

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MENENGİÇ YAĞINDAN ELDE EDİLEN
BİYODİZELİN VE KARIŞIMLARININ
YAKIT ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ayşe Betül BALCI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
Konya, 2009

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MENENĞİÇ YAĞINDAN ELDE EDİLEN
BİYODİZELİN VE KARIŞIMLARININ
YAKIT ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ayşe Betül BALCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez 14 / 08 / 2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

(Üye)



Prof. Dr. Cevat AYDIN

(Üye)



Doç. Dr. Hakan Okyay MENGEŞ

(Danışman)

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MENENĞİÇ YAĞINDAN ELDE EDİLEN BİYODİZELİN VE
KARIŞIMLARININ YAKIT ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Ayşe Betül BALCI

**Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Hakan Okyay MENGEŞ

2009, 64 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

Prof. Dr. Cevat AYDIN

Doç. Dr. Hakan Okyay MENGEŞ

Bu çalışmada Konya Bölgesinde yetişen ortalama %38,74 oranında yağ içeren menengiç ağacının meyvelerinden elde edilen yağa transesterifikasyon yöntemi uygulanarak biyodizel (MYME) üretilmiş ve üretilen biyodizel ile karışım (hacimsel olarak motorinle B50, B20, B5, B2 oranlarında karıştırılmış) yakıtlarının yakıt özellikleri incelenmiştir. Biyodizel üretimi ve analizi için Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Biyodizel Laboratuvarı kullanılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre, üretilen biyodizel ve karışım yakıtlarının, yakıt özelliklerinin birkaç değer haricinde standart sınırlar içerisinde olduğu gözlenmiştir. İncelemeler neticesinde B50 yakıtının yoğunluğu ve su muhtevası değerleri standart değerden sırasıyla %1,4 ve % 45,68 oranında yüksek çıkmıştır. B100 yakıtının parlama noktası değeri de standartta verilen değerden %0,5 oranında düşük çıkmıştır. Bu değerler motorin ile kıyaslandığında rahatlıkla kullanılabilceği ancak standartlara göre B100 yakıtının ve karışımların standartlara göre yaz mevsiminde TİP A'da rahatlıkla kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Menengiç Yağı, Biyodizel, Karışım Oranları, Yakıt Özellikleri

ABSTRACT

MS THESIS

EXAMINATION OF FUEL PROPERTIES OF BIODISEL WHICH OBTAINED FROM TEREBINTH OIL AND BLENDING

Ayşe Betül BALCI

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agriculture Machinery

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan Okyay MENGEŞ

2009, 64 Page

Jury: Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

Prof. Dr. Cevat AYDIN

Assoc. Prof. Dr. Hakan Okyay MENGEŞ

In this study, fruit tree which is growing in Konya region , including oil %38,74 on average rate was treated by the method of transesterification which is obtained from terebinth tree's fruits , biodiesel (MYME) was produced and blend product (volumetric as diesel oil was mixed B50,B20,B5,B2 ratio) of fuels, was examined fuel properties. Selcuk University Faculty of Agriculture Biodiesel Laboratory was used for the production and analysis of the bio-diesel.

According to research results, biodiesel product and blend of fuels have been examined. It was observed that a few values in the standard limits. As a result of examination, the density and water content of fuel B50 values was high from standard values respective %1,4 and %45,68. The flash point of fuel B100 was lower than standard values at a rate of % 0, 5. When this values is compared with diesel oil. it can be used easily. it was concluded that according to standards, that diesel fuel B100 and blends can be used in temperate climate TİP A climate.

KEY WORDS: Terebinth Oil, Biodisel, Blending Ratio, Fuel Properties

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yüksek lisans tezi olarak planlanıp yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde destek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan Okyay MENGEŞ'e, biyodizel laboratuvarında çalışmamı sağlayan hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT'e, laboratuvar çalışmalarımın her aşamasın da bana yardımcı olan Sayın Arş. Gör. Tanzer ERYILMAZ ve Yrd. Doç. Dr. Hidayet OĞUZ'a, çalışmalarımı aksatmadan sürdürebilmeme yardımcı olan değerli iş verenim Metin ARIKAN'a teőekkürü bir borę bilirim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında bana destek olan aileme ve özellikle anneme teşekkür ederim.

KONYA, 2009

Ayşe Betül BALCI

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Cizelge No</u>	<u>Sayfa No</u>
1.1. Biyodizel ile Malzemelerin Uyuşabilirliği.....	10
1.2 TS EN 14213 Isıtma Yakıtları – Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME) Standardı.....	12
1.3 TS EN 14214 Otomotiv Yakıtları –Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME/Biyodizel) - Dizel Motorlar – Standardı.....	13
1.4 TS 3082 EN 590 Otomotiv Yakıtları – Dizel(Motorin) Standardı.....	14
2.1 Fiziksel ve Kimyasal Yakıt Özellikleri	26
2.2 Yakıt Özellikleri (Yoğunluk, Viskozite ve Kırılma İndisi).....	27
3.1 Menengiç Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	30
3.2 Menengiç Yağı Yağ Asitleri Konsantrasyonu (%)	32
3.3 Biyodizel Karışım Oranları	44
3.4 TS 2741 EN ISO 2160 Referans Korozyon Şeritlerinin Derecelendirilmesi....	48
4.1 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Yoğunluk Ölçüm Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması.....	51
4.2 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Kinematik Viskozite Ölçüm Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması.....	52
4.3 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Parlama Noktası Ölçüm Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması.....	53
4.4 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Su Muhtevası Ölçüm Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması.....	52
4.5 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Kalori Değeri Ölçüm Sonuçları.....	53
4.6 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Bulutlanma Noktası, Akma Noktası, Soğukta Filtre Tıkanma Noktası Ölçüm Sonuçları.....	54
4.7 TS EN 14214 ve TS 3082 EN 590 standartları SFTN değerleri	54
4.8. B100 ve Menengiç Ham Yağının Asit Değeri Ölçüm Sonuçları.....	55
4.9. B100 ve Menengiç Ham Yağının İyot Sayısı Ölçüm Sonuçları.....	55
4.10 Renk Tayini Sonuçları.....	55
4.11 pH Değeri Sonuçları.....	56

5.1. B100, B50, B20, B5, B2, Ham Yağ Ve Motorinin Yakıt Özellikleri.....	57
--	----

ŞEKİL LİSTESİ

Sekil No

Sayfa No

1.1. Dünya da kullanılan enerji kaynakları	1
1.2. Enerji Dağılımında Biyodizelin Yeri.....	2
1.3. Dünyada Biyodizel Üretiminde Kullanılan Bitkisel Yağların Oranları.....	15
1.4. Türkiye Yağlı Tohum Üretim Oranları.....	16
1.5. Yağ Asitlerinin Gliserinle Esterleşmesi	17
1.6. Transesterifikasyon Reaksiyonu.....	21
3.1. Menengiç Meyvesi.....	29
3.2. Menengiç Meyvesinin Kırılmasında Kullanılan Kırma Makinesi	31
3.3. Isıtılıp Tavlama İşleminin Yapılması.....	31
3.4. Meyveden yağ çıkarılmasında kullanılan 200 tonluk hidrolik pres	31
3.5. Menengiç Yağının Elde Edilmesi.....	32
3.6. Yoğunluk Ölçme Cihazı.....	33
3.7. Viskozite Ölçüm Cihazı.....	34
3.8. Parlama Noktası Ölçüm Cihazı.....	34
3.9. Su Muhtevası Tayin Cihazı.....	35
3.10. Bakır Şerit Korozyonu Test Cihazı.....	36
3.11. Asit ve İyot Değeri Tayin Cihazı.....	36
3.12. Soğuk Filtre Tıkanma Noktası Tayin Cihazı.....	37
3.13. Bulutlanma ve Akma Noktaları Tespit Cihazı.....	38
3.14. Kalorimetre Cihazı.....	38
3.15. Renk Tayini Ölçüm Cihazı.....	39
3.16. Homejenizatör.....	40
3.17. pH metre.....	40
3.18. Kullanılan Alkol ve Katalizör.....	42
3.19. Biyodizel Üretimi.....	44
3.20. Biyodizel, Biyodizel Karışım Oranları(B50,B20, B5, B2) ve Motorin	45
3.21. Referans Korozyon Şeritleri.....	47

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Dünyada Biyodizel	4
1.2. Türkiye de Biyodizel	5
1.3.Biyodizelin Avantajları ve Dezavantajları.....	6
1.4. Biyodizelin Yakıt Özellikleri.....	7
1.4.1. Yoğunluk.....	7
1.4.2.Parlama noktası	7
1.4.3.Kalori değeri.....	7
1.4.4.Kinematik viskozite.....	7
1.4.5.Soğukta akış özelliği.....	8
1.4.6.İyot sayısı.....	8
1.4.7.Kükürt içeriği.....	8
1.4.8.Su içeriği.....	9
1.4.9.Soğuk filitre tıkanma noktası.....	9
1.4.10 Biyodizelin biyolojik bozunabilirliği.....	9
1.4.11. Biyodizelin malzemelerle uyuşabilirliği.....	9
1.5. Biyodizelin Standartları	11
1.6.Biyodizelin Ham Madde Kaynakları	15
1.6.1. Bitkisel yağların yapısı	16
1.7. Tohumlardan Yağ Elde Etme Yöntemleri.....	18
1.8. Bitkisel Yağların Yakıt Özelliklerinin İyileştirilmesi.....	19
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	22
3. MATERYAL ve METOT.....	29

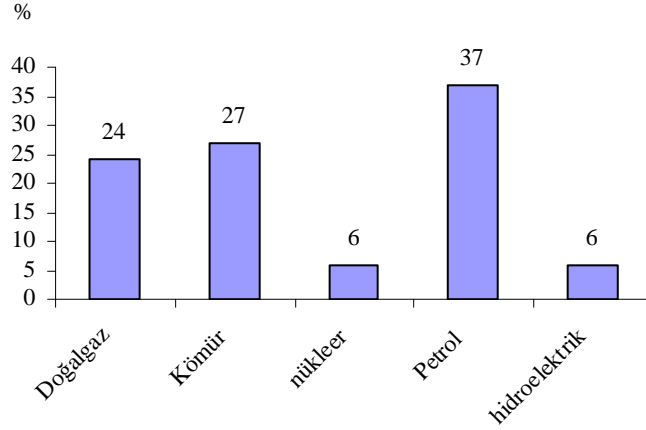
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Araştırmada kullanılan ürün	29
3.1.1.1. Menengiç meyvesinden yağ elde edilmesi.....	30
3.1.2. Araştırmada kullanılan alet ve cihazlar.....	33
3.1.2.1 Otomatik Yoğunluk Ölçme Cihazı.....	33
3.1.2.2 Kinematik viskozmetre.....	33
3.1.2.3. Parlama noktası ölçme cihazı.....	34
3.1.2.4 Su muhtevası tayin (Karl-Fischer titrasyon) cihazı.....	35
3.1.2.5 Bakır şerit korozyonu test cihazı.....	35
3.1.2.6 Asit ve iyot değeri tayin cihazı (potansiyometrik titratör)....	36
3.1.2.7 Soğuk filtre tıkanma noktası tayin cihazı.	37
3.1.2.8 Bulutlanma ve akma noktaları tespit cihazı.....	37
3.1.2.9 Kalorimetre cihazı.....	38
3.1.2.10 Otomatik renk ölçüm cihazı.....	39
3.1.2.11 Homejenizatör.....	39
3.1.2.12 pH metre.....	40
3.1.2.13 Hassas terazi.....	41
3.1.2.14 Kronometre.....	41
3.1.2.15 Termometre.....	41
3.1.3. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	41
3.1.3.1. Metanol (metil alkol) ve Katalizör	41
3.2. Metot.....	43
3.2.1. Menengiç yağından biyodizel eldesi.....	43
3.2.2. B100, karışımlar (B50, B20, B5, B2) ve motorin yakıtının yakıt özelliklerinin belirlenmesi	45
3.2.2.1. Yoğunlukların belirlenmesi	45
3.2.2.2 Kinematik viskozitelerinin belirlenmesi.....	45
3.2.2.3. Parlama noktalarının belirlenmesi.....	46
3.2.2.4. Su muhtevalarının belirlenmesi.....	46
3.2.2.5. Bakır şerit korozyon testi.....	46
3.2.2.6. Asit sayısı tayini.....	48
3.2.2.7. İyot sayısı tayini	49

3.2.2.8. Bulutlanma, akma ve soğuk filtre tıkanma noktalarının belirlenmesi.....	49
3.2.2.9. Kalori değerlerinin belirlenmesi.....	50
3.2.2.10. ASTM renk testi.....	50
3.2.2.11. pH değeri	50
3.2.2.12. Kalite kontrol testleri.....	50
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	51
4.1. Yoğunluk Ölçümü Değerleri.....	51
4.2. Kinematik Viskozite Ölçümü Değerleri.....	51
4.3. Parlama Noktası Ölçümü Değerleri.....	52
4.4. Su Muhtevası Ölçümü Değerleri.....	52
4.5. Bakır Çubuk Korozyonu Sonuçları.....	53
4.6. Kalori Değeri Sonuçları	53
4.7. Bulutlanma Noktası, Akma Noktası, Soğukta Filtre Tıkanma Noktası Değerleri Sonuçları	54
4.8. Asit Değeri ve İyot Sayısı Değerleri Sonuçları	55
4.9. Renk Tayini Sonuçları.....	55
4.10. Ph Değeri Sonuçları.....	56
5. SONUÇ.....	57
6. KAYNAKLAR	59

1.GİRİŞ

Enerji insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamada ihtiyaç duyduğu en önemli olgudur ve ekonomik kalkınmanın bir lokomotifidir. Neredeyse bütün toplumların enerji sorunu ile karşı karşıya kalması göz önüne alındığında, enerji konusu önemli bir yer tutmaktadır.

Şekil 1.1.'de 2008 yılı itibariyle Dünya da kullanılan enerji kaynakları verilmiştir. Şekil 1.1.'in incelenmesinden anlaşılacağı üzere, Dünya da kullanılan enerji kaynaklarının büyük bir kısmı (yaklaşık %88) fosil yakıtlardan elde edilmektedir(Anonymous 2008b).



