T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARDAL YAĞI BİYODİZELİNDE DEPOLAMA SÜRESİ VE ŞARTLARININ YAKIT ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Atakan ALTUNTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
Konya, 2006

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARDAL YAĞI BİYODİZELİNDE DEPOLAMA SÜRESİ VE ŞARTLARININ YAKIT ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ATAKAN ALTUNTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez 17/07/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir

Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
(Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Hidayet OĞUZ
(Üye)

Yrd. Doç. Dr. Ali KAHRAMAN
(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HARDAL YAĞI BİYODİZELİNDE DEPOLAMA SÜRESİ VE ŞARTLARININ YAKIT ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Atakan ALTUNTAŞ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

2006, 56 Sayfa

Jüri : Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

Yrd. Doç. Dr. Hidayet OĞUZ Yrd. Doç. Dr. Ali KAHRAMAN

Bu çalışma, üretilen biyodizelin saklama koşulları ve saklama sonrası yakıt özelliklerinde meydana gelebilecek değişimlerini incelemek maksadıyla yapılmıştır. Bu amaçla anavatanı ülkemiz olan ve kolaylıkla her yerde yetiştirilebilecek hardal bitkisi kullanılmış, yağ oranı ve biyodizel üretimine uygunluğu araştırılmıştır. Üretilen hardal yağı biyodizeli yanında mukayese açısından Opet firmasının eurodizel ürünü ve eurodizel biyodizel karışımları koşullu ortamda saklanarak önemli yakıt özelliklerinde meydana gelebilecek değişiklikler gözlemlenmiştir. Çalışmada Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyodizel Laboratuarı bünyesinde bulunan üretim tesisi ve yakıt özelliklerini belirleyen aletler kullanılmıştır.

Üretilen biyodizel, koşullu ortamda ışık almadan depolanmış ve 25 Mart/20 Haziran 2005 tarihleri arasında 6 kez testlere tabi tutulmuştur. Bu testler neticesinde hardal biyodizelinde kullanım ve standartlar açısından ufak problemler olduğu gözlemlense de, eurodizel ile karıştırıldığı takdirde rahatlıkla kullanılabileceği görülmüştür

Anahtar Kelimeler: hardal, biyodizel, saklama koşulları

ABSTRACT

Master Thesis

THE İNVESTİGATİON OF THE EFFECT ON FUEL PROPERTİES OF STORAGE AND CONDİDATİON İN MUSTARD OİL BİODİESEL

Atakan ALTUNTAŞ

Selçuk Üniversity
Graduate School of Natural And Applied Sciences
The Department of Mechanical Education

Supervisor : Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

2006, 56 Page

Jury : Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Assoc. Prof. Dr. Hidayet OĞUZ
Assoc. Prof. Dr. Ali KAHRAMAN

This study has been done to investigate the probable changes of the fuel characteristics of its storing and after storing conditions of the product biodiesel. With this aim, the mustard plant, of which main country is our country and can be easily produced have been used and its oil level and searched appropriateness to biodiesel production. To compare with this produced mustard oil biodiesel, the eurodiesel production of Opet company has been taken and biodiesel – eurodiesel mixture has been used for that comparison. After storing for a while, the changes in the fuel characteristics has been observed. Production foundation and the devices which indicate fuel fatures have been used in biodiesel laboratory of the faculty of agriculture of Selcuk University.

The product biodiesel has been stored without getting light in the conditioned ambience and has been tested six times between March 25 and June 20, 2005. at the end of these tests, even if it has been observed minor problems in the mustard biodiesel usage, it has been seen that in can be used easly when we have mixed it with eurodiesel.

Key words: mustard, biodiesel, storage stability

ÖNSÖZ

Biyodizelin yaygınlaşmasında karşılaşılan önemli sorun bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de ham madde yetersizliğidir. Ayrıca özellikle AB, gıda özelliği taşımayan kaynaklardan biyoyakıt üretimini önermektedir. Bu amaçla yeterince yabancı ot mücadelesi yapılmadığı için ülkemizin hububat ambarı konumundaki Konya'da bu ürünlerle beraber önemli oranda hardal pazara girmektedir. Bunların eleme yoluyla buğdaydan ayrılması sonucunda önemli oranda hardal ortaya çıkmaktadır. Bu ürünün ekonomik değerinin artırılması ve alternatif biyodizel ham madde araştırılması temel amacı olan bu çalışmada, benden desteğini esirgemeyen ve kıymetli vakitlerini harcayarak bana yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin Öğüt'e, gerek çalışmalarıyla gerekse fiili olarak bana yardımcı olan kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Hidayet Oğuz'a ve Ziraat Fakültesi araştırma görevlilerinden Tanzer Yılmaz'a, ayrıca iklimlendirme imkanlarını sağlayan Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Öğretim Üyelerinden Prof. Dr. Sait Gezgin ve Neslihan Uysal'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ 1

1.1. Biyodizele Genel Bakış……5

1.2. Türkiye'nin Bitkisel Yağ Potansiyeli.....9

1.3. Biyodizelin Biyolojik Ayrışabilirliği.....10

1.4. Biyodizelin Diğer Maddelerle Uyuşabilirliği.....11

1.5. Biyodizel Standardı.....12

1.6. Bitkisel Yağlardan Biyodizel Eldesi.....15

1.6.1. Transesterifikasyon Yöntemi.....16

1.6.1.1. Alkol.....17

1.6.1.2. Katalizör.....18

1.6.1.3. pH değeri.....18

1.6.1.4. Titrasyon işlemi.....19

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI……..……..20

3. MATERYAL ve METOT……24

3.1. Materyal……..24

3.1.1. Araştırmada Kullanılan Alet ve Cihazlar……..26

3.1.1.1. Kinematik viskozmetre……..……26

3.1.1.2. Bulutlanma donma ve akma noktaları tespit cihazı……26

3.1.1.3. Bakır çubuk korozyon test cihazı……26

3.1.1.4. Yoğunluk ölçme cihazı……27

3.1.1.5. Hassas terazi……27

3.1.1.6. Termometre……27

3.1.1.7. İklimlendirme dolabı……...27

3.1.2. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Maddeler……28

3.1.2.1. Metanol (Metil alkol)……..28

3.1.2.2. Katalizör……..29
3.1.3. Pilot Biyodizel Üretim Tesisi……..…….29
3.2. Metot…….....30
3.2.1. Hardal Tohumu Yağından Biyodizel Eldesi…….31
3.2.2. Depolama Koşulu……..34
3.2.3. Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi……..35
3.2.3.1. Viskozite ölçümleri…….35
3.2.3.2. Yoğunluk ölçümleri……36
3.2.3.3. Akma noktası, bulutlanma noktası ve donma noktası ölçümleri…...37
3.2.3.4. Bakır çubuk korozyon testi…….39

4. SONUÇ ve TARTIŞMA……...……...41

4.1. Viskozite Ölçümü Neticeleri……..……42
4.2. Yoğunluk Noktası Ölçümü Neticeleri……...…….43
4.3. Bulutlanma Noktası Ölçümü Neticeleri……..45
4.4. Akma Noktası Ölçümü Neticeleri…….....46
4.5. Donma Noktası Ölçümü Neticeleri…….....47
4.6. Bakır Çubuk Korozyon Testi……..48

5. LİTERATÜR LİSTESİ……...…50

Çizelgeler

Çizelge 1.1, Türkiye'nin yıllara göre önemli yağ bitkileri üretim miktarı (ton) (www.die.gov.tr) ……9
Çizelge 1.2, Türkiye'de diğer yağ bitkilerinin ekiliş alanları, yağ oranı, verimi ve üretim miktarı (Ulusoy 2002)……..……10
Çizelge 1.3, Biyodizel ile malzemelerin uyuşabilirliği (Tyson 2001)……..12
Çizelge 1.4 01.01.2006 da yürürlüğe giren TS EN 14214 sayılı Otomotiv yakıtları,
yağ asidi metil esterleri (Biyodizel) standardı (Öğüt ve ark. 2005)…….....13
Çizelge 1.5 TS EN 14213 Isıtma Yakıtları-Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME) Standardı……..14
Çizelge 1.6 Bitkisel yağları, biyoyakıta dönüştürme metotlarının karşılaştırılması (Oğuz 2004)……16
Çizelge 1.7 Transesterifikasyon Reaksiyonu……17
Çizelge 3.1 Siyah hardal tohumu yüzdesel bileşimi……...…….24
Çizelge 3.2, ASTM D 130 Bakır çubuk korozyon testi standardı……...40
Çizelge 4.1 Bakır çubuk korozyon testi sonuçları……49

Şekiller

Şekil 1.1 Türkiye'nin 2001 Yılı Dizel yakıt tüketiminin sektörlere göre dağılımı (www.eie.gov.tr) ..…..3
Şekil 1.2 2004 yılı Avrupa'nın biyodizel üretim kapasitesi…….……..7
Şekil 3.1 Bakır çubuk korozyon test cihazı……..26
Şekil 3.2 İklimlendirme dolabı…….28
Şekil 3.3 Kullanılan alkol ve katalizör…..…….28
Şekil 3.4 Pilot biyodizel üretim tesisi…….29
Şekil 3.5 Yıkama sonunda saf su ile biyodizelin ayrışması…….33
Şekil 3.6, Üretilen B100, B20, B2 ve Opet marka 2 nolu Dizel yakıtı……..34
Şekil 3.7 Karışımların ışıktan korunması……..……...34
Şekil 3.8 Koehler K 23377 model kinematik viskozmetre……..……..……36
Şekil 3.9 Yoğunluk ölçme cihazı……..……...37
Şekil 3.10 Akma noktası test cihazı şematik resmi…….38
Şekil 3.11 B100 biyodizelinin donma noktasına ulaşması……..38
Şekil 3.12 Bakır çubuk korozyon test cihazı……...39
Şekil 3.13 Bakır çubuk korozyon test ölçeği…….…….39
Şekil 4.1 Kinematik viskozite değişimi (mm2/sn)……..42
Şekil 4.2 Yoğunluk ölçümü sonuçları……44
Şekil 4.3 Bulutlanma noktası ölçümü sonuçları…….…..…..45
Şekil 4.4 Akma noktası ölçümü sonuçları……...46
Şekil 4.5 Donma noktası ölçümü sonuçları…….....47
Şekil 4.6 Hardal B100 biyodizelinin donma noktasına ulaşması…….…...48

1. GİRİŞ

Dünyamızın enerji ihtiyacı günden güne artmakta ve bu ihtiyacı karşılamak amacıyla yoğun bir şekilde alternatif enerji kaynakları arayışına ve araştırmalarına devam edilmektedir. Özellikle yakın gelecekte petrol kökenli enerji kaynaklarının tükenecek olması bu arayışları mutlak gerekli hale getirmiştir. Şu an, dünya petrol rezervinin 41 yıl, kömür rezervlerinin 218 yıl, doğal gaz rezervlerinin de 63 yıl ömrünün kaldığı belirtilmektedir. Ülkemizde ise kullanılan enerjinin % 47'si ham petrolden karşılanmakta ve petrol tüketiminin %97'si ithal yollarla karşılanmaktadır. Ülkemiz, her yıl 23.2 milyon ton ham petrol, 5.7 milyon ton da petrol ürünü ithal etmektedir. Ulaşım, tarım ve enerji sektörü açısından bakıldığında, büyük ölçüde dışa bağımlılık göze çarpmaktadır (Özçimen ve ark. 2000).

Türkiye'nin, 1990 yılında %47.7 olan enerji talebinin yerli üretimle karşılanma oranı 2000 yılında %33 olmuştur. Hesaplamalara göre Türkiye petrol rezervi 954 Milyon ton olup, bu miktarın 156 Milyon ton'u üretilebilir durumdadır. 2002 yılı sonuna kadar 157 Milyon ton petrol üretilebilmiş olup, geri kalan üretilebilir 39 milyon ton ile bugünkü üretim seviyesine göre yaklaşık 16 yıllık bir ömre sahiptir. Doğal gaz rezervimiz 22.1 Milyar m^3, üretilebilir toplam gaz ise 15.8 Milyar m^3'tür.

2002 yılında Dünya'da kişi başına düşen ticari enerji ve elektrik enerjisi tüketim miktarı 2343 kWh iken, Türkiye için bu değer 1817 kWh şeklindedir. 2002 yılında Türkiye enerji tüketimdeki en yüksek pay petrole aittir. Tüketimdeki en büyük payı % 42 değeri ile sanayi sektörüne aittir. Konut ve hizmet sektöründe %31, ulaşımda %19, tarımda %4 oranında enerji tüketilmektedir (Karaosmanoğlu 2002).

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından hazırlanan raporda, 2001 yılı dünya birincil enerji arzının %13.5'inin yenilenebilir kaynaklardan üretildiği belirtilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, su gücü (hidrolik enerji, jeotermal enerji, deniz enerjisi), hidrojen enerjisi ve biyokütle enerjisi olarak sınıflandırılmaktadır. Enerji kaynakları içinde, petrol %35 ile birinci sırada yer alırken, petrolü %23.4 ile kömür, %21.2 ile doğal gaz izlemektedir.Yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya elektrik enerjisi üretimine katkısı 2001 yılında %18.1 olup, bu değer kömür ve doğal gazdan sonra 3. sırada yer almaktadır. Bu pay içinde hidrolik enerjinin yeri ön plana çıkmaktadır. Hidrolik enerji dünya elektrik enerjisi üretiminin %16.6'sını sağlamaktadır. Yakılabilir yakıtlar-atıklar (biyokütle) dünya birincil enerji arzına %10.8, dünya elektrik enerjisi üretimine ise, %0.9 oranında katkı yapmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde, elektrik üretimine en büyük katkı (%91.7) hidrolik enerjiye aittir. 2001 yılında dünya genelinde elektrik enerjisi üretiminde yıllık %2.5 gibi bir artış gözlenirken, yenilenebilir enerji kaynaklarının bu üretimde kullanımında %1.9'luk bir artış belirlenmiştir. Biyokütleden elde edilen enerji, gelişmekte olan ülkelerde oldukça yoğun bir şekilde kullanılmakta olup, bu kaynaklar 2001 yılında yenilenebilir kaynaklar içinde %10.4'lük bir pay oluşturmuşlardır. Güneş, rüzgar ve dalga enerjileri son yıllarda, artan bir önem kazanarak, hızlı bir yükselişe geçmiş olsalar da, bu kaynakların dünya birincil enerji arzındaki payları %0.1, dünya yenilenebilir enerjiler arzındaki payları ise, %0.5 şeklinde çok az oranda gerçekleşmiştir. 2001 yılında dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen yakıtların %21.2'si elektrik üretiminde kullanılırken, %59.2 gibi oldukça yüksek bir miktarı ise, evsel, ticari ve hizmet sektörlerinde kullanılmıştır.

