



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KETEN YAĞI BİYODİZELİNİN VE MOTORİNLE KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSINA VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Seda ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Temmuz-2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KETEN YAĞI BİYODİZELİNİN VE MOTORİNLE KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSINA VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Seda ŞAHİN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

2013, 63 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Prof. Dr. Fikret DEMİR
Doç. Dr. Hidayet OĞUZ

Bu çalışmada, Keten tohumundan vidalı pres yardımıyla keten tohumu ham yağı elde edilmiş ve bu yağdan elde edilen biyodizel (B100) ve B2, B5, B20, B50 oranlarında motorinle karıştırılmıştır. Elde edilen yakıtların ve kıyaslama yakıtı olarak motorinin fiziksel, kimyasal ve yakıt özellikleri belirlenmiştir. Keten Biyodizeli (Keten Yağı Metil Esteri) üretimi transesterifikasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Karışımlar sonucunda elde edilen B2, B5, B20, B50, B100 ve motorin yakıtlarının Kinematik viskozitesi, Yoğunluğu, Su Miktarı, Isıl Değeri, Parlama Noktası, Bulutlanma, Donma ve Akma Noktaları, Bakır Çubuk Korozyonu testi ve CFPP (Soğuk Filtre Tıkama Noktası) testi yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, keten tohumundan elde edilen biyodizel ve karışımların fiziksel özellikleri ve dizel motorlarda kullanılması ile elde edilen motor performans değerleri standart dizel yakıtı ile benzer özellikler göstermiştir. Deney yakıtlarından elde edilen maksimum tork değerlerine bakıldığında en yüksek değer, motorin ile 1000 1/min'de yaklaşık 59.6 Nm iken, B100 yakıtı ile 1200 1/min'de yaklaşık 53.8 Nm'dir. Maksimum güç değerlerine bakıldığında, en yüksek değer motorin ile 2100 1/min'de yaklaşık 10.96 kW iken, B100 yakıtı ile 2000 1/min'de yaklaşık 10.23 kW'dır. Minimum özgül yakıt tüketimi değerlerine bakıldığında ise en düşük değer, motorin ile 1000 1/min'de yaklaşık 231.36 g/kWh iken, B100 yakıtı ile1200 1/min'de yaklaşık 296.73 g/kWh olarak ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, biyodizel – motorin karışımları, keten tohumu, keten yağı, transesterifikasyon

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF LINSEED OIL BIODIESEL AND DIESEL FUEL MIXTURES ON ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS

Seda ŞAHİN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN AGRICULTURAL MACHINERY

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

2013, 63 Pages

Jury
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Prof. Dr. Fikret DEMİR
Assoc. Prof. Dr. Hidayet OĞUZ

In this study, linseed oil obtained with the aid of screw presses and biodiesel obtained (B100) from the oil and in rations of B2, B5, B20, B50 mixed with diesel fuel. The physical, chemical and fuel properties of linseed oil, linseed biodiesel and diesel fuel as comparison were determined. Linseed oil biodiesel (linseed oil methyl ester) production was performed by transesterification method. The biodiesel fuel obtained from linseed was blended with diesel fuel at rates of 2% (B2) and 20% (B20). Kinematic viscosity, density, water content, heating value, flash point, clouding, freezing and pour point, copper strip corrosion and Cold Filter Plug Point (CFPP) tests were performed on B2, B5, B20, B50, B100 fuel blends and diesel fuel.

Results revealed that engine performance values of flaxseed biodiesel and mixtures were similar to standard diesel fuel. With regard to maximum torque, while the highest value was obtained as about 59.6 Nm at 1000 1/min with diesel fuel, the value was observed as about 53.8 Nm at 1200 1/min with B100 fuel. The highest maximum power value was recorded as approximately 10.96 kW at 2100 1/min with diesel fuel and as approximately 10.23 kW at 2000 1/min with B100 fuel. With regard to minimum specific fuel consumption, while the lowest value was measured as about 231.36 g/kWh at 1000 1/min with diesel fuel, the value was measured as about 296.73 g/kWh at 1200 1/min with B100 fuel.

Keywords: Biodiesel, biodiesel – diesel fuel blends, linseed-flaxseed, linseed oil, transesterification

ÖNSÖZ

Dünyadaki enerji talebinin artması ve yakın gelecekte petrol kökenli yakıtların tükenecek olması, alternatif enerji arayışlarını gerekli hale getirmiştir. Dizel motorlar için kullanılabilen alternatif yakıtların en önemlisi biyodizeldir. Gerek çevresel önemi açısından gerekse ekonomik olması sebebiyle biyodizel üretimi önem kazanmaktadır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan, yenilenebilir ve çevreci bir dizel yakıtı olan biyodizel bitkisel yağlardan, hayvansal yağlardan ve atık kızartma yağlarından katalizör ve alkollerle reaksiyon sonucu üretilen, doğa dostu yönüyle öne çıkan alternatif bir yakıttır.

Bu tez çalışmasına beni yönlendiren, çalışmamın gerçekleşmesi için gerekli ortamın hazırlanmasında, analizlerin yapılmasında, denemelerin yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof.Dr.Hüseyin ÖĞÜT'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasında her türlü desteklerinden dolayı Doç. Dr. Hidayet OĞUZ'a , Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ'a, Öğr. Gör. İlker ÖRS'e ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinları Bölümü Öğretim Üyelerine ve deneysel kısmında yardımcı olan Prof.Dr. Apdurahman AKTÜMSEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak her zaman maddi ve manevi yönden destek sağlayan ve varlıkları ile hep yanımda olan eşime ve aileme sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Seda ŞAHİN
KONYA-2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1.GİRİŞ **1**

1.1. Biyoyakıtlar 1
1.1.1. Biyodizel 3
1.1.2. Biyodizelin özellikleri 3
1.1.3. Dünya'da biyodizel 6
1.1.4. Türkiye'de biyodizel 9
1.1.5. Bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi 11
1.1.6. Transesterifikasyon 12
1.1.7. Biyodizel standartları 12
1.2. Keten Tohumu 14
1.2.1. Ketenin tohum yapısı 15

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **17**

2.1. Biyodizel ve motor performansı ile yapılan çalışmalar 17

3. MATERYAL VE YÖNTEM **23**

3.1. Materyal **23**

3.1.1. Vidalı yağ çıkarma presi 24
3.1.2. Hidrolik Dinamometre 25
3.1.3. Manyetik Pick-Up 26
3.1.4. S Tipi Load Cell 27
3.1.5. Kütlesel Yakıt Tüketimi Ölçüm Cihazı 28
3.1.5. Kontrol Paneli 28
3.1.6. Egzoz Emisyon ölçüm cihazı 29
3.1.7. Yoğunluk ölçüm cihazı 30
3.1.8. Kinematik viskozite ölçüm cihazı 31
3.1.9. Parlama noktası tayin cihazı 31
3.1.10. Su içeriği tayin (Karl-Fischer titrasyon) cihazı 32
3.1.11. Bakır şerit korozyonu test cihazı 33
3.1.12. Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN) tayin cihazı 33
3.1.13. Bulutlanma, akma ve donma noktası test cihazı 34
3.1.14. Kalorimetre cihazı 35
3.1.15. Otomatik renk ölçüm cihazı 35
3.1.16. Homojenizatör 36

3.1.17. Laboratuar tipi karıştırıcı 36
3.1.18. pH metre 37
3.1.19. Hassas terazi 38
3.1.20. Kronometre 38
3.1.21. Termometre 38
3.1.23. Gaz kromatografisi cihazı 38
3.1.24. Metil alkol (Metanol) 39
3.1.25. Katalizör 39
3.1.26. Pilot biyodizel üretim tesisi 40
3.2. Metot 42
3.2.1. Keten tohumundan yağ elde edilmesi 42
3.2.2. Keten yağı metil esteri ve keten yağının yağ asitleri bileşimi 43
3.2.2.1 Metilleştirme işlemi 43
3.2.2.2. Gaz kromatografik analizler 43
3.2.3. Keten yağı metil esterinin (KYME) üretilmesi 45
3.2.4. B2, B5, B20 ve B50 yakıt karışımlarının hazırlanması 46
3.2.5. Deneylerde kullanılan keten yağı, keten yağı metil esterinin (B100), B50, B20, B5, B2 ve motorin yakıtlarının analizleri 46
3.2.6. Motor Performans Deneyleri 47

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 51

4.1. Motor Momenti Değerlerinin Karşılaştırılması 51
4.2. Efektif Güç Değişimlerinin Karşılaştırılması 52
4.3. Özgül Yakıt Tüketimi Değerlerinin Karşılaştırılması 53

