizel
- B50 : % 50 Biyodizel+ %50 Dizel
- B100 : %100 Biyodizel

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

Ek -1 de çeşitli ülkelerde uygulanmakta olan dizel ve biyodizel standartları verilmiştir.

Biyodizelin doğada bozunabilirliği, toksik etkileri, depolanması, soğukta akış özellikleri ve motor yakıtı özelliklerine genel olarak değinecek olursak (Karaosmanoğlu, F. 2004) ;

2. 2. 2. Biyobozunabilirlik

Biyodizeli oluşturan C₁₆-C₁₈ metil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozunur, 10.000 mg/l'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suya bırakıldığında biyodizelin 28 günde % 95'i, dizel yakıtın ise %40'ı bozunabilmektedir. Biyodizelin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir.

2. 2. 3. Toksik Etki

Biyodizelin olumsuz bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Biyodizel için ağızdan alınmada öldürücü doz 17.4 g biyodizel/kg vücut ağırlığı şeklindedir. Sofra tuzu için bu değer 1.75g tuz/kg vücut ağırlığı olup, tuz biyodizelden 10 kat daha yüksek öldürücü etkiye sahiptir. İnsanlar üzerinde yapılan elle temas testleri biyodizelin ciltte %4'lük sabun çözeltilisinden daha az toksik etkisi olduğunu göstermiştir. Biyodizel toksik olmamasına karşın, biyodizel ve biyodizel-dizel karışımlarının kullanımında; dizel için zorunlu olan standart koşulların (göz koruyucular, havalandırma sistemi v.b.) kullanılması önerilmektedir.

2. 2. 4. Depolama

Dizel için gerekli depolama yöntem ve kuralları biyodizel için de geçerlidir. Biyodizel temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan

kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen seçilebilir. Depolama, taşıma ve motor malzemelerinde bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı sakıncalıdır; çünkü biyodizel bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyodizelle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir.

2. 2. 5. Soğukta Akış Özellikleri

Biyodizel ve biyodizel-dizel karışımları, dizelden daha yüksek akma ve bulutlanma noktasına sahiptir; bu durum yakıtların soğukta kullanımında sorun çıkarır. Akma ve bulutlanma noktaları uygun katkı maddeleri (anti-jel maddeleri) kullanımı ile düşürülebilmektedir. Biyodizel-dizel karışımları 4°C üzerinde harmanlama ile hazırlanmalıdır. Soğukta harmanlamada biyodizelin dizel üzerine eklenmesi, sıcakta harmanlama da ise karışımda daha fazla olan kısmın az kısım üzerine eklenmesi önerilmektedir. Eğer harmanda soğumaya bağlı olarak kristal yapılar oluşursa, harmanın tekrar normal görünümünü kazanması için bulutlanma noktası üzerine ısıtılması ve karıştırılması gerekmektedir.

2. 2. 6. Motor Yakıtı Özellikleri

Biyodizelin ısı değeri dizelin ısı değerine oldukça yakın değerde olup, biyodizelin setan sayısı dizelin setan sayısından daha yüksektir. Biyodizel kullanımı ile dizele yakın özgül yakıt tüketimi, güç ve moment değerleri elde edilirken, motor daha az vuruntulu çalışmaktadır. Biyodizel motoru güç azaltıcı birikintilerden temizleme ve dizelden çok daha iyi yağlayıcılık özelliklerine sahiptir. Tablo 2. 1'de çeşitli firmalarının biyodizel için verdikleri garanti bilgileri sunulmaktadır.

Tablo 2. 1. Çeşitli Firmaların Biyomotorin İçin Garanti Bilgileri (Körbitz, 2002)

FİRMALAR	TAŞITLAR
Audi	Otomobiller : Tüm TDI Modelleri – 1996'dan beri
BMW	Otomobiller : Model 525 tds-1997'den beri
Ford AG	Traktörler : Yeni modeller için
Holder	Traktörler : Yeni modeller için
John Deere	Traktörler : 3000 ve 5000 Serileri
John Deere	Traktörler- 1987'den beri
Lamborghini	Traktörler : 1000 Serisi
Mercedes-Benz	Otomobiller : C , E 220, C 200 ve 220 CDI Serileri
Mercedes-Benz	Kamyon, Otobüs : BR 300, 400, Unimog Serileri-1988'den
Seat	Otomobiller : Tüm TDI Serisi- 1996'dan beri
Skoda	Otomobiller : Tüm TDI-Serisi- 1996'dan beri
Volkswagen	Otomobiller : Tüm TDI Serisi- 1996'dan beri
Volkswagen	Otomobiller : Tüm yeni SDI Serisi (EURO-3)
Volvo	Otomobiller : S80-D, S70-TDI ve V70-TDI Serileri

2. 3. Biyodizelin Diğer Yakıt Türlerine Göre Üstünlükleri

Biyodizelin diğer dizel (motorin veya mazot), fueloil gibi yakıt türlerine göre gözlenen üstünlükleri genel olarak aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bir ülkenin dışa bağımlı olmadan üretebileceği bir yakıttır.
- Hayvansal ve bitkisel yağlardan elde edilebilir.
- Tarımsal sanayinin güçlenmesini sağlar ve kırsal alandan göçü azaltır.
- Üretimi kolaydır ve nitrojen tutma özelliği fertilize ihtiyacını azaltır.
- Zehirli atık içermez.
- Bakterilerle ayrışabilir, sülfürsüzdür.
- Şeker gibi doğada hızlı ve güvenli çözünür, mazotla karıştırılarak kullanıldığında karışımın çözülümünü hızlandırır.
- Egzoz duman gazlarını azaltır.

- Saf veya karışım olarak kullanıldığında kokusu mazotunkinden daha iyidir.
- Yenilenebilir ve çevreci bir yakıttır.
- Dizel yakıt yerine doğrudan kullanılabilir.
- Atıkları gübre ve yem olabilir, doğaya zarar vermez (Gürleyük ve Akpınar).

2. 4. Biyodizelin Emisyonları

Tablo 2.2'de B100 ve B20 emisyonlarının (Life Cycle Emissions) dizel emisyonları ile karşılaştırılması verilmektedir. Biyodizel ve dizel- biyodizel karışımı kullanımı ile CO, PM, HF, SO_x, ve CH₄ emisyonlarında azalma, NO_x, HCl ve HC emisyonlarında ise artma görülmektedir. Biyodizel biyolojik karbon döngüsü içinde fotosentez ile karbondioksiti dönüştürür, karbon döngüsünü hızlandırır, ayrıca sera etkisini arttırıcı yönde etkisi yoktur (Karaosmanoğlu, F. 2004).

Sera gazları içinde büyük bir pay sahibi olan CO₂ dünyanın en önemli çevre sorunu olan küresel ısınmaya neden olmaktadır ve yanma sonucu ortaya çıkan bir emisyondur. Yine yanma sonucu açığa çıkan ve sera gazları arasında yer alan CO, SO_x, NO_x emisyonları insan sağlığına da zararlıdır.

Biyodizel emisyonları incelendiğinde, CO, SO_x emisyonlarının, partikül madde ve yanmamış hidrokarbonların (HC) daha az salındığı görülmüştür. Biyodizelin NO_x emisyonları da dizel yakıtı göre daha fazladır. Emisyon miktarı motorun biyodizel yakıtı uygunluğuna bağlı olarak değişir. NO_x emisyonlarının %14,7 oranına kadar arttığı test edilmiştir. Bununla birlikte biyodizel kükürt içermez. Bu yüzden NO_x kontrol teknolojileri biyodizel yakıtı kullanan sistemlere uygulanabilir. Konvansiyonel dizel yakıtı kükürt içerdiği için NO_x kontrol teknolojilerine uygun değildir. Ozon tabakasına olan olumsuz etkiler biyodizel

kullanımında dizel yakıtı nazaran % 50 daha azdır. Asit yağmurlarına neden olan kükürt bileşenleri biyodizel yakıtlarda yok denecek kadar azdır. Biyodizel yakıtlarının yanması sonucu ortaya çıkan CO (zehirli gaz) oranı dizel yakıtların yanması sonucu oluşan CO oranından %46 daha azdır (Peterson et al., 1995).

Saf biyodizel (B100) ve %20 oranında (B20) biyodizel kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek emisyon değerlerinin dizel yakıtlarla karşılaştırmalı değerleri Tablo 2.2'de verilmektedir. Ayrıca, biyodizelin sudaki canlılara karşı herhangi bir toksik etkisi yoktur. Buna karşılık 1 litre ham petrol 1 milyon litre içme suyunun kirlenmesine neden olabilmektedir (E.İ.E. 2005).

HCl ve HF emisyonları motorin ve biyomotorin için oldukça düşük seviyede ve kömür emisyonlarından çok daha düşük değerde olup, çevre için asit tehlikesi oluşturmazlar (Karaosmanoğlu, F. 2004).

Tablo 2. 2. Biyomotorin ve Motorinin Emisyonlarının Karşılaştırılması

EMİSYONLAR	B20	B100
CO: Karbonmonoksit	-6.90%	-34.50%
PM: Partikül Madde	-6.48%	-32.41%
HF: Hidroflorik Asit	-3.10%	-15.51%
SO x : Kükürt Oksitler	-1.61%	-8.03%
CH 4 : Metan	-0.51%	-2.57%
NO x : Azot Oksitler	2.67%	13.35%
HCl: Hidroklorik Asit	2.71%	13.54%
HC: Hidrokarbonlar	7.19%	35.96%

Biyodizelin HC emisyonu, dizelininkinden yüksektir. Bu değer biyodizel üretim süreç aşamalarından (yağlı tohumun ziraati ve işlenmesi) kaynaklanmaktadır. Ancak biyodizel, dizelden daha düşük HC egzoz gazı emisyonu vermektedir. Egzoz gazı emisyonu yönünden incelendiğinde CO, HC, SO_x, PM (Partikül Madde) emisyonlarının dizelden daha az, NO_x emisyonlarının ise fazla olduğu görülmektedir. NO_x emisyonu katalitik konvertör kullanımı ile azaltılabilir.

2. 5. Biyodizelin Dizel Motorları Dışında Kullanımı

Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel taşıt motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Biyodizel bu nedenle, “Acil Durum Yakıtı” ve “Askeri Stratejik Yakıt” şeklinde adlandırılabilir. Biyodizel: jeneratör yakıtı ve kalorifer yakıtı olarak da değerlendirilebilir.

Kükürt içermeyen biyodizel seralar için mükemmel bir yakıt olabilir. Ayrıca gıda kurutulmasında da başarı ile kullanılabilir.

Biyodizel kullanıldığı zaman; başta karbon monoksit, hidrokarbon, partikül madde ve hava toksin emisyonlarında önemli azalmalar, sağlık için fevkalade zararlı olan PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon) emisyonunda çok önemli düşüşler olmaktadır. Sülfat emisyonu sıfırlanmaktadır. Dizel yerine % 100 ve % 20 biyodizel dizele ilave kullanıldığı zaman egzozdan atılan karbon monoksit, partikül hidrokarbon, toksin maddeler, sülfat, PAH gibi kirletici emisyonları önemli miktarda azalmaktadır. Biyodizel kullanımı arttıkça, solduğumuz havadaki zararlı maddelerin

ciddi miktarlarda düşeceği ve böylece hava kirliliği oranının düşmesine ciddi katkı sağlayacağı aşıkardır (Kürüm O. 2006).