2002 yılında Türkiye birincil enerji kaynakları üretimi içinde:

Kömür: % 47.4

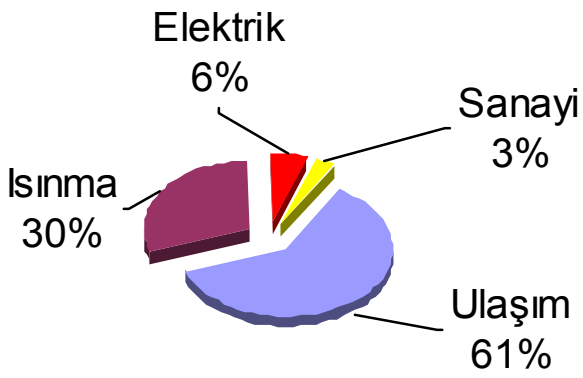
Petrol ve doğal gaz: % 11.8

Hidrolik ve jeotermal elektrik: % 12.2

Yenilenebilir kaynaklar: % 4.3

Ticari olmayan yakıtlar: % 24.3'lük yere sahiptir.

2002 yılında genel enerji tüketiminde petrol % 39.3'lük bir pay ile ilk sırada yer alırken, bunu sırasıyla % 20,6 ile doğal gaz, % 13.5 ile linyit takip etmektedir. Aynı yıl içinde hidrolik enerjinin payı % 3.7 iken ticari olmayan yakılabilir kaynakların oranı % 7.6 olmuştur(Karaosmanoğlu 2002).



Şekil 1.1 Türkiye'nin 2001 Yılı dizel yakıt tüketiminin sektörlere göre dağılımı (www.eie.gov.tr)

Dünyamızın artan enerji talebi büyük ölçüde fosil kökenli ve nükleer kaynaklardan temin edilmeye çalışılmakta ve ülkeler enerji kaynaklarına sahip olmak için savaşları bile göze almaktadırlar. Öte yandan kullanılan bu enerjiler dünyanın doğasını tahrip etmekte, insanlığın geleceğini tehlike altına sokmaktadır. Özellikle fosil kökenli yakıtların kullanımı neticesinde ortaya çıkan küresel ısınmanın boyutları tehlike sınırlarını çoktan aşmışken, kullanılan enerjinin yenilenebilir olması gerekliliği aşikardır.

Enerji, elde edilen kaynakları açısından sınıflandırılırsa, yenilenebilen ve yenilenemeyen olarak iki sınıfa ayrılabilir. Yenilenebilir enerjinin büyük boyutlarda olmasına karşın kullanımındaki yetersizlikler, fosil yakıtların kolay elde edilmesi ve petrol şirketlerinin çok güçlü olup ülkelerin yönetiminde söz sahibi olmaları, yenilenebilir enerjinin kullanımının önündeki engellerden bazılarıdır. Yenilenebilir enerjinin sağlıklı ve sürdürülebilir olması, geleceğe umutla bakmamızı sağlamaktadır. Yenilenebilen enerjiler sınıflandırmada çeşitlilik arz etmekte ve biyokütle enerjisi de yenilenebilen enerjiler kategorisinde yer almaktadır. Biyodizel ise biyokütle enerjisi içerisinde yer alan ve dizel motorlarında kullanılabilen yenilenebilir bir enerji türüdür.

Bu çalışmanın amacı, birçok ülkenin yakıt pazarında şu an çoktan yerini almış, ülkemizde ise piyasada var olan ancak henüz bir sisteme oturtularak pazarlaması geliştirilememiş, bir çok teknik ve stratejik araştırmalara konu olan biyodizelin hardal bitkisinin yağı kullanılarak üretimini gerçekleştirmek ve üretilen bu yakıtı koşullu depolama ortamında saklayarak, bu süre neticesinde, genel yakıt özelliklerinde ne gibi değişiklikler olabileceğini tespit etmektir. Bu tespitleri yaparken yine aynı koşullarda muhafaza edilecek olan motorin ile mukayesesi de yapılmıştır. Araştırmada transesterifikasyon yöntemi kullanılarak biyodizel yakıtı elde edilmiş, motorin ile ilgili yapılan mukayeselerde ise Opet firmasının eurodizel ürünü kullanılmıştır.

1.1. BİYODİZELE GENEL BAKIŞ

Bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılması, dizel motorlarının tarihi kadar eskidir. Dizel motorun mucidi olan Rudolf Diesel'in 1900 senesinde, dizel motorunun tanıtımı için yakıt olarak fıstık yağını kullandığı rapor edilmiştir(Clements, 1996). Petrol kökenli dizel yakıtının uzun yıllar boyunca ucuz ve bol miktarda bulunur olması, dizel motorunun petrol kökenli yakıtlar ile uyum sağlayacak biçimde geliştirilmesine neden olmuştur. Günümüzde ise dizel motorlarında biyodizel kullanımı tekrar gündeme gelmiş ve biyodizel kullanımı için 2002 yılı verilerine göre Avrupa Birliğinin Biyodizel üretim kapasitesi yıllık 2.000.000 tona ulaşmıştır (Öğüt ve ark 2003).

Birçok araştırma, bitkisel yağların dizel motorları için kısa süreli ve acil durumlarda kullanılabileceğini, fakat bu kullanımın çeşitli motor problemlerine sebep olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte bu yağların kimyasal bir reaksiyon (transesterifikasyon) ile esterlere dönüştürülmesi bu problemleri azaltmakta yada tamamen ortadan kaldırmaktadır. Bu kimyasal reaksiyon ile yağların bileşimlerinde bulunan gliserin ayrıştırılmakta ve gliserinin yerini alkol radikalleri almakta ve bitkisel yağdan biyodizel ile gliserin ürünleri elde edilmektedir. Elde edilen biyodizelin viskozitesi bitkisel yağa oranla çok daha aşağıda olmakta, ısıl değerinde kayda değer bir değişiklilik meydana gelmemektedir.

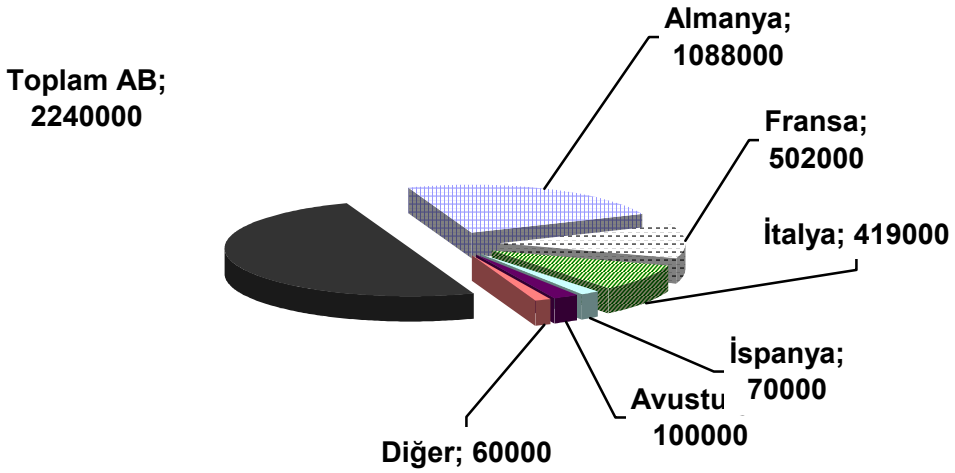
Biyodizelin yakıt özellikleri bakımından dizel yakıtına oldukça yakın değerler taşıdığından, dizel motorlarında öneriler doğrultusunda direkt kullanılabildiği gibi petrodizel ile belirli oranlarda karıştırılarak da kullanılma olanağına sahiptir. Karışımda %20 biyodizel %80 petrodizel varsa bu karışım B20 olarak, %50 biyodizel %50 petrodizel varsa B50 olarak adlandırılır.

Biyodizelin yakıt özellikleri, emisyon açısından incelendiğinde CO, HC ve PM (partikül madde) miktarının dizel yakıtına kıyasla daha temiz olduğu görülmektedir. Biyodizelin ham maddesinin bitkisel kaynaklı olduğu göz önünde

tutulursa, petrolden elde edilen dizele oranla çevreye olan etkisi ortadadır. Petrol kökenli yakıtların geçmişte ve günümüzde bilinçsiz ve vurdum duymaz kullanımı, dünyamızın atmosferinde sera etkisine sebep olmuş, iklim değişiklikleri, kuraklık, küresel ısınma ve çeşitli canlı türlerinin yok olması gibi tehlikelerle karşı karşıya kalınmıştır. Bu sebeplerden dolayı günümüzde uluslararası birçok kuruluş, konu ile ilgili raporlar hazırlamakta ve tehlikenin önlenmesine yönelik çalışmalar yürütmektedir. Öngörülen en iyi çözüm yolu ise, alternatif enerji kullanımının yaygınlaştırılmasıdır.

Gelişmiş ülkeler, fosil kökenli enerji kaynaklarının tükenecek olması, doğaya olumsuz etkileri, bu kaynakların bazı ülkelerin tekelinde bulunması ve artan enerji ihtiyaçları sebebiyle artık alternatif enerji kaynakları araştırma ve geliştirme işlerine büyük kaynaklar sağlamakta, kendilerine hedefler koymaktadır. Avrupa birliği 2003/30/CE sayılı ve 8 Mayıs 2003 tarihli direktif ile dizel yakıtına belli oranlarda biyodizel karıştırmayı yumuşak zorunluluk haline getirmiş ve bu karışımın her yıl artırılmasını öngörmüştür. Buna göre, 2005 yılında %2.00, 2006 da %2.75, 2007 de %3.50, 2008 de %4.25, 2009 da 5.00 ve 2010 da ise 5.75 lik dizel yakıtına biyoyakıt karıştırılması tavsiye edilmiştir.

2002 yılında AB'deki karayolu taşımacılığında tüketilen enerjinin sadece %0,45'i biyoyakıtlardan oluştuğunu ifade etmek yeterli olacaktır. Ancak, mevcut düzeyler düşük olmasına rağmen biyoyakıtların üretimi hızla artmaktadır. Bu oran 1999'da sadece %0,25 iken, 2004 yılında %1'e ulaştığı görülmektedir. Eğer böylesi büyüme oranları elde ediliyorsa, tüm AB çapında 2010 yılı için alınan hedefe ulaşılmış olunacaktır. Avrupa'da 2010 yılında 5.13 milyon tonluk üretim hedeflenmektedir. Bu da yaklaşık olarak 900 milyon Euro değerinde 30 yeni tesisin faaliyete geçmesi demektir. Ülkemizin de Avrupa birliği ile müzakerelere başlamış olması, bu gibi kriterlere de uyması zorunluluğunu getirmiştir(www.eea.eu.int).



Şekil 1.2 2004 yılı Avrupa'nın biyodizel üretim kapasitesi (ton) (www.ebb-eu.org)

Biyodizele verilen bir diğer isimde stratejik yakıttır. Üretilebilir olması petrole bağlı enerji ihtiyacını, ithal ederek karşılayan ülkemizi büyük ölçüde dışa bağımlı olmaktan kurtaracaktır. Kritik dönemlerde (savaş, petrol krizi v.b.) yakıt ihtiyacının bağımlı olmadan, kesintisiz karşılanmasını sağlayacaktır.

Gelişmiş ülkeler, uluslararası maliyetlerden yüksek olsa bile yerli enerji üretimini desteklemektedirler. Almanya'da 300 000 hektar kanola tarımından, biyodizel üretimine bağlı olarak 5000 kişiye istihdam sağlanmış ve bunun karşılığında %70 vergi indirimi uygulanmıştır. Ülkemizde ise, kırsal nüfusun oldukça yüksek seviyede olması, tarım sektörü üzerinde ağır ve yoğun bir nüfus baskısına ve gizli işsizliğe yol açmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü, 28 Mayıs – 30 Eylül 2001 tarihleri arasında uygulanan VII. Genel Tarım Sayımı sonucuna göre, ülkemizde toplam tarım arazisinin sadece %33,13'ü işlenmektedir (Ulusoy ve ark 2002). Bu bakımdan, tarımsal açıdan ele alındığında, nüfusunun %30'a yakın bir kısmının tarımla uğraştığı ülkemizde, biyodizel eldesi için üretilecek bitkilerin, üretimi yapacak çiftçilerin gelir düzeyini artıracak bir özelliğinden de söz edilebilir. Yine ekonomik ve istihdama yönelik bir faydası da, üretim yapacak tesisler ve burada

çalışacak insan sayısındaki artış hem ülke ekonomisine katkı sağlayacak, hem de yarattığı iş kolları ile işsizlerin sayısında azalmaya yol açacaktır.

Öztürk ve ark. yapıkları araştırmada, ülkemizde yıllık 3 milyon ton yağ bitkisi üretimi yapılması halinde, 1 milyon ton biyodizel üretimine karşılık, 1,5 milyar YTL gelir ve 1,8 milyon ton yem üretimine karşılık ise 300 milyon YTL gelir sağlanabileceğini ortaya koymuşlardır.

Biyodizel enerji bilançosu açısından da avantajlıdır. Biyodizelin elde edildiği bitkinin yetiştirilmesi, yağ ve yakıt eldesi aşamaları dikkate alındığında enerji bilançosunun 2,5 kat fazla olduğu görülür. Yani, biyodizelin sahip olduğu enerjinin, gübreleme, ilaç, yağ eldesi, rafine, kimyasal işlem ve biyodizelin taşınması dahil, harcanan enerjilerden 2,5 kat fazla olduğu sonucu ortaya çıkar (Acaroğlu ve ark 2003).

Kısaca, özetle biyodizelin faydaları;

1. Daha temiz yanma ürünleri nedeniyle, çevre üzerinde olumlu etkiye sahiptir, sera etkisine sebep olmaz. Sağlıklı bir kalkınma ve güvenli bir gelecek sağlar,
2. Petrol kaynaklarında dışa bağımlılığı azaltır,
3. Stratejik açıdan değerlendirildiğinde savaş v.b. durumlarda öneme sahiptir,
4. Tarımın gelişmesine ve tarımla uğraşanların ekonomik açıdan iyileşmesini sağlar,
5. Tarım ürünlerinde çeşitliliğin artmasını sağlar,
6. Sürekli kırsal kesimden batıya göç veren ülkemizde, göçün azalmasına katkıda bulunur,
7. Üretim yapılacak tesislerde çalıştırılacak insan gücü ve taşımacılığının yapılması, yeni iş imkanlarının doğmasını sağlar,
8. Ülke ekonomisinin gelişmesine katkı sağlar,
9. Biyolojik olarak kolay ayrışabilir,

10. Toksin madde içermediğinden zehirleyici etkisi yoktur,
11. Parlama noktası, yüksek olduğundan taşınması daha güvenlidir,
12. Motorlarda kullanımı için herhangi ek bir donanıma gerek duyulmaz,
13. Yağlayıcı özelliği fazladır, dolayısıyla motorun ömrünü uzatır,
14. Kara, deniz taşımacılığında, ısıtma sistemlerinde ve jeneratörlerde kullanılabilir,
15. Kanserojen madde ve kükürt içermez.