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 54

5.1 Sonuçlar 54
5.2 Öneriler 55

KAYNAKLAR 56

EKLER 61

ÖZGEÇMİŞ 63

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ω	: Açısal Hız
Al	: Alüminyum
B	: Saatlik Yakıt Tüketimi
b_e	: Özgül Yakıt Tüketimi
C	: Karbon
CO	: Karbonmonoksit
CO_2	: Karbondioksit
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
D	: Çap
F	: Hidrolik Güç Frenin Moment Kolu Üzerinden Teraziye Uyguladığı Kuvvet
Fe	: Demir
H	: Strok
HC	: Hidrokarbon
KOH	: Potasyum Hidroksit
L	: Hidrolik Frenin Moment Kolu Uzunluğu
M_d	: Motor Döndürme Momenti
MUFA	: Tekli Doymamış Yağ Asidi
n	: Devir ıayısı
Na	: Sodyum
NaOH	: Sodyum Hidroksit
N_e	: Efektif Motor Gücü
NO_x	: Azot oksit
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
PM	:Partikül madde
PUFA	: Çoklu Doymamış Yağ Asidi
SFA	: Doymuş Yağ Asidi
SO_2	: Kükürtdioksit
SO_x	: Kükürtoksit

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
API	: American Petroleum Institute
ASTM	: American Society for Testing and Material
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
CEN	: Committee for European Normalisation
CFPP	: Cold Filter Plug Point
DIN	: Deutsches Institut für Normung
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
GC	: Gaz Kromatografisi
ISO	: International Organization for Standardization
KYME	: Keten Yağı Metil Esteri
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

MTPE	: Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
PLC	: Programlanabilir Lojik Kontrol Cihazı
REN	: Renewable Energy
SAE	: Society of Automotiv Engineers
SFTN	: Soğukta Filtre Tıkama Noktası
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TÜMOSAN	: Türkiye Motor Sanayi
TÜPRAŞ	: Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi
YAME	: Yağ Asidi Metil Esteri
YHME	: Yabani Hardal yağı Metil Esteri

1.GİRİŞ

Enerji arzının güvenliği ve sürekliliği, günümüz dünyasında ülkelerin birincil önceliği durumuna gelmiştir. Zira iktisadi yapıların ve tüm faaliyetlerin sürekliliği, enerji arzının güvenliği ve sürekliliğine bağlıdır. Enerji arzının güvenliği ve sürekliliği ve küresel ısınma ile tanıştığımız çevresel sebepler göz önüne alındığında ülkeler varlıklarını ve bağımsızlıklarını koruyabilmek için yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Biyoyakıtlar da bu yeni ve yenilenebilir enerji türlerinden birisidir (Anonim, 2012a).

Son yıllarda enerji üzerine yapılan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Özellikle, günümüzde fosil yakıtların tükenme tehlikesinden ve çevreye olan zararlarından dolayı, alternatif enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar önem ve büyük bir ivme kazanmıştır. Ülkemizde de alternatif enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmaların sayısında önemli bir artış görülmektedir (Işıklı, 2011).

Birincil enerji kaynakları içinde en fazla paya sahip fosil yakıtların dünya geneline dengesiz bir şekilde dağılmış olması bazı ülkeleri dezavantajlı konuma ve avantajlı ülkelere de bağımlı hale getirmiştir. Bu bağımlılık enerji talebindeki artışla birlikte her geçen gün daha da pekişmektedir. Bundan dolayı günümüzde artık ülkeler önce kendi öz enerji kaynaklarını değerlendirmenin yollarını arama, dış ülkelere bağımlılığı azaltma ve arz güvenliğini sağlamak için enerji kaynaklarını çeşitlendirme yoluna gitmektedir (Anne, 2010).

Doğada her yıl 150 milyar ton biyokütle üretilmekte, bunun ancak %10'u ticari olarak kullanılmaktadır. Dünya artık bu büyük potansiyeli harekete geçirmenin mücadelesini vermekte ve biyokütle teknolojisi önemli boyutlar kazanmaktadır. Enerji arzının güvence altına alınması ve küresel ısınma ile mücadele açısından önem kazanan ve dünyanın gündemine oturan biyoyakıtlar tüm dünyanın ilgi odağı olmuş ve zorunluluk bağlamında tedbirler geliştirilmeye başlanmıştır (Anonim, 2012a).

1.1. Biyoyakıtlar

Biyoyakıtlar, tarımsal ürünlerin, odunun, hayvan, bitki ve belediye artıklarının çeşitli biyokimyasal ve/veya termokimyasal dönüşüm süreçlerinden geçirilmesiyle elde edilen gaz, sıvı ve katı ürünlerin genel adıdır. Gaz biyoyakıtlar; biyohidrojen, biyogaz, singaz denilen sentetik gazlar, katı biyoyakıtlar; odun kömürü, biyokömür, biyopelet,

biyobriket, sıvı biyoyakıtlar ise; biyoetanol, biyodizel, biyometanol, biyodimetileter, biyoetiltersiyerbutileter ve bitkisel yağlar olarak anılmaktadır. Biyoyakıtlar ulaştırma sektöründe taşıt yakıtı, hizmet sektöründe ısı ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır (Ar, 2008).

Biyokütle yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu oluşan biyolojik kökenli madde kütlesidir. Ana bileşenleri, karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise, biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır (Tziourtzioumis ve ark., 2009). Biyokütle enerjisi bol güneş alan ve geniş tarım alanlarına sahip ülkemiz için gelecek vaat etmektedir. Bu enerji çeşitlerinden, bitkisel ya da hayvansal yağ kökenli olan biyodizel, en fazla gündemde olanıdır. Tarım ülkesi olan ülkemiz için biyodizel öncelikli bir seçenektir. Kırsal kesimin ekonomik yapısının güçlenmesi ve iş imkânlarının yanı sıra yan sanayinin de gelişmesine katkıda bulunacaktır (Özçelik, 2011).

Günümüzde birçok ülke, çiftçi gelirlerinin azalması, çeşitli nedenlerden dolayı tarım sektöründen ayrılan işgücünün yerinde istihdam edilememesi gibi ekonomik problemlerin yanı sıra kırsal alandan kopan işgücünün büyük şehirlere göçünün meydana getirdiği çarpık kentleşme, yoğun trafik ve artan suç oranları gibi sosyal sıkıntılar ile mücadele etmektedir. Birçok ülke bu sorunların çözümü için özel kırsal kalkınma politikaları uygulamaktadır. Bu politikaların temelinde de çiftçi gelirlerinin artırılması ve kırsal ekonomik faaliyetlerin çeşitlendirilmesi gelmektedir. Bu bağlamda, enerji, çevre ve tarım gibi farklı disiplinlere ait problemlerin çözümünde biyoyakıtlar birçok ülke tarafından ciddi bir seçenek olarak görülmektedir. Söz konusu fırsatın iyi değerlendirilmesi açısından bu hususta önemli kararlar alan, bu kararları sistematik bir biçimde ve titizlikle uygulayan ülkeler biyoyakıtlara ilişkin politikalarını belirlemektedirler (Hatunoğlu, 2010).

Kimyasal içeriği ve üretim sürecinde kullanılan hammadde tipine gore farklılık arz eden biyoyakıt çeşitleri arasında biyoetanol, biyodizel, biyometanol, biyodimetileter, biyoetiltersiyerbutileter ve çeşitli bitkisel yağlar bulunmakla birlikte bunların günümüzde en yaygın ve popüler olanları biyoetanol ve biyodizeldir (Hatunoğlu, 2010).

1.1.1. Biyodizel

Bitkisel yağların yeni ya da kullanılmışlarından ve hayvansal yağlardan kimyasal yöntem yardımıyla üretilen biyoyakıtlar kapsamında olan, çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli sıvı haldeki yakıtlara biyodizel denir (Öğüt ve Oğuz 2006).

Biyodizel; ayçiçek, kanola, soya, aspir, pamuk, mısır, keten gibi yağlı tohum bitkilerinden ham veya rafine olarak elde edilen bitkisel veya hayvansal yağların bir katalizör (asidik, bazik veya enzimatik) eşliğinde bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan yenilenebilir bir yakıttır.

Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Biyodizel üretiminde atık yağların değerlendirilmesi, hem yağların geri kazanılması hem de daha düşük emisyonlu dizel yakıt üretilmiş olması bakımından çevre sağlığına katkıda bulunmaktadır (Işıklı, 2011).

Biyodizel, fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından petrol kökenli dizel yakıtlarıyla benzerlik göstermektedir. Biyodizel, dizel motorlarında saf olarak kullanıldığı gibi petrol kökenli dizel yakıtlarıyla da karıştırılarak kullanılabilir. Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Saf olarak biyodizel kullanıldığında B100 olarak isimlendirilirken, %20 biyodizel ve %80 dizel yakıtı içeren bir karışım B20 olarak isimlendirilir (Alptekin, 2006).

Biyodizel, dizel ile karışım oranları bazında aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır:

-B2 : % 2 Biyodizel + %98 Dizel
-B5 : % 5 Biyodizel + %95 Dizel
-B20 : % 20 Biyodizel + %80 Dizel
-B50 : % 50 Biyodizel + %50 Dizel
-B100 : %100 Biyodizel

1.1.2. Biyodizelin özellikleri

Biyodizel orta uzunlukta C16-C18 yağ asidi zincirlerini içeren metil veya etil ester tipi bir yakıttır.