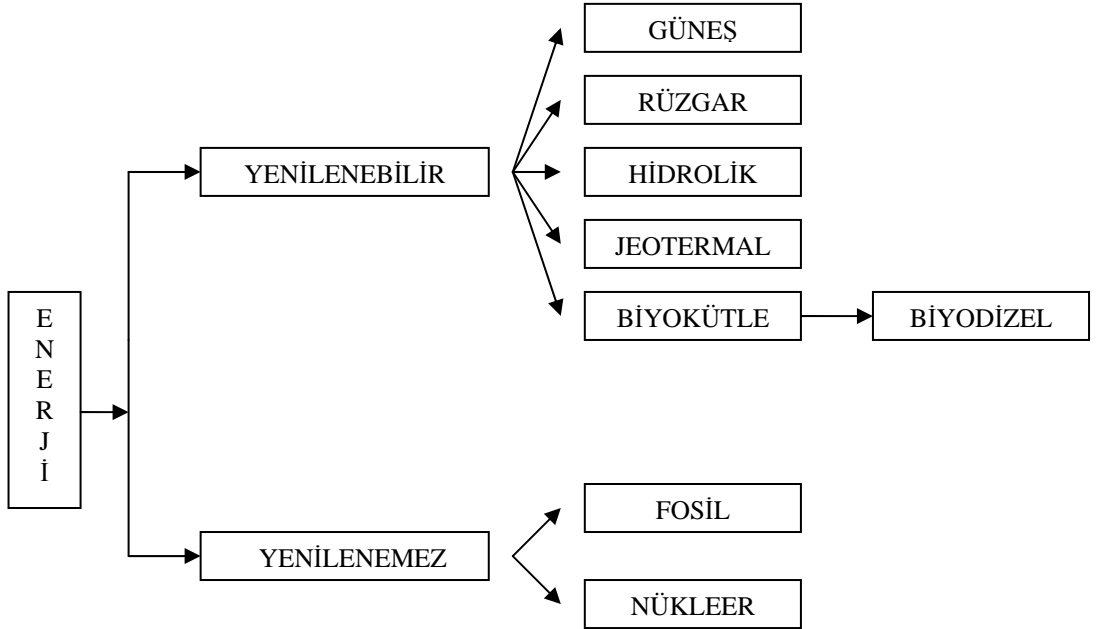
Şekil 1.1. Dünya da kullanılan enerji kaynakları (Anonymous 2008b)

Tüketim oranı yüksek olan petrol, ülkemizde yılda yaklaşık 30,6 milyon ton tüketilmektedir. İthal edilen ham petrol miktarı 25,5 milyon ton, yerli üretim ise 2,2 milyon tondur. Diğer bir ifadeyle rafinelerimizde işlenen ham petrolün sadece % 8,6'sı yerli üretimle karşılanabilmektedir(Anonymous 2008b). Bu da ülkemizin petrolde dışa bağımlılığının bir göstergesidir.

Bununla birlikte fosil yakıtların (kömür, doğalgaz, petrol) kullanımı ile oluşan çevre kirliliği bunun sonucunda yoğun olarak atmosfere salınan-karbondioksit (CO₂) başta olmak üzere sera gazları, güneş ışınlarının atmosferde daha çok tutulmasına ve yeryüzü sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca yapılan

araştırmalara göre, enerji kaynakları kullanımında değişiklik yapılmazsa küresel çapta enerji açığı ve kirliliğin 2030 yılına kadar %50 artacağı uyarısında bulunulmuştur (Anonymous 2006, Anonymous 2008a).

Bu sebeple yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi de önem kazanmaktadır. Bu kaynakların içerisinde bulunan ‘ biyokütle’ ise büyük bir potansiyele sahiptir. Başlıca bileşenleri karbon ve hidrojen bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler ‘ biyokütle enerji kaynağı’, bu kaynaklardan üretilen enerji ise ‘biyokütle enerjisi’ olarak tanımlanmaktadır(Karaosmanoğlu 2002 ve Haşımoğlu 2005). Odun, yağlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçeği, soya vb.), karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır), elyaf bitkileri (keten, kenevir, miskantus), protein bitkileri (bezelye, fasulye), bitkisel atıklar (sap, saman, kök), hayvansal atıklar ile şehirsel ve endüstriyel atıklar biyokütle enerji teknolojileri kapsamında değerlendirilmekte ve mevcut yakıtlara alternatif pek çok katı, sıvı ve gaz yakıtlar ortaya çıkmaktadır. Biyodizel ise biyokütle kökenli en önemli alternatif dizel yakıttır. şekil 1.2’de enerji dağılımında biyodizelin yeri verilmiştir.



şekil 1.2. Enerji dağılımında biyodizelin yeri (ğt ve Oğuz 2006)

Biyodizel, bitkisel yağlı tohumlardan (kanola, keten, pamuk, aspir, soya fasulyesi, yer fıstığı, hindistan cevizi, palmiye vb.) kullanılmış atık kızartma yağlarından, hayvansal yağlardan ve her türlü biyolojik kökenli yağlardan bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda oluşan ve yakıt olarak kullanılan yağ asidi metil esterleridir(Karahan 2005, Akay 2007).

Tarım ülkesi olan ülkemizde, biyodizel öncelikli bir seçenektir. Bu nedenle biyodizel kırsal kesimin ekonomik yapısının güçlenmesi ve iş imkanlarının yanı sıra yan sanayinin de gelişmesine katkıda bulunacaktır. Ancak biyodizelin bitkisel yağlardan üretiliyor olması dizel yakıtına nazaran daha pahalı olmasına neden olmaktadır. Bu yüzden yağlık tüketimi olmayan, yağ oranı yüksek olan biyodizel üretilebilecek alternatif bitki çeşitleri aranmaktadır.

Bu çalışmadaki temel amaç, ortalama yağ oranı % 38,74 olan, yemeklik yağ tüketimi olmayan menengiç ağacının meyvelerinden elde edilen yağa transesterifikasyon yöntemi uygulanarak biyodizel üretimini gerçekleştirmek ve üretilen biyodizel ile karışımlarının yakıt özelliklerini belirlemektir. Ayrıca bu konuda yapılacak çalışmalar için bir katkı sağlayacağı düşüncesi de amaçlanmıştır.

1.1.Dünyada Biyodizel

Rudolf Diesel (1858-1913), 1893'te bitkisel yağlara göre tasarladığı motorunun denemesini gerçekleştirmiş ve 1900 yılında Paris Dünya Fuarı'nda yakıt olarak yer fıstığı yağını kullanan motorunu sergilemiştir. R. Diesel 1911'de "Bitkisel yağların motor yakıtı olarak kullanımının tarımın gelişiminde ciddi bir katkısı olacağını" ifade etmiş ve 1912'de "*Bitkisel yağların motorlarda kullanımı günümüzde önemsiz görünebilir, ancak bitkisel yağlar zamanla petrol ve kömür katranı kadar önem kazanacaktır*" diyerek konunun önemini vurgulamıştır. Bitkisel yağların doğrudan yakıt olarak kullanımındaki zorluklara, petrol ürünlerinin kullanımının yaygınlaşması eklenince konu gündemden düşmüştür(Anonymous 2009).

Ancak, biyolojik yağların yakıt olarak kullanılabilmesi için bünyesindeki gliserinin uzaklaştırılması alanındaki akademik çalışmalar yinede devam etmiş ve bugün "BİYODİZEL" olarak adlandırılan yakıt için ilk patent Belçika Brüksel Üniversitesinden G.Chavanne tarafından 31 Ağustos 1937 tarihinde alınmıştır(Anonymous 2009).

1994 yıllarında yaşanan petrol krizleri alternatif enerji arayışlarını hızlandırmış ve "BİYODİZEL" tekrar gündeme taşınmıştır. Özellikle 2000 yılında Dünyada ham petrol ve ham kanola fiyatlarının kesişmesi dünyada biyodizeli ön plana çıkarmış ve yatırımlar büyük bir hız kazanmıştır.

Dünya'da biyodizelin öneminin artmasının sebepleri:

- Fosil yakıtların tükeniyor olması ve bu nedenle petrol fiyatlarının giderek yükselmesi,
- Fosil yakıtların kullanımından doğan büyük çevre zararları ve bunların telafisi için yapılan büyük harcamalar,
- Ülkelerin enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve enerjide dışa bağımlılıktan kurtulabilme strateji ve çabaları,
- Savaş ve zorunlu hallerde stratejik yakıt olma özelliği,

- Tarım ürünlerinin sanayiye entegrasyonunu sağlayarak ülkelerin tarımsal kalkınmasını çarpan etkisiyle hızlandırması,
- Motorlar üzerinde sağladığı avantajlar; setan sayısının petrol dizeline göre yüksek oluşu, yağlayıcılık özelliği nedeniyle motorlara yanma ve kullanım açısından sağladığı faydalar,
- İnsan sağlığı ve çevreye zararlı bitkisel atık yağları geri kazanarak katma değer oluşturması,
- Taşıma ve depolanması itibarıyla dünya standartlarında “Tehlikeli Madde” kapsamında yer almaması ve güvenli yakıt kabul edilmesi olarak ifade edilmektedir.

1.2. Türkiye de Biyodizel

Türkiye de biyodizelle ilgili ilk çalışma, AB’den önce 1934 yılında “Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı” adı altında Atatürk Orman Çiftliğinde yapılmıştır. Türkiye’de biyodizel dünyadaki gelişmelerin etkisinde 2000’li yılların başında gündeme gelmiştir.

2006 yılı ülkemizde 1,5 milyon ton kurulu kapasite biyodizel üretim tesisi bulunmaktadır. Şu anda Türkiye, kurulu biyodizel üretim kapasitesi itibarı ile Almanya’dan sonra Dünya ikincisidir(Anonymous 2009).

Bu tesisler ülkemizin dört bir yanına dağılmıştır. Bölgesel yaygınlığı “Enerjinin Verimliliği” açısından son derece yararlı olduğu düşünülebilecek Biyodizel yatırımı yapan firmalarımızın % 65’i tarımdan gelmiş ve bunların % 50’si yağ sıkma fabrikalarıdır. Bu dönüşümün ana sebebi atıl kapasitelerini değerlendirerek, sürekli istihdam sağlayabilmeleridir.

Biyodizel Üreticileri özellikle ülkemizde gıdada kullanılmayan, bu nedenle tarımda oluşturacağı etkileri görülebilecek kanola ve aspri seçmiş, ülkemizin dört bir yanında sözleşmeli tarıma yönelmişlerdir.

1.3. Biyodizelin Avantajları ve Dezavantajları

Biyodizel yakıtının avantajları;

- Çevre dostudur ve yenilenebilir hammaddelerden elde edilir,
- Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilebilir,
- Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozunabilir,
- Anti-toksik etkilidir, kanserojenik madde ve kükürt içermez,
- Yüksek alevlenme noktası ile kolayca depolanabilir, taşınabilir ve kullanılabilir,
- Yağlayıcılık özelliği mükemmeldir, motor ömrünü uzatır,
- Motor karakteristik değerlerinde iyileşme sağlar,
- Kara ve deniz taşımacılığında kullanılabilir,
- Isıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygundur,
- Stratejik önem arz etmektedir,
- Belli karışım oranlarında motorda kullanımında herhangi bir değişikliğe ihtiyaç göstermez (Öğüt ve Oğuz 2006)
- Yeşil bir yakıttır. (Esendal ve ark. 2007)

Biyodizel yakıtının dezavantajları;

- Isıl değeri petrodizele göre biraz daha düşüktür. Bu durum motordaki yanma sonucunda bir miktar güç düşmesine yol açar.
- Soğuk hava şartlarından petrodizele göre daha çabuk etkilenir. Bu durum biyodizelin soğuk iklim bölgelerinde kullanımını sınırlandırıcı bir faktördür. Bunu aşabilmek için B20 kullanım formu tercih edilmektedir.(Yeni geliştirilen proseslerle biyodizel -20°C'ye kadar sorunsuz kullanılabilmektedir.)
- Azot oksit (NO_x) emisyonları petrodizele göre biraz yüksektir. Ancak bu sorun yanma sıcaklığını azaltarak (yanmanın 1-3° geciktirilmesi ile sağlanabilir veya katalitik konvertör kullanılarak) aşılabılır (Zhang 2002).
- Yakıt tüketimi hacim esnasında %11, ağırlık esnasında ise % 5-6 daha fazla olmaktadır.

- Saf (B100) kullanım durumunda ise motor malzemelerinde özellikle yakıt donanımdaki hortum, bağlantı elemanı ve contaların uygun malzeme ile değiştirilmesi gerekir (Öğüt ve Oğuz 2006).

1.4. Biyodizelin Yakıt Özellikleri

1.4.1. Yoğunluk

Bitkisel yağın çeşidine göre değişen yoğunluk, genellikle 15°C de 880-920 kg/m³tür (Öğüt ve Oğuz 2006). Yoğunluğun belirlenmesi EN ISO 3675 veya EN ISO 12185 deney yöntemine göre yapılmaktadır.

1.4.2. Parlama noktası

Taşıma ve depolama için önem arz eden parlama noktasının yüksek olması istenir. Dizel yakıtının parlama noktası 74 °C'dir. Bitkisel yağların parlama noktası 300 °C den yukarı iken, biyodizelin parlama noktası en az 101 °C'dir. Parlama noktasının belirlenmesinde test metodu olarak EN ISO 3679 uygulanmaktadır(Öğüt ve Oğuz 2006).

1.4.3. Kalori değeri

Kalori değeri motorun optimum çalışması için önemlidir ve yakıt kalitesi kriteridir. Genellikle biyodizelin kalori değeri 35 mj/kg dan daha yüksektir (Öğüt ve Oğuz 2006). Kalori değeri DIN 51900-1, DIN 51900-2, DIN 51900-3 test metodlarına göre belirlenmektedir.

1.4.4. Kinematik viskozite

Kinematik viskozite biyodizelin karakteristik özelliğidir. Yüksek viskozite yakıtın fakir atomizasyonuna, kötü yanmaya, enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikmesine ve yağlama yağının bozulmasına sebep olmaktadır.

Yüksek viskozite pompalanabilmeyi ve enjektörlerin püskürtmesini azaltır. Viskozite sıcaklığa bağlıdır. Biyodizelin viskozite değeri 40 °C de 3,5-6 mm²/s arasında değişmektedir. Hidrokarbonların zincir uzunluğu arttıkça viskozite artar, çift bağ sayısı arttıkça viskozite azalır(Öğüt ve Oğuz 2006, Haşimoğlu 2005). Test metodu olarak EN ISO 3104, ISO 3105 uygulanmaktadır.

1.4.5. Soğukta akış özelliği

Biyodizel motorinden daha yüksek akma noktasına sahiptir. Bu durum yakıtların soğukta kullanımında problem çıkarmaktadır. Biyodizelin soğuk filtre tıkanması ve akma noktası dizel yakıtına benzer şekilde tayin edilmektedir(Öğüt ve Oğuz 2006). Soğuk akış özelliği iyi olmayan yakıt kullanımı motorun yakıt besleme elemanlarına zarar verebilmektedir. Ayrıca motorda ilk hareket problemleri oluşabilmektedir.

1.4.6. İyot sayısı

İyot sayısı, yağın toplam doymamışlığının bir ölçüsü olup yağın özelliğine ve çift bağ sayısına göre değişmektedir. İyot sayısının yüksek olması halinde yakıtlar enjektör deliklerinde tıkanmalara veya yanma odasında hasar meydana gelmesine sebep olmaktadır.

1.4.7. Kükürt içeriği

Bitkisel yağların kullanılması durumunda dizel yakıtıyla karşılaştırıldığı zaman kükürt miktarlarında azalma olduğu görülür. Yakıtta yağlayıcılık özelliği kazandıran kükürt oranının uygulamaya konulan yeni emisyon standartlarında 10 ppm den de aşağıya çekilmesinin hedeflenmesi, motorine biyodizelin katılmasını zorunlu hale getirmektedir(Öğüt ve Oğuz 2006).