1.2. Türkiye'nin Bitkisel Yağ Potansiyeli

Bitkisel yağlar, halen ülkemizde yemeklik amaçlı üretilmekte ve üretim miktarı bu açığı kapatabilecek düzeydedir. Önümüzdeki zaman zarfında bitkisel yağların, dizel motorlu taşıtlara yakıt amaçlı üretiminin gerekli ve yaygın hale gelecek olmasıyla bu üretimin artırılması gerekecektir ve ülkemizde bu üretimin yapılabilmesi için gerekli kapasite mevcuttur.

Çizelge 1.1, Türkiye'nin yıllara göre önemli yağ bitkileri üretim miktarı (ton) (**www.die.gov.tr**)

Yağ bitkisi	1999	2000	2001	2002	2003
Mısır	2.297.000	2.300.000	2.200.000	2.100.000	2.800.000
Pamuk tohumu	1.157.583	1.295.066	1.353.888	1.457.122	1.337.065
Ayçiçeği	950.000	800.000	650.000	850.000	800.000
Yağ Zeytini	360.000	1.310.000	365.000	1.350.000	500.000
Fındık	530.000	480.000	625.000	600.000	490.000
TOLAM	5.294.583	6.185.066	5.193.888	6.357.122	5.927.065

Çizelge 1.2, Türkiye'de diğer yağ bitkilerinin ekiliş alanları, yağ oranı, verimi ve üretim miktarı (Ulusoy 2002)

Yağ bitkisi	Ekim Alanı(ha)	Yağ oranı%	Verim(kg/ha)	Üretim mik(ton)
Yer Fıstığı	28 000	35-55	2679	75 000
Soya	24 000	13-25	2750	66 000
Kanola	187	40-45	1765	330
Aspir	50	9-28	1000	50
Keten Toh.	385	30-40	590	227
Susam	51 000	45-59	549	28 000
Haşhaş	55 000	44-50	570	899 117
Kenevir Toh.	538	-	103	55
Hardal	-	27-35	481	-
TÜRKİYE TOP.	2 003 520	-	-	5 630 439

Çizelge 1.2 de görüldüğü üzere, hardal bitkisinin ülkemizde yağ üretimi amaçlı ekimi yapılmamaktadır. Hardal bitkisi yabani ortamda ve tarlalarda yabancı ot olarak kendisine yer bulmaktadır. Bunun en önemli sebeplerinden başlıcası, hardal yağının Türk insanının damak tadına uygun olmayışından dolayıdır. Ancak hardal bitkisinin Avrupa ve Amerika da yağlık bitki olarak üretimi yapılmaktadır.

1.3. Biyodizelin Biyolojik Ayrışabilirliği

Yapılan biyolojik ayrışabilirlik testlerinde petrol esaslı dizel yakıtının 28 günde % 30'unun ayrışmasına karşın biyodizelin % 95-98'nin biyolojik olarak ayrışabildiği tespit edilmiştir. Özellikle Avrupa Ülkelerinde hassas tarım arazilerinde deniz kenarlarında ve orman arazilerinde biyodizelin kullanımı mecbur hale getirilmiştir(Oğuz 2004).

1.4. Biyodizelin Diğer Maddelerle Uyuşabilirliği

Biyodizelin çözücü özelliğinden bahsetmek mümkündür. Orta dereceli bir çözücüdür. Boyalı yüzeyler ile teması halinde boyayı çözebilir. Biyodizelin bu çözücü özelliğinden dolayı araçlardaki kullanımında yakıt deposuna konulmadan evvel, deponun temizliğini ve bakımını yapmak gerekir. Aksi takdirde, dizel yakıtından kaynaklanan, depo içindeki tortuları çözmekte, yakıt filtresi ve enjektörde tıkanıklığa sebep olmaktadır.

Depolama ve kullanımı hususunda, malzeme seçimine dikkat etmek gerekir. Çünkü bakır, pirinç, bronz kurşun, kalay ve çinko dizel yakıtı ve biyodizel ile okside olabilir ve tortulaşma meydana getirebilir. Bakır borular, pirinç regülatörler ve bakır rekorlarda kurşun ve çinko kaplamalardan kaçınılmalıdır. Zarar görmüş parça çelik veya alüminyum olanı ile değiştirilmelidir. Uygun yakıt deposu malzemesi teflon, viton, fluorinat plastik, naylon, alüminyum ve çelik içermelidir (Tyson 2001).

Tyson biyodizelin çeşitli metal, kauçuk ve plastik parçalar üzerindeki korozif etkisini incelemiş, ayçiçeği ester ürünlerinin, çelik pik demir, alüminyum, pirinç, bakır, galvanizlenmiş çelik ve paslanmaz çelik gibi metallerdeki korozyona bağlı kütle kaybının 1 mikrometre/yıl olduğunu belirlemiştir. Bununla birlikte, püskürtme pompası ve kontrol bağlantıları üzerinde yaptığı incelemelerde de korozyona ait hiçbir belirtiye rastlamamıştır. Ayçiçek yağı metil esteriyle gerçekleştirilen çalışma sonunda metal parçalarda korozyona rastlanmamış ancak tüm plastik aksamda sertleşme eğilimi ve mukavemette düşme görüldüğü bildirilmiştir. Ester yakıtın tüm kauçuk parçalarda tahrip edici özellik gösterdiği, Viton A kauçuğun konstrüksiyon açısından en uygun kauçuk olduğu belirtilmiştir. Ester yakıtların uzun süreli temas sonucunda, boyalar üzerinde çözücü etkisi göz önünde tutularak gerekli aksama dayanıklı boya uygulamasının yararlı olacağı vurgulanmaktadır (Işığıgür 1992).

Çizelge 1.3, Biyodizel ile malzemelerin uyuşabilirliği (Oğuz 2004)

Materyal	**BiyoDiz. Karışım**	**Malzemeye Etkisi**
Teflon	B100	Küçük Değişme
Naylon 6/6	B100	Küçük Değişme
Nitril	B100	20% Sertlik Azalması
	B100	18% Şişmede Artış
Viton A401-C	B100	Küçük Değişme
Viton GFLT	B100	Küçük Değişme
Fluorosilicon	B100	Sertlikte Küçük Değişme
	B100	7% Şişmede Artış
Polyurethane	B100	Sertlikte Küçük Değişme
	B100	6% Şişmede Artış
Polypropylene	B100	10% Sertlikte Azalma
	B100	8-15% Şişmede Artış
Polyvinyl	B100	Çok kötü
	B50	Kötü
	B20	Aynı
	B10	Aynı
Tygon	B100	Kötü

1.5. Biyodizel Standartları

Biyodizelin kullanımının yaygınlaşması, standardının da yapılmasını gerekli hale getirmiştir. Bir çok ülke biyodizel ile ilgili standartlarını hazır hale getirmiştir. Ülkemizde ise biyodizel ile ilgili standart, 13.10.2005 tarihinde TSE tarafından TS EN 14214 nolu standart olarak kabul edilmiş ve Türk standartları arasına girmiştir.

Çizelge 1.4 01.01.2006 da yürürlüğe giren TS EN 14214 sayılı Otomotiv yakıtları, yağ asidi metil esterleri (Biyodizel) standardı (Öğüt ve ark. 2005)

	Birim	Limitler		Test Yöntemi
Ester İçeriği	%(m/m)	96.5		pr EN 14103
Yoğunluk 15 ^{o}C de	kg/m	860	900	EN ISO 3675
				EN ISO 12185
Viskozite 40 ^{o}C de	mm^2/sn	3.5	5	EN ISO 3104
Parlama Noktası ^{o}C		120	--	ISO/CD 3679
Kükürt İçeriği	mg/kg	--	10	
Karbon kalıntısı	%(m/m)	--	0.3	EN ISO 10370
Setan Sayısı		51.0		EN ISO 5165
Kül İçeriği	%(m/m)	--	0.02	ISO 3987
Su İçeriği	mg/kg	--	500	EN ISO 12937
Toplam Kirlenme	mg/kg	--	24	EN 12662
Bakır Çubuk Korozyonu	50 ^{o}C de 3h	Oran	1a	EN ISO 2160
Oksidasyon dengesi 110 ^{o}C'de	saat	6.0	--	pr EN 14112
Asit Değeri	mgKOH/g		0.5	pr EN 14104
İyot Sayısı			120	pr EN 14111
Linolik Asit				
Metil Ester	%(m/m)		12	pr EN 14103
Polidoymamış (>=4 çift bağ) metil ester	%(m/m)		1	
Metanol İçeriği	%(m/m)		0.2	pr EN 14105
Monogliserid İçeriği	%(m/m)		0.8	pr EN 14105
Digliserid İçeriği	%(m/m)		0.2	pr EN 14105
Trigliserid İçeriği	%(m/m)		0.2	pr EN 14105
Serbest Gliserol	%(m/m)		0.2	pr EN 14105
				pr EN 14106
Toplam Gliserol	%(m/m)		0.25	pr EN 14105
Alkali Metaller (Na+K)	mg/kg		5	pr EN 14108
				pr EN 14109
Fosfor İçeriği	mg/kg		10	pr EN 14107

Çizelge 1.5 TS EN 14213 Isıtma Yakıtları – Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME) –Standardı

Özellik	Birim	Limitler		Test yöntemi
		Enaz	Encok	
Ester içeriği	%(m/m)	96.5		EN 14103
Yoğunluk 15°C'de	kg/m^3	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viskozite 40°C'de	Mm^2/s	3.5	5.0	EN ISO 3104 ISO 3105
Parlama noktası	°C	120	-	ISO 3679
Kükürt içeriği	mg/kg	-	10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Karbon kalıntısı (% 10 Damıtma artığı)	%(m/m)	-	0.3	EN ISO 10370
Sülfatlanmış Kül içeriği	%(m/m)	-	0.02	ISO 3987
Su içeriği	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Toplam kirlilik	mg/kg	-	24	EN 12662
Oksidasyon kararlılığı 110 °C'de	saat	4.0	-	EN 14112
Asit sayısı	mgKOH/g		0.5	EN 14104
İyot değeri	g iyot/100g		130	EN 14111
Çoklu doymamış(>=4 çift bağ) metil ester	%(m/m)		1	
Monogliserid içeriği	%(m/m)		0.8	EN 14105
Digliserid içeriği	%(m/m)		0.2	EN 14105
Trigliserid içeriği	%(m/m)		0.2	EN 14105
Serbest gliserol	%(m/m)		0.02	EN 14105 EN 14106
Soğuk Filtre Tıkama Noktası (SFTN)	°C			EN 116
Akma Noktası	°C		0	ISO 3016
Net Yanma Isısı	MJ/kg	35		DIN 51900-1 DIN 51900-2 DIN 51900-3

1.6. Bitkisel Yağlardan Biyodizel Eldesi

Bitkisel yağlardan biyodizel elde etmek için, seyreltme, mikro emilsiyon yapma, piroliz, süper kritik yöntem ve transesterifikasyon yöntemleri kullanılabilir.

- ✓ Seyreltme yönteminde, bitkisel yağ dizel yakıtıyla belli oranlarda karıştırılarak seyreltilmekte bu sayede viskozite değeri belli oranda düşürülebilmektedir.

- ✓ Mikroemilsiyon yönteminde bitkisel yağ, metanol ve etanol gibi kısa zincirli alkollerle mikroemilsiyon haline getirilir. Bu sayede viskozite değeri düşürülür. Bu yöntemin dezavantajı, alkollerin setan sayısının düşük olması sebebiyle, oluşturulan emülsiyonun setan sayısı düşük olmakta ve düşük sıcaklıklarda karışımın ayrışma eğilimi göstermesidir.

- ✓ Piroliz yöntemi ile bitkisel yağ molekülleri yüksek sıcaklıkta daha küçük moleküllere parçalanarak, viskozite düşürülmekte ve kullanılabilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı ise işlemin çok fazla masraf gerektirmesidir.

- ✓ Transesterifikasyon, yağın herhangi bir mono hidrik alkolle bir katalizör eşliğinde reaksiyona sokulmasıdır. Bu yöntem viskoziteyi azaltmada en etkili yöntemdir. Fakat esterleştirme işlemi biraz zordur. Biyodizel üretiminde kullanılan en yaygın yöntem, transesterifikasyon yöntemidir ve transesterifikasyon yöntemiyle üretilen biyodizelin yakıt özellikleri dizel yakıtına çok yakın değerler taşımaktadır.

- ✓ Süper kritik yönteminde işlem, transesterifikasyon yönteminde farklı olarak katalizör kullanmadan, 350 ^{0}C gibi yüksek sıcaklıklarda, 240 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 1.6 Bitkisel yağları, biyoyakıta dönüştürme metotlarının karşılaştırılması (Oğuz 2004)

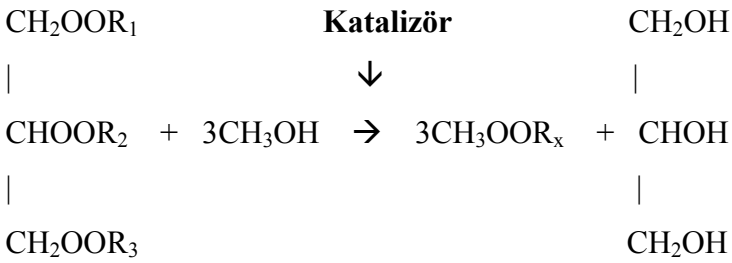
	Biyodizel Üretim Metodu					
Test Özelliği	**ASTM No**	**Dizel**	**Transesterifikasyon**	**Seyreltme**	**Mikroemilsiyon**	**Proliz**
Viskozite (cSt)	D445	2.39	4.08	4.88	11.2	10.2
Setan Sayısı	D613	45.8	46.2	-	-	43
Bulutlanma Noktası (^{o}C)	D2500	-19	2	-	-	-
Akma Noktası (^{o}C)	D97	-23	1	-	-	2
Motor testi	200 h EMA*		Başarılı	Başarılı	Başarılı	-

***** Motor İmalatçıları Birliği

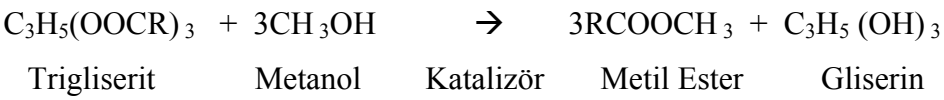
1.6.1. Transesterifikasyon Yöntemi

Transesterifikasyon yönteminde bitkisel yağlar, katalizör ve alkollerle birlikte reaksiyona sokularak yeniden esterleştirilir. Yani bir tür esterin başka bir tür estere dönüştürülmesi işlemidir. Ester başka bir molekül ile bağ yapabilen hidrokarbon zinciridir.