Her bir ton biyodizel kullanılması halinde üç ton karbondioksit emisyonu azalır. Bitkisel ve hayvansal yağlardan (atık yağlar dahil) Batı Avrupa’da 44 (9 adeti İtalya’da), Doğu Avrupa’da 29 (17 adeti Çek Cumhuriyetinde) Kuzey Amerika’da ise 8 adet biyodizel üretim tesisi bulunmaktadır (N.A. Akgün, Y.K Kalpaklı, N. Özkara)

Tablo 2. 3. Çeşitli Ülkelerin Biyodizel Tesis Sayıları ve Toplam Kapasiteleri

Ülkeler	Tesis Sayısı	Toplam Kapasitesi (1000 ton)	Kullanılmış Bitkisel Yağ
Avusturya	11	56.2-60	Kullanılıyor
Belçika	3	241	
Kanada	1		
Çekoslovakya	17	42.5-45	Kullanılıyor
Danimarka	3	32	
Fransa	7	38.1	
Almanya	8	207	
Macaristan	17	18.8	
İrlanda	9	5	Kullanılıyor
İtalya	9	779	Ayçiçeği yağı
Nikaragua	1		Jatropha
Slovakya	10	50.5-51.5	
İspanya	1	0.5	
İsveç	3	75	
İsviçre	1	2	
İngiltere	1		
A.B.D	40	190	Kullanılıyor
Yugoslavya	2	5	

2. 6. Biyodizel Konusunda Dünyadaki Teşvik ve Destek Uygulamaları

Dünyadaki pek çok ülke özellikle gelişmiş ülkeler enerji politikaları gereği yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım paylarını artırma çabasındadırlar. Bu nedenle teşvik ve destek programları yasalarla belirlenmiştir. Avusturya, Fransa, Almanya, İtalya, İrlanda, Norveç, İsveç, Polonya, Slovakya ve Çek Cumhuriyeti'nde, biyodizel yasal olarak vergiden muaftır. Çeşitli ülkelerdeki biyodizel teşvik ve destek uygulamaları (E.İ.E. 2005);

ABD: Değişik programlarla biyodizel üretimi ve tüketimini desteklenmektedir. Teşvikler üretim maliyetlerini düşürmeyi amaçlamaktadır. Teşvik uygulamalarından bazıları biyoenerji tüketici kredi programı, hava kalitesi geliştirme programı ve temiz yakıt altyapısı için vergi indirimi programıdır. Bunun için teşvikler uygulamaktadır. Biyodizel teşvikleri ABD'de eyaletler bazında da değişmektedir. Yasal olarak taşıt filolarının alternatif yakıtlarla çalışması için düzenlemeler mevcuttur.

Almanya: Yasal olarak %100 biyodizel kullanımı mümkündür. Biyodizel tüketim vergilerinden muaftır. Biyodizel için vergi kredileri uygulanmaktadır. Bu muafiyet saf biyodizel ve karışım biyodizel için de geçerlidir.

Fransa: Biyodizel için litre başına 0,35 Euro vergi teşviği uygulanmaktadır. Petrol rafinerilerinde % 5'e kadar karışımlara izin verilmektedir.

İtalya: 125 000 tona kadar yıllık kapasitesi olan tesislere belirli süreler için vergi muafiyetleri uygulanmaktadır. Biyodizel genelde ev ısıtma yakıtı olarak kullanılmaktadır.

Belçika: %100 kullanımına izin verilmiştir. Bazı deneysel projeler için vergi teşviği uygulanmaktadır.

Finlandiya: Vergi teşviği uygulanmaktadır.

Yunanistan ve Bulgaristan: Biyodizelden vergi alınmamakta ve teşvik verilmemektedir.

İspanya: Deneysel projelerde kullanılan biyodizele vergi indirimi yapılmaktadır ancak finansal destek verilmemektedir.

Avusturya: Yenilenebilir ham maddelerden vergi alınmamaktadır. %100 biyodizel kullanımına izin verilmiştir ve vergi muafiyeti vardır.

İngiltere: Bazı bölgeleri hariç vergiden muaftır.

Türkiye'deki teşvikler ise daha çok tarımsal teşvikler şeklinde görülmekte, biyodizel üretimini teşvik edici özel düzenlemeler yer almadığı gibi, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) ve Bakanlar kurulu kararlarının paralel çalışmalarına bağlı olarak değişik kararlar alınabilmekte, henüz ciddi bir yatırım teşviği görülmemektedir. Bunda ülkenin petrole olan ekonomik bağımlılığı önemli bir etkendir.

Dünya Bankası ile TC. 57. Hükümeti tarafından imzalanan "Tarımsal Reform ve Uygulama Projesi (ARİP)", dört alt bileşenden oluşmaktadır.

- a) Doğrudan gelir desteği projesi
- b) Alternatif ürün projesi
- c) Tarım Satış Kooperatiflerinin yeniden yapılandırılması
- d) Proje destek ve tanıtım hizmetleri

Reform programının amaçları, mevcut destekleme politikalarını ortadan kaldırarak doğrudan gelir desteğine geçmek, reform süreci içinde; girdi desteği ve sübvansiyonlu kredi desteği kaldırılarak, tarımsal KİT'lerin küçültülmesi ve/veya özelleştirilmesini sağlayacak tüm tedbirleri almak, alternatif ürün projesi ile arz fazlası olan tütün ve fındık üreticilerinin faaliyet alanlarının, arz açığı olan ürünlere kaydırılmasını sağlamaktır (E.İ.E. 2005).

Dünya Bankası ile yapılan anlaşmaya göre alternatif ürün projesi için toplam 161.6 milyon dolarlık kaynak ayrılmıştır. Bunun 146 milyon dolarlık kısmının, fındık alanlarının daraltılması, 15,6 milyon dolarlık kısmının ise tütün ekim alanlarının daraltılması amacı ile kullanılması planlanmıştır. Proje ile fındık ocağını söken ve tütün üretiminden vazgeçen üreticilere, bu alanda üretmeyi istedikleri ürünlerin girdilerini ve alternatif ürün üretmeleri nedeniyle uğrayacakları maddi kayıplarını karşılamak üzere destek verilmesi planlanmıştır. .

Üretim fazlalığı nedeniyle 5 yılda sökümü yapılacak olan alan 100 bin hektardır. Alternatif ürün projesi kapsamında Artvin, Bartın, Giresun, Düzce, Kastamonu, Kocaeli, Ordu, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Trabzon ve Zonguldak illerinde fındık üretilen alanlarda uygulanarak bu illerdeki fındık üretiminin azaltılması amaçlanmaktadır.

Fındık ocağını söken çiftçilere alternatif olarak ise; tek yıllık bitkilerden ayçiçeği, mısır, silajlık mısır, açıkta sebze, örtü altı sebze, soya fasulyesi, kolza, fiğ,

çok yıllık bitki olarak da; üzümü meyve, çilek, kivi, yonca, kuşburnu, süs çalıları, sarımsak, aromatik ve tıbbi bitkiler yöresinin ekolojik ve iklimsel özelliklerine göre önerilmektedir.

14 Mayıs 2003 tarih ve 25108 sayılı tebliğ uygulamada görev alan kurum ve kuruluşların belirlenmesi, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde; Adıyaman, Bingöl, Batman, Bitlis, Diyarbakır, Hakkari, Malatya, Mardin, Muş, Siirt ve Van illerinde tütün üretimiyle iştigal eden ve alternatif ürün yetiştirmeyi tercih eden üreticilerin desteklenmesine dair kararın uygulanmasına ilişkin hususları içerir. Proje kapsamındaki illerde alternatif ürün projesinin 36 bin hektarlık bir alanda uygulanması kararlaştırılmış daha sonra bu alan 23 bin hektara indirilmiştir. Program kapsamındaki illerde, tütün üretiminden vazgeçerek alternatif ürün ekimi/dikimi tercih eden üreticilere yapılacak ödemeler ve program kapsamında yapılacak diğer ödemeler için gerekli finansman uluslararası finans kuruluşlarından sağlanan kaynaklardan ve/veya bütçenin ilgili harcama kalemlerinden karşılanır.

Proje ile tütün ekmekten vazgeçen üreticilere, dekara ödenecek miktar 46 dolar olarak tespit edilmiş daha sonra bu miktar 80 dolar'a çıkarılmıştır. Tütün üretiminden vazgeçen çiftçiler için alternatif olabilecek bitkiler: Buğday, ayçiçeği, kanola, nohut, kırmızı mercimek, pamuk, fiğ, korunga, bağ, geleneksel meyveler, sebze, aromatik ve tıbbi bitkiler ve organik tarımsal ürünler olarak belirlenmiştir.

14 Mayıs 2003 tarih ve 25108 sayılı tebliğ'de Telafi Edici Ödemelere Esas illerde 2002 yılında şeker pancarı üretimi yapan ancak 2003 yılında pancar üretim kotalarının daraltılmasıyla 2003 yılı münavebe sahalarında alternatif ürün olarak

mısır, ayçiçeği, soya fasulyesi ve yem bitkisi yetiştirmeyi tercih eden üreticilere bir defaya mahsus olmak üzere yapılacak telafi edici ödemeye dair kararın uygulanmasına ilişkin hususlar düzenlenmiştir (E.İ.E. 2005).

30 Nisan 25094 sayılı tebliğ, 25.10.2002 tarih ve 24917 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 2002 yılı ürünü Kütlü pamuk, yağlık Ayçiçeği, Soya fasulyesi, Kanola ve Zeytinyağı üreticilerine destekleme primi ödenmesine dair 2002/4842 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı esas alınarak hazırlanmıştır (E.İ.E. 2005).

Bu yetki çerçevesinde; 2002 yılı ürünü yağlık ayçiçeği, soya fasulyesi ve kanolanın destekleme primi ödemelerine esas olmak üzere uygulanacak prim tutarı kilogram başına yağlık ayçiçeği için 85 000 TL. , soya fasulyesi için 100 000 TL., kanola için 90 000 TL. olarak belirlenmiştir. Ayrıca sertifikalı sınıfta tohumluk kullanmak suretiyle soya fasulyesi üretimi yapan ve bu durumu belgelendiren üreticilere, ürüne verilecek prim miktarının % 10'u fazla ödeme yapılacaktır.

Kararname uyarınca destekleme primi, 2003 Mali Yılı Bütçesi'ne konulan ödenekten karşılanacaktır. Yağlık ayçiçeğinde; yağ sanayi işletmelerine satış yapılması veya ham yağ olarak işlenmesi koşuluyla tüccar alımları da destekleme primi uygulaması kapsamına alınmıştır. Soya fasulyesi ve Kanola'da; yem sanayi, yağ sanayi ve gıda sanayi işletmelerine satış yapılması koşuluyla tüccar alımları da destekleme primi kapsamına alınmıştır.

Sertifikalı soya fasulyesi tohumu ile üretim yapan üreticilere destekleme prim ödemesi yapılırken, üreticinin hem sertifikalı hem de sertifikasız tohumluk kullandığı durumlarda kullanılan tohumluk miktarına paralel olarak üretim hesaplanır, bu

durumda sadece sertifikalı tohumluk kullanılarak gerçekleştirilen üretime ilave destekleme primi verilir. Kanola'da ise sertifikalı tohumluk kullanma şartı aranır.

2. 7. Fiyat Gelişimi

Biyodizel üretim maliyeti yüksek olan bir yakıttır. Yağlı bitki tohumundan üretim yapan tesislerde biyodizel maliyetindeki en büyük pay tohuma aittir. Atık yağı hammadde olarak kullanan işletmelerde üretim maliyeti göreceli olarak daha azdır.

Üretim maliyetini düşüren unsurlar üretim sırasında elde edilen yan ürünlerin (küspe ve gliserin) değerlendirilmesidir. Özellikle gliserin biyodizel üretim maliyetini belirleyen ve tesisin mali faydasını direkt etkileyen bir yan üründür. Gliserinin saflaştırılarak pazarlanması işletmenin kar marjını artırır. Ayrıca saflaştırma sırasında elde edilen gübrenin de ekonomik değeri vardır.

ABD' de biyodizel galon satış fiyatı 2 \$, Finlandiya'da 0,025 Euro/litre, Fransa'da 0,3 Euro (2 FF) olup, bu fiyatın 2005 yılında 0,15 Euro değerine indirilmesi planlanmıştır (E.İ.E. 2005).

2. 8. Pazarı Etkileyen Faktörler

Biyodizel pazarını etkileyen en önemli faktör biyodizel üretim maliyetinin yüksek olmasıdır.

Gelişmiş ülkelerin pek çoğunda vergi indirimleriyle kullanımı ve üretimi teşvik edilen biyodizel çevre bilinci gelişmiş ülkelerde teşviksiz de

kullanılabilmektedir. Amerika'nın bazı eyaletlerinde fiyatının dizele göre pahalı olmasına rağmen bilinçli tüketici tarafından kullanılmaktadır.

Ancak Türkiye gelişmekte olan bir ülkedir ve ekonomik sorunlarını çözümlenmemiş bir ülkedir. Bu nedenle Türkiye'de biyodizel ancak dizel yakıtından daha düşük fiyata satılması durumunda yakıt piyasasında kendine yer bulabilir ve kullanımı yaygınlaşabilir. Bunun yanısıra ısıl performansının dizel yakıta nazaran daha düşük olması nedeniyle tüketici haklarının korunarak biyodizel birim fiyatının dizel birim fiyatına nazaran en az % 8,2 oranında daha düşük olarak satılması gereklidir. Bu oranının üzerindeki değerler biyodizel kullanımı teşvik eden değerlerdir (E.İ.E. 2005).