1.4.8. Su içeriği

Bitkisel yağlar temelde su içermezler ancak bitkisel yağların üretimi ve depolanması esnasında su karışabilmektedir. Yakıtların belli oranda su içermeleri motor için bir dezavantaj değildir. Su/yakıt emülsiyon oranının uygun olması durumunda yanma sıcaklığını ve NOx emisyonlarını azaltabilir. Ancak yüksek basınçlı enjeksiyon sistemlerinde su yakıttan ayrılarak enjektör sisteminde bölgesel çürümelere sebep olabilmektedir(Öğüt ve Oğuz 2006).

1.4.9. Soğuk filitre tıkanma noktası

Dizel motor yakıtları için yapılan önemli testlerden birisi, soğuk filitre tıkanma noktasıdır. Bu özellik bilhassa soğuk şartlarda dizel motorlar için hayati öneme sahiptir. Bu özellik IP309/80, DIN EN 116'da belirtilen standart yöntemlerle belirlenmektedir. Soğukta filitre tıkanma noktası (SFTN-CFFP), DIN normunda max olarak 15 Nisan-30 Eylül arasında 0 °C, 1 Ekim-15 Kasım arasında -10 °C, 16 Kasım-28 Şubat arasında -20 °C, 1 Mart - 14 Nisan içinde -10 °C olarak verilmektedir(Clements 1996, Öğüt ve Oğuz 2006).

1.4.10. Biyodizelin biyolojik bozunabilirliği

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).

1.4.11. Biyodizelin malzemelerle uyuşabilirliği

Biyodizel orta dereceli bir çözücüdür. Boyanmış yüzeylerle temas ettiğinde bazı boyaları çözebilmektedir. Biyodizelin çözücü özelliğinden dolayı daha önceden dizel yakıtından kaynaklanan sediment ve tortuları çözerek yakıt filtresinin tıkanması

hatta enjektörlerin tıkanması gibi problemlerle karşılaşılabilir. Bu yüzden biyodizel yakıt deposuna konulmadan önce yakıt deposunun bakımı yapılarak içi temizlenmelidir(Öğüt ve ark. 2005).

Pirinç, bronz, bakır, kurşun, kalay ve çinko dizel yakıtı ve biyodizel ile okside olabilir ve tortulaşma meydana getirebilir. Uygun yakıt deposu malzemesi alüminyum, çelik, fluorinat, polietilen, fluorinatlı poliprolen ve teflon içermelidir(Tyson 2001, Öğüt ve ark. 2005). Çizelge 1.1’de biyodizel ile bazı malzemelerin uyuşabilirliği verilmiştir.

Çizelge 1.1. Biyodizel İle Malzemelerin Uyuşabilirliği (Tyson 2001, Öğüt ve ark. 2004)

Malzeme	Biyodizelin % karışım oranı	Etkinin dizel yakıtı ile karşılaştırılması
Teflon	B100	Çok az değişme
Naylon 6/6	B100	Çok az değişme
Nitril	B100	%20 sertleşmede azalma, %18 şişme artışı
Viton A401-C	B100	Çok az değişme
Viton GFLT	B100	Çok az değişme
Flurosilikon	B100	Sertlikte çok az değişme %7 şişme artışı
Poliüretan	B100	Sertlikte çok az değişme %6 şişme artışı
Poliprolen	B100	%10 sertlikte azalma %8 – 15 şişme artışı

1.5. Biyodizelin Standartları

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

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

Biyodizel için EN 14213 (Yakıt Biyodizel) ve EN 14214 (Otobiyodizel) Avrupa Birliği Standartları ile, ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir. Ülkemizde biyodizel için standart, EN standartları temel alınarak hazırlanmış ve karışımlar için TS 3082 EN 590 (Otomotiv Yakıtları – Dizel) standardı yürürlüğe girmiştir. TS EN 14213, TS EN 14214 ve TS 3082 EN 590 standartları sırasıyla Çizelge 1.2., 1.3. ve 1.4.'de görülmektedir.

Çizelge 1.2 TS EN 14213 Isıtma Yakıtları – Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME) Standardı

Özellik	Birim	Sınırlar		Deney Yöntemi
		En az	En çok	
Ester muhtevası	% (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	-	EN ISO 3679
Kükürt muhtevası	mg/kg	-	10,0	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Karbon kalıntısı (% 10 damıtma kalıntısında)	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
Sülfatlanmış kül muhtevası	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Su muhtevası	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Toplam kirlilik	mg/kg	-	24	EN 12662
Oksidasyon kararlılığı 110 °C' de	h	4,0	-	EN 14112
Asit sayısı	mg KOH/g	-	0,50	EN 14104
İyot değeri	g iyot/100 g	-	130	EN 14111
Çoklu doymamış (>=4 çift bağlar) metil esterleri	% (m/m)	-	1	
Monogliserit muhtevası	% (m/m)	-	0,80	EN 14105
Digliserit muhtevası	% (m/m)	-	0,20	EN 14105
Trigliserit muhtevası	% (m/m)	-	0,20	EN 14105
Serbest gliserol	% (m/m)	-	0,02	EN 14105 EN 14106
Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN)	°C	-		EN 116
Akma noktası	°C	-	0	ISO 3016
Net yanma ısısı (hesaplanmış)	MJ/kg	35	-	DIN 51900-1 DIN 51900-2 DIN 51900-3

Çizelge 1.3 TS EN 14214 Otomotiv Yakıtları –Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME/Biyodizel) - Dizel Motorlar - Standardı

Özellik	Birim	Sınırlar		Deney Yöntemi					
		En az	En çok						
Ester muhtevası	% (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					
Parlama noktası	°C	101	-	EN ISO 3679					
Kükürt muhtevası	mg/kg	-	10,0	EN ISO 20846 EN ISO 20884					
Karbon kalıntısı (%10 damıtma kalıntısında)	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370					
Setan sayısı		51,0	-	EN ISO 5165					
Sülfatlanmış kül muhtevası	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987					
Su muhtevası	mg/kg	-	500	EN ISO 12937					
Toplam kirlilik	mg/kg	-	24	EN 12662					
Bakır şerit korozyonu (50°C'ta 3 saat)	derece	Sınıf 1		EN ISO 2160					
Oksidasyon kararlılığı110 °C'de	h	6,0	-	EN 14112					
Asit sayısı	mg KOH/g	-	0,50	EN 14104					
İyot sayısı	g iyot/100 g	-	120	EN 14111					
Linolenik asit metil esteri	% (m/m)		12,0	EN 14103					
Çoklu doymamış (>=4 çift bağlar) metil esterleri	% (m/m)	-	1						
Metanol muhtevası	% (m/m)	-	0,20	EN 14110					
Monogliserit muhtevası	% (m/m)	-	0,80	EN 14105					
Digliserit muhtevası	% (m/m)	-	0,20	EN 14105					
Trigliserit muhtevası	% (m/m)	-	0,20	EN 14105					
Serbest gliserol	% (m/m)	-	0,02	EN 14105 EN 14106					
Toplam gliserol	% (m/m)		0,25	EN 14105					
Grup I metallere (Na+K)	mg/kg		5,0	EN 14108 EN 14109					
Grup II metallere (Ca+Mg)	mg/kg		5,0	prEN 14538					
Fosfor muhtevası	mg/kg	-	10,0	EN 14107					
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası									
İklim çeşidi	Özellik	Birim	Sınırlar						Deney Yöntemi
İlman İklimler	SFTN	°C en çok	Tip A	Tip B	Tip C	Tip D	Tip E	Tip F	EN 116
			+5	0	-5	-10	-15	-20	

Çizelge 1.4 TS 3082 EN 590 Otomotiv Yakıtları – Dizel(Motorin) Standardı

Özellik	Birim	Sınırlar		Deney Yöntemi					
		En az	En çok						
Setan sayısı		51,0	-	EN ISO 5165					
Setan indisi		46,0	-	EN ISO 4264					
Yoğunluk 15 °C’de	kg/m³	820	845	EN ISO 3675 EN ISO 12185					
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	% (m/m)		11	EN 12916					
Kükürt	mg/kg	-	350 (31.12.2004 kadar) veya 50,0	EN ISO 20846 EN ISO 20847 EN ISO 20884					
			10,0	EN ISO 20846 EN ISO 20884					
Parlama noktası	°C	55’ten yüksek	-	EN 22719					
Karbon kalıntısı g (% 10 damıtma kalıntısında)	% (m/m)		0,30	EN ISO 10370					
Kül	% (m/m)	-	0,01	EN ISO 6245					
Su	mg/kg	-	200	EN ISO 12937					
Toplam kirlilik	mg/kg	-	24	EN 12662					
Bakır şerit korozyonu (3 h, 50 °C’da)	Derece	1		EN ISO 2160					
Oksidasyon kararlılığı	g/m ³	-	25	EN ISO 12205					
Yağlama özelliği, düzeltilmiş aşınma izi çapı (wsd 1,4), 60 °C’ta	µm	-	460	EN ISO 12156-1					
Viskozite, 40 °C’ta	mm ² /s	2,00	4,50	EN ISO 3104					
Damıtma 250 °C’ta elde edilen % (V/V) 350 °C’ta elde edilen % (V/V) %95’in (V/V) elde edildiği sıcaklık	% (V/V) % (V/V) °C	- 85 -	<65 - 360	EN ISO 3405					
Yağ asidi metil esterleri (YAME)	% (V/V)	-	5	EN 14078					
Not – Koyu yazılan gerekler Amendment 1 2003/17/EC [2] dahil, European Fuels Directive 98/70/EC ile ilişkilidir.									
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası									
İklim çeşidi	Özellik	Birim	Sınırlar						Deney Yöntemi
			Tip A	Tip B	Tip C	Tip D	Tip E	Tip F	
Ilman İklimler	SFTN	°C en çok	Tip A	Tip B	Tip C	Tip D	Tip E	Tip F	EN 116
			+5	0	-5	-10	-15	-20	

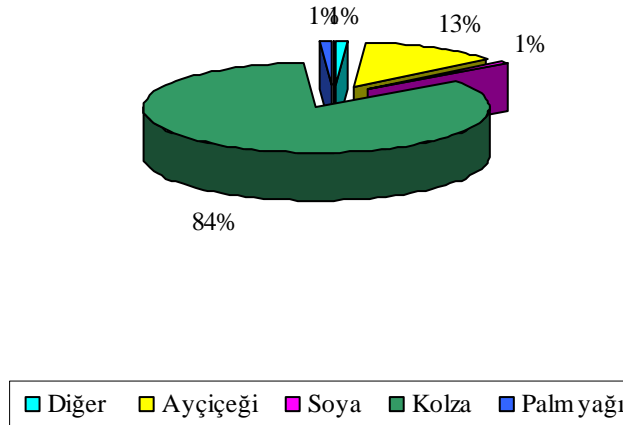
1.6. Biyodizelin Ham Madde Kaynakları

Yeryüzünde 4000'den fazla yağ çıkarılan bitki çeşidi bulunmasına rağmen, biyodizelin elde edilebileceği yağ bitkilerinin sayısı 50'nin üzerindedir(Öğüt ve Oğuz 2002, Oğuz ve ark. 2003, Kılılı 2007, Esendal ve ark. 2007).

Biyodizel üretilebilecek kaynaklar;

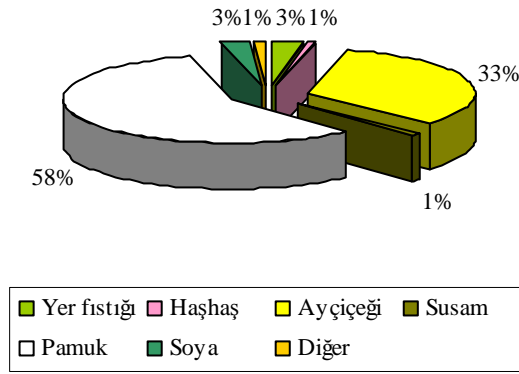
- **Bitkisel Yağlar:** Ayçiçeği, soya, kanola, aspir, pamuk, palm yağları
- **Atık Bitkisel Yağlar:** Kullanılmış yemeklik yağlar, sarı gres
- **Geri Kazanım Yağları:** Bitkisel yağ endüstrisi yan ürünleri (soapstock, hurda yağı)
- **Hayvansal Yağlar :** Don Yağları, balık yağları ve kanatlı yağları
- **Şehirsal ve Endüstriyel Atık Kökenli Geri Kazanım Yağları:** Kahverengi gres, siyah gres yağlarıdır.

Dünyada biyodizel üretiminde kullanılan bitkisel yağların oranları incelendiğinde en büyük paya kolza yağının (% 84) sahip olduğu, bunu %13 oranı ile ayçiçek yağı, % 1 palm yağı, % 1 soya ve % 1 diğer bitkisel yağlar izlemektedir. Şekil 1.3.'de Dünya'da biyodizel üretiminde kullanılan bitkisel yağların oranları verilmiştir.



Şekil 1.3 Dünyada biyodizel üretiminde kullanılan bitkisel yağların oranları (Tickel 2000, Öğüt ve Oğuz 2006, Karaosmanoğlu 2008)

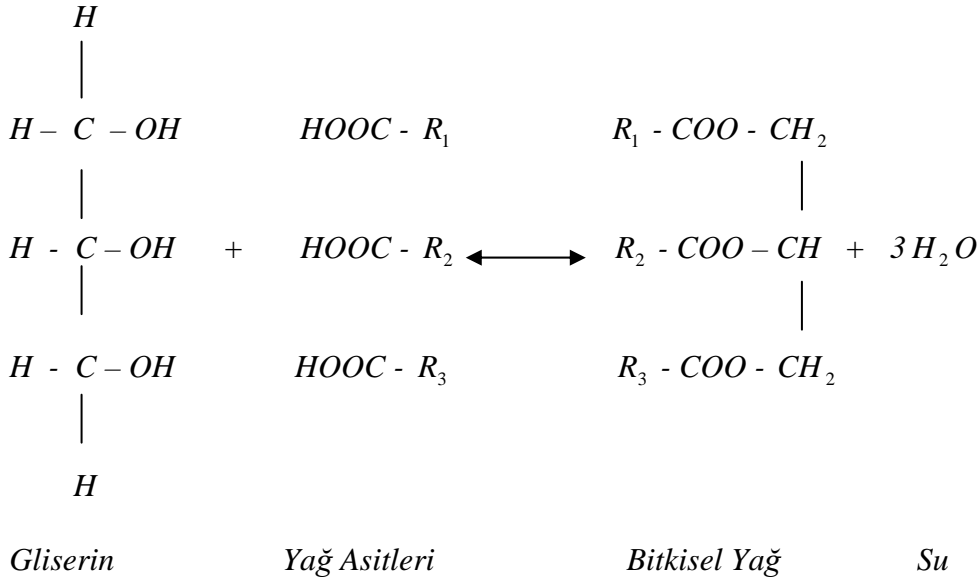
Ülkemizde 2004 yılı verilerine göre 2.4 milyon ton yağlı tohum üretilmiştir. Üretilen yağlı tohumlar içerisinde en önemli paya % 58 ile pamuk tohumu (1.4 milyon ton) sahip olmakta, bunu % 33 ile ayçiçeği (800 bin ton), % 3 ile yerfıstığı (85 bin ton) ve soya (65 bin ton), % 1 ile haşhaş (20 bin ton) ve susam (22 bin ton) izlemekte, geriye kalan % 1'lik pay ise diğer bitkiler (kolza, aspir, keten vb.) tarafından paylaşılmaktadır (Anonymous 2004, Kılılı 2007). Şekil 1.4.'te Türkiye'deki yağlı tohum üretim oranları görülmektedir.