Yağ molekülü bir gliserine tutunmuş üç ester molekülünden oluşur. Bitkisel yağ molekülünün %20 si gliserindir ve yağın bünyesinde bulunan bu gliserin, yağı kalınlaştıran ve yapışkan olmasına neden olan bir yapıya sahiptir. Transesterifikasyon esnasında, bitkisel yağın bünyesinde bulunan bu gliserin uzaklaştırılarak, yağın incelmesi ve özelliklerinin dizel yakıtına yakınlaştırılması sağlanır. Yağdan ayrıştırılan gliserinin yerini alkol radikalleri almakta, yani üç ester molekülü gliserinden ayrıştırılıp, alkol radikalleri ile bileşik oluşturmaktadır.



Bitkisel Yağ **Metanol** **Biyodizel** **Gliserin**



Çizelge 1.7 Transesterifikasyon reaksiyonu

Transesterifikasyon, bitkisel yağların viskozitelerini önemli ölçüde azaltmakta olduğundan, dizel motorlarda kullanıldığında yakıt atomizasyonu, yanma ve yakıt karakteristikleri, işlenmemiş bitkisel yağlara oranla çok daha iyi sonuç vermektedir. Biyodizelin setan sayısı, ısıl değeri, kinematik viskozitesi ve yoğunluk gibi yakıt özellikleri bakımından dizel yakıtına oldukça yakın değerlere sahip olmaktadır.

1.6.1.1. Alkol

Yağ molekülleri bir gliserine tutunmuş üç ester molekülünden oluşur ve yağın içerisindeki gliserinin, biyodizel üretimi yapılırken bünyesinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel elde edilirken, bitkisel yağ içerisindeki esterler gliserinden ayrıştırılırlar. Esterler biyodizelin temel yapısını oluştururlar. Alkol, transesterifikasyon işlemi esnasında, bitkisel yağdaki gliserin bileşeni ile yer değiştirir. Bu işlemi yaparken etil alkol (etanol), yada metil alkol (metanol) kullanılabilir. Etanol, şeker, nişasta esaslı maddelerden; metanol ise kömür, doğal gaz veya odundan elde edilen bir alkoldür. Metanol biyodizel üretiminde, biyodizelin daha kararlı olmasını sağladığı için daha fazla tercih edilmektedir. Metanol kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar

vardır. Çünkü metanol, solunması durumunda ölümcül olabilmektedir. Yine metanol lastik parçalar üzerinde aşındırıcı etkiye sahiptir.

Metil Ester ifadesi, metanol kullanılarak bitkisel yağdan elde edilen biyodizel, etil Ester ifadesi, etanol kullanılarak bitkisel yağdan elde edilen biyodizel anlamına gelir. Alkali Ester ifadesi, bitkisel yağ esterlerinin ve alkolün herhangi bir çeşidinin birleşimi anlamına gelmektedir.

Metil ester elde etmek için, bitkisel yağın içerisine %20 oranında metil alkol, etil ester elde etmek için ise bitkisel yağın içerisine %30 oranında etil alkol ilave etmek gerekir.(Ulusoy ve ark. 2002)

1.6.1.2. Katalizör

Biyodizel üretiminde, bitkisel yağı parçalayıp, trigliseridleri ayrıştırmak için reaksiyon hızını artıran bir katalizör madde kullanılır. Trigliseridler esterlerden ayrıştırılır ve açığa çıkan esterlerle alkol molekülleri bağ yaparlar. Biyodizel üretiminde yaygın katalizör madde olarak, sodyum hidroksit (NaOH), yada potasyum hidroksit (KOH) kullanılabilir. Bu maddelerin solunması, deri veya göz ile teması halinde çok zararlı olabileceklerinden, dikkatli ve güvenli bir şekilde kullanılması gereklidir.

Katalizör miktarı, atık olmayan, yeni bitkisel yağ için; sodyum hidroksit kullanılacaksa , her litre yağ için 3,5 gr ilave etmek gerekir. Şayet potasyum hidroksit kullanılacak ise her litre yağ için 9 gr ilave etmek gerekmektedir.

1.6.1.3. pH Değeri

Sıvı ve çözeltilerin, asidik veya bazik özelliklerinin belirlenmesinde pH ölçümü kullanılır. pH değer aralığı 0 ile 14 arasındadır. pH değerinin 7 olması maddenin asidik veya bazik özellik bakımından nötr olduğunun göstergesidir.Saf suyun pH değeri 7 dir. pH değeri 7 nin altında ise, çözelti asidik bir yapıya sahiptir

ve değer küçüldükçe asitlik oranının kuvvetli olduğu anlaşılır, 7 nin üzerinde ise bazik bir yapıya sahiptir ve değer yükseldikçe kuvvetli bir bazik çözelti olduğu anlaşılır.

Transesterifikasyon reaksiyonunda kullanılan ham yağ asidik özelliğe, alkol ve katalizör ise bazik özelliğe sahip maddelerdir. Bitkisel ham yağın asidik özelliği ne kadar kuvvetli ise kullanılacak katalizör miktarının fazla olması gerekmektedir.

1.6.1.4. Titrasyon İşlemi

Titrasyon işlemi, FFA'sı bilinmeyen bitkisel yağlardan biyodizel üretmek için, reaksiyonda kullanılacak katalizör madde miktarının belirlenmesinde kullanılır. Çünkü kullanılmış bitkisel yağın asidik özelliği fazlalaşmıştır. Katalizör ise bazik özelliğe sahiptir. Asidik özelliği artmış yağdan biyodizel elde etmek için, daha fazla katalizör kullanılması gereklidir.

Titrasyon işleminin yapılmasında, pH metre, 1 lt. saf su, 1gr kostik soda (NaOH), 1 ml kullanacağımız bitkisel atık yağ ve 10 ml isopropil alkol kullanılır. 1500 mililitrelik cam kaba 1000 ml saf su konularak içerisinde 1 gr kostik soda çözülür. 20 mililitrelik başka bir kaba 10 ml isopropil alkol konularak, içerisinde 1 ml bitkisel atık yağ çözülür. 1 ml ölçülü pipet yardımıyla saf su kostik çözeltisinden 1 ml çözelti, alkol yağ çözeltisine ilave edilir ve pH değeri ölçülür. pH değeri 8,4 olana kadar işleme devam edilir. pH değeri 8,4 olduğunda işlem durdurularak, ilave ettiğimiz saf su kostik çözeltisi miktarı belirlenir. Ne kadar saf su kostik çözeltisi ilave etmiş isek kullanacağımız katalizör miktarını o kadar gr daha artırmamız gerekmektedir. Örneğin uygun pH değerine ulaşıncaya kadar 2,5 ml saf su kostik çözeltisi ilave etmiş isek, reaksiyonda kullanacağımız katalizör miktarı her litre bitkisel yağ için 3,5+2.5=6 gram katalizör kullanacağımızı belirler (Acaroğlu 2003).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Karaosmanoğlu ve ark. (1995), yaptıkları araştırmalarda, bitkisel yağların transesterifikasyon reaksiyonu sonucunda elde edilen yakıtları biyomotorin olarak adlandırmışlar, bu biyomotorinin çeşitli ülkelerdeki uygulamaları konusunda bilgi vermişlerdir. Türkiye'de her tür yağlı tohum ziraatının mümkün olduğunu, mevcut teknolojiler ile biyomotorin üretiminin yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Rick ve Reisewitz (1995), 1990-91 yılarında RGH Hannover firması ve FENDT traktör fabrikası, biyodizelin tarım traktörlerinde kullanımı konusunda denemeler yapmışlardır. Denemelerde farklı yapıda 40 adet traktör kullanılmıştır. Sonuç olarak, araştırmacılar biyodizel kullanımı konusunda elde ettikleri ortak sonuçları aşağıdaki gibi sıralamışlardır:

- Maksimum %5'lik bir verim kaybının, ancak aşırı yük gibi özel durumlarda belirlenebildiğini,

- Yakıt filtrelerinde veya yakıt pompalarında herhangi bir probleme rastlanmadığını, ayrıca motor üzerinde teknik bir değişim olmadan biyodizelin kullanılabileceğini,

- Biyodizelin kış aylarında da kullanılabileceğini, kış aylarında motorun ilk çalışmasının sorun çıkarmadığını,

- Kanola ve kanola metil esteri kullanımı sonucu atmosferdeki CO_2 oranının azaltılmasının mümkün olacağını,

- Biyodizelin emisyonlarının zararsız olduğunu ve toprakta hızlı bir şekilde indirgendiğini, ayrıca dolum sırasında depodan zehirli gaz açığa çıkmadığını,

- Biyodizelin iyi bir yağlama yeteneğine sahip olduğunu ve böylece yüksek derecede motor aşınması oluşturmadığını,

- Biyodizelin yanması sonucunda çevreye atılan zararlı gazların, 2 nolu dizel yakıtına göre; %15 daha az CO, %27 daha az HC, sadece %5 daha fazla NOx, %22 daha az partikül, %50 daha az is ve %10 daha düşük ısıl değeri, buna karşın ortalama yakıt tüketiminin yaklaşık olarak 2 no lu dizelden %3 fazla olduğunu,

- Bitkisel yağların asıl avantajının, yağların biyolojik olarak çözünebilir olduğu, özellikle gemilerde, koruma altındaki su bölgelerinde, endüstri bölgelerinde veya benzer şekildeki hassas bölgelerde kullanılmasının daha da anlamlı ve kaçınılmaz olacağı sonucuna varılmıştır.

Oğuz (1998), Ayçiçeği yağına seyreltme metodu uygulayarak 43 kW gücünde 3 silindirli direkt enjeksiyonlu bir motorda denemiştir. Seyreltme metodu için ayçiçeği yağı ile dizel yakıtını hacimsel olarak % 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 oranlarında karıştırarak seyreltmiştir. Elde edilen yakıtların yakıt özellikleri belirlenmiş ve motorda hiçbir değişiklik yapılmadan denenmiştir. Sonuç olarak motor performansında önemli bir değişiklik meydana gelmemiş ancak özgül yakıt tüketiminde artışlar meydana gelmiştir. Ölçülen emisyon değerlerinde de özellikle duman yoğunluğunda önemli miktarda düşmeler meydana gelmiştir.

Shumacher ve ark. 1999 Saf biyodizel ve biyodizel karışımlarının soğukta akış özelliklerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, özellikleri dengede tutabilmek için belirli oranlarda katkı maddesi ilavesi gerektiğini tavsiye etmişlerdir.

Peterson ve ark (2001), yaptıkları çalışmalarda sarı hardal tohumunun yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretmişler ve ürettikleri biyodizeli 1999 model Dodge/Cummins marka turboşarjlı ve intercooler soğutma sistemli pikap türü araçta denemişlerdir. Denemeleri neticesinde sarı hardal yağından elde ettikleri

biyodizelin, petro dizele nazaran motor performansındaki güç ve tork eğrilerinde çok az bir düşüşe yol açtığını, buna karşın emisyon testlerinde sarı hardal yağı biyodizelinin daha az kirletici etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Yücesu ve ark (2001), çalışmalarında tek silindirli bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Yakıt olarak ayçiçek yağı, pamuk yağı, soya yağı ve bunlardan elde edilen metil esterlerini kullanmışlardır. Yapılan testler sonucunda bitkisel yağların motor performansı dizel yakıtına göre düşük duman koyuluğu daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bitkisel yağlardan üretilen metil esterlerinin ise motor performanslarının dizel yakıtına yakın olduğunu ortaya koymuşlardır

İçingür ve ark., (2003) metil ve etil esterin dizel yakıtı olarak kullanılma imkanlarının deneysel maksatla araştırılması amacıyla, ayçiçek yağından metil ve etil ester üretmişlerdir. Ürettikleri bu yakıtların fiziksel özelliklerini inceleyerek, yakıtların performans deneylerini yapmışlardır. Deneylerine göre; moment ölçümü sonucu, ayçiçek yağı metil esteri dizel yakıtından %6, etil esteri ise % 8 düşük çıkmıştır. Güç değeri bakımından deney sonuçları incelendiğinde, metil ester ile dizel yakıtının farkı %9, etil ester ile dizel yakıtının farkı ise %14 olmuştur. Özgül yakıt sarfiyatı bakımından, özellikle ayçiçeği etil esterinin yakıt tüketimi, hem dizel yakıtından hem de, metil esterinden daha yüksek çıkmıştır. Egzoz emisyonlarında ise, CO değeri maksimum moment ve tam yükte metil esterinin CO değeri dizel yakıtından %43, etil esterin ise %25 düşük çıkmıştır.

Çanakçı 2004, biyodizelin soğuk akış özelliklerine yönelik yaptığı araştırmada, biyodizelin soğuk akış özelliklerinin iyileştirilmesi için katkı maddesi kullanıldığı gibi, kışlatma (winterizasyon) işleminin yapılabileceğini tavsiye etmiştir. Katkı maddelerinin yakıtın kristalleşme ve filtre tıkanma derecelerini de olumlu olarak etkileyeceğini, kışlatma yönteminde de, biyodizelin bünyesinde bulunan doymuş esterlerin çökmesi, bir kısmının ise asılı kalması sağlanacağını ve daha sonra

doymuş esterler süzme işlemi ile bertaraf edileceğini ve bu sayede akma noktası sıcaklığı bir miktar düşürüleceğini ifade etmiştir.

Oğuz, H. 2004 yaptığı araştırmada fındık yağını biyodizele dönüştürmek için bir tesis geliştirmiş, ürettiği biyodizelin yakıt özelliklerini belirleyerek dizel motorda kullanmıştır. Araştırma sonucunda biyodizelin yakıt özelliklerinin dizel yakıtı ile mukayesesin de fark olmadığını ortaya koymuştur.

Oğuz,H., ve Öğüt, H., 2004, yaptıkları çalışmada Türkiye şartlarına uygun bir biyodizel tesisinin tasarımını yapıp imal etmişlerdir. Türkiye profili incelendiğinde, biyodizel üretimi için orta ölçekli biyodizel üretim tesisinin uygun olduğunu ortaya koymuşlardır.

Öğüt H; Oğuz H; 2006, Yaptığı çalışmada biyodizelin nemli ve ılık iklimlerde depolanması halinde depo tanklarına Biyosit denilen sıvı formda bir zehir ilave edilmesi gerektiğinden bahsetmiştir. Biyositin kullanılma amacı, depo içindeki mikro organizmaları yok etmek içindir. Depo büyüklüğüne bağlı kalmaksızın, depo üç defa boşalana kadar 2 gr biyosit ilavesinin yeterli olacağını vurgulamıştır

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, özellikle başka tür tohumların hasadı sırasında istenmeyen bir bitki olarak elde edilen siyah hardal tohumundan elde edilen yağ ile biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde hardal yağının kullanımı damak tadımıza yabancı olduğundan dolayı pek yapılmamaktadır. Bu sebepten hardal bitkisi özel olarak çok az yetiştirilmektedir. Ancak hardal bitkisi, bakımı düzgün yapılmamış tahıl tarlalarında ve de çoğunlukla çemen yetiştirilen yerlerde kendisine yer bulmakta ve bu tahıl tohumları ile çemen tohumlarına karışmış olarak hasadı yapılmakta, sonrada elenerek ayrıştırılmaktadır.