Ülkemizde, ekonomik gelişime bağlı olarak, ithal yağlardan biyodizel üretiminde fiyat gelişimini engelleyici unsurlar ön plana çıkmaktadır. Özellikle, ithal yağ ve alkoldeki vergiler, katma değer vergisi (%18 KDV) ve özel tüketim vergisi (%25 ÖTV), diğer ülkelerdeki teşviklere ve fiyat politikasının gelişimine ciddi bir şekilde gölge düşürmektedir. Diğer ülkelere göre biyodizel ülkemizde %43'den daha pahalı bir fiyat ile üretilmekte, petrol kökenli motorin ile rekabet gücünü yitirmektedir. Ülkemizin coğrafi durumu, biyodizel için gerekli yağın tamamını karşılayacak büyüklükte değildir. Bu durumda biyodizelin hammaddesi olan yağın en ekonomik şekilde elde edilmesi son derece önemlidir. Bu açıdan atıl olan hayvansal yağ kaynaklarının da dikkate alınması gerekmektedir.

Biyodizel birim üretim maliyetinde belirleyici bir faktör yan ürün olarak elde edilen gliserinin ekonomik olarak değerlendirilmesidir. Yan ürün olarak elde edilen gliserin sabun ve kozmetik sanayinde değerlendirilebildiği gibi saflaştırılarak ilaç

sektöründe de kullanılabilir (E.İ.E. 2005). Ne yazık ki, gliserinin patlayıcı madde imalında da kullanılıyor olması nedeniyle, ülkemizde doğrudan saflaştırılması ciddi bir denetime ve özel izinlere tabidir. Bu nedenle gliserin gibi değerli bir yan ürün ekonomik olarak değerlendirilememektedir.

2. 9. Biyodizel Pazarının Üretim, Tüketim Alanları

Biyodizel sanayi ölçekli modern tesislerde üretilebildiği gibi küçük ölçekli evsel üretim tesislerinde de üretilebilmektedir.

Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Biyodizel bu nedenle, "Acil Durum Yakıtı" ve "Askeri Stratejik Yakıt" şeklinde adlandırılabilir. Biyodizelin jeneratör yakıtı ve kalorifer yakıtı olarak da değerlendirilmesi mümkündür.

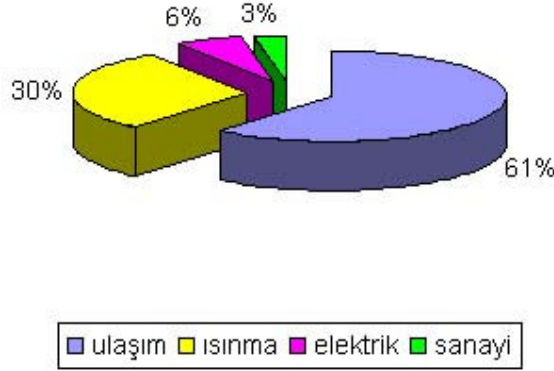
Kükürt içermeyen biyodizel, seralar için mükemmel bir yakıt olabilir. Ayrıca yeraltı madenciliğinde, sanayide (gıda işleme sanayii de dahil) kullanımı önerilmektedir.

Ülkemizde de biyodizel çok soğuk bölgelerimizin dışında dizelin kullanıldığı her alanda kullanılabilir bir yakıttır. Biyodizel ulaştırma sektöründe dizel yakıtı yerine kullanıldığı gibi konut ve sanayi sektörlerinde de fuel oil yerine kullanılabilir bir yakıttır.

2. 9. 1. Ulaştırma Sektörü

Biyodizel, dizel kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya bazı araçlarda küçük modifikasyonlar yapılarak kullanılabilir ve dizelin depolandığı koşullarda ve mekanlarda depolanabilir. Bu özelliği nedeniyle ulaştırma sektöründe kullanımı yaygın olarak gerçekleşmektedir. Gerek tarım makineleri üreticileri gerekse otomobil üretici firmaları biyodizeli yakıt olarak araçlarında kullanma garantisi vermişlerdir.

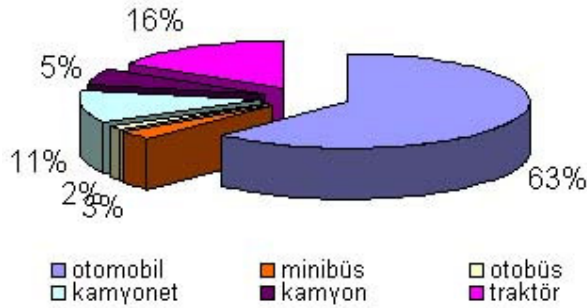
Ülkemizde 2001 yılında sivil dizel yakıt tüketimi 8.763.828 ton olarak gerçekleşmiş ve tüketimin sektörlere göre dağılımı Şekil 2. 4'te verilmiştir.



Şekil 2. 4. Ülkemizdeki Dizel Yakıt Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı

Şekil 2. 4'ten de görüldüğü gibi dizel yakıt tüketiminde en büyük pay % 61 ile ulaştırma sektörüne aittir. Isınma için harcanan dizel 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 2 5'te verilen kara taşıtlarının % 49,37'si dizel yakıtla çalışmaktadır ve ticari araç kategorisindedir.



Şekil 2. 5. Türkiye'deki Kara Taşıtlarının Dağılımı

2. 9. 2 Konut Sektörü

Biyodizel fueloil 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) fueloil ile ısınmaktadır. Bunun yanı sıra konutlarda toplam 144.431 adet elektrik jeneratörü mevcuttur ve jeneratörlerde de biyodizel kullanılabilir.

Konutlarda 1998 yılında tüketilen toplam enerji 21.232.166 ton eşdeğer petrol (TEP) olup, 1.043.398 TEP (% 4,9) enerji fueloil'den karşılanmıştır. Konutlardaki kalorifer kazanlarında tüketilen fueloil miktarı 1998 yılı için 976.825 ton'dur. Biyodizel kullanım potansiyeli ve iklim koşulları itibarıyla biyodizel kullanımına en uygun bölge Marmara Bölgesidir (D.İ.E. 1998).

3. BİYODİZELİN YAKIT ÖZELLİKLERİ

Biyodizelin yakıt özellikleri; viskozite, spesifik gravite, API gravitesi, destilasyon aralığı, setan sayısı, enerji içeriği, flash noktası, su içeriği, sülfür içeriği, erime noktası, bulutlanma noktası, asitlik değeri, karbon kalıntısı, bakır çubuk korozyon testi, kül içeriği, akma noktası olarak sıralanabilir.

Hayvansal ve bitkisel yağların, alkol ile transesterifikasyonu sonucu elde edilen esterlerinin (biyodizel) başlıca öğelerini belirlemede gaz kromatografi analizleri kullanılır. Gaz kromatografi analizleri göstermiştir ki, hayvansal yağ ve esterleri %2-5 myristic asit, %25-30 palmitik asit, %2-4 palmitikoleik asit, %13-15 stearik asit, %45-50 oleik asit ve %5-10 linoleik asit içerir.

Soya yağı ve esterleri ise yaklaşık olarak %10 palmitik asit, %3-5 stearik asit, %20-25 oleik asit, %55-60 linoleik asit ve %7-10 linolenik asit içerir (Ali, 1995)

Tablo 3. 1. Çeşitli Yağlarda Bulunan Yağ Asit Kompozisyonları (Kincs, 1985)

Yağ Asiti	Soya Yağı	Pamuk Yağı	Palm Yağı	Hayvansal Yağ	Hindistan Cevizi Yağı
Lirik	0,1	0,1	0,1	0,1	46,5
Miristik	0,1	0,7	1,0	2,8	19,2
Palmitik	10,2	20,1	42,8	23,3	9,8
Stearik	3,7	2,6	4,5	19,4	3,0
Oleik	22,8	19,2	40,5	42,4	6,9
Linoleik	53,7	55,2	10,1	2,9	2,2
Linolenik	8,6	0,6	0,2	0,9	0,0

Bitkisel ve hayvansal yağlar sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilir. Dizel yakıtla karıştırılabildiği fiziksel ve yakıt özelliklerine sahiptir. Biyodizelin dizel motorlardaki kullanımını viskozite gibi en azından bir fiziksel özellikle sınırlandırılmıştır.

Yağların viskoziteleri dizel yakıtı göre daha yüksektir, ayrıca düşük enerji içeriği, yüksek yoğunluk, karbon kalıntısı, partikül miktarı değişkenleri de farklılık göstermektedir. Yağların bu tip sorunları seyreltme, piroliz, mikroemülsiyon, transesterifikasyon yöntemleriyle giderilebilir.

Transesterifikasyon yağları yakıt olarak kullanmak için uygulanan en yaygın metottur. Bu metot da yağlar gliserol ve yağın metil yada etil esterine dönüştürülür. Bu sayede viskozite dizel yakıtın viskozite değerine indirgenmiş olur, fakat 3-4 birim daha dizel yakıttan yüksek değerdedir.

Ali ve Hanna (1994), hayvansal yağın metil esterini etanolla karıştırarak viskozitesini düşürmeye çalışmışlardır. Bitkisel yağ numunesi üzerinde yapılan yakıt özellikleri belirleme çalışmalarında şu sonuçlar açığa çıkmıştır; Bitkisel yağlar çok viskozdur, oksijene reaktifliği çok fazladır, ayrıca yüksek bulutlanma noktası ve yüksek akma noktasına sahiptirler.

Schwab (1987), soya yağı esterlerinin yakıt özelliklerini belirlemiş ve soya yağının metil, etil, bütil esterlerinin dizel yakıtla aynı sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Ayrıca bu esterlerin dizel yakıttan düşük enerji içeriğinin olduğuna, yüksek kalıntı miktarına, yüksek flash noktasına, yüksek viskozite değerine sahip olduğunu belirlemiştir.

Son yıllarda alternatif dizel yakıtların kalitesini artırma yönünde çalışmalar yapılmaktadır, özellikle yakıt emisyonu üzerinde etkili olan yeni yakıt özellikleri araştırılmaktadır. Bu sayede hava için daha az kirletici etkiye sahip yakıt kullanılabilir, çevresel olarak ta düzelme gözlenebilecektir. Hayvansal ve bitkisel yağların alternatif yakıt olarak dizel motorlarda kullanılması bu yağların fiziksel özelliklerini inceleme gerekliliği getirmiştir. Rafineri, kullanıcılar, saf homojen ürün, yeni formülasyonlar ve ilave edilen katkı maddeleri bu yakıtların fiziksel özellikleri sonucu ortaya çıkar.

Ek 2' de TS EN 14214 Biyodizel Standardı verilmiştir.

3. 1. Etanol-Dizel ve Biyodizel-Dizel Karışımları

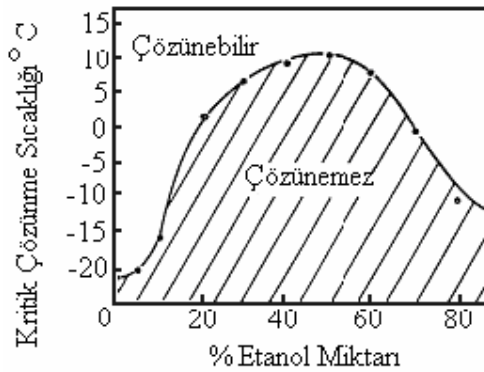
Biyodizel ve etanol, dizel motorlar için yenilenebilir alternatif yakıtlardır ve farklı oranlarda dizel yakıtla karıştırılarak dizel motorlarda kullanılabilirler. Etanol tek bir kimyasal yapıya ve belli özelliklere sahip yakıt olmasına rağmen, biyodizellerin özellikleri elde edildikleri yağın cinsine ve esterleştirme metotlarına bağlı olarak değişmektedir.