Şekil 1.4. Türkiye yağlı tohum üretim oranları (Anonymous 2004,Kılılı 2007)

1.6.1. Bitkisel yağların yapısı

Bitkisel yağlar, yağ asitlerinin (R-COOH), üç değerli bir alkol olan gliserinle yapmış olduğu esterlerdir. Bu gliserid olarak adlandırılır. Gliserin molekülündeki üç alkol grubunun yağ asitleri ile esterleştirilmesi durumunda ise trigliserid elde edilir. Trigliseridler normal yağların %95'lik kısmını oluşturmaktadır. %5'lik kısmı ise mono ve digliseridlerden oluşmaktadır (Yamık 2002, Haşimoğlu 2005). Şekil 1.5'te yağ asitlerinin gliserinle esterleşmesi verilmiştir.



Şekil 1.5 Yağ asitlerinin gliserinle esterleşmesi (Yamık 2002, Haşimoğlu 2005)

Bir yağın fiziksel ve kimyasal özellikleri yağı oluşturan yağ asitlerinin cinsine bağlıdır. Yağ asitleri $CH_3(CH_2)_nCOOH$ genel formülü ile gösterilmektedir. Yağ asitleri doymuş ve doymamış olarak ikiye ayrılmaktadır (Uyar 1992, Haşimoğlu 2005).

- Doymuş yağ asitleri

Karbon–Karbon (C-C) bağları tek bağdan oluşmaktadır. Genel formülleri R-COOH'dır. Burada R hidrokarbon zincirini gösterir. Bitkisel yağlarda doymuş yağ asitlerinden stearik ($CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$) ve palmitik ($CH_3-(CH_2)_{14}-COH$) yağ asitleri bulunur. Erime ve kaynama noktaları zincir uzunluğu arttıkça artar (Nas ve ark.1992, Yamık 2002, Haşimoğlu 2005).

- Doymamış yağ asitleri

Moleküllerinde bir veya daha çok sayıda çift bağ bulunur. Zincir formunda dallanmamış mono karboksili asitlerin içinde, alken asitleri grubuna dahildirler. Yağ asitleri bir çift bağ içerdikleri zaman tekli doymamış (monoenoik), iki ya da daha fazla çift bağ içerdikleri zaman çoklu doymamış (polyenoik) olarak isimlendirilirler

(Yamık 2002, Haşimoğlu 2005). Tekli doymamış yağ asiti genel formülü $R-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$, $C_nH_{2n}O_2$ 'dır.

Bazı bitkisel yağlarda bulunan önemli doymamış yağ asitleri oleik asit ($C_{17}H_{33}COOH$), linoleik asit ($C_{17}H_{31}COOH$), linoleik asit ($C_{17}H_{29}COOH$) arachidonik asit ($C_{19}H_{31}COOH$)'dir (Yamık 2002, Haşimoğlu 2005).

Araştırma ve uygulamalar kimyasal yapı olarak uzun, dallanmış ve tek çift bağlı yağ asitlerini içeren yağların uygun dizel alternatifi olduğunu ve artan doymamışlık derecesinin setan sayısını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu durum oleik asitçe zengin yağları ön plana çıkarmaktadır(Karaosmanoğlu ve Aksoy 1994, Ögüt ve Oğuz 2006).

Yüksek oleik asitli bitkisel yağlarda oksitlenme direnci daha iyidir. Monodoymamış zincirler oksitlenme direnci için iyidir. Polidoymamış zincirler fakir oksitlenme direnci verir, fakat düşük sıcaklıkta davranış özelliğini iyileştirmektedir. Doymuş yağ asidi zincirinin düşük sıcaklık direnci çok azdır. Bu yüzden istenen yağ çoğunlukla monadoymamış ve polidoymamış zincirler ve minimum doymuş zincirlerin karışımına sahip olmaktadır(Oğuz ve Ögüt 2001, Ögüt ve Oğuz 2006).

1.7. Tohumlardan Yağ Elde Etme Yöntemleri

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

Ön işlemlerden geçirilen yağlı tohumlardan ham yağ üretiminde ham maddenin yağ içeriğine bağlı olarak mekanik presleme, solvent ekstraksiyonu, ön presleme-solvent ekstraksiyonu yada iki kademeli solvent ekstraksiyonu ve süper kritik sıvı ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaktadır(Oğuz 2004).

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

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

Yağ oranı %20'den yüksek yağlı tohumların ise ön presleme- solvent ekstraksiyonu ya da direkt solvent ekstraksiyonu ile ham yağa işlenmesi önerilmektedir. Ön presleme solvent ekstraksiyonu yönteminde yağ oranı ilk kademede %14-20 değerine düşürülmekte kalan yağ ikinci kademede solvent ekstraksiyonu ile alınmaktadır.

- **Direkt solvent ekstraksiyonunda** ise iki kademeli solvent ekstraksiyonu uygulanmaktadır.

- **Süperkritik sıvı ekstraksiyonu**, son yıllarda önemli gelişmelerin kaydedildiği bir tekniktir. Yağ ekstraksiyonunda solvent olarak kullanılan hidrokarbonların insan ve çevre sağlığına olumsuz etkileri vardır. Yağlı tohumlardan yağın, kritik noktasının üzerindeki sıcaklık ve basınç değerlerinde solvent gibi davranan bir sıvı ile ekstraksiyonu sağlanabilmektedir. İşlem yüksek basınç altında gerçekleşmektedir. Ekstraksiyon işlemi yüksek basınç altında gerçekleştiği için sistemin kuruluş ve işletme maliyeti oldukça yüksektir(Gümüşkesen 1999).

1.8. Bitkisel Yağların Yakıt Özelliklerinin İyileştirilmesi

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılabilmesi için iki prensip üzerinde çalışılmaktadır. Birincisi, bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi, diğeri ise motor aksamının değiştirilmesidir. Motor aksamlarının değiştirilmesi daha pahalı bir süreci içerdiğinden özellikle yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi konusunda çalışmalar son yıllarda ağırlık kazanmıştır. Yakıt özelliklerin iyileştirilmesi yöntemi; genel olarak, bitkisel yağların viskozitelerinin azaltılmasını içerir. Bu amaçla ısıl ve kimyasal olmak üzere iki yöntem uygulanmaktadır.

Isıl yöntemde, yakıt olarak kullanılacak olan bitkisel yağların, ön ısıtma ile sıcaklığının yükseltilmesi, viskozitenin azaltılması amaçlanmaktadır. Ancak, bu yöntemin hareketli bir araç motorunda uygulama zorluğu vardır(Öz ve ark. 2007).

Kimyasal yöntem ise beş alt grupta incelenebilir(Öğüt ve Oğuz 2006).

Bunlar:

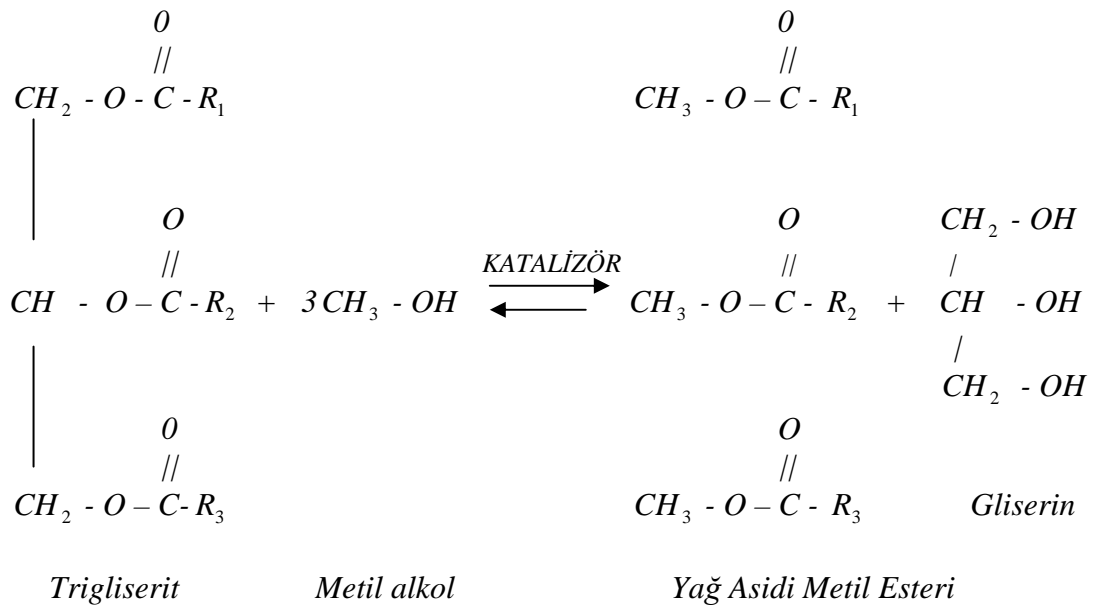
- **Seyreltme yöntemi;** bitkisel yağlar, belli oranlarda dizel yakıtı ile karıştırılarak seyreltilmekte, böylece viskozite değeri belli oranlarda düşürülmektedir. Seyreltme yöntemi uygulamalarında en çok tercih edilen bitkisel yağlara örnek olarak, ayçiçek yağı, soya yağı, aspir yağı, kolza yağı, yer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

- **Mikroemülsiyon oluşturma yöntemi;** metil ve etil gibi kısa zincirli alkollerle, bitkisel yağın mikroemülsiyon haline getirilmesinden ibarettir. Bu yöntemin sakıncası, alkollerin setan sayılarının düşük olması nedeniyle emülsiyonunda setan sayısının düşük olması ve düşük sıcaklıklarda karışımın ayrışma eğilimi göstermesidir.

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

- **Süper kritik yönteminde işlem,** transesterifikasyon yönteminden farklı olarak katalizör kullanmadan 350 ° C gibi yüksek sıcaklıklarda, 40 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleşmektedir.

- **Transesterifikasyon yöntemi** ise, bitkisel yağların bir katalizör vasıtasıyla alkolle reaksiyona sokularak yeniden esterleştirilmesi işlemidir. Bu yöntem viskoziteyi azaltmada hali hazırda en etkili yöntemdir. Bu çalışmada da bu yöntem kullanılmıştır. Şekil 1.6.'da transesterifikasyon reaksiyonu görülmektedir.



Şekil 1.6 Transesterifikasyon reaksiyonu (Haşimoğlu 2005)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Schumacher ve ark. (1993), çalışmalarında soya metil esterini(SME) %10, 20, 30, 40, 50 oranında No 2 dizel yakıtı ile karıştırarak altı adet traktör motorunda test etmişlerdir. Yapılan testlerde yakıt içerisinde soya metil esteri miktarının artmasıyla, CO, HC ve duman emisyonlarında azalma, NOx emisyonlarında artış, motor momenti ve gücünde azalma ile yakıt tüketiminde artış olduğunu belirtmişlerdir.

Fangrui ve Milford (1999), çalışmalarında biyodizelin pahalı olmasının ticari üretimi engellediğini belirtmişlerdir. Biyodizelin maliyetinin düşürülmesi, atık yağlar ve atık kızartma yağlardan, kaliteli biyodizel üretimi için ise sürekli transesterifikasyon yöntemiyle gliserinin iyileştirilmesini önermişlerdir. Biyodizel yapımında öncelikli 4 metot, direk ve karışımların kullanımı, mikroemülsiyon, proliz ve transesterifikasyon olduğunu ve genellikle hayvansal - bitkisel yağlarda kullanılan metodun transesterifikasyon olduğunu vurgulamışlardır.

Tyson (2001), çalışmasında Ulusal yenilenebilir enerji laboratuvarında yapılan çalışmaları birleştirerek biyodizel kullanım kılavuzu hazırlamıştır. Biyodizel bireysel kullanılması durumunda temininden depolanmasına özellikle malzemelerle uyuşabilirliği konusunda sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak yakıt donanımındaki bağlantı elemanlarında alüminyum ve çelik kullanılmasını önermiştir(Altuntaş 2006).

Antolin ve ark. (2002), ayçiçeği yağının transesterifikasyonu ile biyodizel üretiminin optimum koşullarını incelemişlerdir. Sıcaklık koşulları, reaktantların oranları ve saflaştırma metotları optimizasyon için en önemli değişkenler olduğunu belirtmişlerdir. Ayçiçeği yağı metil esteri dizel motorlarda, viskozite, parlama noktası, soğuk filtre tıkanma noktası ve asit değeri gibi özelliklerle yakıt olarak test etmişler ve biyodizelin optimum koşullar altında fosil yakıtların yerini alabileceği sonucuna varmışlardır.

Couladis ve ark. (2002), çalışmalarında, Türkiye'de yabani yetişen menengiç ağacının genç sürgün, çiçek, ham ve olgun meyvelerinin uçucu yağ içerikleri ve bileşenlerini saptamışlar ve karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, menengiç ağacının değişik organları uçucu yağ açısından zengin olduğunu belirtmişlerdir. Uçucu yağların bazı önemli ve ilginç bileşenlerin kaynağı olduğunu kimi baharatların aromasını andıran bileşimden dolayı, menengiç uçucu yağlarında gıda sanayinin de, ayrıca parfümeri ve ilaç ürünlerinde değerlendirmenin mümkün olabileceğini bildirmişlerdir.

Chiu ve ark. (2004), ticari katkı maddelerinin soya biyodizeli üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Biyodizelin gerek yakıt olarak gerekse yağlayıcı olarak giderek artan oranlarda kullanıldığını fakat soğuk iklim koşullarında çeşitli problemlerin ortaya çıktığını belirtmişlerdir. 4 çeşit katkı maddesiyle B80, B90 ve B100 soya biyodizel örneklerinde çalışmışlardır. 2 katkı maddesinin biyodizelin akma noktasını önemli ölçüde düşürdüğü fakat bütün katkı maddelerinin biyodizelin bulutlanma noktası üzerine önemli ölçüde etki etmediği sonucuna varmışlardır.

Çaynak (2005), çalışmasında zeytinyağı fabrikalarının atığı olan ve bazı yörelerde ısıtma amaçlı olarak doğrudan yakılması sonucunda çevre kirliliğine yol açan pirina yağından biyodizel üretimi yapmıştır. Çalışmasında, kütlece %30 metanol/yag oranında, 60 ± 2 °C sıcaklıkta, 60 dakika sürede, NaOH katalizörlüğünde, yağın kütlesine göre %80 verim ile en yüksek verime ulaşmıştır. Üretilen yakıtın özelliklerini inceleyerek, dizel yakıtı ile karşılaştırmıştır. Sentezlenen organik esaslı mangan bileşiğinin katkı maddesi olarak biyodizele, 12 µmol mangan/l biyodizel oranında katılmasıyla, viskozitenin %20,37 oranında azaltılacağını ve akma noktasının 0 °C'den -15 °C'ye düşürülebileceğini tespit etmiştir.