Ak hardal ve kara hardal en çok bilinen çeşidi olmakla birlikte, kırmızı ve sarı gibi çeşitleri de vardır. Hardal yağı, baharat ve kozmetik sanayinde kullanılmaktadır. Ortalama olarak, ak hardalın yağ oranı %27.8, kara hardalınki ise %32.8 dir. Hardal bitkisi 30-120 cm kadar boylanabilir, 40-50 cm kök atar. Fazla sıcaklık istemez, serin iklim kuşaklarında yetişebilir, kuraklığa dayanıklıdır. Asidik topraklar hariç her tür toprakta yetişir, nisan ayı ortalarında ekimi yapılır, çabuk büyür ve 3-4 ay zarfında olgunluğa erişir.

Çizelge 3.1 Siyah hardal tohumu yüzdesel bileşimi (İlisulu 1973)

Unsurlar	**Ortalama değer %**	**En az %**	**En çok %**
Su	8.0	6.5	12.4
Ham yağ	32.8	30.4	35.6
Ham protein	1.000	0.800	1.200
Öz maddeler	30.2	26.0	33.6
Selüloz	20.6	17.2	24.8
Madeni maddeler	8.2	6.3	10.4
Diğer	4.8	3.2	5.5

Yapılan bu çalışmada biyodizel üretimi için siyah hardal bitkisi tercih edildi. Anavatanının ülkemiz oluşu, tohumunun dayanıklı olması ve tarımın nispeten diğer bitkilere göre kolay oluşu, serin iklim kuşaklarında dahi kolayca yetişmesi siyah hardalı seçmemizde bize kolaylık sağladı. Siyah hardal çabuk büyüyebilen bir bitkidir, kazık tipi köke sahiptir ve 50 cm kadar kökü uzayabilir, gövde kısmı 60 ila 150 cm arasında değişir. Tohumları yuvarlaktır ve yaklaşık 1000 adet tohumun ağırlığı 1,0 ila 2,5 gram gelmektedir. Fazla sıcaklığa gereksinim duymadan kolayca yetişir, hafif donlara dayanıklıdır, kış mevsimi hafif geçen yerlerde sonbaharda ekimi yapılabilir. Kış mevsimi sert geçen bölgelerde ise nisan ayı ortalarında ekimi yapılabilir. Yıllık yağış miktarı yüksek olan bölgelerde sulamaya ihtiyaç duyulmaz, kuraklığa diğer bitkilere oranla daha dayanıklıdır, asidik topraktan hoşlanmaz, nötr veya alkali topraklarda düzgün yetişir. Hardal tohumları çok küçük olduğundan dolayı ekimi yapılırken tarla düzgün hazırlanmalı ve ekimine dikkat edilmelidir. Serpme ekim yöntemi yerine sıralı ekimi yapılması verimi artıracaktır. Sıralar arası ortalama 40 cm ve ekme derinliği 2 cm olarak ayarlamak en uygun ekim şeklidir. Hasadı gövdenin kuruyup, alt yapraklarının dökülmesiyle ve tohumların koyu esmer renk almasından sonra makine ile yapılır. Tohumlar elenerek temizlenir.

Yapılan çalışmada kullanılan siyah hardal tohumları, Konya Büyük buğday çarşısında bulunan Mete ticaret tarafından karşılanmış ve yağ üretimi Ilgın ilçesindeki Esen yağ imalatçısı tarafından gerçekleştirilmiştir. Tohumdan yağ elde edilmesi için tohumlar ısıtılıp tavlı hale getirilerek ezilmiş ve sonrada dikey yönlü 200 tonluk preste sıkılarak yağı çıkarılmıştır. Çıkartılan siyah hardal yağından, hardal biyodizeli (Hardal Yağı Metil Esteri) üretmek için, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi bünyesinde, Devlet Planlama Teşkilatının desteğiyle kurulan Biyodizel Laboratuarı kullanılmıştır. Laboratuarda otomasyon sistemiyle kontrol edilen gelişmiş bir biyodizel üretim tesisi mevcuttur. Bu tesiste transesterifikasyon yöntemiyle, 100lt/h kapasiteli üretim yapılabilmektedir. Bu tesis vasıtasıyla üretilen hardal yağı biyodizelinin yakıt özellikleri, yine aynı laboratuarda bulunan cihazlarda tespit edilmiştir. Laboratuarda kinematik viskozite ölçüm cihazı, akma-bulutlanma-donma noktası tespit cihazı, bakır çubuk korozyon test cihazı ve yoğunluk ölçmek için gerekli cihazlar mevcuttur.

3.1.1. Araştırmada kullanılan alet ve cihazlar

3.1.1.1. Kinematik Viskozmetre

Üretilen hardal yağı biyodizelinin, karışımların ve 2 nolu dizel yakıtının viskozitelerinin ölçümü için Biyodizel Laboratuarında bulunan Koehler marka K23377 modeli cihaz kullanılmıştır. Cihazda ASTM D 445, DIN 51550 ve ISO 3104 standartlarına göre viskozite ölçümü yapılabilmektedir.

3.1.1.2. Bulutlanma, donma ve akma noktaları tespit cihazı

Elde edilen yakıtların, bulutlanma, akma ve donma noktalarının tespiti için Biyodizel laboratuarında bulunan Koehler marka, K 46000 model cihaz kullanılmıştır. Cihazda ASTM D 97 standardına göre ölçüm yapılmaktadır.

3.1.1.3. Bakır çubuk korozyon test cihazı

Yakıtların korozif etkisinin tayini için, Biyodizel laboratuarında bulunan Koehler marka K 25330 model cihaz kullanılmıştır. Cihazda ASTM D 130, DIN 51759 ve ISO 2160 standartlarına göre ölçüm yapılabilmektedir.



Şekil 3.1 Bakır çubuk korozyon test cihazı

3.1.1.4. Yoğunluk ölçme cihazı

Yakıtların yoğunluklarının ölçümü için, Biyodizel laboratuarında bulunan Kyoto marka DA 1390N model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ölçüm yapılan sıcaklığı otomatik olarak 15 ^{o}C ye çevirerek değer vermektedir.

3.1.1.5. Hassas Terazi

Çalışmanın, üretim aşamasında kullanılacak katalizör madde miktarı gibi ağırlık ölçüleri için, Biyodizel Laboratuarında bulunan Shimadzu marka BL-220H model, 220 gr kapasiteli ve 0,001 gr hassasiyetle ölçüm yapabilen hassas terazi kullanılmıştır.

3.1.1.6. Termometre

Çalışmada sıcaklık ölçümleri için dijital ve cıva sütunlu termometreler kullanılmıştır. Dijital termometre Hanna Checktemp markadır. Cıva sütunlu termometre ise -80 ila +20 °C arası ölçüm yapabilen 1°C bölüntülü termometredir.

3.1.1.7. İklimlendirme Dolabı

Elde edilen biyodizel, karışımlar ve 2 no lu dizel yakıtının koşullu ortamda depolabilmesi için S.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak analiz laboratuarında bulunan nüve marka İD 500 model İklimlendirme ve stabilite cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.2 İklimlendirme dolabı

3.1.2. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

3.1.2.1. Metanol (metil alkol)

Hardal yağından, biyodizel elde etmek için, yapılan çalışmada kullanılan metil alkol CH_3OH kimyasal formüle sahip Merck markadır. Alkolün 20 ^oC deki yoğunluğu 0,791-0.793 kg/l ve M=32,04 g/mol kütlesel ağırlığa sahiptir.



Şekil 3.3 Kullanılan alkol ve katalizör

3.1.2.2. Katalizör

Üretimde gerekli olan katalizör maddesi için, kimyasal formülü NaOH olan sodyum hidroksit kullanılmıştır. Katalizör, Merck marka ve M=40,00g/mol kütlesel ağırlığa sahiptir.

3.1.3. Pilot Biyodizel Üretim Tesisi

Bitkisel yağlardan, biyodizel elde etmek amacıyla Selçuk üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde kurulan tesis, saatte 100 litre üretim yapabilecek kapasitededir. Şekil 3.4'de, Pilot tesis genel olarak görülebilmektedir. Tesiste ham yağ tankına, metanol tankına ve katalizör tankına gerekli malzemeler konulduktan sonra, otomasyon sistemi sayesinde, üretim herhangi başka bir müdahale olmadan gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 3.4 Pilot Biyodizel üretim tesisi

Tesis 10 ana tanktan oluşmaktadır ve otomasyon sistem kontrollü kullanılabildiği gibi manuel olarak ta kontrol edilebilmektedir. Tesis;

- 150 litre kapasiteli ham yağ tankı,
- 100 litre kapasiteli reaktör,
- 150 litrelik yıkama (dinlendirme) tankı,
- 50 litrelik metoksit tankı,
- 50 litrelik matanol tankı
- 50 litrelik katalizör tankı
- 230 litrelik saf su tankı 230 litrelik, biyodizel, gliserin ve atık su tanklarından oluşmaktadır.

3.2. Metot

Yapılan çalışmada, hardal tohumu yağından biyodizel elde etmek maksadıyla;

- Konya buğday pazarında bulunan Mete Ticaret, gerekli kara hardal tohumunu temin edilmiş, Konya ili Ilgın ilçesindeki Esen Yağ İmalathanesinde preslenerek tohumlardan yağ çıkartılmış ve hardal tohumu yağından transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel elde edilmiştir.
- Elde edilen biyodizel ile Opet Eurodizel marka dizel yakıtı %2 ve %20 lik oranlarda karıştırılmış. Karıştırma işlemi yapmadan önce hardal biyodizelinin yoğunluğu, dizel yakıtından biraz yüksek olduğu için ısıtılarak yoğunlukları eşitlenmiştir.eşitlenen sıcaklıklar ölçüldüğünde 2 nolu dizel yakıtının sıcaklığı 18,3 ^{o}C, hardal biyodizelinin sıcaklığı da 20,4 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Harmanlama işlemi yapılırken önce biyodizel konulmuş sonra üzerine dizel yakıtı karışım oranını sağlayacak miktarda ilave

edilmiştir. Karışımların yanında B100 ve Eurodizel ürünü de, koşullu ortamda depolanmıştır.

- Depolama süresince belirli periyotlarla yakıt özellikleri incelenmiştir,
- Yapılan incelemeler neticesinde yakıt özelliklerinde elde edilen yakıtların mukayeseleri yapılmıştır.

3.2.1. Hardal Tohumu Yağından Biyodizel Eldesi

Hardal tohumu, başka bitki tohumlarından ayrıştırılarak elde edilmektedir. Özellikle çemen tarlalarında kendisine yer bulan hardal, daha sonra çemen tohumundan ayrıştırılmaktadır. Ayrıştırma işleminin kalitesi tohumun içerisinde başka tohumların miktarını belirleyeceğinden iyi olmasını gerektirmektedir. Yapılan araştırma esnasında, ilk olarak elde edilen hardal tohumlarıyla, çemen tohumlarının tam olarak ayrışamamasından dolayı, üretilen hardal yağına, çemen tohumu yağları da karışmış ve biyodizel üretimi aşamasında negatif netice almamıza neden olmuştur.

İkinci denememizde bunu göz önünde bulundurarak, tam olarak ayrışmış hardal tohumundan yağ elde edilmiştir. Yağ üretimi için tohumlar ısıtılarak tavlı hale getirilmiş ve ezilmiş, daha sonrada 200 tonluk basma kapasitesi bulunan dikey yönlü pres vasıtasıyla 50 tonluk kuvvetle sıkılarak yağı elde edilmiştir. Kullanılan 40 kg hardal tohumundan, 11,5 litre yağ çıktığı gözlemlenmiştir. Ancak burada 40 kg hardal tohumu kütlesinin 11,5 litresi yağdır demek yanlış olacaktır. Çünkü, tohumun bünyesindeki yağ tamamen sıkılamadığından bir miktarı küspenin içerisinde kalmıştır. Bu kalan miktarı azaltmanın bir yolu da, dikey yönlü pres yerine, vidalı pres kullanılarak yağ elde etmektir. Çünkü vidalı presle tohumdan daha fazla yağ elde etmek mümkündür. Başka bir yöntem ise kimyasallar kullanılarak tohumun bünyesindeki yağı tamamen ayrıştırılabilir.

Elde ettiğimiz yağdan yarım litre numune ayırdıktan sonra kalan 11 litre yağ, biyodizel üretim tesisindeki ham yağ tankına konulmuştur. Transesterifikasyon

yöntemiyle biyodizel üretimi yapmak üzere, 11 litrelik ham yağ için gerekli alkol ve katalizör miktarları da tespit edilerek gerekli tanklara doldurulmuştur. Buna göre %17 oranında alkol 11 litre yağ için 1,87 litre metanol ve her litre yağ için 3,5 gramdan 38,5 gr sodyum hidroksit katalizör miktarı belirlenmiştir. Sistemde, metanol ve sodyum hidroksit metoksit tankında 50 ^{o}C sıcaklıkta eriyene kadar karıştırılarak metoksit oluşturulmuş ve daha önceden reaktör tanka pompalanarak ısıtılan ham yağın içerisine gönderilmiştir. Reaktör tankta 60 ^{o}C sıcaklıkta 1 saat süre ile ham yağ ve metoksit 50 d/dk ile çalışan karıştırıcı motor vasıtasıyla karıştırılmaya bırakılmıştır. Bu esnada reaktör tankın ısısından dolayı, tankın içerisindeki metanol buharlaşması sebebiyle, tanka bağlı bulunan eşanjörden yaklaşık 150 ml metanol tekrar kazanılmıştır.

1 saatlik karıştırma işlemi sonunda, karışım 8 saat süre ile dinlenmeye bırakılmıştır. 8 saatlik bekleme sonunda biyodizel ile gliserinin ayrıştığı gözle rahatlıkla fark edilebilir duruma gelmiş ve gliserin ve biyodizel yoğunluklarının faklı olmasından yararlanılarak birbirlerinden ayrıştırılmıştır.