Yapılan çalışmalarda etanol ve iki farklı biyodizelin özellikleri dizel yakıt ile karşılaştırılmış, etanol ve biyodizellerin ön yanma odalı turbo dizel bir motorun performans ve emisyonlarına etkileri incelenmiştir.(Usta N. ,Can Ö. ,Öztürk E. 2005)

Kullanılan alternatif yakıtlar CO, is ve SO₂ emisyonlarının azalmasını sağlarken, NOx emisyonunda artışa sebep olmuştur. Etanol ilavesi güçte bir miktar düşmeye sebep olurken, biyodizel ilavesi dizel yakıtla göre çok az oranda güç artışı sağlamıştır. Alkollerin dizel yakıtla eklenmesi ile dizel yakıtın özelliklerinde hem kimyasal hem

de fiziksel bazı değişiklikler olmaktadır. Özellikle setan sayısı, viskozite ve ısıl değer düşmektedir (Henham et al. 1991).

Şekil 3.1’de etanolün, dizel yakıtı içerisinde sıcaklığa göre çözünme yeteneği gösterilmektedir. Ortam sıcaklığı yüksek olduğunda 200 derece (proof) etanol dizel yakıtı içerisinde kolayca çözünebilmektedir, fakat 10°C’nin altında iken faz farkı oluşturmaktadır (Eugene et al., 1984, Hansen et al., 2001).



Şekil 3. 1. Etanol’ün Dizel Yakıtı İçerisinde Sıcaklığa Göre Çözünme Yeteneği (Eugene et al., 1984)

Etanolün karışım şeklinde dizel motorlarda kullanımı az oranlarda (% 5 civarı) etanol ile daha iyi sonuçlar vermektedir (Bilgin et al., 2002). Ancak, karışıma farklı polarizde olan ağır alkoller (C₉-C₁₁, propanol, bütanol v.b.) eklenerek karışımın termodinamik olarak daha kararlı bir karışım olması sağlanabilmektedir (Eugene et al., 1984; Satge de Caro and Moloungui, 2001; Asfar and Hamed, 1998). Bu da emülsiyon tekniği olarak adlandırılmaktadır.

Etanolün aksine biyodizeller dizel yakıt ile iyi bir şekilde karışabilmektedirler ve daha kararlı halde karışım oluşturabilmektedirler. Etanolün ısıl değeri % 35-40 mertebelerinde dizel yakıttan daha düşük olmasına rağmen, biyodizellerin ısıl değerleri yaklaşık olarak % 10-12 oranında dizel yakıttan daha düşüktür. Düşük ısıl

değer motor momenti ve gücünde düşmelere sebep olan önemli bir etkidir (Altın et al., 2001; Nwafor et al., 2000; Bari et al., 2002; Antolin et al., 2002). Bununla birlikte, belirli oranlarda biyodizelin dizel yakıt ile karışımları yapılarak güçte beklenen olası düşüş daha iyi yanma, bir miktar yüksek yoğunluk ve viskozite ile kısmen karşılanabilmektedir.

Dizel yakıtına oksijenli bileşikler olan etanolün ve biyodizelin eklenmesi CO, is ve SO₂ emisyonlarını azaltırken, NO_x emisyonlarını bir miktar artırmıştır. Yapılan çalışmalarda etanol ilavesi ile güçte azalma ve özgül yakıt tüketiminde artış görülürken, biyodizel karışımları ile dizel yakıtı oldukça yakın güç ve özgül yakıt tüketim değerleri elde edilmiştir. Etanol karışımlarına %1 oranında izopropanol ilave edilerek karışımın stabilizesi sağlanmış olmasına rağmen güçteki dikkate değer düşüş ve özgül yakıt tüketimindeki artışın iyileştirilmesi için etanol-dizel karışımlarına setan sayısı iyileştirici katkı maddelerinin ilavesinin gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır (Usta N. ,Can Ö. ,Öztürk E. 2005).

3. 2. Hayvansal Yağ Esteri ve Dizel Yakıt Karışımlarının Fiziksel Özellikleri

Saf hayvansal yağ metil esterleri ve etanol karışımlarının fiziksel özellikleri ester-etanol karışımının viskozitesinin, dizel yakıt viskozitesi ile aynı değerde tutularak belirlenmiştir.

Hayvansal yağ esterleri ve etanolün hacimce %65:35 oranında karışımı dizel yakıtı ile aynı viskozite değerini vermektedir. Karışım dizel yakıtı ile % 0-100 arasında değişen oranlarda karıştırılmış, viskozitesi ve yoğunluğu belirlenmiştir. Sıcaklığın yükselmesiyle karışım viskozitesi düşmektedir.

Petrol tabanlı enerji kaynaklarının fiyatlarındaki değişmeler çalışmaları yeni alternatif enerji kaynakları bulmaya sevk etmiştir. Bununla birlikte petrolde dışa bağımlılık, yakıt emisyonundan kaynaklanan çevresel sorunlar da petrol tabanlı olmayan, yenilenebilir enerji kaynakları arama ve geliştirmeye neden olmuştur.

Bu yakıtları birçok bitkisel ve hayvansal yağlardan elde etmek mümkündür. Alternatif yakıt olarak tabir edilen bu ürünler dizel motorları için uygun bir yakıttır, fakat üzerinde daha yoğun ve geniş bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Başlıca sorun yağların saf olarak kullanılmasının dizel motorların atomizer ve ateşleme kısmında tıkanmalara neden olmasıdır. Yüksek viskoziteli yağlar motorun yanma odasında düzgün olmayan yakıt karışımını ve yetersiz yanma olayını meydana getirmektedir, ayrıca enjektör başlığında tıkanmalara da neden olmaktadır. Diğer bir sorun ise hayvansal yağ esteri oda sıcaklığında katı fazdadır, erime noktası 45°C'dir. Buda otomobil yakıtı olarak direkt kullanılmasını imkansız hale getirmektedir. Yapmamız gereken hayvansal yağı mümkün olan en düşük sıcaklıkta sıvı fazda tutmaktadır. Yapılan çalışmalarda viskozite problemine dört ayrı yönden yaklaşılmıştır;

- 1- Transesterifikasyon
- 2- Seyreltme
- 3- Piroliz
- 4- Mikroemülsiyon

Transesterifikasyon sayesinde yağ, gliserin ve yağın metil yada etil esterine dönüştürülür, bu yöntemle viskozite düşürülür fakat dizel yakıtı göre viskozite hala 3-4 birim yüksektir.

Seyreltme işlemi ise yağı dizel yakıtla karıştırarak yapılır, bu işlemde de viskozite değeri aşağı çekilir, fakat seyreltme oranına bağlı olarak viskozite değişkendir.

Piroliz işlemi üzerinde ise sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bitkisel yağların pirolizi yapılmış enerji gereksinimi ve son üründe sorunlarla karşılaşmıştır. Piroliz sade bir anlatımla uzun karbon yapılarının ısı etkisiyle daha basit yada daha küçük yapılara parçalanması olarak izah edilebilir. Endüstriyel kullanımda termal kraking yada piroliz ifadeleri aynı anlamlarda kullanılmaktadır (Hanna, 1987).

Oda sıcaklığında katı halde bulunan C_{16} daha yukarı karbon sayılı hidrokarbonlar ısı etkisiyle (300- 400 °C) parçalanarak çeşitli boyutlarda yapılar meydana getirirler bu sayede de viskozite değeri düşürülmüş olur. Çünkü viskozite karbon zincirinin uzunluğuyla doğru orantılı olarak artar (Ali, 1995).

Mikroemülsiyon yöntemi ile büyük ölçüde viskozite problemi aşılmış, fakat düşük setan sayısı ve kabul edilebilir miktarın dışında gliserol açığa çıkmıştır, buda tekrar seyrelme işlemini gerekli kılmıştır (Ali,1995). Bitkisel yağların yüksek viskozitesinin azaltılması için metanol, etanol, iyonik ve iyonik olmayan amphiphiles gibi karışmayan sıvılarla çalışılmıştır.

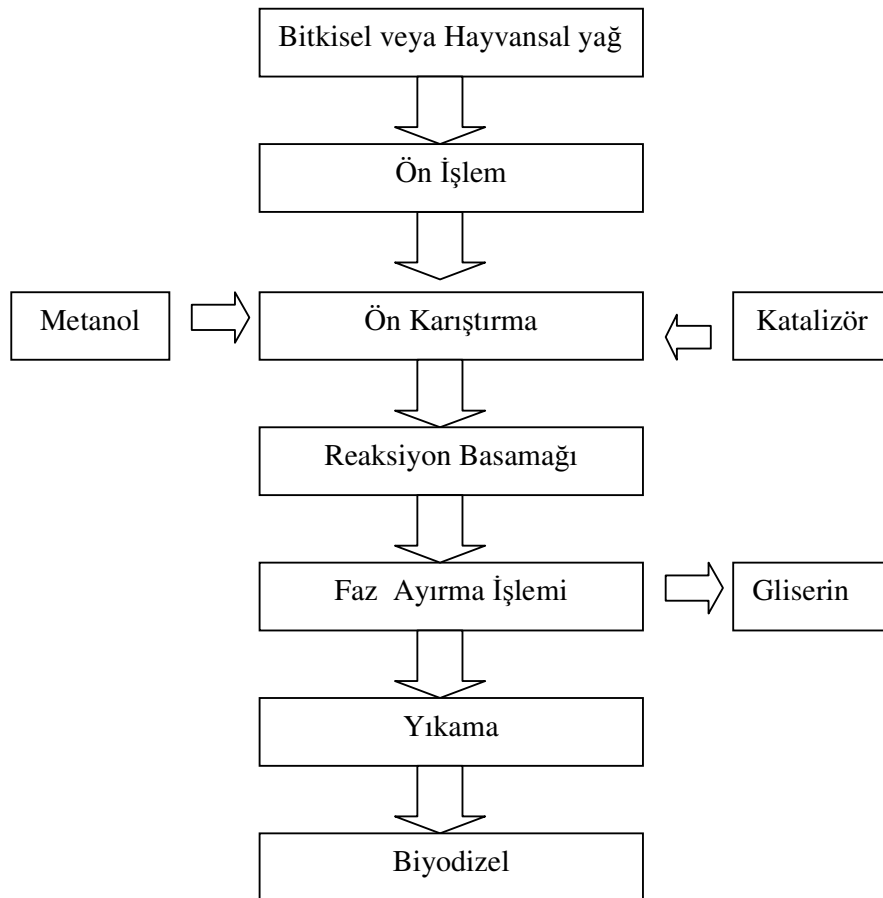
Hayvansal yağı yakıt olarak kullanmak için, dizel motorlara adapte etmek amacıyla hayvansal yağ viskozitesi transesterifikasyon yöntemi yada diğer yakıtlarla karıştırılarak yada her iki yöntemde uygulanarak düşürülmüştür. Bu nedenle çalışmada hayvansal yağ esteri elde edilmiş, elde edilen bu esterin etanol ve dizel

yakıt ile karışımının fiziksel özellikleri belirlenmeye çalışılmış karışımın ve hayvansal yağ esterinin viskozitesi, özgül ağırlığı özellikleri incelenmiştir.

4. BİYODİZEL ÜRETİM YÖNTEMİ

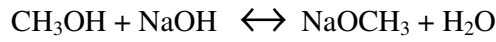
Biyodizel üretiminin çeşitli metotları olmakla birlikte günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon; yağların (bitkisel yağlar, evsel atık yağlar, hayvansal yağlar) uygun bir katalizör eşliğinde alkol (metanol, etanol vb.) ile esterleşme reaksiyonudur.

Tezde hayvansal yağlardan biyodizel üretimi çalışılmıştır. Bu yöntem ile biyodizel üretiminde aşağıdaki işlem basamakları takip edilmektedir.

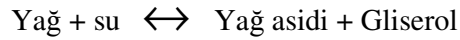
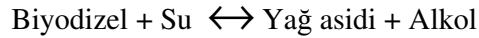


Şekil 4. 1. Biyodizel Üretim Şeması

Hayvansal yağlar da basit reaksiyonlarla biyodizele dönüştürülebilir. Önce bitkisel ve hayvansal yağ içinde bulunması muhtemel katı maddeler filtre edilmelidir. Sonra yağ içinde olması gerekli su ısıtılarak bertaraf edilir. Ortamda su bulunmamalıdır, aşağıdaki reaksiyonda görüleceği gibi ortamda su bulunması halinde yazılı olan denge reaksiyonu tersine hareket ederek metoksit oluşumunu olumsuz etkiler.