Biyodizel:

• Çevre dostu,
• Yenilenebilir hammaddelerden elde edilebilen,
• Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilebilen,
• Anti-toksik etkili,
• Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozunabilen,
• Kanserojenik madde ve kükürt içermeyen,
• Yüksek alevlenme noktası ile kolay depolanabilir, taşınabilir ve kullanılabilir,
• Yağlayıcılık özelliği mükemmel,
• Motor ömrünü uzatan,
• Kara ve deniz taşımacılığında kullanılabilen,
• Isıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygun,
• Stratejik özelliklere sahip,
• Mevcut dizel motorlarında hiçbir tasarım değişikliği gerektirmeden kullanılabilen,
• Sülfürsüz olduğundan asit yağmurlarına neden olmaz,
• Ticari başarıyı yakalamış bir yeşil yakıttır (Karaosmanoğlu, 2008).

Biyobozunabilirlik: Biyodizeli oluşturan C16-C18 metil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozunur, 10 000 mg/l'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suya bırakıldığında biyodizelin 28 günde %95'i, motorinin ise %40'ı bozunabilmektedir. Biyodizelin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir (Karaosmanoğlu, 2008).

Toksik Etki: Biyodizelin olumsuz bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Biyodizel için ağızdan alınmada öldürücü doz 17.4 g biyodizel/kg vücut ağırlığı şeklindedir. Sofra tuzu için bu değer 1.75 g tuz/kg vücut ağırlığı olup, tuz biyodizelden 10 kat daha yüksek öldürücü etkiye sahiptir. İnsanlar üzerinde yapılan elle temas testleri biyodizelin ciltte %4'lük sabun çözeltisinden daha az toksik etkisi olduğunu göstermiştir. Biyodizel toksik olmamasına karşın, biyodizel ve biyodizel-motorin karışımlarının kullanımında; motorin için zorunlu olan standart koşulların (göz koruyucular, havalandırma sistemi v.b.) kullanılması önerilmektedir (Karaosmanoğlu, 2008).

Depolama*:* Motorin için gerekli depolama yöntem ve kuralları biyodizel için de geçerlidir. Biyodizel temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen seçilebilir. Depolama, taşıma ve motor

malzemelerinde bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı sakıncalıdır; çünkü biyodizel bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyodizelle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir (Karaosmanoğlu, 2008).

Soğukta Akış Özellikleri: Biyodizel ve biyodizel-motorin karışımları, motorinden daha yüksek akma ve bulutlanma noktasına sahiptir; bu durum yakıtların soğukta kullanımında sorun çıkarır. Akma ve bulutlanma noktaları uygun katkı maddeleri (anti-jel maddeleri) kullanımı ile düşürülebilmektedir. Biyodizel-motorin karışımları 4°C üzerinde harmanlama ile hazırlanmalıdır. Soğukta harmanlamada biyodizelin motorin üzerine eklenmesi, sıcakta harmanlama da ise karışımda daha fazla olan kısmın az kısım üzerine eklenmesi önerilmektedir. Eğer harmanda soğumaya bağlı olarak kristal yapılar oluşursa, harmanın tekrar normal görünümünü kazanması için bulutlanma noktası üzerine ısıtılması ve karıştırılması gerekmektedir (Karaosmanoğlu, 2008).

Motor Yakıtı Özellikleri: Biyodizel ısıl değeri motorinin ısıl değerine oldukça yakın değerde olup, biyodizelin setan sayısı motorinin setan sayısından daha yüksektir. Biyodizel kullanımı ile motorine yakın özgül yakıt tüketimi, güç ve moment değerleri elde edilirken, motor daha az vuruntulu çalışmaktadır. Biyodizel motoru güç azaltıcı birikintilerden temizleme ve motorinden çok daha iyi yağlayıcılık özelliklerine sahiptir (Karaosmanoğlu, 2008).

Biyodizel Kullanımının Dezavantajları

Biyodizel kullanımının bazı dezavantajları da şunlardır:

- Maksimum %5'lik bir verim kaybına neden olurlar. Ancak aşırı yük gibi özel durumlarda belirlenebilmektedir.
- Biyodizelin soğuk akış özellikleri dizel yakıtlarına oranla daha kötüdür ve soğuk havalarda ilk çalıştırma esnasında sorunlara neden olabilir.
- Kış aylarında yakıt filtresinin ve yakıt hattı borularının tıkanmasına sebep olabilir.
- Havayla temas eden biyodizel, özellikle yüksek sıcaklıklarda hızla oksitlenmeye başlar, bitkisel yağların oksidatif ve ısıl polimerizasyonu enjektör üzerinde yakıt birikmesine yol açarak yanmayı kötüleştirir.

- Yüksek viskozite, enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikintisine, yağlama yağının bozulmasına, enjeksiyon sırasında atomizasyonun bozulmasına ve yanmanın kötüleşmesine neden olur.
- Yüksek akma ve donma noktaları bitkisel yağların direk olarak kullanımında sorun teşkil etmektedir (Işıklı, 2011).

1.1.3. Dünya'da 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 gelişiminin ciddi bir katkısı olacağını" ifade etmiş ve 1912'de "Bitkisel yağların motorlarda kullanımı günümüzde önemsiz görünebilir, ancak bitkisel yağlar zamanla petrol ve kömür katranı kadar önem kazanacak" demiştir. Bitkisel yağların doğrudan yakıt olarak kullanımındaki zorluklara, petrol ürünlerinin kullanımının yaygınlaşması eklenenince konu gündemden düşmüştür.

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 hızla başlamıştır (Anonim, 2012a).

Dünyada enerji gereksiniminin %80'i kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil kaynaklı yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil yakıtların dünyada bilinen rezerv dağılımları, petrol eşdeğeri olarak, %68 kömür, %18 petrol ve %14 doğalgaz olarak bilinmektedir. Fosil yakıtların neden olduğu çevre kirliliği göz ardı edilemez durumdadır. Bu yakıtların yanma sonu çevreye yaydıkları emisyonlar, çevre kirliğinin yanı sıra birçok olumsuzluk meydana getirmektedir. Yapılan çalışmalara göre, enerji kaynaklarının kullanımında değişiklik yapılmazsa, küresel çapta enerji açığı ve kirliliğin 2030 yılına kadar %50 artacağı uyarısında bulunulmuştur (Alptekin, 2006).

Biyodizelin özelliklerinin yanısıra petrodizele kıyasla üstünlüklerinin de belirtilmesi gerekmektedir. Günümüzde biyodizel petrodizelle karşılaştırıldığında, biyodizelin daha temiz ve çevreci bir yakıt olduğu görülmektedir. Bunun başlıca sebepleri incelendiğinde;

* Biyodizelin yenilenebilir karakterde ve yerel imkanlarla üretilebilmesi,

* Biyolojik olarak ayrışabilir ve zehirli bir yapıda olmaması dikkatleri çekmektedir. Yapılan testler sonrasında kolzadan elde edilmiş biyodizelin, 21 gün içerisinde %99,6'sının ayrıştığı görülmektedir.

* Biyodizelin emisyonlarında karbonmonoksit, partikül madde, yanmamış hidrokarbon daha azdır ve aromatik bileşikler ile kükürtün neredeyse hiç olmadığı görülmektedir.

* Biyodizel petrodizelle kıyaslandığında, biyodizel kullanımı sonucunda CO_2'nin atmosferde birikimine ve bunun sonucunda da sera etkisine neden olmadığı düşünülmektedir. Çünkü biyodizelin yanması sonucu oluşan CO_2 biyodizelin elde edildiği bitkiler tarafından kullanılmaktadır.

* Biyodizelin parlama noktası petrodizele göre daha yüksektir ve bu özellik biyodizelin taşıma ve tüketiminde güvenli bir yakıt olarak kullanımına olanak sağlamaktadır.

* Biyodizel, belirli karışım oranlarında motor kullanımında herhangi bir değişikliğe ihtiyaç göstermez ve motor yağlanmasına katkıda bulunur.

* Biyodizelin oksijen içeriği fazla olduğu için, yanma veriminin daha yüksek olduğu görülmektedir (Öğüt ve Oğuz, 2006).

Biyoyakıtlar içinde yer alan biyodizel çevre dostu olduğu için sürekli desteklenmiş, kapalı su havzalarında, orman arazilerinde, gıda işletmelerinde, maden ocaklarında, karbondioksit emisyonları yüksek kentlerde toplu taşımacılıkta zorunlu kullanımlar getirilmiştir. AB'ye üye ülkelerden ilerleme raporlarında ulusal hedefleri belirlemeleri istenmiştir. AB'de biyoyakıtlar enerji güvenliği, tarımsal kalkınma ve küresel ısınmayla mücadele açısından büyük önem taşımaktadır. Enerji politikalarında vergilendirmede "kirleten öder" kriterini kullanmaktadırlar. Çizelge 1.1.'de AB'nin 2030 yılına kadar biyoyakıt kullanımına yönelik hedeflediği yüzdeler görülmektedir.