Ramadhas ve ark. (2005), çalışmalarında kauçuk tohumu yağı metil esterinin dizel motordaki performans ve emisyon değerlerini incelemişlerdir. Yakıt içerisindeki biyodizel konsantrasyonu arttırıldıkça yakıt tüketimi ve gaz emisyonlarında azalma olduğu sonucuna varmışlardır(Artukoğlu 2006).

Altuntaş (2006), çalışmasında hardal yağından biyodizel elde etmiştir. Elde ettiği bu biyodizeli hacimsel olarak eurodizel ile %2 ve %20 oranında karıştırmıştır. B100, B20, B2 ve uerodizel yakıtının saklama koşullarını ve saklama sonrası yakıt özelliklerinde (yoğunluk, viskozite, bulutlanma noktası, akma noktası, donma noktası, bakır çubuk korozyon testi) meydana gelebilecek değişimleri incelemiştir. Sonuç olarak, hardal yağı biyodizelinin 3 aylık depolama süresince yakıt özelliklerinde önemli bir değişme olmadığı sonucuna varmıştır.

Çildir ve Çanakçı (2006), çalışmalarında da, ayçiçek yağı, mısırözü yağı ve kolza yağından biyodizel elde etmişlerdir. Laboratuvar şartlarında iç ester değişim yöntemi kullanılarak katalizör ve alkol miktarının reaksiyon üzerine etkisini araştırmışlardır. Elde edilen esterlerin dönüşüm oranlarını, gliserin miktarları ile kinematik viskozite, yoğunluk, akma noktası, asit numaraları ve parlama noktalarını incelemiştir. Sonuç olarak, 1:3 molar oranda üretilen esterlerin dönüşüm oranlarının düşük olduğunu, yoğunluk değerlerinin diğer esterlere göre yüksek olduğunu, kinematik viskozite değerlerinin ASTM standartlarının üstünde olduğunu, asit numaralarının ve parlama noktalarının ise ASTM standartlarına göre uygun olduğunu gözlemlemişlerdir. 1:6 molar oranda üretilen esterlerin dönüşüm oranlarının yüksek olduğunu, yoğunluklarının tipik biyodizel yoğunluğunda olduğunu, kinematik viskozitelerinin ASTM standartları içinde olduğunu, asit numaralarının ASTM standartlarına göre uygun olduğunu, istisnai durumlar dışında parlama noktalarının ASTM standartlarının altında olduğunu gözlemlemişlerdir. 1:10 molar oranda üretilen esterlerin dönüşüm oranlarının çok daha yüksek olduğunu, yoğunluklarının tipik biyodizel yoğunluğunda olduğunu, kinematik viskozitelerinin ASTM standartları içinde olduğunu, asit numaralarının ASTM standartlarına göre uygun olduğunu, parlama noktalarının ASTM standartlarına göre çok düşük sıcaklıklarda olduğunu gözlemlemişlerdir. 1:3, 1:6 ve 1:10 molar oran kullanılarak üretilen esterlerdeki ortak problem akma noktalarının dizel yakıtına göre 20–25 °C düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun kış aylarında akış iyileştirici katıklar kullanılarak düzeltilebilir olduğunu belirtmişlerdir.

Uçar (2006), çalışmasında biyodizel yakıtlarında yoğunluk, viskozite ve parlama noktasının ısıl değere etkisinin belirlenmesi üzerine bir araştırma yapmıştır. Pamukyağı ME, Fındık ME, Hardal ME, Palm ME, Kanola ME, Aspir ME, Soya ME, Zeytinyağı Artığı ME, Ayçiçeği ME, Kızartmalık Atık Yağı ME, Yemeklik Atık Yağı ME, Kullanılmış Zeytin Yağı ME, Kullanılmış Kanola ME, Kanola ME' üretilerek yakıt özelliklerini belirlemiştir. Ayrıca Yer Fıstığı ME, Babassu ME, İçyağı ME, Rubberseed ME, Karanja Yağı ME, Mahua Yağı ME, Nahor Yağı ME ve Badem Yağı ME'nin literatür verilerini kullanarak biyodizel yakıt özellikleri arasındaki istatistiki ilişkileri ortaya koymuştur.

Alptekin ve Çanakçı (2007), çalışmalarında altı farklı bitkisel yağdan (ayçiçek, kanola, soya, pamuk, mısır ve atık palmye yağı) biyodizel üretmişler ve iki farklı dizel yakıtı (motorin) ile hacimsel olarak (B2, B5, B10, B20, B50 ve B75) karışımlar hazırlamışlardır. Karışımların yoğunluklarını ve viskozitelerini ASTM test metotları kullanarak ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçlar kullanılarak farklı karışımların yoğunluklarını ve viskozitelerini hesaplamak için denklemler oluşturmuşlardır. Hesaplanan ve ölçülen viskozite değerlerini karşılaştırmak için, orijinali Arrhenius tarafından sunulmuş, Grunberg ve Nissan tarafından şekillendirilmiş karışım denklemi kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, hesaplanan değerler ile ölçülen değerlerin birbirine çok yakın olduğunu tespit etmişlerdir.

Keskin ve Arkadaşları (2007), çalışmalarında, kağıt fabrikalarında üretim esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan tall yağından biyodizel üretimi ve bunun motor performans ve emisyonuna etkisini araştırmışlardır. Büyük oranda reçine ve yağ asitlerinden oluşan ham tall yağından, distilasyon yöntemi ile reçine ve yağ asitlerini ayırmışlardır. Tall yağı, yağ asitlerinden metil ester (Biyodizel) üretilip, hacimsel olarak %90 Tall yağı biyodizeli ve %10 dizel yakıtı karışımı oluşturmuşlar (B90) ve %100 tall yağı biyodizeli(B100) ile birlikte fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Üretilen B90 yakıtını tek silindirli, direkt püskürtmeli bir dizel motorda tam yük şartlarında 1800-3200 devir/dakika aralığında performans ve emisyon testlerine tabii tutmuşlardır. Sonuç olarak Çizelge 2.1' de görüldüğü gibi

B90 yakıtının dizel yakıtına göre daha düşük oranda kükürt içerdiğini, Setan sayısının ve parlama noktasının daha yüksek olduğu tespit etmişlerdir.

Çizelge 2.1 Fiziksel ve Kimyasal Yakıt Özellikleri

Fiziksel ve Kimyasal Yakıt Özelliklerini	Dizel Yakıtı	B90	B100
Yoğunluk, (kg/m ³), 15°C	835	880	883
Isıl değer, (kJ/kg)	43 760	40. 413	40.023
Kükürt, %(m/m)	0,2579	0,0235	0,0012
SFTN, (°C)	-8	-4	-2
Akma Noktası, (°C)	-23	-8	-6
Parlama noktası, (°C)	73	97	111
Bulutlanma noktası, (°C)	-6	-1	0
Setan sayısı	47	52	53
Viskozite, 40°C, (mm ² /s)	2,6	6,3	6,7

Ayrıca bulutlanma noktası, parlama noktası ve soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN) değerlerine göre B90 yakıtının ılıman iklime sahip bölgelerde kışın dahi problemsiz olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Dizel yakıtı değerlerine göre, B90 yakıtının tork ve güç değerlerinde sırasıyla %2,99 ve %2,94'e varan oranlar da azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir. B90 yakıtı ile motorun özgül yakıt tüketimi değerlerin de ortalama %7,63 oranında artış olduğunu belirtmişlerdir. B90 yakıtının kullanımı ile CO emisyonu değerlerinde %35,44'e kadar, duman emisyonlarında ise %13,27'ye kadar varan azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, NOx emisyonlarında %13,29 oranına varan artışlar olduğunu bildirmişlerdir.

Uzun ve ark (2007), yaptıkları çalışmada rafine ayçiçek yağının KOH katalizörü varlığında metanol kullanılarak transesterifikasyonu ile biyodizel üretimi, reaksiyona etki eden parametreler (reaksiyon sıcaklığı ve reaksiyon süresi) ve elde edilen yakıtın özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak reaksiyon sıcaklığı yükseldikçe verimin arttığını ve 25 °C'de % 71,25 olan verim 55 °C'de % 79,20'ye, 65 °C'de ise % 80,72 ile en yüksek değere ulaştığını belirtmişlerdir. Sıcaklığın daha da artırılmasıyla verimin bir miktar düştüğünü gözlemlemişlerdir. Reaksiyon süresinin artırılmasıyla verimin azaldığını ve reaksiyon süresi 1 saat iken % 80,72 olan verim, 2 saatte

%78,51'e, 4 saatte ise % 75,43'e kadar düştüğünü gözlemlemişlerdir. Reaksiyon süresinin yükselmesi ile sabunlaşan madde ve kayıp miktarında artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Çizelge 2.2 de görüldüğü gibi elde edilen biyodizelin yoğunluk, viskozite ve kırılma indisi gibi özelliklerinin standart değerlerde olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 2.2 Yakıt Özellikleri (Yoğunluk, Viskozite ve Kırılma İndisi)

Özellik	Deneysel	Literatür (ASTM)
Yoğunluk (kg/m ³)	0,91	0,85-0,91
Kırılma indisi (20°C)	1,455	1,450-1,460
Viskozite (cp)	5,8	4,0-6,0
Kinematik viskozite (mm ² / s)	5,28	1,9-6,0

Öğüt ve ark. (2007), çalışmalarında, tescilli 2 aspir (*Carthamus tinctorius L.*) çeşidi olan Dinçer (dikensiz) ve Remzibey-05 (Dikenli) tohumlarını kullanarak yağ elde etmişlerdir. Denemelerde, aspir çeşitlerinden elde edilen yağların, bunlardan üretilen biyodizellerin ve motorinin analizlerini yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; Aspir Remzibey-05 çeşidinin iyot sayısı TS EN 14214'de belirtilen sınır değer olan 120 g iyot/100 g'dan küçük, yağ oranının yüksek ve oleik asitçe yeterli olması nedeniyle, biyodizel üretimi açısından standartlara uygun olacağı sonucuna varmışlardır.

Şeker (2008), çalışmasında, ayçiçeği yağı-palm yağı karışımından transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel elde etmiş ve organik katkı maddeleri olan ve ticari olarak kullanılan DND'nin (donma noktası düşürücü), BHT'nin (oksidasyon kararlılığı düzenleyici) ve Winflow M-05'in (soğuk filtre tıkanma noktası düşürücü) yakıt özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. NaOH katalizörlüğünde biyodizel üretimindeki reaksiyon koşulları, 60±2 °C reaksiyon sıcaklığı, kütlece %30 alkol/yağ oranı ve 1 saat reaksiyon süresi olarak belirlemiştir. Ayrıca deneylerde karşılaştırma yapabilmek için kanola yağı-soya yağı karışımından elde edilen biyodizel üzerine BHT'nin ve Winflow M-05'in etkilerini de incelemiş ve ayçiçeği yağı-palm yağı biyodizeline göre daha iyi sonuçlar elde etmiştir. Deneysel çalışmasında, kütlece %0,15 oranında DND katkı maddesi içeren ayçiçeği yağı-palm yağı biyodizelinin akma noktasının -27 °C'a kadar düştüğü tespit etmiştir. Ayrıca DND katkı

maddesinin, biyodizelin viskozitesini ve alevlenme noktasını pek fazla değiştirmediğini, oksidasyon kararlılığını ise 1 saatten 3,2 saate kadar arttırdığını tespit etmiştir. BHT, ayęięeęi yağı-palm yağı biyodizelinin oksidasyon kararlılığını 1 saatten 5 saate çıkarırken, kanola yağı-soya yağı biyodizelinin oksidasyon kararlılığını 6,2 saatten 10,01 saate çıkarttığını belirtmiştir. Ayęięeęi yağı-palm yağı biyodizeli için katkı maddelerinin (DND ve Winflow M-05), soğuk filtre tıkanma noktası üzerinde iyileştirici bir etkisi görülmediğini belirtmiştir. Fakat Winflow M-05, kanola yağı-soya yağı biyodizelinin soğuk filtre tıkanma noktasını -15 C'den -20 C'ye düşürdüğünü tespit etmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada menengiç ağacı (*Pistacia terebinthus*) meyvesinden elde edilen yağ kullanılmıştır.

3.1.1. Araştırmada kullanılan ürün

Menengiç, *Pistacia terebinthus* L., Akdeniz ve Batı Asya'nın tipik bir bitkisidir. *Anacardiaceae* familyasına ait olan ağaç, Türkiye'nin batı ve güney bölgelerinde yaygın olarak yetişir ve menengiç adıyla bilinir. Mart ve nisan aylarında açan, bir önceki yıla ait sürgünlerde gelişen çiçekler kırmızımsıerguvan; küremsi küçük meyveler ise olgunlaştığında mavimsi yeşil renktedir (Davis, 1967; Baytop,1984 ve 1994, Couladis ve ark 2002). Şekil 3.1.'de menengiç meyvesi görülmektedir.



Şekil 3.1 Menengiç meyvesi

Türkiye'de menengiç ağacı, kıyı kesimlerdeki kayalık ve tepelik yerlerde veya Toros dağlarındaki çam ormanlarında, yaklaşık 1600 m yükseklikte yetişir.

Dünyanın değişik yerlerinde menengiç ağacının farklı organlarından çok yönlü yararlanılmaktadır. Türkiye'de, arkeolojik bulgular menengicin eski çağlardan beri gıda olarak kullanıldığını göstermiştir. Taze sürgün ve meyvelerden beslenmede yararlanır. Meyveler iştah açıcı olarak, özel köy ekmeklerinde ayrıca kahve ve çay

şeklinde tüketilmektedir. Halk tıbbında yaprak dekoksasyonu midevidir. Meyveler ise dahilen gastralgia ve romatizmada, haricen öksürükte (stimulan, diüretik ve antitüsiv olarak) kullanılmaktadır (Walheim, 1981; Baytop, 1984; Duke, 1989, Couladis ve ark 2002). Çizelge 3.1’de menengiç meyvesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 Menengiç Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Özcan 2004)

Özellik	Değerler
Bin dane ağırlığı (g)	59,73 ± 0,94
Nem (%)	6,17 ± 0,21
Ham Enerji (cal/gr)	6189 ± 13,44
Ham yağ (%)	38,74 ± 2,68
Genişlik /Uzunluk oranı	0.93 ± 0.07

Kullanılan menengiç meyvesi, Konya Toptancılar çarşısında bulunan Uçar ticaretten temin edilmiş ve yağ üretimi Konya ili Ilgın ilçesindeki Esen yağ imalatçısında gerçekleştirilmiştir.

3.1.1.1. Menengiç meyvesinden yağ elde edilmesi

Menengiç sert kabuklu bir meyve olduğu için kırma makinesinde ön işleme tabi tutulup, ısıtılıp tavlı hale getirilmiş ve 200 tonluk hidrolik preste soğuk sıkılarak menengiç yağı elde edilmiştir. Kullanılan 19 kg menengiç meyvesinden 5,5 kg yağ elde edilmiştir. Menengiç meyvesinden yağ elde etme aşamaları Şekil 3.2 ... 3.5 arasında görülmektedir. Çizelge 3.2’de ise elde edilen menengiç yağının yağ asitleri konsantrasyonları verilmiştir.