Ayrıca alkolde ve yağda da su bulunmamalıdır, aksi halde;



Yukarıdaki izahattan anlaşılacağı üzere reaksiyon ortamında su bulunması halinde hem oluşan biyodizel harcanır hem de yağın kendisi harcanır. Bu da toplam verimi düşürerek biyodizelin oluşumunda ekonomik olumsuzluk meydana getirir.

Biyodizel üretiminde dikkat edilmesi gereken önemli unsurlardan biri de üretimde kullanılacak yağ içindeki serbest yağ asidi miktarıdır, yağın içinde bulunan serbest yağ asidi miktarı da düşük olmalıdır (% 1,5- 2)



Bu reaksiyondan da görüleceği gibi serbest yağ asidi içeriği fazla olursa hem katalizörü harcar, hem biyodizel oluşumunu azaltır. Yani biyodizel yerine sabun

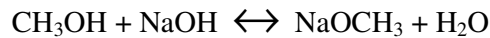
oluşur. Ayrıca bu reaksiyon sonunda oluşan su katalizörü zehirler, yağ asidi oluşturur. Burada oluşan sabun aynı zamanda biyodizel ve gliserol fazlarının ayrılmasını zorlaştırır.

Yapılan çalışmalarda serbest yağ asidi miktarı %1,5- 2'den daha fazlaysa asit giderme işlemi ya da asit katalizör (genellikle HCl, H₂SO₄) kullanılmalıdır. Eğer söz konusu miktar belirtilen oranlardan düşükse alkali katalizör (genellikle NaOH, KOH) eşliğinde reaksiyon gerçekleştirilir.

Asit katalizörler baz katalizörlere göre çok daha yavaş çalışırlar. Örneğin; reaksiyon aynı miktarda asit ve baz katalizör kullanıldığında baz katalizör için 4000 kat daha hızlı gerçekleşir. Baz katalizör kullanıldığında oda sıcaklığı yeterli iken asit katalizör durumunda reaksiyon sıcaklığını artırmak gerekir. Baz katalizör için kütleli olarak reaksiyona sokulan yağın %0,1-1'i yeterli iken, bu oran asit katalizör için %3-5'e çıkar. Ayrıca, asit katalizör kullanıldığında kullanılması gereken alkol miktarı da artar. Baz katalizör ile 6:1'lik oranında elde edilen ester dönüşümünü aynı süre içinde asit katalizör ile elde etmek için 30:1'lik bir oran gerekli olabilir. Yukarıda anlatılan bu olumsuz özellikler nedeniyle biyodizel üretiminde büyük çoğunlukla baz katalizör kullanılır (Çildir O. Çanakçı M. 2006).

4. 1. Alkol ve Katalizörün Karıştırılması

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



4. 2. Reaksiyon

Alkol/katalizör karışımı kapalı reaksiyon kabı içerisine 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 gerçekleşir. 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.

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



Şekil 4. 2. Biyodizel Üretiminde Reaksiyon Basamağı

4. 3. 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 nötralize 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.



Şekil 4. 3. Biyodizelin Gliserinden Ayrılması Esnasında Fazların Görünümü

4. 4. Alkolün Uzaklaştırılması

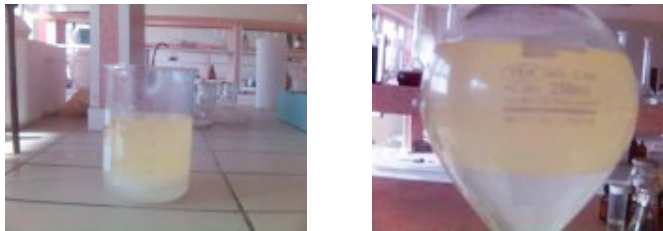
Gliserin ve biyodizel fazları ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkol bir flaş buharlaştırma veya distilasyon prosesi ile uzaklaştırılır ve reaksiyon karışımı nötralize edilir. Gliserin ve ester fazları ayrılır. Her iki durumda da alkol distilasyon kolonu kullanılarak geri kazanılır ve tekrar kullanılır.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

4. 5. Gliserin Nötralizasyonu

Gliserin yan ürünü, kullanılmamış katalizör, alkol, bir miktar biyodizel, su, sabun 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 tuz gliserin içerisinde bırakılır. Su ve alkol, ham gliserin olarak satışa hazır olan % 80-88 saflıkta gliserin elde etmek amacıyla uzaklaştırılır. Daha sofistike işlemlerde gliserin %99 veya daha yüksek saflığa kadar destillenir, kozmetik ve ilaç sektörüne satılır.

4. 6. Metil Ester Yıkama İşlemi

Gliserinden ayrıldıktan sonra biyodizel 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-sarı renkte, petrodizele yakın viskoziteli bir sıvı veren üretim prosesinin sonudur. Bazı sistemlerde de biyodizel distillenerek safsızlıkların uzaklaştırılması sağlanır.



Şekil 4. 4. Biyodizelin Yıkaması İşleminde Su ve Biyodizel Fazlarının Görünümü

5. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada sığır kemiklerinden elde edilen kemik yağı ve çeşitli hayvansal yağlar biyodizel eldesinde kullanılmıştır. Kemikler Konya ilinde mevcut çeşitli kesimhanelerden alınmıştır, kemikler Nisan ayında temin edilmiştir. Kemik temininde sığırların yaşı ve cinsiyeti dikkate alınmamıştır, ayak ve uyluk kemikleri kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan metanol Merck firmasının ürünüdür, %98 saflıkta olup, tekrar saflaştırılmamıştır. Sodyum hidroksit (NaOH) yine Merck firmasının ürünüdür.

Deney düzeneği ve özellikleri;

1-Hayvansal yağ / Kemik Yağı Depolama Tankı

2-Reaktör

3-Metoksit Tankı

4-Dinlendirme Tankı

5-Yıkama Tankı

6-Biyodizel Depolama Tankı

7-Gliserin Depolama Tankı

8-Pompalar ve Bağlantı Elemanları

a) Hayvansal Yağ / Kemik Yağı Depolama Tankı

- Kapasitesi 200 L dir.
- AISI 304 paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Tank 1 cidarlı olup et kalınlığı 2mm dir.
- Elektrikli ısıtıcı ile ısıtılmıştır.

b) Reaktör

- Kapasitesi 100 L dir.
- AISI 316 paslanmaz çelikten imal edilmiştir.

- Tank 2 cidarlı olup iç cidar 4mm, dış cidar ise 2mm kalınlıktadır.
- Reaktörde 1 adet açılabilir kapak mevcut olup kimyasal maddelere karşı dirençli 60 dev/dk'lı paletli karıştırıcı, sabit ex-proof elektrik motoru bulunmaktadır.
- Reaktörde 2 adet 2,5 kW gücünde elektrikli rezistans bulunmaktadır.
- Bir adet seviye çubuğu vardır.
- Reaktöre 1 adet manuel termometre monte edilmiştir.



Şekil 5. 1. Biyodizel Üretiminde Kullanılan Reaktör

c) Metoksit Tankı

- Kapasitesi 50 L dir.
- AISI 304 paslanmaz çelikten imal edilmiştir.
- Tankın et kalınlığı 2 mm dir.
- Tankın kapağı komple sızdırmazdır.
- 1400 dev/dk lık devirdaim pompası monte edilmiştir.
- Tankın beslemesi manuel olarak yapılmıştır.

d) Dinlenme Tankı

- Kapasitesi 100 L dir.
- AISI 304 paslanmaz çelikten imal edilmiştir.
- Tek cidarlıdır, et kalınlığı 4mm dir.

e) Yıkama Tankı

- Kapasitesi 100 L dir.
- AISI 304 paslanmaz çelikten imal edilmiştir.
- Üstten su püskürtmeli, alttan hava üfleli sisteme sahiptir.

f) Biyodizel Depolama Tankı

- Kapasitesi 100 L dir.
- Polietilen malzemedden imal edilmiştir.
- Et kalınlığı 4 mm dir.

g) Gliserin Depolama Tankı

- Kapasitesi 100 L dir.
- Polietilen malzemedden imal edilmiştir.
- Et kalınlığı 4mm dir.

h) Pompalar ve Bağlantı Elemanları

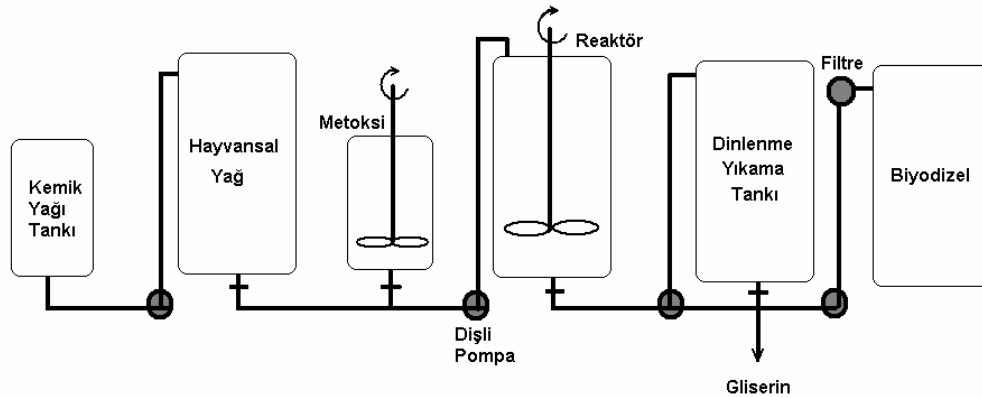
Her türlü bağlantı elemanları, pompalar, karıştırma-ısıtma üniteleri, filtreler, elektriksel ve mekanik ekipmanlar korozyona ve kimyasal maddelere karşı dirençli olarak tasarlanmıştır. Tanklar statik elektriklenmeye karşı topraklanmıştır.

5. 1. Hayvansal Yağlardan Biyodizel Eldesi

Hayvansal yağ kaynağı olarak sığır kemikleri ve iç yağı kullanıldı, öncelikle kemiklerden hayvansal yağ elde edildi. Bunun için kemikler 0,5- 1cm boyutlarında kırılarak 80°C de etüvde 2 saat kadar bekletildi, daha sonra 100 L hacmindeki eritme tankında 250°C de 8 saat ısıtıldı.

Yağlar fırından alınarak ayrı bir kaba süzüldü, sodyum metoksit çözeltisi ile reaksiyona tabi tutuldu. Reaktöre 100 L yağ ve %20 oranında sodyum metoksit çözeltisi ilave edilerek 8 saat 65°C de karıştırmak suretiyle reaksiyona sokuldu. Swern (1979), hayvansal yağda serbest yağ asidini %1,67 bulmuştur, çalışmamızda bu literatür bilgisi kullanılarak reaksiyon, asit giderme işlemi yapılmadan, alkali katalizör ile yapılmıştır.

Reaksiyon sonunda karışım dinlenme tankına alındı, dinlenme tankında 24 saat beklentildi, alt faz karışımdan ayrılarak uzaklaştırıldı, üst faz (biyodizel) yıkama tankına alındı, 8 saat kadar 55°C de sıcak su ile fiskiye yapmak suretiyle yıkandı. Bu işleme su berrak olana kadar devam edildi. İşlemin sonunda ürün tekrar 12 saat dinlenmeye bırakıldı. Altta biriken su fazı ayrılarak üst faz filtre edilmek suretiyle süzülerek ürün tankına alındı.



Şekil 5. 2. Kemik Yağı ve Hayvansal Yağdan Biyodizel Eldesi

Fiziksel ölçümlerde Oswald viskozimetresi, Anton Paar DMA 35N dansimetresi kullanılmıştır.

5. 2. Fiziksel Özelliklerin Tayini

Hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin aşağıda belirtilen fiziksel özellikleri tayin edilmiştir.

Viskozite: İlk olarak dizel yakıtın viskozitesi 40°C’de ölçülmüştür, bu işlemde Oswald viskozimetresi kullanılmıştır. Numunenin sıcaklığı $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ olacak şekilde su banyosunda kararlı hale getirilir. Daha sonra hayvansal yağ esteri ve bu esterin çeşitli oranlarda etanol ile hazırlanan karışımlarının viskozite değeri 40°C’de ölçülür.

Yoğunluk: Yakıtın yoğunluğu Anton Paar dansimetresi ile ölçülmüştür. Hayvansal yağların yoğunluğu 0,92g/ml civarında olup dizel yakıt için tespit edilen 0,84g/ml den biraz yüksektir. Bu nedenle hayvansal yağlardan elde edilen biyodizeller etanol ile karıştırılmak suretiyle yoğunlukları düşürülmüştür.