Üretilen biyodizelin, bünyesindeki reaksiyona girmeyen alkollerin, yağ asitlerinin ve katalizör maddenin uzaklaştırılması için yıkama işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Aksi takdirde yakıtın içerisinde kalan bu maddeler, lastik yada kauçuk bağlantılı motor parçaları üzerinde aşındırıcı etkiye sebep olabilmektedir. Yıkama işlemi kabarcık yöntemiyle, biyodizelin içerisine 1:1 oranında saf su katılarak gerçekleştirilmiştir. Kabarcık yönteminde, hava taşı biyodizel saf su karışımın içerisine daldırılarak, bir akvaryum hava kompresörüyle hava taşına 5 saat süre ile hava pompalanmış ve bu süre sununda tekrar biyodizel saf su karışımı 10 saat süre ile ayrışma işlemi için dinlenmeye bırakılmış, dinlenme neticesinde saf su ile biyodizelin birbirinden tamamen ayrıştığı gözlemlenmiştir. Şekil 3.5'de, yıkanan karışımdan alınan numunenin bekletilme neticesinde biyodizel ve saf suyun ayrıştığı gözle gözlemlenmiştir.



Şekil 3.5 Yıkama sonunda saf su ile biyodizelin ayrışması

Biyodizel ile su birbirinden ayrıldıktan sonra, biyodizelin bünyesinden suyun tamamen uzaklaştırılması için biyodizel kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma işlemi için suyun buharlaşma sıcaklığı olan 100 ^{o}C nin üzerinde 110 ^{o}C sıcaklıkta buharlaşma kesilene kadar ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem yaklaşık 2 saat kadar sürmüştür.

Daha sonra, tez araştırmamızda kullanmak üzere B100(saf biyodizel), B20 (karışımın %20 si biyodizel), B2 karışımları ve 2 nolu dizel 1,5 litrelik kaplara cam kaplara konularak, cam kapların ışık almaması için alüminyum folyo ile dış tarafları sarılmıştır. B20 karışımı hazırlanırken 1500 ml için 1200 ml 2 nolu Opet Eurodizeliyle (karıştırma anında ölçülen sıcaklığı 18,3 ^{o}C), 300 ml hardal yağı biyodizeli (karıştırma anında ölçülen sıcaklığı 20,4 ^{o}C) sıcaklıkları ölçülerek karıştırılmıştır. B2 karışımına da 30 ml biyodizel ve 1470 ml 2 nolu dizel ilave edilmiştir. Harmanlama işlemi yapılırken önce biyodizel konulmuş sonra üzerine dizel yakıtı karışım oranını sağlayacak miktarda ilave edilmiştir.



Şekil 3.6 Üretilen B100, B20, B2 ve Opet marka 2 nolu dizel yakıtı

Böylelikle araştırmada kullanılacak olan hardal biyodizeli (B100), 2nolu dizel ile biyodizel karışımları olan B2 ve B20 elde edilmiş oldu. Bunların yanı sıra Opet firmasının Eurodizel ürünü de araştırmada kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.

3.2.2. Depolama Koşulu

Üretilen biyodizel, karışımlar ve eurodizel ürünleri, cam kaplarda muhafaza edilmek suretiyle depolanmış ve kapların ışık almaması için dış yüzeyleri alüminyum folyo ile sarılmıştır. Depolama için hazır hale getirilen kaplar, İklimlendirme dolabı içerisinde 25 ^{o}C sıcaklıkta ve % 60 nemli ortamda muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.7 Karışımların ışıktan korunması

3.2.3. Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi

3.2.3.1. Viskozite ölçümleri

Viskozite sıvıların akmaya karşı gösterdikleri direncin ifadesidir ve viskozite ölçümü yakıtların akıcılığının ve yağlayıcı özelliğinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Viskozitesi düşük sıvının akıcı özelliği fazla, viskozitesi yüksek sıvının ise akıcı özelliği az demektir. Dizel motorlarında yakıtın viskozitesi, yakıt yüksek basınç altında yanma odasına püskürtüldüğünden dolayı büyük önem kazanmaktadır. Yakıtın viskozitesi, enjeksiyon pompasının düzgün bir şekilde yağlanmasını sağlayacak kadar yüksek olmalıdır. Viskozitenin çok düşük olması durumunda yakıt kolay akacağından, pompa içerisindeki sabit ve hareketli parçalar arasında bulunan yağ filmi korunamayacağından aşınma artacak ve yağlayıcılık özelliği ortadan kalkacaktır. Çok yüksek olması durumunda ise enjektörlerde iyi bir buharlaşma ve atomizasyon gerçekleşemeyecektir.

Bitkisel yağların viskozitelerinin yüksek olması, motorlardaki kullanımları esnasında karşılaşılan en önemli problemlerden birisidir. Transesterifikasyon yöntemi ile bu problem tehlike sınırının altına çekilse de, 2 numaralı dizel yakıtı ile kıyaslandığında biyodizelin viskoziteleri yüksek çıkabilmektedir.

Redwood, saybolt, kinematik viskozite ölçüm cihazı gibi viskozmetre çeşitleri vardır. Ancak temel prensip hepsinde aynıdır. Standart hale getirilmiş, belirli hacimdeki kapta bulunan, belirli sıcaklığa getirilmiş sıvının, o kaptan boşalma süresi hesaplanarak, o sıvının viskozitesi mm^2/s cinsinden belirlenir. Bu çalışmada viskozite ölçümü için resimde görülen kinematik viskozmetre ile EN ISO 3104 standardına göre, 40 ^oC sıcaklıkta ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.8 Koehler K 23377 model Kinematik Viskozmetre

Cihazın içerisinde bulunan önceden kalibre edilmiş cam çubuğun üzerinde geniş bir hacim bulunmaktadır. Viskozitesi ölçülmek istenen sıvı bu hacme doldurularak, borunun içerisindeki belli noktalardan geçme süresi saniye cinsinden ölçülür. Yalnız burada dikkat edilmesi gereken nokta ölçüm yapılmadan evvel cihazın ısısı ölçüm yapılacak sıcaklığa getirilerek, test edilecek sıvı ile ısıl denge kurulmalı ve ölçüme bundan sonra başlanmalıdır. Yine ölçüm esnasında sıvı borudan akarken, sıvı bir bütün halinde akmalı, yani içerisinde hava katmanları bulunmamalıdır. Bu işlemler puar yardımıyla kolaylıkla yapılabilir. Akma süresi hassas bir kronometre ile saniye cinsinden ölçüldükten sonra, ölçüm yapılan uzunluğa ait katsayı ile çarpılarak kinematik viskozitesi tayin edilmiş olur.

3.2.3.2. Yoğunluk ölçümleri

Yakıtların yoğunlukları viskoziteleri ile doğrudan bağlantılıdır. Yoğunluktaki küçük bir artış viskozitede büyük artışlara neden olabilmektedir. Sıvıların yoğunluğu sıcaklığın artmasıyla hafif bir şekilde düşer. Bu sebepten yoğunluk ölçümleri standart

olarak 15,6 ^{o}C sıcaklıkta yapılmalı yada sonradan bu sıcaklığa göre düzeltme yapılmalıdır. Yoğunluk ölçümü için hidrometre kullanılır. Günümüzde bu ölçüm için dijital hidrometreler kullanılabilmektedir ve bu cihazlar değişik sıcaklıklarda yapılan ölçümleri 15,6 ^{o}C ye uygun şekilde çevirerek değer verebilmektedir.

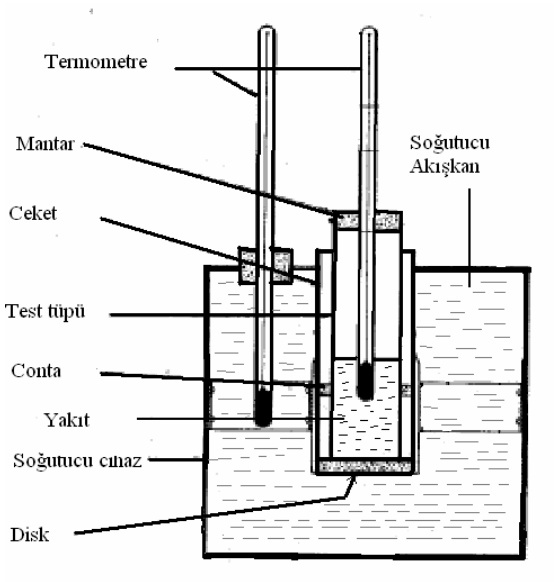


Şekil 3.9 Yoğunluk ölçme cihazı

3.2.3.3. Akma Noktası, Bulutlanma Noktası ve Donma Noktası ölçümleri

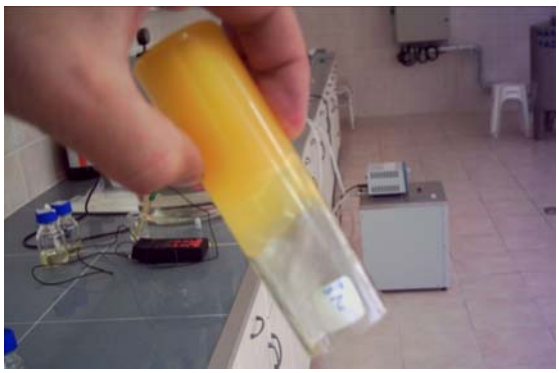
Akma, bulutlanma ve donma noktaları ölçümleri, yakıtların soğukta akış özelliklerinin tespiti amacıyla yapılan ölçümlerdir. Bulutlanma noktası, soğuk hava koşullarında yakıtın içerisinde kristalleşmelerin görüldüğü ilk sıcaklıktır. Bulutlanma noktası sıcaklığının düşük olması, yakıtın soğuk havalarda daha düşük sıcaklıklarda kristalleşmeye başlayacağını gösterir. Bu sebeple dizel yakıtların bulutlanma donma ve akma noktaları sıcaklıklarının düşük olması aranan bir özelliktir. Dizel yakıtının bulutlanma noktasına ulaşmasıyla, yakıt içerisinde oluşan kristal yapı, yakıtın yakıt hattında tıkanıklıklara yol açmasına sebep olur. Özellikle bu durum filtrede kendisini bariz bir şekilde gösterir.

Akma noktası ise yakıtın soğuktan dolayı akıcılığını kaybettiği sıcaklıktır. Bu noktada yakıt akıcılığını neredeyse kaybeder. Donma noktası ise yakıtın donduğu sıcaklığı belirtir. Bu ölçümler için belli bir hacimdeki yakıt numunesi cihazda homojen bir şekilde soğutularak, yakıt gözlemlenir ve kristalleşmeye başladığı sıcaklık bulutlanma, akıcılığını kaybettiği sıcaklık akma ve donduğu sıcaklık donma sıcaklığı olarak tespit edilir.



Şekil 3.10 Akma noktası test cihazı şematik resmi

Şekil 3.10 de, cihazın çalışma şekli görülüyor. Test tüpünün içerindeki yakıt, soğutucu tarafından soğutulup ve sıcaklıkları gözlemlenebilmektedir. Yakıt sıcaklığı düştükçe, yakıtın soğukta akış özellikleri tespit edilebilmektedir.



Şekil 3.11 B100 Biyodizelinin donma noktasına ulaşması

3.2.3.4. Bakır çubuk korozyon testi

Bakır çubuk korozyon testi, yakıtların metaller üzerindeki korozif etkisinin tespiti için yapılan bir testtir. Yakıtın korozif etkisinin yüksek olması, yakıtın depolanması ve yakıt sisteminde problemlere yol açabilir. Dizel motorlar ve yakıt sistemleri çok hassas çalıştıklarından bu istenmeyen sonuçlar yaratacaktır. Yakıt pompası elemanları mikron seviyede hassasiyetle çalışırlar. Bu elemanlardaki deformasyon, yakıtın püskürtme basıncına direkt yansıyacağı gibi, diğer bir takım arızalara sebebiyet verir. Yakıtların korozif etkisinin tespiti için bakır bir çubuğun yakıt içerisinde belli sıcaklıkta ve belirli bir süre bekletilmesi neticesinde, üzerindeki değişim standartlaştırılmıştır.



Şekil 3.12 Bakır çubuk korozyon test cihazı



Şekil 3.13 Bakır çubuk korozyon test ölçeği

Laboratuarda bulunan cihaz, ASTM D 130, DIN 51759 ve ISO 2160 standardına göre ölçüm yapabilmektedir. Bakır çubuk, test işlemi öncesinde ince zımpara ile üzerindeki katman temizlenerek kendi rengi ortaya çıkarılmalıdır. Yakıtın korozif etkisi arttıkça çubuğun rengi koyulaşmaktadır. Buna göre bakır çubuğun 3 saat süreyle, 50^{o}C sıcaklıkta yakıt içerisinde bekletilmesi sonucu üzerinde olan renk değişimi, daha önceden ölçeklendirilerek standart hale getirilmiş renk değişimleri ile mukayese edilir ve böylece korozif etkisi tayin edilir. Bu renk değişimi ve standart ölçeği şekil 3.13'da görülmektedir.

Çizelge 3.2, ASTM D 130 Bakır çubuk korozyon testi standardı

Sınıflandırma	**Gösterimi**	**Tanımlama**
1	Hafif donuk	a. Hafif portakal rengi, neredeyse değişim yok
		b. Koyu Portakal rengi
2	Orta donuk	a. Koyu Kırmızı
		b. Lavanta mavisi
		c. Lavanta mavisi, gümüş, alaca koyu kırmızı (karışık renk)
		d. Gümüş rengi
		e. Altın rengi
3	Koyu Donuk	a. Kırmızımsı altın renk
		b. Alaca kırmızı, yeşilimsi mavi (karışık renk)
4	Korozyon	a. Saydam siyah, karanlık gri veya yeşilimsi kahverengi
		b. Grafit veya mat siyah
		c. Koyu siyah

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

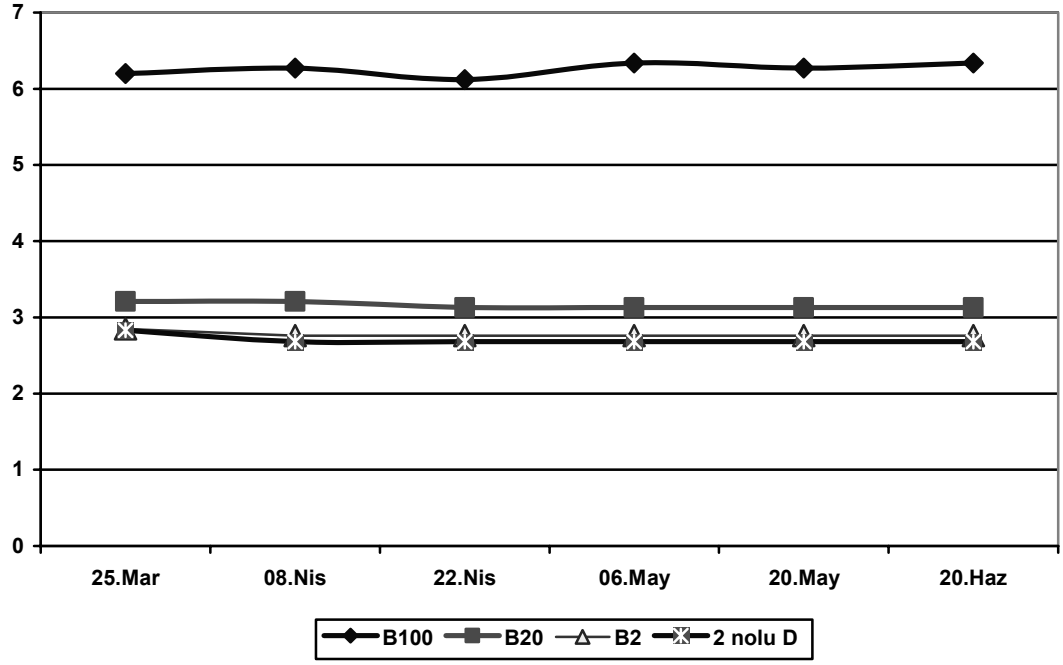
Bitkisel yağların motor yakıtı olarak kullanılmasının ülkemiz açısından gerekli ve faydalı olduğu artık bütün çevreler tarafından kabul edilmiştir. Bu çalışmada ana vatanı ülkemiz olan ve biyodizel üretiminde en büyük kaynak olarak kullanılan kanolanın atası olarak bilinen hardal bitkisi kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasına başlanmasında ana fikir biyodizel üretmek, üretilen biyodizelin depolanması neticesinde yakıt özelliklerini incelemekti. Çalışmamıza başlarken, tarımımız açısından da faydada bulunmak için ülkemizde denenmemiş olan hardal bitkisi seçildi. Hardalın yetişmesi için ülkemiz topraklarının elverişli olması, dayanıklı bir bitki olması ve veriminin yüksek olması hardalı seçmemizi bize, daha da cazip hale getirmiştir.