Çizelge 1.1. AB Biyoyakıt kullanımı ve hedefleri (Ar, 2013)

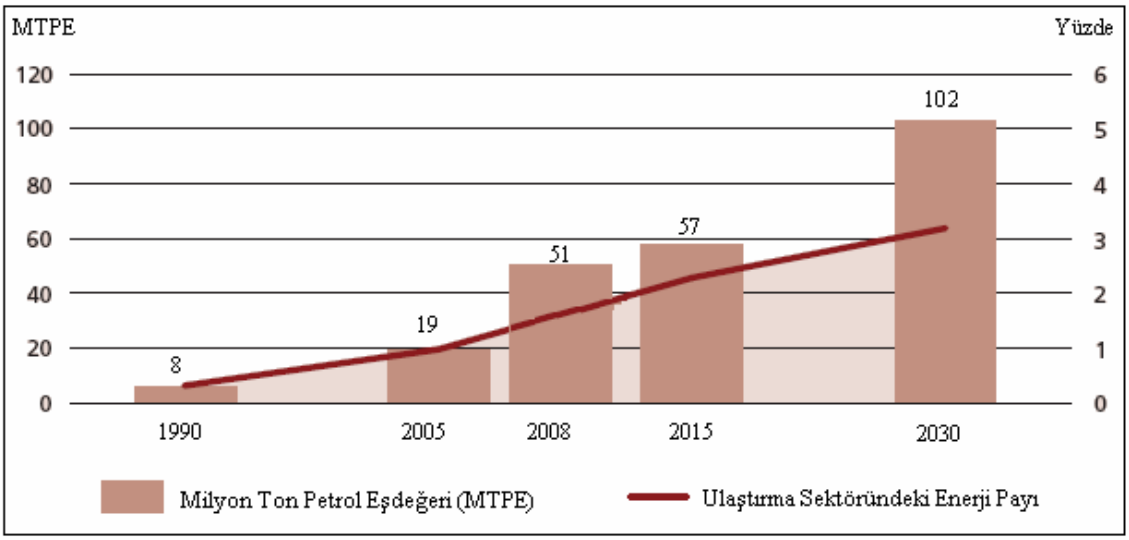
AB Biyoyakıt Kullanımı ve Hedefleri			
2007	**2010**	**2020**	**2030**
%5	**%5.75**	**%10**	**%25**

AB'de 2003 yılından bu yana biyoyakıtlar ve biyodizel için pek çok özendirici ve teşvik edici çalışmalar yapılmaktadır. AB Komisyonu Şubat 2006'da Biyoyakıtlarla ilgili 3 ana amacı ifade eden bir stratejiyi hayata sokmuştur.

Bu amaçlar:

- AB'de ve gelişmekte olan ülkelerde biyoyakıtların daha fazla teşvik edilmesi, pozitif çevresel etkinin temin edilmesi.
- Hammadde maliyeti nin rekabet edilebilir bir seviyeye getirilmesi, 2. kuşak biyoyakıtların AR-GE çalışmaları ve pazara girmelerinin desteklenmesi
- Biyoyakıt hammaddesi ve biyoyakıtlarla ilgili gelişmekte olan ülkelerdeki fırsatların araştırılmasıdır.

Şekil 1.1.'de 1990 yılından günümüze kadar ki dönemde biyoyakıt tüketimi ve 2030 yılı projeksiyonu milyon ton petrol eşdeğeri cinsinden gösterilmektedir. Buna ek olarak, biyoyakıtların ulaştırma sektöründe kullanılan yakıtlar içerisindeki payı da şekil 1.1.'de yer almaktadır (Hatunoğlu, 2010).



Şekil 1.1. Dünya Biyoyakıt Tüketim Piyasasındaki Gelişmeler (1990-2008) ve 2015- 2030 Projeksiyonu (Hatunoğlu, 2010)

Dünyadaki mevcut enerji kaynaklarına, ispatlanmış rezervleri ve yıllık üretim miktarları açısından bakıldığında, rezerv ömrünün; petrol için 44 yıl olacağı tahmin edilmektedir. Tüm dünyada en temel enerji kaynağı durumunda olan petrol, 2008 yılı itibariyle global enerji ihtiyacının %34,6'sını karşılamıştır (Anonim, 2012b).

Petrol rezervinin 102 milyar tonu (%57) Orta Doğu Ülkelerinde, 16,7 milyar tonu (%9) Rusya ve Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT) ülkelerinde, 16,9 milyar tonu Afrika'da (%10) bulunmaktadır (Anonim, 2012b)..

1.1.4. Türkiye'de biyodizel

Türkiye biyodizelle ilgili ilk çalışmasını AB'den önce 1934 yılında "Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı" adı altında Atatürk Orman Çiftliğinde yapmıştır (Narin, 2008).

Türkiye'de biyodizel, dünyadaki gelişmelerin etkisinde 2000'li yılların başında gündeme gelmiştir. Üniversitelerdeki çalışmalar hızla gelişmiştir. 2001 yılında Sanayi ve Ticaret Bakanlığında "Biyodizel Çalışma Grubu" oluşturulmuştur (Narin, 2008).



Şekil 1.2. Türkiye'de biyodizel kurulu kapasitesinin yakıt tüketimine göre durumu (Anonim, 2012a)

Türkiye biyodizelde kurulu kapasite itibariyle Dünya'da Almanya'dan sonra 1.5 Milyon Ton ile ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye, kurulu kapasitesini özellikle AB'nin kendi ihtiyacı için zorunlu kıldığı miktarları karşılayabilecek ve biyodizelde önemli bir ihracat merkezi olabilecektir (Anonim, 2012a).

Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri (YAME) içeriğinin:

01/01/2014 tarihi itibariyle en az %1 (V/V),

01/01/2015 tarihi itibariyle en az %2 (V/V),

01/01/2016 tarihi itibariyle en az %3 (V/V),

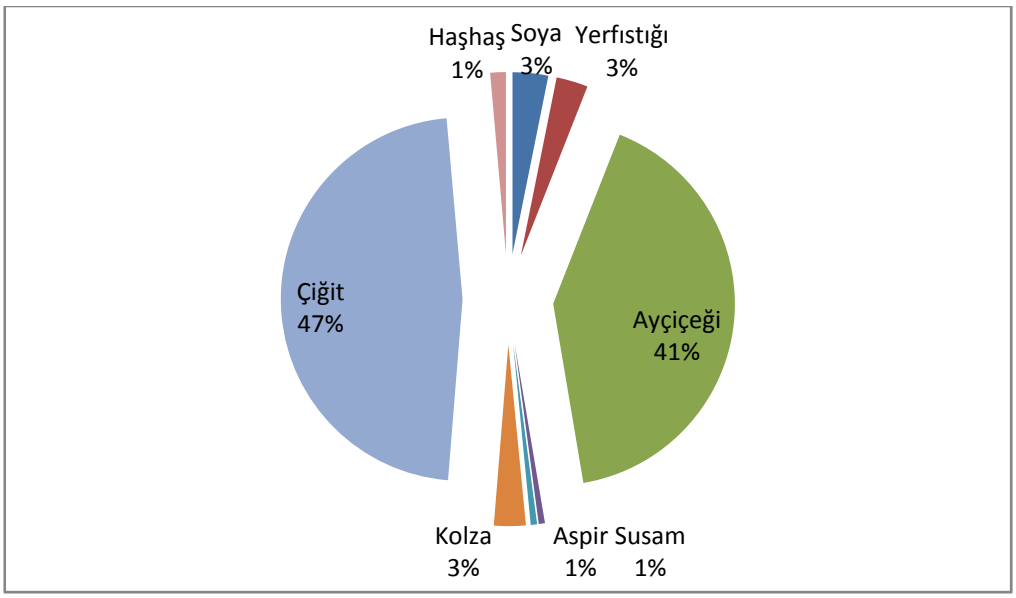
zorunlu hale getirilmiştir ve 27/09/2011 tarih ve 28067 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır.

%1'lik harmanlama zorunluluğu getirildiğinde ihtiyaç duyulacak olan biyodizel miktarı yaklaşık 165.000m^3 olacaktır. Bu zorunluluğun getirilmesiyle, Türkiye'de üretilen yağlı tohumların miktarının artırılması gerekmektedir.

Çizelge 1.2. ve Şekil 1.3.'te Türkiye'nin yağlı tohumlardaki üretim miktarları ve oranları verilmektedir. Ülkemizde en fazla yetişen yağlı tohum bitkileri çiğit ve ayçiçeğidir.