Tablo 5. 1. Hayvansal Yağ Esteri/Etanol ve Dizel Yakıt Karışımlarının Yoğunluğu

<u>Dizel Yakıt : (%65 Hayvansal Yağ Esteri+%35 Etanol) v/v</u>	<u>Yoğunluk, g/ml</u>
0:100	0,835
10:90	0,833
20:80	0,832
30:70	0,830
40:60	0,831
50:50	0,831
60:40	0,832
70:30	0,832
80:20	0,830
90:10	0,832
100:0	0,830

Donma Noktası: Donma noktası ölçümü Şekil 5.3.deki düzenek ile tayin edildi. Düzenekte numune deney tüpüne konuldu, sıcaklık okumak amacıyla numune içine termometre yerleştirildi, buz banyosu için %15'lik CaCl_2 (kalsiyum klorür) çözeltisi hazırlanarak sıcaklığın -20°C civarlarına kadar düşmesi sağlandı. Tüp -20°C ye kadar $0,2^\circ\text{C}$ aralıklarla soğutuldu.



Şekil 5. 3. Donma Noktası, Bulutlanma Noktası ve Akma Noktası Ölçümlerinde Kullanılan Düzenek

Bulutlanma Noktası: Bu parametreyi tayin etmek amacıyla Şekil 5. 3.'deki düzenek kullanıldı.

Yakıt numunesi, içine termometre daldırılmış ceketli silindirik kaba konularak, buz banyosuna daldırıldı. Sıcaklık düşerken ilk kristalin gözleendiği sıcaklık değeri kaydedildi.

Akma Noktası: Bulutlanma noktası düzeneğine benzer olarak tayin edildi.

5. 3. Biyodizel, Alkol ve Dizel Karışımları

Hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel, etanol ve dizel karışım oranları, bu karışımların bulutlanma, akma, donma noktaları ile viskozite değerleri Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5. 2. Biyodizel, Etil Alkol ve Dizel Karışımlarına Ait Fiziksel Özellikler

Örnek No	Hay. Yağ %	Dizel %	Biyodizel %	Etanol %	Bult. Noktası °C	Akma Noktası °C	Donma Noktası °C	Viskozite g/cm.s (40°C)
1	100	0	0	0	-	-	43 ^{lit}	0,5105
2	0	100	0	0	-8,5 ^{lit}	-18 ^{lit}	-20 ^{lit}	0,0197
3	0	0	100	0	20	16	14	0,0401
4	0	0	65	35	12	11	10,5	0,0213
5	0	80	13	7	-8 ^{lit}	-20	-25	0,0178
6	0	70	20	10	-8	-17,5	-19,5	0,0177
7	0	60	26	14	-4 ^{lit}	-8	-12	0,0181
8	0	80	20	0	-1	-17	-19	0,0250
9	0	70	30	0	2	-7	-9	0,0271
10	0	60	40	0	4	-1	-5	0,0297

lit: Literatür bilgisi (Ali, Y. , Beef Tallow As a Biodieselfuel, 1995)

6. SONUÇ TARTIŞMA

Viskozite, yoğunluk, donma noktası ve GC ölçümlerinden elde edilen değerlere göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1-Hayvansal yağ esteri %65:35 v/v oranında etanolle karıştırıldığında bu karışımın viskozite değeri, dizel yakıtın viskozite değeriyle uygunluk gösterir.

2-Hayvansal yağ/ Etanol karışımının viskozite değeri sıcaklığın artmasıyla düşer.

3-Hayvansal yağ esterinin etanol ile karışımının yoğunluğu dizel yakıtla aynı değerlerdedir.

Deneysel verilerden elde edilen sonuçlar Tablo 5. 2.'de verilmiştir.

Tablo 5. 2.'de görüldüğü gibi hayvansal yağların viskozitesi 0,5105 g/cm.s iken bu yağlardan elde edilen esterleri (biyodizel) 0,0401g/cm.s civarına düşmüştür. Dizel yakıtın viskozitesi 0,0197 g/cm.s dir. Bu durumda hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin viskozitesi normal dizelden daha yüksektir, doğrudan kullanılmasında ciddi problemler ortaya çıkabilir, bunun için hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel uygulamalarda genel olarak viskozitesi 0,0081g/cm.s olan etanol ile karışım halinde veya etanol ve dizel ile karışım halinde kullanılmaktadır. Bu suretle standartlara uygun biyodizel yakıtı elde edilmesi mümkündür.

Yine Tablo 5.2 den görüldüğü gibi hayvansal yağın donma noktası 43°C civarında esterlerin ise 14°C civarındadır. Dolayısıyla hayvansal yağdan elde edilen biyodizelin doğrudan doğruya yakıt olarak kullanılmasında büyük bir sakınca

gözlenmektedir. Alkol veya dizel yakıt ile karıştırmak suretiyle kullanılması bu sorunu da ortadan kaldıracaktır.

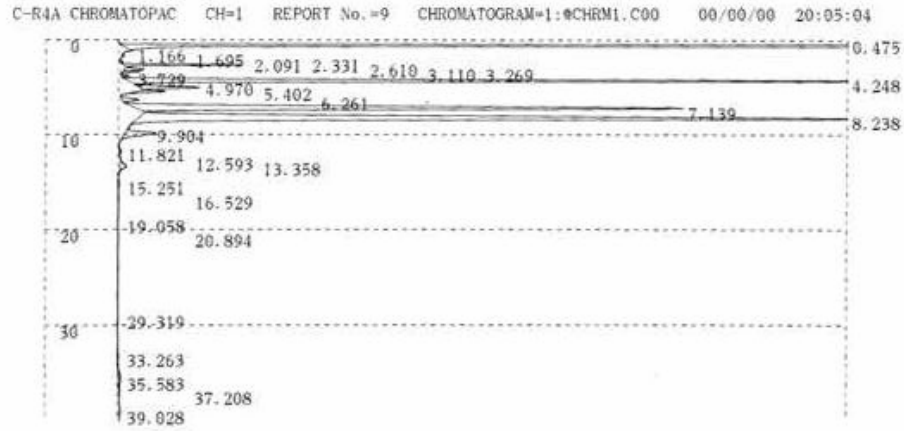
Hayvansal yağ esteri, alkol ve dizelin farklı karışımlarının viskozite ve donma noktaları incelendiğinde viskozite ile farklı karışım oranları grafiğinden %65 :35 v/v hayvansal yağ esteri/etanol ve % 60:26:14 dizel yakıtı/hayvansal yağ esteri/etanol karışımının uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Yine karışımların donma noktalarının %65:35 hayvansal yağ esteri/etanol karışımı için 10,5°C ve %60:26:14 dizel yakıtı/hayvansal yağ esteri/etanol karışımı için -12°C civarında uygun değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu nedenle hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin soğuk iklim bölgelerinde kullanımı sakıncalıdır.

6. 1. GC (Gaz Kromatografisi) Sonuçları

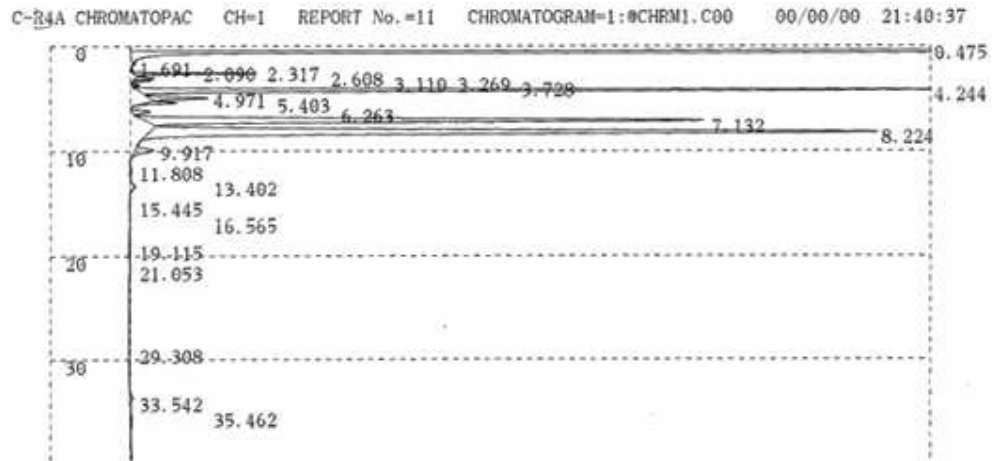
Hayvansal yağ ve elde edilen biyodizel gaz kromatografisi ile analiz edilerek, hayvansal yağ ve biyodizeldeki yağ asitleri tespit edilmiştir. Şekil 6. 1.-Şekil 6. 2 ve Tablo 6.1'de hayvansal yağ ve biyodizel için elde edilen kromatografik veriler görülmektedir.

Kullanılan GC Cihazı GC 15A Shimadzu marka, GP %10 SP 2330 Chromosorb Carbowax kolon dolgu malzemesine sahip, 3,2-1,6 inch kolon uzunluğu olan, FID dedektörlü cihazdır. Numune 190°C de 31 dk., daha sonra 1dk. da 30°C artışla 220°C ye getirilen kolon içinde 8 dk. kalmıştır. Toplam işlem süresi 40dk. dır.

Gaz kromatografisi sonuçlarından anlaşıldığı gibi hayvansal yağda sırayla %40,16 oleik asit (C 18:1), %25,88 stearik asit (C 18:0) ve %24,32 palmitik asit (C 16:0) büyük oranda görülmekte, diğer yağ asitleri ise genel olarak, %1'in altında kalmaktadır.



Şekil 6. 1. Yağ Numunesi İçin Elde Edilen GC Pikleri



Şekil 6. 2. Biyodizel Numunesi İçin Elde Edilen GC Pikleri

Tablo 6. 1.Hayvansal Yağ ve Biyodizelin Yağ Asiti Kompozisyonu Verileri (%)

Hayvansal Yağ Yağ Asiti	Yağ Asit Yüzdesi	Biyodizel Yağ Asiti	Yağ Asit Yüzdesi
C 16:0	24,32	C 16:0	24,32
C 18:0	25,88	C 18:0	26,29
C 18:1	40,16	C 18:1	40,19
Diğerleri	90,36	Diğerleri	90,80
Toplam	100,00	Toplam	100,00

6. 2. Biyodizele Dönüşüm Oranı

Biyodizel üretimi için 250ml hayvansal yağ ve 100ml metoksit çözeltisi kullanılmış, reaksiyon sonunda 245 ml biyodizel fazı, 105 ml ise gliserin fazı olarak ayrılmıştır.

Biyodizelin yoğunluğu 0,8757 g/ml, hayvansal yağın yoğunluğu ise 0,9183g/ml olarak ölçülmüştür (d= yoğunluk, V= hacim, m= kütle, kısaltmalar: bd=biyodizel, hy=hayvansal yağ, tr=trigliserid).

$$d_{bd} = 0,8757 \text{ g/ml} \quad d_{hy} = 0,9183 \text{ g/ml} \quad V_{bd} = 245\text{ml} \quad V_{hy} = 250\text{ml}$$

$$m = d \cdot V \text{ eşitliğinden; } \dots\dots\dots (1)$$

$$m_{hy} = 0,9183 \cdot 250$$

$$m_{bd} = 0,8757 \cdot 245$$

$$m_{hy} = 229,575 \text{ g}$$

$$m_{bd} = 214,5665 \text{ g}$$

Buna göre deney sonucunda, biyodizel eldesine ait kütleli verim,

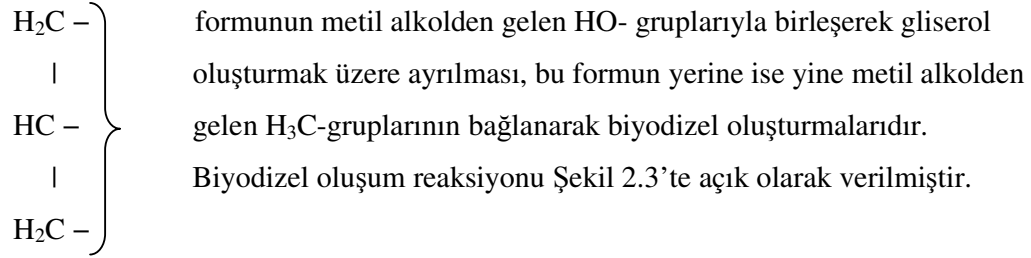
$$\%Verim = \frac{m_{bd}}{m_{hy}} \cdot 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

denklemden hesaplanır. Kütleli verim;

$$\% \text{ Biyodizel (m/m)} = (214,5665 \text{ g} / 229,575 \text{ g}) \cdot 100 = 93,45377$$

bulunur. Buna göre kullanılan yağın %93,4'ü biyodizele dönüşmüştür.