Şekil 3.2 Menengiç meyvesinin kırılmasında kullanılan kırma makinesi



Şekil 3.3 Isıtılıp tavlama işleminin yapılması



Şekil 3.4. Meyveden yağ çıkarılmasında kullanılan 200 tonluk hidrolik pres



Şekil 3.5 Menengiç yağının elde edilmesi

Çizelge 3.2 Menengiç Yağı Yağ Asitleri Konsantrasyonu (%)

Yağ Asitleri		Menengiç Yağı Konsantrasyonu
Laurik asit	(C12:0)	-
Miristik asit	(C14:0)	-
Palmitik asit	(C16:0)	15.58974
Stearik asit	(C18:0)	1.98155
Oleik asit	(C18:1)	41.55659
Linoleik asit	(C18:2)	18.40534
Linolenik asit	(C18:3)	14.57581
Araşidik asit	(C20:0)	-
Behenik asit	(C22:0)	-
Erusik asit	(C22:1)	-
Lignoserik asit	(C24:0)	-
Diğer		7.8910

Elde edilen menengiç yağından, menengiç biyodizeli (Menengiç Yağı Metil Esteri = MYME) üretmek için, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi bünyesinde, DPT 2007/ 4 nolu proje desteğiyle kurulan Biyodizel Laboratuvarı kullanılmıştır.

3.1.2. Araştırmada kullanılan alet ve cihazlar

3.1.2.1. Otomatik yoğunluk ölçme cihazı

Menengiç Yağı Metil Esteri (B100) , B50, B20, B5, B2, motorin yakıtlarının ve menengiç yağı yoğunluklarının ölçümü için, Biyodizel Laboratuvarı'nda bulunan Kem Kyoto marka DA-130N model cihaz kullanılmıştır. Cihazın ölçüm aralığı 0.0000 ile 2.0000 g/cm³, ölçüm sıcaklığı aralığı 0 ile 40°C ve hassasiyeti ±0.001 g/cm³ dür. Cihaz EN 61326 standarda göre yoğunluk ölçümü yapmaktadır. Cihaz ölçüm yaptığı sıcaklığı 15 °C'ye çevirerek g/cm³ olarak değer vermektedir. Şekil 3.6'da yoğunluk ölçme cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Yoğunluk ölçme cihazı

3.1.2.2. Kinematik viskozmetre

Motorin, yakıt karışımlarının ve menengiç yağı viskozitelerinin ölçülmesinde Biyodizel Laboratuvarında bulunan Koehler marka K23377 modeli cihaz kullanılmıştır. Cihazın alışma sıcaklığı 25 ile 150°C arasında olup sıcaklık derecesi hassasiyeti ±0.01'dir. Cihazda ASTM D 445, DIN 51550 ve ISO 3104 standartlarına göre viskozite ölçümü yapılabilir. Kinematik viskozite ölçüm cihazı Şekil 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3.7 Viskozite ölçüm cihazı

3.1.2.3. Parlama noktası ölçme cihazı

B100, B50, B20, B5, B2 ve motorin yakıtlarının parlama noktalarının belirlenmesi için, Biyodizel Laboratuvarı'nda bulunan Koehler marka K16270 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ASTM D 93, DIN 51758 ve ISO 2719 standartlarına göre parlama noktası tayini yapılabilmektedir. Parlama noktası ölçüm cihazı Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8 Parlama noktası ölçüm cihazı

3.1.2.4 Su muhtevası tayin (Karl-Fischer titrasyon) cihazı

B100, B50, B20, B5, B2, motorin yakıtlarının ve menengiç yağı su muhtevalarının tayini için, Kem Kyoto Electronics marka MKC-501 model cihaz kullanılmıştır. Cihazın ölçüm aralığı 10 mikrogram – 100 mg su aralığında, ölçüm sıcaklığı 5-35°C arasında ve 16 karakterli LCD ekrandır. Şekil 3.9’da su muhtevası ölçüm cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Su muhtevası tayin cihazı

3.1.2.5 Bakır şerit korozyonu test cihazı

B100, B50, B20, B5, B2, motorin yakıtlarının ve menengiç yağı korozif etkisinin tayini için, Biyodizel laboratuvarında bulunan Koehler marka K 25330 model cihaz kullanılmıştır. Banyo sıcaklığı kontrollü olarak 190°C’ye çıkabilmektedir. Doğruluğu $\pm 1^\circ\text{C}$ ’dir. Cihazda ASTM D 130, DIN 51759 ve ISO 2160 standartlarına göre ölçüm yapılabilmektedir. Şekil 3.10’da bakır şerit korozyonu test cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Bakır şerit korozyonu test cihazı

3.1.2.6 Asit ve iyot değeri tayin cihazı (potansiyometrik titratör)

Menengiç yağı ve B100'ün asit ve iyot sayısı tespitinde Kem Kyoto marka AT-500N-1 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz asit-baz, redox, fotometrik, polarizasyon ve çöktürme titrasyonu tiplerinde çalışır ve blank, otomatik hız kontrollü, sabit hız oranlı titrasyon modlarında sonuç verir. Belleği, 4'ü standart, 16'sı kullanıcı yüklemeli 20 metot kapasitelidir. İkinci büret ile de iyot sayısı tespiti yapılmaktadır. Petrol ürünleri, kimyasal ürünler, biyoyakıtlar gibi pek çok alanda her türlü titrasyon için otomatik tespit aygıtıdır. Şekil 3.11'de asit ve iyot değeri tayin cihazı verilmiştir.



Şekil 3.11 Asit ve iyot değeri tayin cihazı

3.1.2.7 Soğuk filtre tıkanma noktası tayin cihazı

B100, B50, B20, B5, B2, motorin yakıtlarının soğuk filtre tıkanma noktasının tespitinde TANAKA marka AFP-102 model cihaz kullanılmıştır. ASTM D 6371 test standardına göre petrol türevi ve biyoyakıtlar da soğuk filtre tıkanma noktası testi otomatik olarak yapılır. Cihaz tek pozisyonlu, masa üstü tip ve sıvı soğutkanlı peltier soğutma ünitesidir. Soğutmalı sirkülör ünitesi ile -60 °C'ye kadar kontrol edilebilir. VFD ekran modüllü kontrol ünitesinde sonuç otomatik olarak alınmaktadır. Şekil 3.12'de soğuk filtre tıkanma noktası tayin cihazı verilmiştir.



Şekil 3.12 Soğuk filtre tıkanma noktası tayin cihazı

3.1.2.8 Bulutlanma ve akma noktaları tayin cihazı

B100, B50, B20, B5, B2 ve motorin yakıtlarının, bulutlanma ve akma noktalarının tespiti için Biyodizel laboratuvarında bulunan Koehler marka, K 46000 model cihaz kullanılmıştır. Cihazda ASTM D 97 standardına göre ölçüm yapılmaktadır.



Şekil 3.13 Bulutlanma ve akma noktaları tespit cihazı

3.1.2.9 Kalorimetre cihazı

B100, B50, B20, B5, B2, motorin yakıtlarının ve menengiç yağı kalori değerlerini tespit etmek için Biyodizel Laboratuvarı'nda bulunan IKA marka, ölçüm aralığı 40.000 Joule'e kadar olan kalorimetre cihazı kullanılmıştır. Cihaz EN 61010, EN 50082, EN 55014 ve EN 60555 standartlarına göre ölçüm yapabilmektedir. Şekil 3.14'de kalorimetre cihazı verilmiştir.



Şekil 3.14 Kalorimetre cihazı

3.1.2.10 Otomatik renk ölçüm cihazı

B100, B50, B20, B5, B2, motorin yakıtlarının ve menengiç yağı renk tayininde LOVIBONT marka PFX195 model, dijital otomatik renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Saybolt, ASTM, CIE, Pt-Co/Hazen/APHA renk skalalarına göre ölçüm yapmaktadır. Şekil 3.15’de renk tayini ölçüm cihazı gösterilmektedir.



Şekil 3.15 Renk tayini ölçüm cihazı

3.1.2.11 Homejenizatör

Yakıtların karışımında homojenlik sağlanması ve su muhtevasının tayininden önce, Yellow line marka DI 18 basic model cihaz kullanılmıştır. Cihaz 24000 1/min’e kadar karıştırma devir sayısına sahiptir. Şekil 3.16’da homejenizatör gösterilmektedir.



Şekil 3.16 Homejenizatör

3.1.2.12 pH metre

B100, B2, B5, B20, B50, ham yağ ve motorinin pH değerlerinin ölçülmesinde Hanna Instruments marka HI 8314 membrane pHmeter model, pH, mV, °C ölçümleri yapabilen pH metre kullanılmıştır. Şekil 3.17’de pH metre gösterilmiştir.



Şekil 3.17 pH metre

3.1.2.14 Hassas terazi

Biyodizel üretim aşamasında kullanılacak katalizör madde ve yakıt numuneleri miktarlarının belirlenmesinde Biyodizel Laboratuvarında bulunan Shimadzu marka BL-220H model, 220g kapasiteli, 0.001g hassasiyetli terazi kullanılmıştır.

3.1.2.15 Kronometre

Kinematik viskozitenin hesaplanmasında gerekli olan zaman ölçümünde Hanhart 7 Jewels Shockproof marka, 15 dakika kapasiteli, 0.1 saniye hassasiyetli kronometre kullanılmıştır.

3.1.2.16 Termometre

Çalışmada sıcaklık ölçümleri için dijital ve civa sütunlu termometreler kullanılmıştır. Dijital termometre Hanna Checktemp marka 0.1 °C hassasiyetlidir. Cıva sütunlu termometreler ise -5 ila 110 °C ve 90-370 °C'e arası ölçüm yapabilen 1°C hassasiyetli termometrelerdir.

3.1.3. Araştırmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

3.1.3.1. Metanol (metil alkol) ve Katalizör

Menengiç yağından, menengiç biyodizeli elde etmek için, yapılan çalışmada kullanılan metil alkol (CH_3OH) Merck markadır. Metanolun 20 °C deki yoğunluğu 0.791-0.793 kg/l ve moleküler ağırlığı 32.04 g/mol dür.

Menengiç biyodizeli üretimi için kullanılan katalizör maddesi sodyum hidroksit (NaOH) Merck marka ve $M=40,00\text{g/mol}$ kütleli ağırlığa sahiptir. Şekil 3.18'de menengiç biyodizeli elde etmek için kullanılan alkol ve katalizör görülmektedir.



Şekil 3.18 Kullanılan alkol ve katalizör

3.2. Metot

Elde edilen menengiç yağından transesterifikasyon yöntemiyle MYME üretilmiştir. Üretilen MYME, motorin yakıtı ile hacimsel olarak %2, %5, %20, %50 oranlarında karıştırılmıştır. Karışım işleminde önce biyodizel konmuş sonra dizel yakıt karışımı tamamlayacak şekilde ilave edilmiştir. Alternatif yakıt B100, B50, B20, B5, B2 ve motorin yakıtının, yakıt özellikleri tespit edilmiştir.

3.2.1. Menengiç yağından biyodizel eldesi

Menengiç yağından Transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretimi yapmak üzere, 1 litrelik ham yağ için gerekli alkol ve katalizör miktarları tespit edilerek üretim işlemi yapılmıştır. Buna göre 1 litre için %20 metilalkol (200 ml) ve 3,5 gr sodyum hidroksit katalizör miktarı belirlenmiştir. Metil alkol ve sodyum hidroksit uygun bir kaptaki eriyinceye kadar karıştırılmış ve metoksit elde edilmiştir. Bu karışım manyetik karıştırıcıli termostat kontrollü ısıtıcıda 55 ° C de ısıtılan ham yağın üzerine eklenmiştir. Elde edilen karışım 55 °C 1 saat karıştırılarak çökelmeye bırakılmıştır. Çökelme sonucunda üretilen biyodizelden %13,7 gliserol (saflığın %95'in üzeri gliserin, %95'in altı gliserol olarak adlandırılır.) alınmıştır. Gliserolu ayırılmış olan biyodizel içerisinde kalan katalizör, sabunu uzaklaştırmak amacıyla yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işlemi ise %20 saf su kullanılarak fiskeye ile yapılmıştır.(yıkama sırasında biyodizel 50 °C su ise 50 °C 'dir.) Yıkama işleminden sonra kurutma işlemi uygulanarak biyodizel hazır hale gelmiştir. Şekil 3.19'da biyodizel üretimi görülmektedir.



Şekil 3.19 Biyodizel üretimi

Elde edilen MYME, Çizelge 3.3 de görüldüğü gibi motorin yakıtı ile hacimsel olarak %2, %5, %20, %50 oranlarında karıştırılmış ve Şekil 3.20' de olduğu gibi cam kaplara konulmuştur. Harmanlama işlemi yapılırken önce biyodizel konulmuş sonra üzerine motorin yakıtı, karışım oranını sağlayacak miktarda ilave edilmiştir.

Çizelge 3.3 Biyodizel Karışım Oranları

Toplam karışım miktarı (ml)	Karışım oranı (%)	Biyodizel (ml)	Motorin (ml)
200	B2	4	196
200	B5	10	190
200	B20	40	160
200	B50	100	100
200	B100	200	-



Şekil 3.20. Biyodizel, biyodizel karışım oranları(B50,B20, B5, B2) ve motorin

3.2.2. B100, karışımlar (B50, B20, B5, B2) ve motorin yakıtının yakıt özelliklerinin belirlenmesi

3.2.2.1 Yoğunluğun belirlenmesi

Yakıtların yoğunluklarının ölçümü için oda sıcaklığından alınarak önce yoğunluğu ölçülecek yakıtla cihazın içerisi temizlendi ve daha sonra ölçümleri yapıldı. Cihaz otomatik olarak 15°C sıcaklıkta, g/cm^3 biriminde değerleri vermektedir.

3.2.2.2. Kinematik viskozitenin belirlenmesi

Cihaz ile ölçüme başlamadan önce, cihaz ölçüm yapılacak olan 40°C sıcaklığa ayarlandı ve sıcaklığın yükselmesi beklendi. Cihazın içerisinde daldırılmış durumda olan cam ölçüm tüpü viskozitesi ölçümü yapılacak olan numune ile temizlendikten sonra tüpün içerisine numune konuldu. Cam ölçüm tüpü içerisindeki numunenin sıcaklığının ölçüm sıcaklığına gelmesi için 15 dakika beklenildi. Cam ölçüm tüpü özel imal edilmiş ters akış özelliğine göre çalışmakta olup üzerinde hacimsel kısmı geniş bir balon bulunmaktadır. Puar yardımıyla balon doldurulup ters akışa bırakıldı. İki ölçüm çizgi arasındaki akma süresi bir kronometre ile ölçüldükten sonra cam

ölçüm tüpünün belli sıcaklıklara ait katsayıları (40 °C de 0,1595) ile çarpılıp viskoziteleri belirlendi.

3.2.2.3. Parlama noktasının belirlenmesi

Deney kabının içerisi önceki çalışmalardan kalan artıkların temizlenmesi için temizleyici karışımlar hazırlanarak temizlendi. Parlama noktası belirlenecek yakıt, 120 ml'lik deney kabının 75 ml'sinde bulunan ölçü çizgisine kadar dolduruldu. Deney kabı cihaz içerisine kondu. Üzerinde karıştırıcı ve alev bulunan kapak deney kabının üzerine kapatıldı. Cihazın mikseri ve ısıtıcısı çalıştırılarak yakıtın karıştırılması ve ısıtılması sağlandı. Cihaz üzerinde bulunan deney alevi yakılarak yakıtın tahmini parlama noktası sıcaklığına yakın derecelerde deney numunesine uygulandı ve parlamanın oluşup oluşmadığı gözlemlendi.