Çizelge 1.2. Türkiye Yağlı tohumlar üretim miktarları (Anonim, 2012c)

	Üretim (ton)
Soya	102 260
Yerfıstığı	90 416
Ayçiçeği	1 335 000
Susam	18 000
Aspir	18 228
Kolza	91 239
Çiğit	1 527 360
Haşhaş	45 077

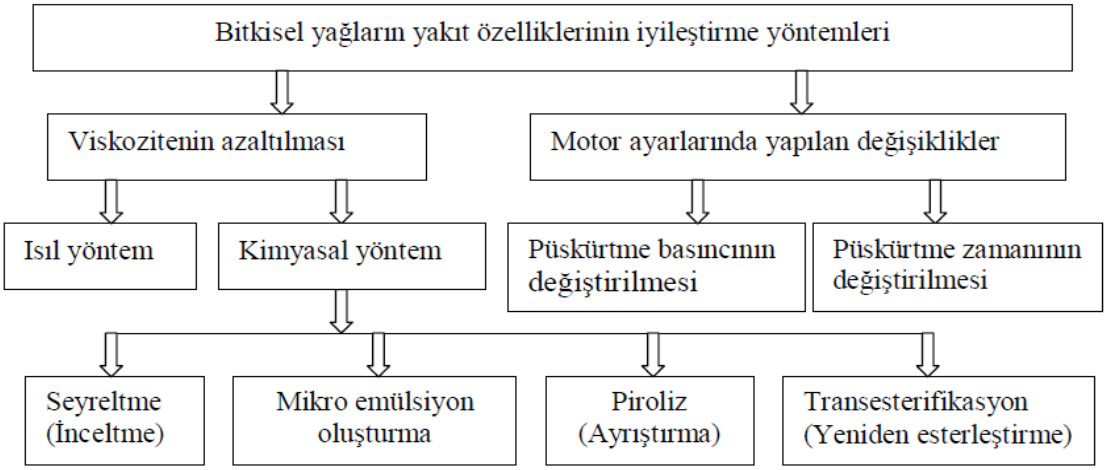


Şekil 1.3. Türkiye yağlı tohumlar üretim oranları (Anonim, 2012c)

1.1.5. Bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi

Bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalar, öncelikle yağların viskozitelerini azaltmaya yöneliktir. Bitkisel yağların viskozitelerinin azaltılmasında, ısıl ve kimyasal yöntem olmak üzere iki yöntem uygulanmaktadır (Alptekin, 2006).

Bitkisel yağlardan yaklaşık olarak hidrokarbon kökenli dizel yakıtı özelliklerinde ve performansında yakıt elde etmek için şimdiye kadar birçok çalışma yapılmıştır. Trigliseridleri dizel yakıtı olarak kullanmada karşımıza çıkan sorunlar çoğunlukla onların yüksek vizkozitesi, az uçuculukları ve çoklu doymamışlık özellikleri ile ilişkilidir. Bu özellikleri değiştirmek için en çok kullanılan dört yöntem şunlardır: (Demir, 2006)



Şekil 1.4. Bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi (Ulusoy 1999)

Bu yöntemlerden en çok kullanılanı transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon, bir trigliserit molekülünün bir alkol ve katalizör eşliğinde reaksiyona girerek, gliserin ve yağ esterleri üretmesi sürecidir. Biyodizel olarak adlandırılan monoesterler, bitkisel veya hayvansal yağların transesterifikasyonu ile üretilir. Stokiyometrik bir transesterifikasyon reaksiyonu için alkol ve yağın mol oranı 3:1 olmalıdır. Reaksiyon sonunda 3 mol yağ asidi esterleri (biyodizel) ve 1 mol gliserin üretilir. (Alptekin, 2006)

Seyreltme yönteminde, bitkisel yağlar dizel yakıtı ile belli oranlarda karıştırılarak seyreltilmekte, böyle viskozite belirli oranlarda düşürülmektedir.

Seyreltme yöntemi uygulamalarında, en çok tercik edilen bitkisel yağlara örnek olarak, ayçiçek yağı, soya yağı, aspir yağı, kolza yağı yer fıstığı yağı ve kullanılmış kızartma atık yağları kullanılmaktadır (Oğuz ve Öğüt, 2001).

Mikro emülsiyon oluşturma yöntemi; metil ve etil alkol gibi kısa zincirli alkollerle bitkisel yağın mikro emülsiyon haline getirilmesinden ibarettir. Bu yöntemin sakıncası alkollerin setan sayılarının düşük olması nedeniyle emülsiyonunda setan sayısının düşük olması ve düşük sıcaklıklarda karışımının ayrışma eğilimi göstermesidir (Aydın, 2007).

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

1.1.6. Transesterifikasyon

Alkoliz olarak da adlandırılabilen transesterifikasyon, trigliseridlerin viskozitesini azaltmak amacıyla uygulanan bir işlemdir. Transesterifikasyon yöntemi; bitkisel yağların monohidrik bir alkolle (metanol, etanol), katalizör (asidik, bazik katalizörler ve enzimler) varlığında esas ürünler olarak yağ asidi esterleri ve gliserin ortaya çıkartarak esterleştirilmesi işlemidir (Karabektaş, 2008). Transesterifikasyon sürecinde metanol, etanol, propanol, butanol ve amil alkoller kullanılabilmesine rağmen düşük maliyeti, kimyasal ve fiziksel avantajları nedeniyle metil alkol yaygın olarak kullanılmaktadır (Fukuda, 2001).

1.1.7. Biyodizel standartları

Biyodizel saf ve motorin-biyodizel karışımları şeklinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Biyodizel için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ile ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir. Ülkemizde EN 14214 ve EN 14213 standardı temel alınarak TSE Standardı hazırlanmıştır.

Uluslararası Standart Teşkilatı (ISO)'nın "Belirli bir çalışmanın, o çalışma ile ilgili çevrelerin ve özellikle ekonominin yararına yapılabilmesi için tüm tarafların, katkı ve işbirliği ile belirli kurallar koyma ve bu kuralları uygulama işlemi" olarak tanımladığı Standardizasyon diğer alanlarda olduğu gibi Biyodizel alanında da ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla Avrupa Standardizasyon Teşkilatı CEN

(Committee for European Normalisation) 1997 yılında Yağ Asidi Metil Esterlerin yakıt olarak dizel motorlarda kullanımı için standart geliştirmiştir. Bu alandaki öneriler, biyodizelle ilgili çalışmaları desteklemek ve biyodizel kullanan, motor parçalarının garantisini sağlamaya yönelik olmuştur. Biyodizel alanındaki standardizasyon çalışmaları, ekolojik özelliklerin yakıt özelliklerini sıklıkla etkilemesinden kaynaklanmış ve yakıt özelliklerini stabil hale getirme alanında olmuştur (Eryılmaz, 2009).

Biyodizelin dizel yakıtlara alternatif olabilmesinin şartı, kalite değerlerinin motorin ile rekabet edebilir olmasıdır. İyi bir üretim yöntemi ile biyodizel, motorine yakın değerler göstermektedir.

Biyodizel kullanımının yaygınlaşması, ilgili standartları da beraberinde getirmiştir. Birçok ülke biyodizel ile ilgili standartlarını hazır hale getirmiştir. Ülkemizde de biyodizel ile ilgili standartlar, 27.09.2005 tarihinde TS EN 14213, 29.06.2009 tarihinde TS EN 14214 no'lu standartlar olarak kabul edilmiş ve Türk Standartları arasına girmiştir. Motorin ve karışımlarla ilgili olan standart ise 27.09.2005 tarihinde kabul edilen TS 3082 EN 590 standardı kullanılmaktadır (Eryılmaz, 2009).

1.2. Keten Tohumu

Keten (*Linum usitatissimum*); 30-100 cm yükseklikte, mavi çiçekli ve bir yıllık bir kültür bitkisidir. Latince ismi 'çok faydalı bitki' anlamına gelmektedir. Keten Mısırlılardan beri tarımı yapılan ve çok değişik amaçlarla kullanılan bir bitkidir. Tohumları; 4-6 mm uzunlukta, yumurta biçiminde, yassı, parlak, kırmızımtırak esmer renkli, kokusuz, lezzetli ve yağlıdır (Bozdemir, 2007).

Linaceae (Ketengiller) familyası 22 cinsten oluşmaktadır. Bunların en meşhuru *Linum L.* (Keten) cinsidir. Linum cinsi ise 200 den fazla tür içermektedir (Tutin ve ark., 1968). Başta Akdeniz çevresi olmak üzere, çoğunlukla kuzey yarımkürede, Ortadoğu (Yakın Doğu), Avrupa, Asya'nın ılıman bölgeleri, Kuzey Afrika ve Kuzey Amerika'da yayılış göstermektedir (Köyluoğlu, 2007).

Zeyrek, *Linum* cinsinin Avrupa'da 36 türü, Kıbrıs'da 8 türü, İsrail'de 9 türü, Irak'da 13 türü, Rusya'da 45 türü, İran'da 15 türü ve Türkiye'de 38 türü bulunmaktadır. Son yıllarda sayısı gittikçe artan floristik çalışmalarla bu türlere *L. maritimum L.* da eklenerek, tür sayısı 39'a ulaşmıştır. Türkiye'deki Linum taksonlarının endemizm oranı % 44'tür. Balkan Yarımadası ve Anadolu, Linum cinsinin dünyadaki en önemli yayılış alanlarından ve çeşitlilik merkezlerindendir. Endemizm oranının yüksek, alttür ve varyete sayısının fazlalığı bu cinsin gen merkezlerinden birinin Anadolu olabileceğini göstermektedir (Yılmaz, 2003).