Teorik olarak ise, biyodizelde bulunan H atomu sayısı, trigliseridde bulunan H atomu sayısından 4 atom fazladır. Bunun nedeni trigliseridde bulunan;



Dolayısıyla 100g trigliserid reaksiyona girdiğinde, metil alkolden gelen H atomları nedeniyle 104g biyodizel elde edilecektir. Teorik verim ise,

$$\%Verim = \frac{m_{bd}}{m_{tr}} 100 \dots\dots\dots (3)$$

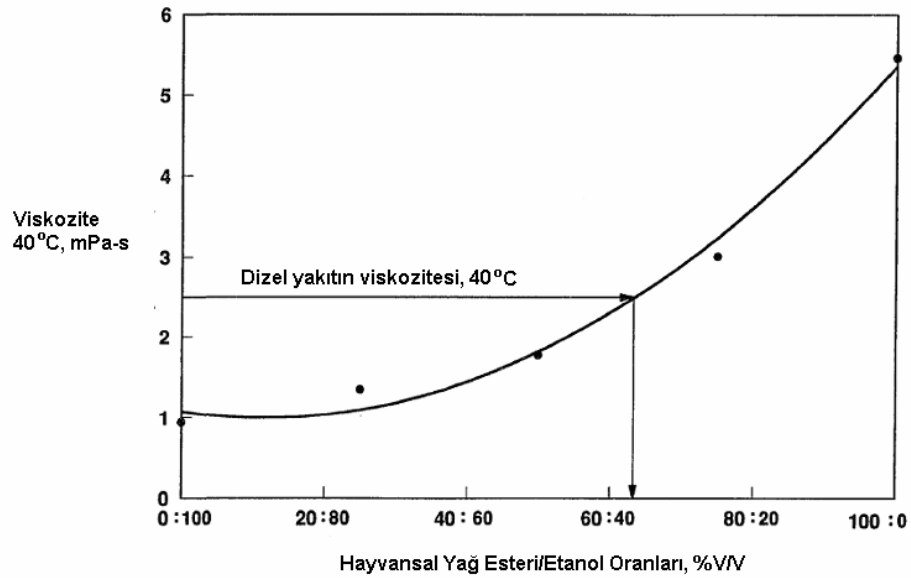
$\%Verim_{teorik} (m/m) = (104g/100g) * 100 = 104$ bulunur. Teorik verim %104 dür.

6. 3. Viskozite

İyi bir yakıtın yakıt özelliği yüksek oranda viskozitesine bağlıdır. Sıvı yakıtların viskozitesi, yakıtın borulardan akışı, enjektör deliklerinden geçişi gibi çeşitli noktalarda oldukça önem arz etmektedir. Viskozite ölçümlerindeki hassasiyet yakıtın fiziksel özelliğinin belirlenmesi açısından çok gereklidir. Hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel ile ilgili elde edilen viskozite değerleri Tablo 5. 2'de verilmiştir. Hayvansal yağının viskozite değeri 0,51 g/cm.s olup dizel yakıttan 25 kat daha viskozdur. Dizel yakıtın viskozitesi 0,0197g/cm.s civarındadır. Transesterifikasyonla hayvansal yağdan elde edilen biyodizelin viskozitesi 0,0401g/cm.s değerine düşürülmüştür. Etanol ile biyodizel/etanol %65:35v/v

oranında karıştırıldığında dizel yakıtın viskozite değerine yaklaşık sonuç elde edilmiştir. Bu karışımın viskozite değerleri hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel karıştırma miktarıyla orantılı olarak artıp, azalmıştır. %80:20 %70:30 %60:40 dizel/hayvansal kaynaklı biyodizel karışım oranlarının viskozite değerleri; 0,025-0,0271-0,0297g/cm.s şeklinde artmıştır.

Şekil 6.3.deki grafikten de anlaşılacağı üzere %65:35 oranında hayvansal yağ esteri ve etanol karışımı aynı sıcaklıkta viskozite değeri ölçülen dizel yakıtla aynı değerdedir. Bu sonuç yukarıdaki karışım oranının dizel yakıtla kıyaslandığında ideal olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. 3. Hayvansal Yağ Esterlerinin, Etanol ile Karışımlarının Viskozite ile Değişimi

6. 4. Yoğunluk

Yoğunluğun belirlenmesi petrol yakıtlarında hacim dönüşüm hesaplamaları bakımından çok önemlidir. Bu faktör ham petrol kalitesini de belirlemektedir. Bununla birlikte diğer özellikler ile ilişkilendirilmedikçe tek başına yakıt kalitesi hakkında bilgi vermez.

Hayvansal yağların özgül ağırlığı 0,92 g/ml civarında olup dizel yakıt için tespit edilen 0,84 g/ml değerinden biraz daha yüksektir. Bu nedenle hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel etanol ile çeşitli oranlarda karıştırılarak özgül ağırlığı 0,85 g/ml civarlarına düşürülmüştür.

6. 5. Donma Noktası

Yağların donma noktaları yağın saflığı hakkında veya kristal yapısıyla ilgili açık bir fikir vermez. Donma noktası sıvı hale getirilmiş yağlar için belirli şartlarda belirli bir sıcaklık dikkate alınarak tespit edilir.

%35 hacimce etanol/ester karışımlarında donma noktası 14 °C den 10,5°C' ye kadar düşmektedir. Hayvansal yağ esterlerinin petrol dizeli ile %40:60 v/v ve %20:80 v/v karışımlarında donma noktası -5°C den -19°C civarına düşürülmüştür.

6. 6. Bulutlanma Noktası

Petrol ürünleri için bulutlanma noktası sıvı soğutulduğunda ilk gözlenen vaks bulutunun olduğu sıcaklıktır. Bulutlanma noktası genel olarak 40mm kalınlıktaki tabaka üzerinde tespit edilir. Hayvansal yağ esteri ile bunların dizel yakıtı ve etanol ile karışımlarının bulutlanma noktası değerleri Tablo 5.2'de görülmektedir. %40:60 -

%20:80 v/v oranlarında hayvansal yağ esteri ve petrol dizeli karıştırıldığında bulutlanma noktası 4°C den -1°C ye düşmektedir. Bu karışım oranlarına etanol ilave edildiğinde bulutlanma noktası daha da aşağılara düşer.

6. 7. Akma Noktası

Akma noktası değerleri tüm karışımlar için donma noktası ve bulutlanma noktası ile benzerdir. Dizel yakıtın akma noktası -18°C'dir. Hayvansal yağ metil esterinin akma noktası 16°C'dir. Ester olmayan formlarda bu değerler 37 ile 21 °C arasında olup dizel yakıtının değerinden daha yüksektir. Esterlere etanol ilave edildiğinde (%65:35 v/v), akma noktası 11°C'ye düşmektedir. %60:40 v/v - % 80:20 v/v petrol dizeli / hayvansal yağ esteri karışımlarının akma noktası -1°C ile -17°C arasında değişmektedir. Petrol dizeli/etanol/hayvansal yağ dizeli karışımlarında ise akma noktası -8 ile -20°C arasında değişmektedir.

7. ÖNERİLER

Petrol kökenli yakıtlar son yıllarda stratejik açıdan büyük bir risk taşımaktadırlar. Ülkenin ekonomik olarak dışa bağımlılığını arttırmakta petrolü kontrol eden güçlerin stratejik hedefi haline gelmektedir, ülkemizin de alternatif enerji kaynaklarına yönelmesi kaçınılmazdır.

Ülkemizde çok yoğun olarak kullanılan akaryakıt içinde dizel ve fueloil tüketimi oldukça yüksektir, bu tüketim alanı alternatif enerji kaynaklarından biyodizel ile desteklenmelidir, diğer alternatif enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi, güneş pilleri, hidrojen enerjisi vb. kaynaklar ulaşım sanayindeki mevcut motorlu araçlar için uygun değildir, ayrıca jeneratör dizaynları da diğer enerji kaynakları için uygun değildir. İleriki zamanlarda yeni motor teknolojileri ve yeni enerji üretim modelleri diğer alternatif enerjileri de ön plana çıkarabilir.

Dünyadaki birçok ülkede enerji sorunu biyodizeli zorunlu kullanım yakıtı haline getirmiş ve çeşitli teşviklerle desteklenmesini sağlamıştır. Ülkemizde ise biyodizel üretim ve tüketiminde büyük belirsizlikler vardır, bunda stratejik ve ekonomik kararlar büyük rol oynamaktadır, tüm dünyada teşvikler gittikçe artarken ve karışım oranları zorunlu hale getirilmişken Türkiye’de ise biyodizel her an değişebilecek %18’lik KDV, %25 ÖTV, ithal vergileri, yüksek işçilik maliyeti, yüksek enerji ve nakliye giderleri vb. faktörlerinden dolayı diğer dünya ülkelerine göre %50 oranında daha pahalı üretilmektedir. Bu nedenle biyodizel üretiminde alternatif yağ kaynaklarının, alternatif alkol kaynaklarının araştırılması ve uygulamaya konulması gerekmektedir. Ülkemizdeki tarım arazileri yağ üretimi için,

mevcut biyodizel kapasitelerini karşılayacak büyüklükte değildir, biyodizel üretiminin dışarıya bağımlı halde gelişmesi kaçınılmazdır.

Hayvansal yağların büyük bir kısmı gıda sektöründe ve endüstriyel alanda kullanılmaktadır, ülkemizde hayvancılık sektörü dikkate alındığında çok yüksek miktarlardaki hayvansal kemiklerin atıl olarak kaldığı görülmektedir. Yeni gıda kodeksine göre hiçbir hayvansal atık ürün, gıda sanayinde kullanılmadığından kemiklerin yem fabrikalarında kullanımı da yasaklanmıştır.

Kemikhanelerden elde edilecek hayvansal kemiklerin %10 oranında yağ içerdiği düşünülürse bu oran biyodizel üreticileri için ciddi orandır. Aynı zamanda sağlık açısından çevreyi tehdit eden atıl hayvansal kemiklerin endüstriyel kullanımı ile çevresel zararları da ortadan kalkacaktır.

Biyodizel üretiminde yan ürün olarak elde edilen gliserin birçok yararlı alanda kullanılabilirdiği gibi patlayıcı yapımında da kullanılmaktadır, terör olaylarıyla iç içe olan ülkemizde gliserinin saf olarak üretilmesi ciddi denetimler içermekte ayrıca özel izne tabi tutulmaktadır, biyodizel üreticileri gliserini değerli ürün olarak kullanamamaktadır bu da biyodizel üretimini olumsuz etkileyen faktörlerden biridir.

Hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin donma noktasının yüksek olması sebebiyle doğrudan kullanılması mümkün değildir, petrol dizeli veya petrol dizeli-etanol karışımları ile kullanılması gerekmektedir. Bu karışımlar ancak sıcak iklim şartlarında rahatlıkla kullanılabilir. Ülkemizde sıcaklık, kış aylarında -20,-30°C değerlerine ulaştığı için hayvansal yağ biyodizelinin soğuk iklim koşullarında kullanılması mümkün değildir. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalar hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin donma noktasını düşürücü karışımlar elde edilmesi yönünde sürdürülebilir.