Bitkisel yağların esterleştirilmesi işleminde, transesterifikasyon işlemi kullanılmasıyla, içerisindeki gliserinden ayrıştırılması sağlanmakta, böylelikle bitkisel yakıtın kaynama derecesi, akma noktası ve viskozitesi düşürülmüş olmaktadır. Hardal biyodizelinin depolanması neticesinde, yakıt özellikleri bakımından 3 aylık bir depolama sürecinde kararlılık gösterdiği söylenebilir. Yapılan testler neticesinde, elde ettiğimiz hardal biyodizelinin yoğunluğunda, viskozitesinde ve korozif etkisinde önemli bir değişiklik olmamasına karşın akma, donma ve bulutlanma noktaları ile parlama noktalarında bazı değişiklikler olduğu gözlenmiştir.

Ölçümler üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.

4.1.Viskozite Ölçümü Neticeleri



Şekil 4.1 Kinematik viskozite değişimi (mm^2/sn)

Viskozite, dizel yakıtların kullanımı açısından büyük önem arz etmektedir. Çünkü yakıtın viskozitesi, yakıt sisteminin yağlanması, yakıtın yanma odasına püskürtülmesi ve dolayıyla yanma verimi açısından önemli bir özelliktir. Ülkemizin de kabul ettiği Avrupa Biyodizel standardın da viskozite ölçümünde TS EN 14214 standardıyla ölçüm yapılmalı ve ölçüm sonucu değerler 3,5 ila 5 mm^2/sn arasında olmalıdır. Ancak, Amerikan Petrol Enstitüsü viskozite değerlerini ASTM D 445 normuna göre 1,9 ila 6 mm^2/sn olarak belirlemiştir.

Grafikte, elde edilen karışımların kinematik viskozitelerinin zamana bağlı olarak değişimleri görülmektedir. Değerler incelendiğinde karışımların ilk elde edildikleri tarihten sonra viskozitelerinde çok ufak bir azalma olmakla birlikte, ileriki yapılan ölçümlerde bu azalmanın sabit kaldığı görülmüştür. Bu ufak değişmeler göz ardı edilebilir nitelikte olup, koşullu ortamda bekletilme sonucu elde ettiğimiz yakıtların viskoziteleri için sabit kalarak, kararlılık gösterdiğini söylemek uygun

olacaktır. Ancak standartlara göre değerlendirme yapacak olursak, üretilen hardal biyodizelinin viskozitesi gerek TS EN normunun üst sınırı olan 5mm^2/sn den yukarı olduğu için, gerekse ASTM normunun üst sınırı olan 6 dan yüksek olduğu için B100 hardal biyodizelinin kullanımının uygun olmadığı söylenebilir.

Bununla birlikte, çoğu bitkiden elde edilen biyodizel için aynı husus geçerli olup, kullanım açısından bu durum dizel ile karıştırma işlemiyle kolaylıkla giderilebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere elde ettiğimiz karışımlar da TS EN 14214 ün alt sınır olan 3,5 mm^2/sn den düşük olmakla birlikte, ASTM standardına göre kullanılabilir niteliktedir. Burada karışım oranını B20 den yüksek tutacak olursak standartlara uygun hale gelmiş olacaktır.

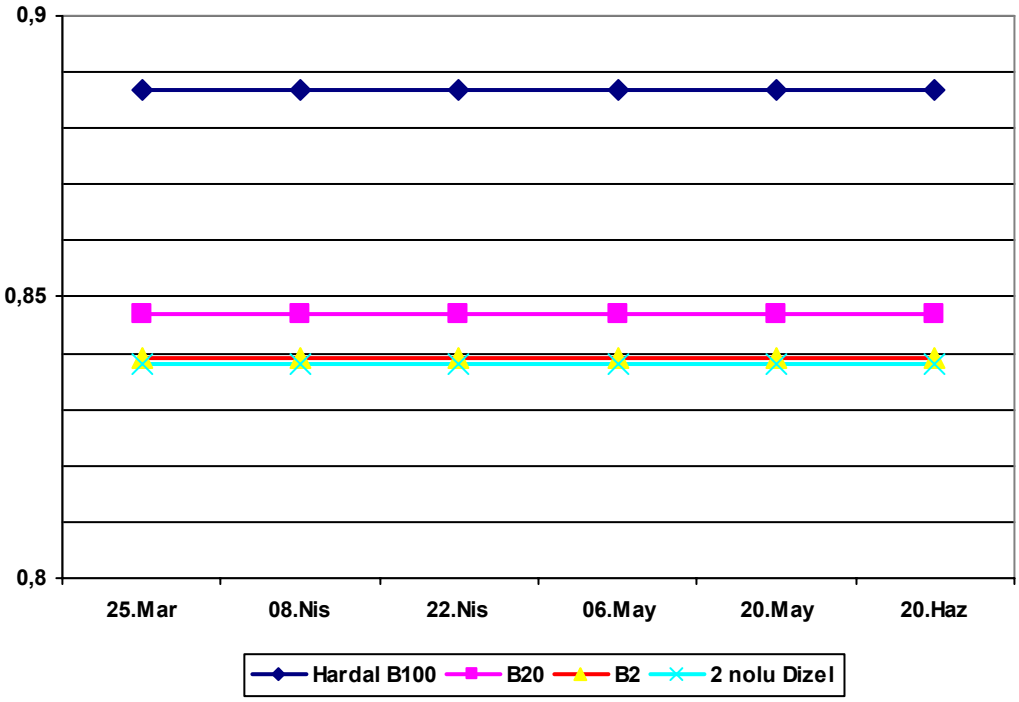
4.2. Yoğunluk Ölçümü Neticeleri

Özgül ağırlık olarak ta ifade edilen, yoğunluk yakıtlar için fazlasıyla önem arz etmektedir. Yoğunluk testi sonucu, biyodizelin dizel motorlarda kullanımı ile ilgili oldukça fazla bilgi verir. Biyodizelin yoğunluğu TS EN 14214 standardına göre 15 ^oC sıcaklıkta, 0,860 gr/cm^3 ila 0,900 gr/cm^3 arasında olması gereklidir. Üretilen hardal biyodizelinin yoğunluğu ise test sıcaklığında, 0,887 gr/cm^3 olarak ölçülmüştür ve standart sınırlar içerisinde yer almaktadır.

Biyodizelin yoğunluğu 0,900 gr/cm^3 sıcaklıktan yüksek çıkacak olursa, bu durum tamamlanmamış bir reaksiyonun işareti olup, yakıt olarak kullanılmaması gerektiğinin işaretidir. Yüksek yoğunluğa sahip bir biyodizel, dizel motorunda kullanılacak olursa, motorda hızlı bir aşıntıya, enjektörlerde kurumlaşmaya, egzoz emisyonlarında aşırı artışlara ve motorda hasara sebep olacaktır. Bunun nedeni ise yoğunluk ve viskozite arasındaki bağlantıdır. Çünkü yoğunlukta ki ufak artışlar viskozitede çok büyük artışlara sebep olabilir.

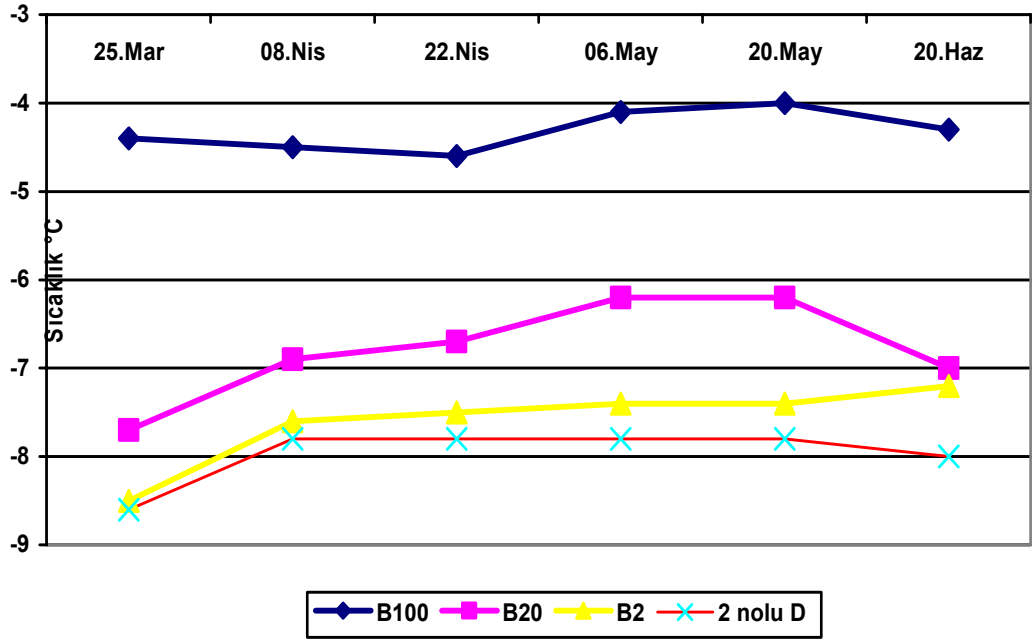
Elde ettiğimiz hardal biyodizeli ve karışımların yoğunlukları tabloda görüldüğü üzere depolama neticesinde hiçbir değişime uğramayarak kararlılık

göstermiştir. Bu açıdan bakıldığında hardal biyodizeli ve karışımlarının yoğunluk açısından kullanılmalarında herhangi bir sakınca olmayacağı rahatlıkla söylenebilir.



Şekil 4.2 Yoğunluk ölçümü sonuçları (gr/cm^3)

4.3. Bulutlanma Noktası Ölçümü Neticeleri



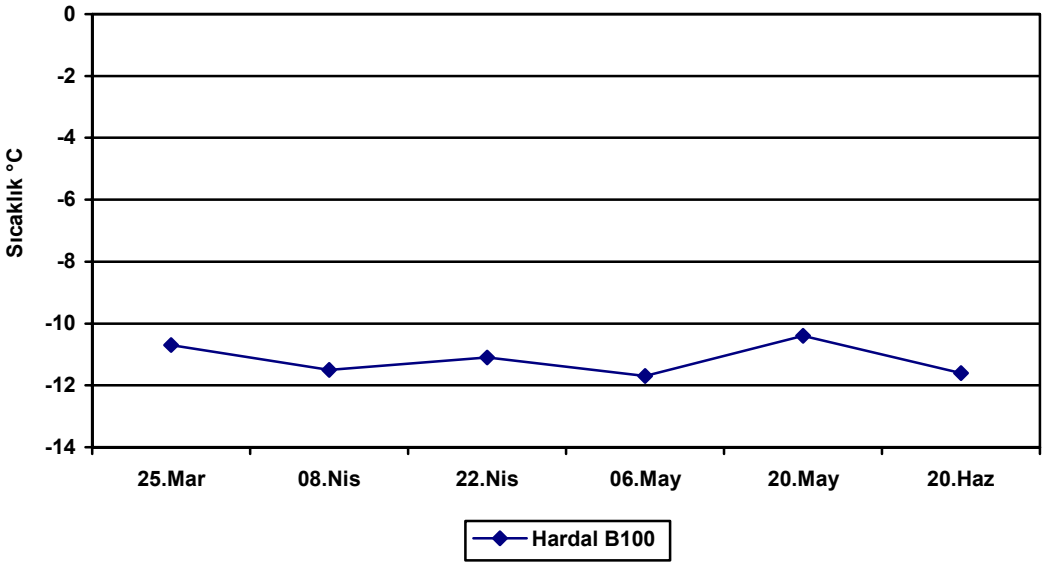
Şekil 4.3 Bulutlanma noktası ölçüm sonuçları

Dizel motor yakıtları için en büyük problemlerden birisi soğukta akış özellikleri ile ilgilidir. Bir sıvı yakıt soğutulduğunda, belli bir sıcaklıkta yakıt molekülleri sıvı kristalleri oluşturur. Soğutulmaya devam edildiği takdirde daha fazla sıvı kristali oluşur ve tüm yakıt kristalleşene kadar kristaller yığılır. Kristallerin oluşmaya başlaması, yakıt içerisinde bulutumsu bir görüntü oluşturur ve bu bulutumsu oluşumun ilk görüldüğü sıcaklığa bulutlanma noktası denir. ASTM biyodizel için bulutlanma noktasını -3 ^{o}C olarak önermektedir. Bulutlanma noktasının yarattığı en büyük problem yakıt filtresini tıkamasıdır. Bu sebepten dolayı bir diğer ismi de, soğukta filtre tıkama noktasıdır. Filtrenin tıkanması sonucu yakıtın motora gitmesi zorlaşmakta ve motor çalışmamaktadır. Yakıt sıcaklığının daha da düşmesi halinde akıcılığı daha da azalarak, yakıt jel halini alır, bu nokta akma noktası olarak isimlendirilir. Daha da soğuduğunda ise artık yakıt donacaktır. Bu nokta da donma noktası olarak ifade edilir.