Şekil 1.5. Keten bitkisi (Anonim, 2012d)

Keten bitkisinin tohumlarında linoeik, linolenik ve oleik asitleri içeren % 30-40 oranında sabit yağ, yapışkan bitki sıvısı, protein ve promarin adı verilen glikozit bulunur. Bitkinin tohumlarından elde edilen ve boyacılık, muşamba yapımı, kimi zaman da besin endüstrilerinde sıkça kullanılan bu yağa bezir ya da beziryağı denilir. Bitkinin tohumları ezilip yağı alındıktan sonra kalan küspesi değerli bir hayvan yemi olur. Ketenin gövdesinden elde edilen lifler de, makbul sayılan keten ipliği yapılmak üzere dokumacılıkta kullanılır (Anonim, 2013).

İklim koşullarının ketenin verim unsurları üzerinde önemli derecede etkisinin olduğu, sıcaklığın artması ile bitki gelişiminin ve bitkide su kullanımının azaldığı, yetiştirme tekniği paketinin çiçeklenme modeli, kapsül ve tohum olgunlaşmasına doğrudan ve dolaylı etkide bulunduğu, ekim zamanının verimi önemli derecede etkilediği, yağışa bağlı olarak verimin önemli derecede arttığı, yüksek sıcaklık ve gün uzunluğunun kuru madde oranını artırdığı ancak bitki boyunu nispeten azalttığı belirlenmiştir (Anonim, 2013).

1.2.1. Ketenin tohum yapısı

Keten tohumunun tohum yapısı makroskobik ve mikroskobik olarak tanımlanır. Oval merceksi tohum bir uçtan çıkar ve 4-6 mm kalınlığındadır. Yüzeyi düz ve genellikle parlaktır. Testa renk aralıkları saf sarıdan koyu kahverengiye doğrudur. Tohum kotiledonlar dahil embriyo ve endosperm, kabuk veya testadan oluşur. Kabuk sert ve lifli, az protein ve yağ içerir, zamklı karbonhidrat olanların haricindedir. Zamk kuru ağırlığı %2-7,5'tur ve yemekler sayesinde taşınır. Endosperm düzensiz aleurone taneler şeklinde ve hücreleri yağ damlacıkları içeren iki ya da altı tabaka parenchima dokudan oluşur. Kotiledon parankima dokusu, endosperm hücreleri benzer içeriklere sahiptir.

Keten tohumunda yaklaşık % 6,5-10 nem, % 20-24 protein,% 40-45 yağ,% 15-29, ham selüloz % 4,8-9 karbonhidrat ve %2,4-4 kül bulunmaktadır. Keten tohumunun özgül ağırlığı 0,924-0,926 g/cm^3 arasındadır.

Çizelge 1.3. Keten yağı özellikleri (Akbaş, 2000)

	Kırılma indisi	Erime noktası	Sabunlaşma değeri	İyot değeri	Asit değeri	Sabunlaşmayan madde(%)
Keten yağı	1,474-1,479	0	189-194	175-185	1-3	0,5-1,5

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda keten tohumunda bulunan yağ asitleri oranı %30-40 arasındadır. Sabit yağlar içinde doymamış yağ asitleri çoğunluktadır; linoleik asit %36-50, linolenik asit 10-25,oleik asit %13-30 arasındadır. Doymuş yağ asitleri % 5-11 olup başlıca miristik asit, palmitik ve stearik asittir (Konuklugil, 2004).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Biyodizel ve motor performansı ile yapılan çalışmalar

Güner (1990), çalışmasında, kızartma yağını transesterifikasyon işlemine tabi tutarak 1 saatlik reaksiyon sonunda ester verimini %67 olarak tespit ettiğini, elde ettikleri metil esteri dizel yakıtına %10 ve %20 oranlarda karıştırarak yakıt özelliklerini incelediğini, sonuçları Petrol Ofisi motorin spesifikasyonu (TÜPRAŞ) ile karşılaştırdığını, metil ester ve dizel yakıtı karışımlarının dizel yakıtı alternatifi olabileceğini belirtmiştir.

Alibaş ve Ulusoy (1995), çalışmalarında, bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılabilme olanaklarının iyileştirilmesinde, motorla ilgili çalışmaların ikiye ayrıldığını, bunlardan birincisi, yakıt püskürtme zamanının değiştirilmesi, genellikle avansın artırılması yanmanın iyileştirilmesini sağladığını, ikinci yöntemin ise, daha iyi atomizasyon karakteristiğine ulaşmak için püskürtme basıncının artırılması gerektiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, acil durumlarda bitkisel yağların %25 karışım oranına kadar kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Radu ve Mircea (1997), çalışmalarında 3 silindirli, direkt püskürtmeli ve 17/1 sıkıştırma oranlı dizel motorunda ayçiçeği yağı ve dizel yakıtı karışımlarını kullanarak, %20, %40 ve tam yükte, güç, moment ve yakıt tüketimi ölçümünü yaptıklarını, bitkisel yağ ve dizel yakıtı karışımlarının; düşük yanma ısısı ve yüksek viskoziteye sahip olduğunu ve ham olarak kullanılan bitkisel yağ yakıtlarına göre; güç, moment ve yakıt tüketimi açısından daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Oğuz (1998), ayçiçek yağına seyreltme metodu uygulayarak 43 kW gücünde 3 silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda denemiştir. Ayçiçek yağı ile dizel yakıtını hacimsel olarak %20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 oranlarında karıştırarak seyreltme işlemi yapmıştır. Elde edilen yakıtların yakıt özelliklerini belirlemiş ve motorda hiçbir değişiklik yapmadan denemiştir. Sonuç olarak, motor performansında önemli bir değişikliğin meydana gelmediğini ancak özgül yakıt tüketiminde artışların meydana geldiğini belirtmiştir. Ölçtüğü emisyon değerlerinde özellikle duman yoğunluğunda önemli miktarda azalmaların meydana geldiğini belirtmiştir.

Öğüt ve Oğuz (2002), yaptıkları çalışmada, biyodizelin dizel yakıtından daha iyi yağlayıcılık özelliğine sahip olduğunu bununda motorun daha rahat çalışmasını sağladığını, bütün dizel motorların özel bir dizayn olan enjeksiyon sistemi ile çalıştığını, buradaki hareket eden iç parçaların yağlamasının yakıt ile sağlandığını, yakıttaki

yağlayıcı özelliğin yetersizliğinde ya düşük basınca sebep olduğunu ya da aşınmalar oluştuğunu vurgulamışlardır.

Oğuz (2004), yaptığı çalışmasında, ürettiği fındık yağı biyodizelinin dizel motorlarda yakıt olarak güvenle kullanılabileceğini belirtmiştir. Fındık, diğer yağ bitkilerine oranla ortalama %63,6 gibi yüksek oranda yağ içerdiğini, elde edilen yağın oleik ve linoleik yağ asidi oranlarının biyodizel yapımı için uygun olduğunu vurgulamıştır. Ham yağın viskozitesi düşük olduğu için transesterifikasyon işleminin kolay gerçekleştiğini ve elde edilen biyodizelin viskozitesi başta olmak üzere fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dizel yakıtına oldukça benzediğini belirtmiştir.

Soylu ve ark. (2004), alternatif yakıtlar üzerine yaptıkları bu çalışmada, biyodizel yakıtının motorinden düşük ısıl değere, yüksek yoğunluğa, oksijen içeriğine ve yüksek setan sayısına sahip olması motor performansı ve egzoz emisyonlarında farklılık görülmesine sebep olduğunu belirtmişlerdir. Düşük ısıl değerin biyodizel ve biyodizel-motorin karışımlarında motor gücünü ve torkunu azalttığını, yakıt tüketimini ise artırdığını belirtmişlerdir. Oksijen içeriğine bağlı olarak iyi yanma karakteristiklerinin ısıl verimi artırdığını, iyi yanmaya bağlı olarakda CO emisyonlarında azalma, NO_X emisyonlarında ise artış olduğunu, hemen hemen hiç kükürt içermediğinden SO_2 emisyonunun oluşmadığını, bununda asit yağmurları için olumlu bir aşama olduğunu, biyodizel yakıtı ile HC, PM ve is emisyonlarında azalmalar olduğunu belirtmişlerdir.

Yaman ve Çanakçı (2004), biyodizelin soğuk akış özelliklerini iyileştirmek için iki yaygın yöntemin kullanıldığını, bunların, katkı maddesi ve kışlatma (winterizasyon) yöntemleri olduğunu, katkı maddesinin akma noktasını düşürücü etkisiyle yakıtın kristalleşme ve filtre tıkanma derecelerini olumlu etkileyeceğini belirtmişler.