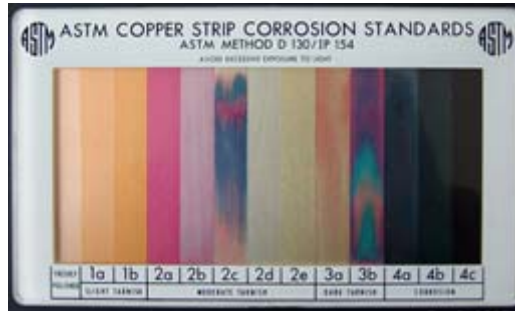
3.2.2.4. Su muhtevasının belirlenmesi

Analizi yapılacak numuneler hazırlanarak Karl Fischer titratör cihazı açıldı ve pre-titrasyon işlemi başlatıldı. Sonra temiz bir şırınga ile homojen haldeki yakıtlardan 3-5 ml kadar yakıt numunesi şırıngaya alındı, bu numune şırınga ile birlikte tartılarak ağırlığı not edildi(ilk ağırlık). Cihazda numuneyi gir ifadesi görüldüğünde numune cihazın titrasyon kabına enjekte edildi. Boş şırınga tekrar terazide tartıldı ve ağırlığı not edildi(ikinci ağırlık). Cihazda birinci ağırlığı gir ifadesi çıktığında not edilen ilk ağırlık girildi. Sonra ikinci ağırlığı gir ifadesinde ise ikinci ağırlık girildi. Sonuçta yakıttaki su miktarı ppm (mg/kg) olarak ekrandan okundu.

3.2.2.5. Bakır şerit korozyon testi

Deneyde kullanılan bakır şeritler, düzgün yüzeyli, %99.9'dan daha saf dır. Şerit ölçüleri 75 x 12.5 x 2.5 mm dir. Şeritler kül bırakmayan süzgeç kağıdı ile tutularak dairesel hareketlerle 65µm incelikte silisyum-karbür zımpara kağıdı ile yüzeyleri parlatıldı. Bakır şerit korozyon test cihazı açılarak, deney sıcaklığı olan 50 °C banyo

sıcaklığına getirildi ve sıcaklığın banyonun her yerinde homojen olması için mikser çalıştırıldı. Anma boyutları 25 x 150 mm cam deney tüpleri içerisine 30 ml'lik yakıtlar konuldu ve bakır şerit içerisine kıskaçla deney tüpünün altı kırılmasın diye yavaş bir şekilde bırakıldı ve ağzı mantar tıplarla kapatılarak test cihazı banyosuna kondu. 3 saat 50 °C'de banyoda tutulan deney numuneleri 3 saatin sonunda içlerindeki bakır şeritler pens yardımıyla çıkarıldı ve süzgeç kağıdı ile hafif hafif dokunarak silmeden kurulandı ve referans korozyon şeritleri ile karşılaştırılarak renk değişikliği ve korozyon belirtileri bakımından muayene edildi. Referans korozyon şeritleri Şekil 3.21'de görülmektedir. Karşılaştırma esnasında hem referans korozyon şeritleri hem de deney şeridi ışığın bakır çubuk korozyonu test cihazı yaklaşık 45° açıyla yansımalarını sağlayacak şekilde tutuldu. Çizelge 3.3 de TS 2741 EN ISO 2160 referans korozyon şeritlerinin derecelendirilmesi verilmiştir.



Şekil 3.21. Referans korozyon şeritleri

Çizelge 3.4 TS 2741 EN ISO 2160 Referans Korozyon Şeritlerinin Derecelendirilmesi

Derece	Adı	Tarif ¹⁾
Yeni parlatılmış şerit	-	²⁾
1	Hafif renk değişimi	a. Açık turuncu, yeni parlatılmış şerit ile hemen hemen aynı renk b. Koyu turuncu a. Bordo b. Eflatun
2	Orta renk değişimi	c. Eflatun mavisi ve/veya bordo üzerinde yer alan gümüş renginden oluşan karışık renk d. Gümüş rengi e. Pirinç veya altın rengi
3	Koyu renk değişimi	a. Pirinç rengi üzerine morumsu kırmızı kaplama b. Kırmızı ve yeşil görünümlü, içinde gri olmayan karışık renk (tavus)
4	Korozyon	a. Şeffaf siyah, koyu gri veya hafifçe tavus yeşili ihtiva eden kahverengi renk b. Grafit rengi veya parlak olmayan siyah c. Parlak veya kehribar siyahı

¹⁾Referans korozyon şeritleri, burada verilen tariflere uygun şeritlerden meydana gelmelidir.

²⁾Yeni parlatılmış şerit, referans korozyon şeritleri arasına sadece deneyden önce, deney şeridinin uygun olarak parlatılıp parlatılmadığının kontrolü için dahil edilmiştir. Bu şerit renginin, korozyon yapmayan bir numune ile deneye tabi tutulsa dahi aynen elde edilebilmesi mümkün değildir.

3.2.2.6. Asit sayısı tayini

Asit sayılarının tayini için, 250 ml'lik beher teraziye konularak darası alındı ve içerisine 0.2 gram numune kondu. Üzerine hazırladığımız solventten (1 litrelik balonjojeye 500 ml toluen ve 5 ml saf su kondu ve üzerine 495 ml 2 propanol eklenerek 1 litreye tamamlandı) 100 ml eklendi ve cihaz 0.1 mol/l KOH ile titre edildi. Titre işleminden sonra cihazın ekranında harcanan KOH miktarı gösterildi. Aşağıda verilen eşitlik ile asit sayısı hesaplandı.

$$\text{Asit Sayısı} = (\text{Harcanan KOH miktarı} \times 0.9999 \times 56.11) / (\text{Numune ağırlığı} \times 1000)$$

3.2.2.7. İyot sayısı tayini

İyot sayılarının belirlenmesi için, 250 ml'lik beher hassas teraziye konularak darası alındı ve daha sonra içerisine 0.3 gram yakıt konuldu. Üzerine 10 ml siklohekzan eklendi. Üzerine 25 ml asetik asit karışımı (7.9 gram iyot triklorit ve 8.9 gram iyot, asetik asit ile 1 litreye tamamlanarak karıştırıldı) eklenerek karıştırıldı. Oda sıcaklığında, karanlık ortamda, ağzı kapalı olarak 1 saat bekletildi. Sonra üzerine 20 ml 100g/l'lik potasyum iyodür çözeltisi eklendi ve üzerine 100 ml saf su da ilave edilerek, cihaz da 0.1 mol/l sodyum tiyosülfat ile titre edilir ve kullanılan miktar ekrandan okunur.

3.2.2.8. Bulutlanma, akma ve soğuk filtre tıkanma noktalarının (SFTN) belirlenmesi

Bulutlanma ve akma noktasının belirlenmesi için bulutlanma ve akma noktası tayin cihazı açılarak, Ø32x115mm olan deney tüpünün içerisine ölçü çizgisine kadar 45 ml yakıt numunesi kondu. Deney tüpü cihaz içerisine yerleştirildi. Deney numunesi belirli bir hızda soğutulurken 3°C aralıklarla gözlemlendi. Deney tüpünün dibinde gözlenen bir sisin (wax kristallerinden oluşan bulutun) oluşturduğu sıcaklık ise bulutlanma noktası değeri olarak belirlenir. Soğutmaya devam edildi, akıcılığın devam ettiği en düşük sıcaklık ve kristal kümeleşmenin daha da büyüdüğü nokta da akma noktasıdır. Yakıt her 3°C'lik soğumada incelendi ve yakıt örneğinin 5 saniye sonra akıcılığının gözlemlenemediği an test durduruldu ve akıcılığın gözlemlenmediği sıcaklığa 3°C eklenerek test tekrarlandı, akıcılığın elde edildiği andaki en düşük sıcaklık ise akma noktası değeri olarak belirlendi. Soğuk filtre tıkanma noktasının belirlenmesinde ise, cihaz açılarak deney tüpünün içerisine 45ml yakıt numunesi konularak cihaz içerisine yerleştirildi. 20 ml'lik yakıt numunesi 60 saniyelik sürede filtreden güvenle geçebildiği sıcaklık değeri soğuk filtre tıkanma noktası olarak ekrandan okundu.

3.2.2.9. Kalori değerinin belirlenmesi

Kalorimetre cihazı açıldı. Hassas terazide numune kabının (kroze) darası alındı ve içine oda sıcaklığında olan 0.1 gram numune konarak içerisine yakma ipi daldırıldı. Kroze bomba içerisine konuldu, ağzı sıkı bir şekilde kapatıldı. Bomba içerisine 28 bar (max. 30 bar) oksijen basıldı ve kalorimetre cihazı içerisine yerleştirildi. Kalorimetre cihazına yaklaşık 2 litre, sıcaklığı 22 ± 3 °C olan çeşme suyu dolduruldu. Cihazın kapağı kapatıldı. Cihaz ekranında Prepare (F₂) tuşuna basılarak numune miktarı (0.1 g) ekrana girilerek Ok tuşuna basıldı ve 8 dakika sonra ekranda kalori değeri cal/g birimi olarak okundu. Bu değeri mj/kg'a çevrildi.

3.2.2.10. ASTM renk testi

B100, B50, B20, B5, B2, motorin yakıtlarının ve menengiç ham yağın ASTM renk değerini tayin etmek için, renk tayin cihazı açılarak 30 dakika ısınması beklendi. Cihazın kapağı açılarak 33x16x38mm ölçülerindeki cam kroze içerisine 15 ml yakıt numunesi konarak cihaz içerisinde sağa dayalı bir şekilde yerleştirildi, kapak kapatıldı ve oku tuşuna basılarak ASTM renk değeri ekrandan okundu.

3.2.2.11 pH değerleri

MYME, B50, B20, B5, B2, motorin yakıtlarının ve menengiç ham yağın pH değeri Hanna Instruments marka cihaz numunelerin içerisine daldırılarak pH değerleri okundu.

3.2.2 .12. Kalite kontrol testleri

MYME'nin TS EN 14214 standartına göre ayrıca B50, B20, B5, B2, ve motorin yakıtları da TS 3082 EN 590 standardına göre uygun olup olmadığı bu standartlarda verilen testlerin yapılması ile belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

B100 (saf biyodizel) yakıtının yakıt özellikleri TS EN 14214 standartına göre karışımlar (B50, B20, B5, B2) ve motorin yakıtları ise TS 3082 EN 590 standartıyla kıyaslanmıştır.

4.1. Yoğunluk Ölçümü Değerleri

Yakıt sarfiyatına ve yanma ısısına etki eden yoğunluk (Ögüt ve oğuz 2006) değerleri Çizelge 4.1 de görüldüğü gibi standart sınırları içerisindedir. Yalnız B50 yakıtının yoğunluğu ise TS 3082 EN 590 standartına göre %1,4 oranında yüksek çıkmıştır. Mukayese yakıtı olarak kullanılan motorinin yoğunluğu ise B100, B50, B20, B5 ve B2 yakıtlarının yoğunluklarından düşük çıkmıştır. Karışım yakıtlarında ise biyodizel oranı azaldıkça yoğunluk değerlerinde de bir azalma olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Yoğunluk Ölçüm Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması

	B100	B50	B20	B5	B2	motorin	Ham yağ
Yoğunluk kg/m ³	882,2	856,9	845,6	839,6	838,5	837,0	920,0
TS EN 14214	860-900	-					-
TS 3082 EN 590	-	820 - 845					-

4.2. Kinematik Viskozite Ölçümü Değerleri

Biyodizelin karakteristik özelliği olan viskozite değerleri ve standartlarla karşılaştırılması Çizelge 4.2 de verilmiştir. Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi değerler standart sınırları içerisindedir. Motorin yakıtının viskozitesi ise B100, B50, B20, B5 ve B2 yakıtlarınınkinden daha düşüktür. Ayrıca B50, B20, B5 ve B2 yakıtlarında, biyodizel oranı düşüktüğü viskozite değerinde de düşme olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.2 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Kinematik Viskozite Ölçüm Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması

	B100	B50	B20	B5	B2	motorin	Ham yağ
Kinematik viskozite mm ² /s	4,450	3,296	2,943	2,928	2,703	2,681	38,14
TS EN 14214	3,5 - 5	-					-
TS 3082 EN 590	-	2 - 4,5					-

4.3. Parlama Noktası Ölçümü Değerleri

Taşıma ve depolama için önem arz eden parlama noktası değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.3’ de görüldüğü gibi değerler standart değerleri içerisindedir ancak B100 yakıtının parlama noktası değeri standartlarda belirtilen değerlerden %0,5 oranında düşüktür. Motorinin parlama noktası ise B100, B50, B20, B5, B2 yakıtlarının değerlerinden düşük çıkmıştır.

Çizelge 4.3 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Parlama Noktası Ölçüm Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması

	B100	B50	B20	B5	B2	motorin
Parlama Noktası °C	97	70	65	61	60	57
TS EN 14214	101	-				
TS 3082 EN 590	-	55				

4.4. Su Muhtevası Ölçümü Değerleri

Su/yakıt emülsiyon oranının uygun olması durumunda yanma sıcaklığı ve NOx emisyonlarının azalmasını sağlayan su içeriği değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelge 4.4.’de görüldüğü gibi B100, B20, B5, B2 yakıtlarının su içeriği standart sınırları içerisindedir. Yalnız B50 yakıtının su muhtevası değeri standart sınırlarından % 45,68 yüksek çıkmıştır. Motorinin su içeriği B100, B50, B20, B5, B2 yakıtlarının

değerlerinden düşük çıkmıştır. B50, B20, B5, B2 yakıtlarında biyodizel miktarı azaldıkça su içeriği değerlerinde de azalma olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.4 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Su Muhtevası Ölçüm Sonuçlarının Standartlarla Karşılaştırılması

	B100	B50	B20	B5	B2	motorin	Ham yağ
Su Muhtevası (ppm)	498,81	291,37	147,55	69,274	57,928	56,166	557,14
TS EN 14214	500	-					-
TS 3082 EN 590	-	200					-

4.5. Bakır Çubuk Korozyonu Sonuçları

Yakıtların korozif etkisinin belirlenmesi için önem arz eden bakır çubuk korozyonu TS EN 14214 e göre en çok 1 olarak belirlenmiştir. EN 590'a göre ise sınıf 1 olarak belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre B100, B50, B20, B5, B2 yakıtlarının bakır çubuk korozyonu 1a (ASTM D 130'a göre hafif portakal rengi neredeyse değişim yok) bulunmuştur. Bu standart sınırları içerisindedir.

4.6. Kalori Değeri Sonuçları

Yakıt kalitesi kriteri olan kalori değerleri çizelge 4.5'de verilmiştir. Çizelge 4.5'de görüldüğü gibi değerler standartta verilen değerden büyüktür. Motorin yakıtının kalori değeri ise B100, B50, B20, B5, B2 yakıtlarından yüksektir. B50, B20, B5, B2 yakıtlarında biyodizel miktarı azaldıkça kalori değeri yükselmiştir.