2 nolu dizel yakıtı ortalama – 7 ^{o}C sıcaklıkta bulutlanmaya başlamaktadır. Ancak son yıllarda bu probleme çözüm üretmek için çeşitli katkı maddeleri üretilerek bulutlanma sıcaklığı daha da düşürülmeye çalışılmaktadır.

Hardal B100 biyodizelinde yapılan testler neticesinde bulutlanma noktasının ASTM nin belirlemiş olduğu -3 ^{o}C sıcaklıktan düşük olduğu görülmüştür. Koşullu ortamda depolanması esnasında bulutlanma noktasında önemli bir değişme olmadığı gözlemlenmiştir. Diğer karışımlar incelendiğinde ise değerlerin 2 nolu dizel yakıtına yakın çıktığı görülmüştür. Kullanım açısından değerlendirildiğinde, yakıtların bulutlanma noktalarının kararlı bir çizgi sergilediği söylenebilir. Bulutlanma noktası, yakıtlarda aşırı bir değişim sergilememiştir.

4.4. Akma Noktası Ölçümü Neticeleri

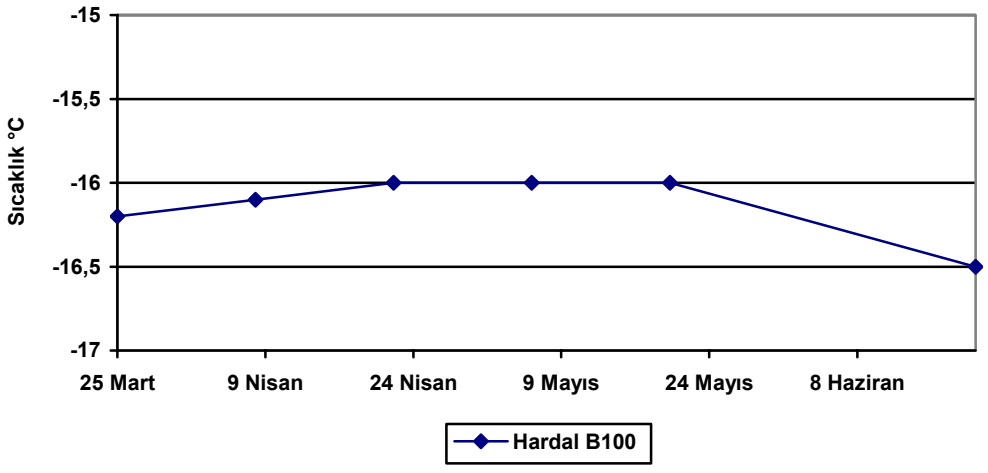


Şekil 4.4 Akma noktası ölçüm sonuçları

Yine soğukta akış özellikleri ile ilgili olan bu durum yakıtın içerisinde bulunan doymamış hidrokarbon miktarı ile alakalıdır. Doymamış hidrokarbon miktarı fazla olduğunda yakıtın jelleşme eğiliminin arttığı görülür. Akma noktası yakıtlarda yakıt akıcılığının durduğu nokta olarak tanımlanır. Yakıt bu noktada jel halini alır ve akamaz. Bu durumun özellikle dizel yakıtlarında, ne kadar düşük sıcaklıklarda gerçekleşirse o kadar iyi olarak kabul edilir.

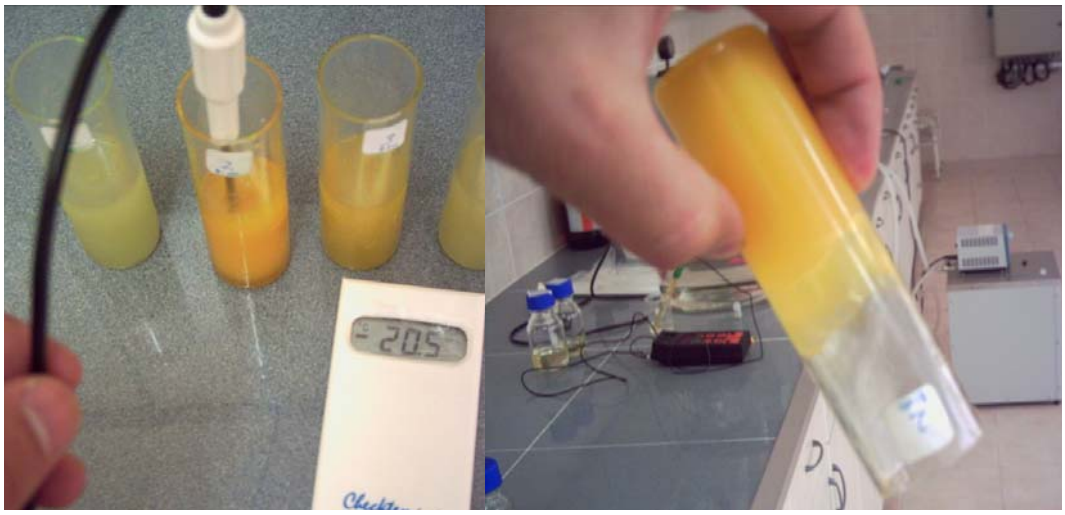
Ölçümlerimizde yakıtlarımızı –30 ^{o}C ye kadar soğutabildik ve yalnızca hardal B100 yakıtının akma noktasına geldiğini gözlemledik. Diğer B2, B20 ve 2 nolu dizel yakıtımızın – 30 ^{o}C de dahi akma noktasına gelemediğini gördük. Bu durum bu yakıtlar açısından soğukta akış özelliklerinden birinin iyi olduğunu gösterdi. ASTM standartlarına göre B100 biyodizeli -15 ila +10 ^{o}C sıcaklıkları arasında akma noktasına ulaşabilmektedir. B100 hardal biyodizeli ise grafikte görüldüğü gibi ortalama -11 ^{o}C civarında akma noktasına ulaşmaktadır. Koşullu ortamda depolanması neticesinde ise bu özelliğinde dikkate değer bir değişim olmamış ve kararlılık göstermiştir.

4.5. Donma Noktası Ölçümü Neticeleri



Şekil 4.5 Donma noktası ölçüm sonuçları

Donma noktası yakıtlarda soğutma sonucu, akma noktasından sonra gelen evredir ve yakıt bu noktada katılaşarak donmuş hale gelir.



Şekil 4.6 Hardal B100 Biyodizelinin donma noktasına ulaşması

Test işlemlerini yaparken -30 ^{o}C sıcaklıktan daha aşağı inemedik ve bu düşüklükteki bir sıcaklıkta, karışımlarla, 2 nolu eurodizel yakıtında akma ve donma noktalarının daha düşük olmasından dolayı bu noktaları tespit edemedik. Ancak hardal B100 yakıtı ortalama -11 ^{o}C sıcaklıkta akma noktasına, ortalama –16 ^{o}C sıcaklıkta ise donma noktasına ulaştığı gözlemlendi. Depolama neticesine bu yakıtın donma noktasında ise dikkate değer bir değişiklik gözlenmedi. Şekil 4.6'da B100 yakıtının -20 ^{o}C sıcaklıkta donmuş hali görülmekte.

4.6. Bakır Çubuk Korozyon Testi Neticeleri

Bakır çubuk korozyon testi, daha önceden de bahsettiğimiz gibi yakıtların korozif etkisinin ölçülmesi için geliştirilmiş bir testtir. Çalışmamız da yakıtlarımız depolanmasından itibaren belirtilen aralıklarla, bakır çubuk test cihazında TS EN 14214 ve ASTM D 130 normuna göre 3 saat süre ile 50 ^{o}C sıcaklıkta, içerisine bakır çubuklar konularak bekletilmiş ve bakır çubuklardaki korozyon etkisinin olup olmadığı gözlemlenmiştir. Yapılan ilk 5 test neticesinde, koşullu ortamda 4 aydan

fazla bir depolama sonucu bakır çubuklarda herhangi bir değişiklik olmadığı görülmüş, dolayıyla yakıtların korozyon etkisinin olmadığı kanısına varılmıştır. Yapılan 20 haziran 2005 tarihli son testte, çubuklarda hafif bir değişiklik olmakla birlikte bu değişiklik standartlar içerisinde kabul edilebilir nitelikte yer almaktadır. ASTM ölçeğine göre son testlerde çubuklarda 1a lık bir değişim görülmüştür ki, bu değişim korozyon açısından yakıtların kullanılmasında herhangi bir mahzur oluşturmamaktadır.

Çizelge 4.1 Bakır çubuk korozyon testi sonuçları

	25 Mart	**8 Nisan**	**22 Nisan**	**6 Mayıs**	**20 Mayıs**	**20 Haz.**
B100	Değ. yok	Değ. yok	Değ. yok	Değ. yok	Değ. yok	1a
B20	Değ. yok	Değ. yok	Değ. yok	Değ. yok	Değ. yok	1a
B2	Değ. yok	Değ. yok	Değ. yok	Değ. yok	Değ. yok	1a
2 nolu Dizel	**Değ. yok**	**Değ. yok**	**Değ. yok**	**Değ. yok**	**Değ. yok**	1a

Sonuç olarak hardal yağı biyodizeli ile yapılan bu çalışma neticesinde üç aylık bir depolanma süresince yakıt özelliklerinde önemli bir değişme olmamıştır. Hardal yağı biyodizelinin depolanması ile meydana gelen değişiklikler ile Euro dizelin depolanması esnasında medya gelen değişiklikler mukayese edildiğinde herhangi bir fark meydana gelmemiştir. Bu yüzden eurodizelin depolandığı yerlerde hardal yağı biyodizeli de güvenle depolanabilir. Uzun süre beklemiş biyodizelin kullanımından önce özgül ağırlığının 0,9'u aşıp aşmadığı belirlenmelidir. Biyodizel ile havanın temasını en aza indirmek için biyodizel tankları mümkünse tamamen dolu tutulmalıdır. İleriki çalışmalarda depolanma süresinin daha uzun periyotlarda yapılması daha uygun olacaktır. Aynı zamanda ışık, ısı, ve depolama kabı malzemeleri gibi depolama şartlarının da değiştirilerek incelenmesi ile daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilecektir.

5. LİTERATÜR LİSTESİ

Acaroğlu M., 2003. Alternatif Enerji Kaynakları, Yayın No:26 Nobel Yayın Dağıtım, sf 229-255, Konya,

Acaroğlu M. 2004, Yakıtlar Ve Yanma Ders Notları, Konya

Altun Ş., Gür M.A., 2005. Bitkisel Yağkarın Alternatif Yakıt Olarak Dizel Motorlarında Kullanılması, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Makale, Şanlıurfa,

Bilginperk H., 1978, Dizel Motorları Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul,

Clements L.D., 1996. Blending Rules for Formulating Biodiesel Fuels.Biological Systems Engineering, University of Nebraska- Lincoln,

Çanakcı M., 2004, Biyodizel Üretimi Ve Yakıt Problemleri, Kocaeli

Dunn R., Bagby M., Low temperature Filterability Properties of Alternative Diesel Fuels from Vegetable Oils, National Center For AgriculturalUtilization Research, Peoria,

Hani İ., 1996, Madeni Yağlar ve Petrol Ofisi Ürünleri, Lale Ofset, Ankara.

Henehan J., Mertz M., 2003. Greener Fuel: Biodiesel Management Manufacturing, April 16,

Işığıgür A., 1992. Türkiye Kökenli Aspir Tohum Yağlarının Transesterifikasyonu ve Dizel Yakıt Alternatifi Olarak Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimlei Enstitüsü, İTÜ, İstanbul

İlisulu K., 1973, Yağ Bitkileri ve Islahı, Çağlayan Kitapevi, İstanbul
Kadayıfçılar S., 1992, Yakıtlar Ve Yanma, A.Ü. Ziraat Fakültesi Baskı Ofset Ünitesi, Ankara.

Karaosmanoğlu, F., Cığızoğlu, K. B., Tüter, M., 1995 Biyomotorin Uygulamaları. Mühendis Ve Makine Dergisi. Cilt 36 Sayı 431 S 35 – 39, İstanbul,

Karaosmanoğlu F., 2002. Ekojenerasyon Dünyası- Kojenerasyon dergisi ICCI Nisan, 50-56, İstanbul,

Karaosmanoğlu F., Aksoy H.A., 1994. Kullanılmış Kızartma Atık Yağının Seyretltme Yöntemi İle Alternatif Yakıt Olarak Değerlendirilmesi. Türkiye 6. Enerji Kongresi Ekim 17-22, İzmir,

Oğuz H., Öğüt H., 1998. Tarım Traktörlerinde Bitkisel Kökenli Yağ ve Yakıt Kullanımı, Selçuk Ünv, Teknik Online Dergisi ISSN 1302-6178, Konya,

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

Öğüt H., Oğuz C., Oğuz H., Arısoy H., 2003. Kolzadan Biyodizel Üretiminin Analizi, Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi Eylül, Konya,

Öğüt H., Oğuz H., 2005. Üçüncü Milenyum Yakıtı, Biyodizel. Nobel Yayınları, ISBN 975-591-730-6 Konya

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

Öztürk Ö., Akınerdem F., Ada R., 2005. Hammadde Kaynaklarına (Bitkilerine) Göre Biyodizel Ekonomisi, Konya,

Peterson C.L., Thompson J., Jones S., Hollenback D., 2001. Biodeisel From Yellow Mustard Oil, Nowember, Idaho,

Prankl H., Körbitz W., Mittelbach M., Wörgetter M., 2004. Review on Biodiesel Standardization World-Wide May, Austria Wieselburg,

Rick M., Reisewitz A., 1995. Der einsatz von Biodiesel Raps, Deutschland,

Sharmer K., 1991, Kraftstöffe aus pflanzeöl für Diesel Motoren Raps, Australian,

Schumacher L, Borgelt S.C., Hires W.G., Wetherell W., Nevils A., 1996. 100 000 Miles of Fueling 5,9L Cummins Engines with 100% Biodiesel, Columbia

Tickell, J., 2000. From the Fryer to the Fuel Tank The Complete Guide To Using Vegetable Oil As An Alternative Fuel. Tickell Energy Consulting. USA

Tyson, K. S., 2001. Biodiesel Handling and Use Guidelines. National Renewable Energy Laboratory NREL/TP 580-30004, September

www.ebb.eu.org

www.die.gov.tr

www.eea.eu.int

www.eie.gov.tr/biyodizel/bd_urtuk.html

Ulusoy Y., Alibaş K., 2002. Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Teknik ve Ekonomoik Olarak incelenmesi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 16:37-50, Bursa

Ulusoy Y., Tekin Y., 2004. Kullanılmış Yağ Metil Esterinin Türkiye Şartlarında Dizel Motorlu Bir Araçta Kullanılması ve Emisyon Sonuçlarını İncelenmesi Mayıs, Konya,

Yücesu H. S., Altın R., Çetinkaya S., 2001 Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi. TÜBİTAK Turk J. Engineering Environmental Science 25, p 39-49, Ankara,