Öğüt ve ark. (2005), Avrupa Birliği Ülkelerinde 2005 yılında yürürlüğe giren benzin ve motorine %2 oranında biyoetanol ve biyodizel katma mecburiyetinin ülkemizde de uygulanması için gerekli çalışmaların sürdürüldüğünü ve Türkiye'nin benzin tüketiminin 4.5 milyon m^3, %2'lik karışım oranında 90 000 m^3'lük biyoetanol, 12 milyon m^3 lük motorin ve tüketimimiz içinde 240 000 m^3, biyodizelin yoğunluğunun 0.86 ile 0.90 g/cm'lük biyodizel ihtiyacının olduğunu vurgulamışlardır.

Öğüt ve ark. (2006), farklı iyot sayılarına sahip, soya yağı biyodizeli (iyot sayısı 126.914) ve ayçiçek yağı biyodizeli (iyot sayısı 113.222), yeni durumdaki tek silindirli 4 zamanlı dizel bir motorda 1800 d/d da, 1144 m rakımda, 24 ºC ortalama sıcaklık ve %30.77 ortalama bağıl nem çevre şartlarında başlangıç, 50 saat ve 100 saat olmak üzere

3 kademede enjektör testini yaptıklarını ve üzerindeki karbon birikintisinin ölçüldüğünü, soya biyodizelinde sırasıyla 50 saat ve 100 saat sonunda %0.47 ve %0.54, ayçiçeği biyodizelinde %0.45 ve %0.46 artış olduğunu, ayrıca motor yağlama yağını da inceleyerek, her bir biyodizel ile çalışmaya başlamadan önce motor yağını değiştirdiklerini ve 100 saatlik çalışma sonunda seyrelme olup olmadığının kontrol edildiğini, yeni motor yağı viskozitesinin 112.05 mm^2/s iken soya biyodizeli ile 100 saat çalışma sonunda 85.158 mm^2/s ye; ayçiçek biyodizeli ile 100 saat çalışma sonunda 83.813 mm^2 ye düştüğünü, dikkate değer bir seyrelmenin görüldüğünü ancak bunun iyot sayısına göre değişmediğinin sonucuna vardıklarını belirtmişlerdir.

Öğüt ve ark. (2007), çalışmalarında, özellikle tarım kesiminde "Bitkisel Yağın Uygun Traktörlerde Yakıt Olarak Kullanılabilmesi" için "Yakıt Amaçlı Bitkisel Yağ Standardının" oluşturulması gerektiğini, bu düzenleme aynı zamanda yağ bitkileri tarımını da yaygınlaştırabileceğini belirtmişlerdir.

Nabi, (2008), çalışmasında, ilk aşamada farklı parametrelerin optimizasyonunu, ikinci aşamada ise dizel- biyodizel karışımlarının motor performansına etkilerini incelemiştir. Katalizör, metanol ve reaksiyon süresinin değişmesiyle biyodizel üretiminin değiştiğini ve dizel yakıt ile karşılaştırıldığında, biyodizelin neredeyse aynı ısıl verim, düşük karbon monoksit (CO) ve partiküler madde (PM) sonuçları verdiğini göstermiştir.

Atabey (2009), bu araştırmada, yerli aspir çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının bazı tarımsal özellikler ve biyodizel kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Deneme Tarlasında 2006 yılında kuru şartlarda yürütülmüştür. Konular 3 çeşit (Yenice, Dinçer ve Remzibey) ve 3 ekim zamanı (28 Mart, 27 Nisan ve 25 Mayıs) olarak ele alınmıştır. Deneme "Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller" deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Elde edilen aspir yağlarından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretimi yapılmıştır. Biyodizellerde yağ asitleri bileşimleri çeşitlere bağlı olarak önemli derecede değişmiş, Yenice'de oleik asit %12.34, linoleik asit %73.66, palmitik asit % 6.29, stearik asit %2.15, Dinçer□de oleik asit %12.16, linoleik asit %76.90, palmitik asit %6.04, stearik asit %2.16 değerlerindedir. Remzibey çeşidinde oleik asit % 38.18, linoleik asit % 48.60, palmitik asit % 6.05, stearik asit % 2.23 olarak bulunmuştur. TS EN 14214 biyodizel standardına göre yapılan kalite kontrollerinde yüksek kaliteli biyodizel üretimi amaçlandığı durumlarda Remzibey çeşidinin kullanılması önermiştir.

Demirbaş (2009), çalışmasında, keten tohumu yağından katalitik olmayan süper kritik akışkan koşulları altında transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretmiş ve bu koşullar altında ester dönüşüm verimine önemli bir etkisi olduğunu gözlemlemiştir. Yağın mol oranın artmasıyla alkil ester veriminin arttığını belirtmiştir.

Eryılmaz (2009), bu çalışmada, yabani hardal tohumunun ve bundan vidalı pres yardımıyla elde edilen ham yağın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Bu yağdan transesterifikasyon yöntemi ile yabani hardal yağı metil esteri (YHME) üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen B100 formundaki biyodizeli hacimsel olarak %20 ve %2 oranında motorinle karıştırarak, B20 ve B2 formunda yakıtlar elde edilmiştir. Bütün bu (B100, B20 ve B2) yakıtların fiziksel, kimyasal ve yakıt özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen yakıtlar, dört zamanlı, 3 silindirli, 60 BG, direkt püskürtmeli TÜMOSAN 3D 29T dizel bir motorda denenerek motorin ile karşılaştırılmış ve moment, güç, yakıt tüketimi, motor gürültü değerleri ve duman koyuluğu incelenmiştir.

Bannister ve ark. (2009), çalışmalarında, bitkisel yağlar, hayvansal yağlar veya atık yağların içindeki trigliseridleri transesterifikasyon yöntemiyle sentezlenerek biyodizel üretmişlerdir. Üretilen biyodizel motorin ile %5, %10, %20, %30 ve %50 oranlarında karıştırmışlar ve bu karışımlar Common-rail direk enjeksiyonlu bir araçla, şasi dinamometresinde belli hızlarda yapılan deneylerde motor performansı ve emisyonları ölçmüşlerdir. Egzoz emisyonlarında da NOx hariç azalma görülmüştür. Motor performansı bu çalışmada çekiş gücü olarak değerlendirilmiş ve biyodizel oranları arttıkça motor çekişinde azalma görülmüştür. Yakıt tüketiminde biyodizel oranı arttıkça tüketimin arttığı görülmüştür.

Ghobadian ve ark. (2009), atık bitkisel yağlardan üretilen biyodizelin, dizel motor performans ve emisyonuna etkisinin yapay sinir ağlarıyla analizleri üzerinde çalışmışlardır. Gerçekleştirilen deneylerde kullanılan atık yağlar bir restaurant'dan temin edilmiştir. Atık yağlardan üretilen biyodizelin özellikleri ASTM standartlarına uygun olarak ölçülmüştür. Atık yağlardan üretilen biyodizelin dizel motordaki tork, güç, egzoz emisyonları değerlerinin tespiti bir yapay sinir ağıyla sağlanmıştır. Test motoru olarak 2 silindirli ve 4 zamanlı bir dizel motoru kullanılmıştır. Değişik motor hızlarında ve tam yük şartlarında, atık yağlardan elde edilen biyodizel ve dizel yakıtı ile karışımları test edilmiştir. Yapay sinir ağıyla elde edilen veriler gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen biyodizelin dizel motorunda kullanılmasıyla motor performans ve emisyon değerlerinde iyileşmeler saptanmıştır. Sonuç olarak bir yapay

sinir ağı sisteminin motor performans ve emisyonlarının saptanmasında kullanılabileceği belirlenmiştir.

Eevera ve ark. (2009), Bu çalışmada hindistancevizi yağı, palmiye yağı, yer fıstığı yağı ve pirinç kepeği yağı gibi yenilebilir yağlarla, pongamia, neem (Hindistan ülkesindeki bir bitki) ve pamuk tohumundan elde edilen gıda niteliği olmayan yağlardan biyodizel üretimi üzerine çalışılmıştır. Biyodizel üretimi sürecine etki eden katalizör türü ve miktarı ile mol oranı, reaksiyon süresi, ve reaksiyon sıcaklığı gibi parametreler göz önünde bulundurularak optimum noktanın belirlenmesi için deneyler yapılmıştır. Elde edilen esterlerin özgül ağırlık, asit oranı değeri, iyon sayısı, nem oranı gibi yakıt özellikleri belirlenmiştir. Setan sayısı ve iyon sayısı dikkate alındığında palmiye ve Hindistan cevizinden üretilen metil esterlerinin soğuk havalarda dizel motorlarında kullanılmaya elverişli olmadığı ancak sıcak iklim şartlarında bu yakıtların kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Gümüş ve Kaşifoğlu (2010), kayısı çekirdeğinin yağından elde ettikleri biyodizeli dizel yakıtı ile farklı oranlarda karıştırarak dizel motorunda test etmişleridir. Test motoru olarak tek silindirli Lombardini 6 LD 400 motorunu kullanmışlardır. B5, B20, B50, B100 ve dizel yakıtları motor performans ve emisyon testlerine tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda B5 ve B20 yakıtlarının dizel yakıtından daha iyi güç değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın B50 ve B100 yakıtların kullanılmasıyla motor gücünde azalma eğilimi gözlenmiştir. Kullanılan biyodizel oranı arttıkça emisyon değerlerinde iyileşmeler saptanmıştır. Motor performans ve emisyon testleri sonucunda kayısı çekirdeğinden üretilen biyodizelin, dizel motorda herhangi bir modifikasyonu gerek duyulmadan kullanılabileceği belirlenmiştir.