Çizelge 4.5 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Kalori Değeri Ölçüm Sonuçları

	B100	B50	B20	B5	B2	motorin	Ham yağ
Kalori Değeri mj/kg	41,658	44,406	44,816	46,710	47,330	47,853	39,924
TS EN 14213	En az 35						-

4.7. Bulutlanma Noktası, Akma Noktası, Soğuk Filtre Tıkanma Noktası Değerleri Sonuçları

Bulutlanma noktası, akma noktası ve soğuk filtre tıkanma noktası (BN,AN,SFTN) yakıtın soğukta akış özelliğini belirler. Çizelge 4.6'da bulutlanma noktası, akma noktası, soğukta filtre tıkanma noktası değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre B100 yakıtı artı değerler göstermekte iken B50, B20, B5 ve B2 yakıtında bu değerlerin düştüğü gözlenmiştir. Bu da B100 yakıtının ve karışımların standartlara göre yaz mevsiminde TİP A'da rahatlıkla kullanılabilceği ancak kış mevsiminde TİP E'de katkı maddeleriyle kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.(Çizelge 4.7) Ayrıca karışım yakıtlarında hacimsel olarak biyodizel miktarı azaldıkça soğuk hava şartlarında kullanılabilirliği artmaktadır.

Çizelge 4.6 B100, B50, B20, B5, B2 ve Motorin Yakıtının Bulutlanma Noktası, Akma Noktası, Soğuk Filtre Tıkanma Noktası Ölçüm Sonuçları

	B100	B50	B20	B5	B2	motorin
Bulutlanma Noktası	10,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5
Akma Noktası	0,2	-12	-15,6	-18	-20	-22
SFTN	5	-5	-5	-6	-6	-7

Çizelge 4.7 TS EN 14214 ve TS 3082 EN 590 Standartları SFTN Değerleri

İklim çeşidi	Özellik	Birim	Sınırlar						TS EN 14214
			Tip A	Tip B	Tip C	Tip D	Tip E	Tip F	
Ilman İklimler	SFTN	°C en çok	+5	0	-5	-10	-15	-20	

İklim çeşidi	Özellik	Birim	Sınırlar						TS 3082 EN 590
			Tip A	Tip B	Tip C	Tip D	Tip E	Tip F	
Ilman İklimler	SFTN	°C en çok	+5	0	-5	-10	-15	-20	

4.8. Asit Değeri ve İyot Sayısı Değerleri Sonuçları

Asit değerleri izelge 4.8’de verilmiştir. Menengiç ham yağı ve B100 yakıtının asit değerleri standartların sınırları içerisindedir.

Çizelge 4.8. B100 ve Menengiç Ham Yağının Asit Değeri lim Sonuçları

	B100	Menengiç ham yağ
Asit Değeri mg KOH/g	0,0925	0,3204
TS EN 14214	0,5	

İyot sayısı, yağın toplam doymamışlığının bir ölçüsü olup yağın özelliğine ve çift bağ sayısına göre değişmektedir. Menengiç yağı ve B100 yakıtının iyot sayısı değerleri izelge 4.9’da verilmiştir. Bu değerler standartların sınırları içerisindedir.

Çizelge 4.9. B100 ve Menengiç Ham Yağının İyot Sayısı lim Sonuçları

	B100	Menengiç ham yağ
İyot Sayısı	98,176	98,176
TS EN 14214	120	

4.9. Renk Tayini Sonuçları

ASTM renk standardı 0,5 – 8 birim arasında değişir. Renk tayini sonuçları izelge 4.10’da verilmiştir. Karışımlarda biyodizel miktarı azaldıkça rengin açıldığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.10 Renk Tayini Sonuçları

	B100	B50	B20	B5	B2	Ham yağ	Motorin
Renk tayini	2	1,9	1,8	1,4	1,2	2,2	0,9

4.10. pH Değeri Sonuçları

pH değeri sonuçları izelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 pH Değeri Sonuçları

	B100	B50	B20	B5	B2	Ham yağ	Motorin
pH değeri	6	5,5	5	5	5	5	5

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

B100, B50, B20, B5, B2, ham yağ ve motorinin incelenen yakıt özellikleri sonuçları çizelge 5.1’de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 5.1. B100, B50, B20, B5, B2, Ham Yağ ve Motorinin Yakıt Özellikleri

Yakıt Özellikleri	B100	B50	B20	B5	B2	Ham yağ	Motorin
Yoğunluk kg/m ³	882,2	856,9	845,6	839,6	838,5	920,0	837,0
Kinematik viskozite mm ² /s	4,450	3,296	2,943	2,928	2,703	38,14	2,681
Parlama Noktası °C	97	70	65	61	60	-	57
Su Muhtevası (ppm)	498,81	291,37	147,55	69,274	57,928	557,14	56,166
Bakır Çubuk Korozyonu	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a
Kalori Değeri mj/kg	41,658	44,406	44,816	46,710	47,330	39,924	47,853
Bulutlanma Noktası	10,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-	-5
Akma Noktası	0,2	-12	-15,6	-18	-20	-	-22
SFTN	5	-5	-5	-6	-6	-	-7
Asit Değeri mg KOH/g	0,0925	-	-	-	-	0,3204	-
İyot Sayısı	98,176	-	-	-	-	98,176	-
Renk tayini	2	1,9	1,8	1,4	1,2	2,2	0,9
pH değeri	6	5,5	5	5	5	5	5

Bu çalışmayı özetleyecek olursak

Çizelge 5.1.’ de görüldüğü gibi ham yağın viskozitesinin yüksek olmasından dolayı öncelikle viskozite düşürülmüş ve daha sonra yakıt özellikleri incelenmiştir.

İncelenen yakıt özelliklerine göre ,

B100, B50, B20, B5, B2 yakıtlarının yakıt özellikleri standart sınırlar içerisinde olup yalnız B50 yakıtının yoğunluğu %1,4 oranında standart değerinden yüksek çıkmış ve aynı şekilde su muhtevası ise % 45,68 oranında standart değerinden yüksek çıkmıştır. B100 yakıtının parlama noktası değeri de %0,5 oranında standartta verilen değerden düşük çıkmıştır. B100 yakıtının ve karışımların standartlara göre yaz mevsiminde TİP A’da rahatlıkla kullanılabileceği, kış mevsiminde ise TİP E’de

katkı maddeleriyle kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.(TS EN 14214 standardına göre ‘Türkiye için TİP A yaz döneminde, TİP E kış döneminde kullanılacaktır’ şeklinde belirtilmiştir. Yaz Dönemi ve Kış Dönemi başlangıç ve bitiş tarihleri ise; Kış Dönemi 1 Ekim - 31 Mart (± 15) , Yaz Dönemi 1 Nisan - 30 Eylül (± 15) olarak belirtilmiştir.)

6. KAYNAKLAR

- Akay M.E., 2007. Dizel - Elektrik Lokomotiflerde Biyodizel Uygulaması, 1.UlusalYağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, sayfa 20-25, Samsun
- Alptekin E., Çanakçı M. 2007. Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarının Yoğunluk ve Viskozitelerinin Belirlenmesi, 1.UlusalYağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, sayfa 294-305, Samsun
- Altuntaş A., 2006. Hardal Yağı Biyodizelinde Depolama Süresi ve Şartlarının Yakıt Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Konya
- 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 2004, www.tuik.gov.tr , ‘Türkiye İstatistik Kurumu’
- Anonymous 2006, <http://www.cevreorman.com> , “ Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağdan Biyodizel Üretimi”
- Anonymous 2008a, www.izto.org.tr ,“yenilenebilir enerji kaynakları”
- Anonymous 2008b, www.bilgiustam.com, ‘Dünya da kullanılan enerji kaynakları’
- Anonymous 2009, <http://www.albiyobir.org.tr>, “Dünya’da ve Türkiye’de biyodizelin durumu”

- Artukoğlu D.B., 2006. Hayvansal Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi Ve Özelliklerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Bölümü, Ankara
- Baytop,T.1984. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi. İstanbul Üniv. Yayın No: 3255. İstanbul.
- Baytop,T.1994. Türkçe Bitki Adları Sözlüğü. Türk Dil Kurumu Yayın No: 578 , Ankara
- Clements, D. L., 1996. Blending Rules for Formulating Biodiesel Fuel, www.biodiesel.org
- Chiu, C.W., Schumacher, L.G., Suppes, G.J., 2004. “Impact of Cold Flow Improves on Soybean Biodiesel Blend”, Biomass & Bioenergy, 27: 485-491
- Couladis, M., Özcan, M., Tzakou, O., Akgül, A., 2002,' Menengiç (Pistacia Terebinthus L.) Ağacın Değişik Organlarında Uçucu Yağ Bileşimi', 14. Bitkisel İlaç Ham Maddeleri Toplantısı, Bildiriler, Sayfa No: 240-245 Eskişehir
- Çaynak, S., 2005. Pirina Yağının Transesterifikasyonu İle Biyodizel Sentezinin Optimizasyonu Ve Performans Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Y.Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Çildir O., Çanakçı M., 2006. Çeşitli Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör ve Alkol Miktarının Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 2, 367-372, Ankara

- Davis, P.H.(ed.) 1967. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol.2., Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Duke JA, 1989. CRC Handbook of Nuts. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 240-243
- Esendal E., Çamaş N., Arslan B., Çalışkan Ö., Paşa C., 2007 ' Biyodizel Alanında Endemik Yağ Bitkilerinin Önemi', 1.UlusalYağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, sayfa 36-48, Samsun
- Fangrui, M., Milford, A.H., 1999. "Biodiesel Production a Review", Bioresource Technology, 70: 1-15
- Gümüşkesen A.S., 1999. Bitkisel Yağ Teknolojisi, Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği Yayın No:5 ISBN:975-941208-0-5 İzmir
- Haşimoğlu, C., 2005. Düşük Isı Kayıplı Bir Dizel Motorunda Biyodizel Kullanımının Performans Ve Emisyon Parametrelerine Etkisi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı , Sakarya
- Keskin A., Gürü M. ve Altıparmak D., 2007. Tall Yağı Biyodizelinin Dizel Yakıtı İle %90 Oranındaki Karışımının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak İncelenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 22, No 1, 57-63, Ankara
- Karahan, Ş., 2005. "Biyodizel Kalitesi ve Biyodizel Kalitesinin Dizel Motorlara Etkileri", Türkiye'de Biyodizel Üretimindeki Mevcut Durum, Sorunlar ve Öneriler Çalıştayı, TÜBİTAK - Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Enstitüsü, 02 Aralık, Ankara

- Karaosmanoğlu, F., Aksoy, H. A., 1994. 'Kullanılmış Kızartma Artık Yağının Seyreltme Yöntemi İle Alternatif Yakıt Olarak Değerlendirilmesi, 6. Enerji Kongresi, İzmir
- Karaosmanoğlu F., 2002. 'Türkiye İçin evre Dostu-Yenilenebilir Bir Yakıt Adayı: Biyomotorin' Ekojenerasyon Dñnyası-Kojenerasyon Dergisi, ICCI Özel Sayısı s 50-56
- Karaosmanoğlu F. 2008. Biyomotorin Ve Türkiye <http://www.biyomotorin-biodiesel.com/biomoto.html>
- Kıllı F., 2007. Gıda Ve Yakıt Amaçlı Kanola Ve Aspir Üretim Potansiyeli ve Bazı Yağlı Tohumlu Bitkilerin Yakıtla İlişkili Önemli Özellikleri., UlusalYağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, sayfa: 48-56, Samsun
- Nas S., Gökalp H., Unsal M., 1992. 'Bitkisel Yağ Teknolojisi', Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum
- Oğuz H., Öğüt 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., Öğüt, 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, Sayfa 185-192, İstanbul
- Oğuz H., 2004. Tarım Kesiminde Yaygın Olarak Kullanılan Dizel Motorlarında Fındık Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanım İmkanlarının İncelenmesi. Doktora Tezi, S.Ü. , Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Konya,

- Öğüt H., Oğuz H., 2002. Biyodiesel-Biyomotorin Yada Yeşil Enerji, Ticaret Borsası Dergisi 13:50-55, Konya
- Öğüt , H., Akınerdem, F., Pehlivan, E., Aydın, M.E., Oğuz, H., 2004. Türkiye’de Bazı Yağ Bitkilerinden Biyodizel Üretim Prosesleri Ve Dizel Motorlarda Kullanımının Tarım, Çevre, Gıda, Kimya Ve Teknolojik Boyutlarıyla Araştırılması: DPT Proje No:2004/7 Biyoenerji 2004 Sempozyumu, İzmir
- Öğüt , H., Oğuz H., Akınerdem F., Çarman K., Mengeş H.O., Eryılmaz T. 2005. Türkiye Şartlarında Biyodizelin Ticarileştirilmesine Ait Sorunlar ve Çözüm Önerileri YEKS -015
- Öğüt, H., Oğuz, H., 2006. Biyodizel, Üçüncü Milenyum Yakıtı (2. Baskı). Nobel Yayın Dağıtım, Ankara,
- Öğüt H., Eryılmaz T., Oğuz H., 2007. Bazı Aspir (*Carthamus Tinctorius* L.) Çeşitlerinden Üretilen Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi 1.UlusalYağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, sayfa 13-19, Samsun
- Özcan , M., 2004,’ Characteristics Of Fruit And Oil Of Terebinth (*Pistacia Terebinthus* L.) Growing Wild İn Turkey’, Journal Of The Science Of Food And Agriculture 84, 517-520
- Öz, E., Yeniova, H., Bilgesü A., 2007 ‘Biyodizel Üretimi Sırasında Açığa Çıkan Gliserinin Değerlendirilmesi’, 1.UlusalYağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, sayfa 76-85, Samsun
- Schumacher L.,Borgelt S., Hires W., Spurling C., Humphrey J. and Fink J.,1993. ‘Fueling Diesel Engines With Esterified Soybean Oil’, ASAE Paper MC Pp. 93-101

- Şeker S., 2008. 'Biyodizel Üretimi Ve Katkı Maddelerinin Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi' Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Tickel, J., 2000. From the Fyer to the Fuel Tank. The Complete Guide to Using Vegetable Oil As an Alternative Fuel, ISBN 0-9707227-0-2.
- Uçar G., 2006. Bazı Biyodizel Yakıtlarında Yoğunluk, Viskozite Ve Parlama Noktasının Isıl Değere Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma Yüksek Lisans Tezi, S. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Konya
- Uyar T., 1992 .'Organik Kimya', Güneş Kitabevi, İstanbul
- Uzun B. B., Kılıç M., Pütün A. E., 2007. Ayçiçeği Yağından Transesterifikasyon Yöntemiyle Biyodizel Üretimi 1.UlusalYağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, 28-31 Mayıs, Samsun sayfa 1-5
- Yamık H., 2002. Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Yağ Esterlerinin Kullanılma İmkanlarının Araştırılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Zhang, Y., 2002. Design and Economic Assessment of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil. Ottawa Canada
- Walheim L and Stebbins RL, 1981. Western Fruit, Berries and Nuts. HP Books, pp 166