EK – 1

Çeşitli Ülkelerde Uygulanmakta Olan Dizel ve Biyodizel Standartları

Özellik	Birim	Dizel EN 590	Avusturya (ONORM C 1190)	Fransa (ARRETE 20/12/1993)	İtalya (CUNA NC 635-01)	Almanya (DIN V 51606)	AB EN 14214
Yoğunluk 15 °C	kg/m ³	830-880	870-890		880-900	3,5-5	860-900
Viskozite 40°C	mm ² /s	2- 4,3			3,3-3	3,5-5	3,5-5
Kükürt İçeriği	kütleli %	≤0,05	≤0,02		≤0,01	≤0,01	<0,01
Su İçeriği	mg/kg	≤200		≤200	≤700	≤300	<500
Katı Madde İçeriği	kütleli %	≤24				≤300	<20
Kül İçeriği	kütleli %	≤0,01			≤0,01	≤0,01	≤0,01
Setan Sayısı		≥49	≥48			≥49	≥51
Oksidasyon Kararlılığı	g/m ³	≤25					<25
Alevlenme Noktası	°C	≥55	≥100		≥100	≥100	≥101
Soğukta Filtre Tıkanma Noktası	°C	Yaz		≤0		≤20	≤0
		Kış		≤-15			< -15
Nötralleşme Sayısı	mg KOH/g		≤0,80	≤1	≤0,5	≤0,5	<0,5
Metanol İçeriği	kütleli %		≤20	≤0,1	≤0,2	≤0,3	<0,2
Ester İçeriği	kütleli %			≥96,5	≥95,0		≥96,5
Monogliserid	kütleli %			≤0,8	≤0,8	≤0,8	≤0,8
Serbest Gliserin	kütleli %		≤0,02		≤0,05	≤0,02	≤0,02
Bağlı Gliserin	kütleli %		≤0,24	≤0,25	≤0,25	≤0,25	≤0,25
İyot İndisi						≤115	<120
Fosfor	mg/kg		≤20	≤10	≤10	≤10	≤10
Alkali Metaller	mg/kg			≤3			≤5

EK – 2

TS EN 14214 Biyodizel Standardı

Özellik	Birim	Minimum	Maksimum	Test metodu
Yoğunluk 15°C'deki	kg / m ³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Akışkanlık 40°C'deki	mm ² / s	3,50	5,00	EN ISO 3104
Parlama Noktası	° C	120	-	ISO/DIS 3679
Karbon Artığı (10% damıtma artığı)	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
Bakır Şerit Korozyonu (50°C'de 3 saat)	Sınıflama	1.Sınıf		EN ISO 2160
Toplam Kirlilik	mg / kg	-	24	EN 12662
Oksidasyon Kararlılığı, 110°C	Saat	6,0	-	prEN 14112
Setan numarası		51,0		EN ISO 5165
Asit değeri	mg KOH / g		0,50	prEN 14104
İyod değeri			120	prEN 14111
Kül İçeriği	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Su İçeriği	mg / kg	-	500	EN ISO 12937
Metanol İçeriği	% (m/m)		0,20	prEN 14110
Sülfür İçeriği	mg / kg	-	10,0	prEN ISO 20846 prEN ISO 20884
Fosfor İçeriği	mg / kg	-	10,0	prEN 14107
Ester İçeriği	% (m/m)	96,5		prEN 14103
Linolenic asit metil esteri	% (m/m)		12,0	prEN 14103
Çokludoymamışlık (en az 4 çift bağlı metil ester)	% (m/m)		1	
Monogliserit içeriği	% (m/m)		0,80	prEN 14105
Digliserit içeriği	% (m/m)		0,20	prEN 14105
Trigliserit içeriği	% (m/m)		0,20	prEN 14105
Serbest gliserol	% (m/m)		0,02	prEN 14105 prEN 14106
Toplam gliserol	% (m/m)		0,25	prEN 14105
Grup I metaller (Na+K)	mg / kg		5,0	prEN 14108 prEN 14109
Grup II metaller (Ca+Mg)	mg / kg		5,0	prEN 14538

8. KAYNAKLAR

Acaroğlu M, Oğuz H, 2002 Energy Farming And Standardization of Using Biomass – Biofuel Proceeding of the 8th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, Oct. 15-17 Kuşadası Turkey

Acaroğlu, M., 2003 Alternatif Enerji Kaynakları, Yayın No: 26 Nobel Yayın Dağıtım ISBN: 975-6574-25-9

Ali, Y. , Beef Tallow as a Biodiesel Fuel, The Graduate Collage in the University of Nebraska Agricultural and Biological System Engineering. May, 1995

Ali, Y. and M.A. Hanna. Physical properties of tallow ester and diesel fuel blends. Bioresource Technology, 1994

Altın R, Çetinkaya S, Yücesu H. S. , 2001 The Potential of Using Vegetable Oil Fuels As Fuel for Diesel Engines. Energy Conversion and Management Volume: 42 P 529 – 538

Antolin, G., Tinaut, F.V., Briceno, Y., Castano, V., Perez, C., Ramirez, A. I. 2002. Optimisation of Biodiesel Production by Sunflower oil Transesterification, Bioresource Technology, 83, 111-114.

Anonymous 2002 Türkiye Enerji Raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi yayını Ankara

Asfar, K. R., Hamed, H. 1998. Combustion of Fuel Blends. Energy Convers Manage, (10): 1081-93.

Austrian Biofuels Institute (1998) Review on Commercial Production of Biodiesel World-wide, Report for the International Energy Agency. Vienna, Austria.

Bari, S., Lim T. H., Yu, C. W. 2002. Effects of Preheating of Crude Palm oil (CPO) on Injection System, Performance and Emission of a Diesel Engine. Renewable Energy, 27: 339–351.

Bilgin, A., Durgun, O., Şahin, Z. 2002. The Effects of Diesel-Ethanol Blends on Diesel Engine Performance, Energy Sources, 24: 431-440.

Çıldır, O. , Çanakçı, M. , Çeşitli Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör ve Alkol Miktarının Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi. 2006 Devlet İstatistik Enstitüsü Verileri

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müd. (E.İ.E.) Biyodizel Verileri, 2005

Eugene, E. E., Bechtold, R. L., Timbaro, T. J., McCallum, P. W. 1984. State of Art Report on the Use of Alcohols in Diesel Engines, SAE, Paper No: 840118.

Freedman, B., Butterfield, R.O.& Pryde E.H. (1986) Transesterification kinetics of soybean oil. JAOCS, 63, 1375-1380. (1986)

Free Fatty Acids. Method 58-15. In Approved Methods Of The American Association Of Cereal Chemists 8th ed. AACC, St. Paul, MI, (1983)

Goodrum, J.W. 2002. Volatility and boiling points of biodiesel from vegetable oils and tallow.

Gürleyük, S.S. ,Akpınar, S. ,Yeni Enerji Kaynakları; Biodizel

Hanna , M.A. (1987) Processing vegatable oils for non-food oil. Paper No. 87-1584 , presented at the 1987 Winter Meetingof Amer. Soc. Of Agri. Eng. ASAE , St. Joseph, MI 49085 , USA

Hansen, A.C., Lyne, W.L., Zhang Q. 2001. Ethanol-Diesel Blends: A Step Towards A Bio-Based Fuel for Diesel Engines, ASAE, Paper No: 01-6048.

Henham, A.W.E., Johns, R.A., Newnham, S. 1991. Development of a fuel-tolerant Diesel for Alternative Fuels. Int J Vehicle Des, 2(3):296–303.

<http://www.biodiesel.org> , 2003

<http://www.eie.gov.tr>, 2005

<http://www.biyomotorin-biodiesel.com>, 2004

<http://www.egebiyoteknoloji.com>, 2005

Ikwuagwu, O. E.; Ononogbu, I. C.; Njoku, O. U.; *Indust. Crops Prod.* 2000, 12, 57.

Karasmanoğlu, F., "Vegetable Oil Fuels: a Review", *Energy Sources*, 21(3):221-231, 1999.

Kincs, F.R., 1985. Meat fat formulation. JAOCS 62, 815±818.

Körbitz, W. , Asia Biofuels “Evaluating & Exploiting The Commercial Uses of Ethanol, Fuel Alcohol & Biodiesel”. Singapore, 22-23 April 2002

Kürüm, O. , Atık Geri Kazanım Projesi, Kullanılmış Atık Yağlardan Biodiesel Üretimi, Rapor No:2, Antalya

M. Taşyürek, “İçten Yanmalı Motorlarda Biyomotorin Yakıtlarının Geleneksel Yakıtlarla Emisyon Değerlerinin Karşılaştırılması”, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi ABD – Eylül 2004 Konya

N.A.Akgün, Y.K.Kalpaklı, N. Özkara “Enerji gündemindeki konu: Biodizel”, Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü

Nwafor, O. M. I., Rice, G, Ogbonna, A. I. 2000. Effect of Advanced Injection Timing on the Performance of Rapeseed oil in Diesel Engines. Renewable Energy, 21 : 433-444.

Oğuz H, Demir F, Acaroğlu M, 2000. The Investigation Of The Possibilities Of Using Sunflower Oil In Diesel Engines As Fuel. 1st World Conference And Exhibition On Biomass For Energy And Industry. 5-9 June Sevilla, Spain. (James&James – Sciene Publishers-2001) Volume I, P 661-663

Oğuz H, Ögüt H, 2001 Tarım Traktörlerinde Bitkisel Kökenli Yağ ve Yakıt Kullanımı Selçuk Teknik Online Dergisi / ISSN 1302- 6178 Volume 2, Number: 2 Konya

Oğuz H, Öztürk Ö, Ögüt H, Erdem F. A., 2003. Yeni ve Kullanılmış Bitkisel Yağların Gıda Harici Değerlendirilmesi ve Bunların Ekonomiye Olan Etkisinin İncelenmesi. Türkiye 1. Yağlı Tohumlar Bitkisel Yağlar ve Teknolojileri Sempozyumu, 22-23 Mayıs İstanbul.

Oğuz H. Tarım Kesiminde Yaygın Olarak Kullanılan Dizel Motorlarında Fındık Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanım İmkanlarının İncelenmesi Konya 2004

Ögüt H, Oğuz H, 2002. Biodizel-Biyomotorin yada Yeşil Enerji. Ticaret Borsası Dergisi. Yıl:5 Sayı:13, ISSN: 1302-0323 S,50-55 Ekim Konya

Ögüt H,Oğuz C, Oğuz H, Arısoy H, 2003. Kolzadan Biyodizel Üretiminin Analizi. Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, S,1-9, 3-5 Eylül Konya

Özçimen D, Kardaşlar D, Çulcuoğlu E, Karasmanoğlu F, 2000. Biyomotorin nedir? III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 15-17 Kasım İstanbul Cilt II S.615-623

Peterson, C. L., D. L. Reece, B. Hammond, J. C. Thompson, and S. Beck. 1995. Commercialization of Idaho biodiesel (HySEE) from ethanol and waste vegetable oil. ASAE Paper No. 95-6738. St Joseph, MI: ASAE.

Satgé De Caro, P., Moloungui, Z. 2001. Interest of Combining an Additive with Diesel-Ethanol Blends for Use in Diesel Engines, Fuel, 80: 565-574.

Scharmer, K. Ang G. Rosse 1996. Ecological impact of Biodiesel Production and Use in Europe. In proc. 2nd European Motor Biofuels Graz, Austria

Scharmer, K., F. Pudel, and D.Ribarov 1994. Conversion of vegetable oils to methyl and ethyl esters

Schmidt K, Gerpen J.V., 1996. The Effect Of Biodiesel Fuel Composition On Diesel Combustion And Emissions, SAE Paper, 961086

Schwab, A.W., M.O. Bagby And B. Freedman. Preparation and Properties of Diesel Fuels From Vegetable Oils, Fuel 66:1372-8 (1987)

Stavarache, C. ,Vinatoru, M. , Nishimura, R. , Maeda, Y. “Fatty Acids methyl esters from vegetable oil by means of ultrasonic energy”, Ultrasonic Sonochemistry, 12 (2005), 367-372.

Swern, D. , (ed) (1979) Bailey's Industrial Oil and Fat Products Vol. 1, 4th ed. John Wiley & Sons Newyork, NY

Usta N. ,Can Ö. ,Öztürk E. ,Pamukkale Üniv. Müh. Bilimleri Dergisi Sayı:3 Sayfa: 325-334, 2005

Vita D.A., And Alaggio M, 2000. Effects Of Biodiesel Performance, Emissions, Injection And Combustions Characteristic Of A Diesel Engine. 1st World Conference And Exhibition On Biomass for Energy And Industry. 5-9 June Sevilla Spain

Yücesu H. S., Altın R, Çetinkaya S, 2001. Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel Olarak İncelenmesi. TUBİTAK Turk J. Engineering Enviromental Sciene 25, P 39-49

Zhang Y, 2002. Design And Economic Assessment Of Biodiesel Production From Waste Cooking Oil Master Thesis Of Applied Sciene Chemical Engineering Department Of Chemical Engineering University Of Ottawa, Canada