İlkılıç ve ark. (2011), Bu çalışmada, aspir yağından katalizör olarak sodyum hidroksit (NaOH) ve metanol kullanılarak transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretilmiştir. Üretilen biyodizel dizel yakıtı ile hacimsel olarak %5 (B5), %20 (B20) ve %50 (B50) karıştırılmıştır. Daha sonra dizel yakıtı, %100 biyodizel yakıtı ve karışım yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Motor performansı ve egzoz emisyon testleri tüm yakıtlarda tek silindirli bir dizel motorda yapılmıştır. Ortalama performans değerlerine bakıldığında dizel yakıtının değerlerine göre B5, B20 ve B50 yakıtlarında sırasıyla %2,2 , %6,3 , %11,2 oranında azalmıştır. Özgül yakıt tüketimi değerleri ise dizel yakıtının değerlerine göre B5, B20 ve B50 yakıtlarında sırasıyla %2,8 , %3,9 ve %7,8 oranında artış olduğu tespit edilmiştir. Egzoz emisyonu değerlerine bakıldığında dizel yakıtına göre biyodizel karışımlı yakıtlarda karbon monoksit (CO) ve

partikül madde (PM) değerlerinde azalma, azot oksit (NO_x) ve hidrokarbon (HC) değerlerinde ise artma görmüşlerdir. Sonuç olarak aspir yağından elde edilen biyodizelin, motor performansı ve egzoz emisyonları bakımından petrol esaslı dizel yakıtına göre motorda hiçbir değişiklik yapmadan kullanılabileceğini görmüşlerdir.

Fazal ve ark. (2011), bu çalışmalarında otomobillerde yakıt olarak biyodizelin kullanımını değerlendirmişlerdir. İlk bölümde, dizel yakıtı ile biyodizel yakıtlarını karşılaştırarak malzeme uyumluluğu hakkında bilgi verilmiştir. Biyodizelde kompozisyon farklılıkları nedeniyle motor parçalarında korozyona neden olduğunu belirmişlerdir. İkinci bölümde ise motor performansı, emisyon ve motor dayanıklılığı hakkında karşılaştırmalı olarak bilgi vermişlerdir. Bu durumda, emisyonların azaldığını ama yakıt filtresini tıkanmanın, enjektörde koklaşmanın ve hareketli parçalarda yapışmanın arttığını belirlemişlerdir.

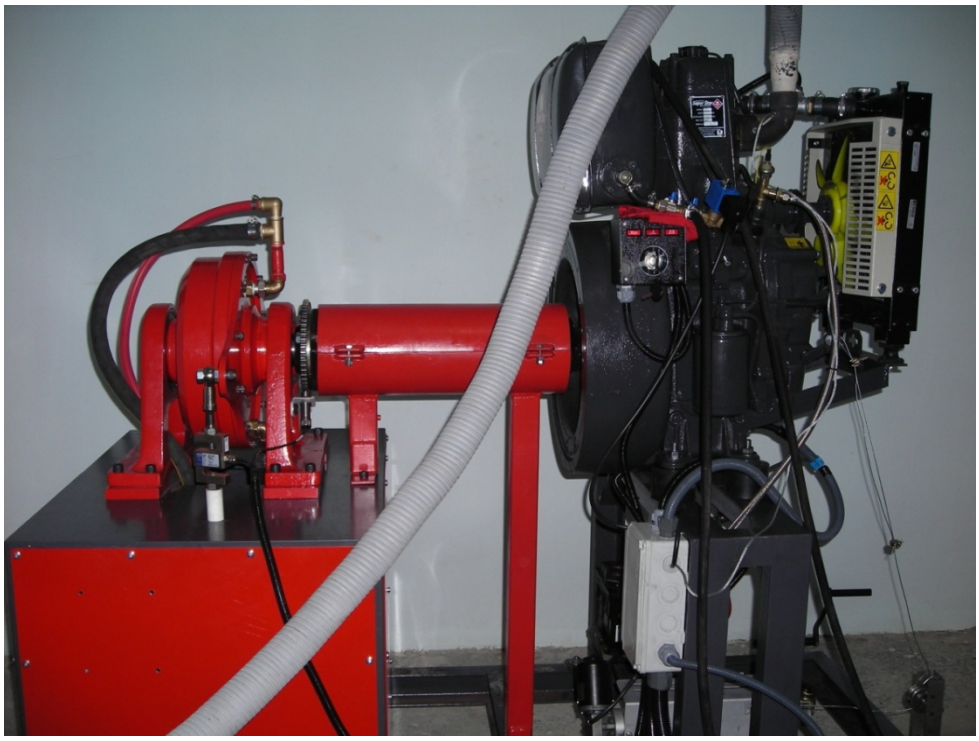
Dixit ve ark. (2012), Çalışmasında, yemeklik olmayan keten yağı biyodizelini ve karışımlarını dizel yakıtı ile karşılaştırmış ve yakıt özelliklerini, motor performansına etkilerini araştırmıştır. Keten yağı daha düşük oksidatif stabiliteye sahip olduğunu ve keten tohumu yağı esterinin keten tohumu yağına göre daha iyi bir istikrar gösterdiğini belirtmiştir. Keten tohumu yağı oksidatif stabilitesi ile ilgili bir araştırmaya ihtiyaç olduğunu ve bu biyodizelin gelecek vaat eden bir enerji kaynağı olduğunu belirtmiştir.

Kumar (2013), bu çalışmasında, bir grup reaktörde keten tohumu yağının bazik katalizörlü transesterifikasyon simulasyonu ve hareketini anlatılmıştır. Sıcaklığın etkilerini, katalizör konsantrasyonu ve trigliserid içindeki mol oranını deneysel olarak incelemiştir. Trigliserid kararlılık dönüşümlerinin %88-96 aralığında olduğu gözlenmiştir. Katalizör konsantrasyonunun önemli bir etkisi yokken, sıcaklık artışı ve kararlılık dönüşümlerinin mol oranı artmıştır. Verilerin çevrimlerini görmek için tersinir bir haraket modeli uygulanmıştır. İleri ve geri reaksiyonlar için model parametreleri tahmin ve optimize edilmiştir. Transesterifikasyon hareketi üzerine etkisi gözlenen kritik bir mol dönüşümünü göstermek için farklı koşullarda bazı şartlar oluşturulmuştur. Keten tohumu yağından üretilen biyodizelin karakteristiği dizel yakıta benzer özellik göstermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Tez çalışmasında kullanılan keten tohumları Konya Büyük Buğday Pazarında bulunan Mete Ticaret'ten temin edilmiştir. Tohumdan yağ elde etmek için ortalama tohum işleme kapasitesi (keten tohumu için) 20 kg/h olan Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan vidalı yağ çıkarma presi kullanılmıştır. Elde edilen keten tohumu yağından, Keten Yağı Biyodizeli (Keten Yağı Metil Esteri) üretimi transesterifikasyon yöntemi ile Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Biyodizel Laboratuarı'nda DPT 2004/7 no'lu proje kapsamında kurulan 100 L/h kapasiteli Programlanabilir Kontrol Cihazı (PLC) destekli Pilot Üretim Tesisi'nde gerçekleşmiştir. Elde edilen keten biyodizeli Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Atölyesinde bulunan tek silindirli Süper Star 11015 15BG gücünde ve hidrolik dinamometreye bağlı olan motorda (Şekil 3.1) kullanılmıştır. Bu çalışmada, motorin Opet firmasından temin edilmiştir. Çizelge 3.1'de, motora ait teknik özellikler verilmiştir.



Şekil 3.1. Deneylerde kullanılan Süper Star 11015 motoru ve hidrolik dinamometre

Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan motorun teknik özellikleri

Tip	
	Tek silindirli, Direk enjeksiyonlu
Silindir Sayısı	1 adet
Silindir Çapı	108 mm
Strok	100 mm
Silindir Hacmi	0,92 litre
Sıkıştırma Oranı	17:1
Max. Güç	11,32 kW
Max. Tork	60 Nm
Yakıt Enjeksiyon Pompası	Bosch Tip
Soğutma Sistemi	Su Soğutmalı

Ketenden elde edilen biyodizel yakıtı motorinle %2 (B2), %5 (B5), %20 (B20) ve %50 (B50) oranında karıştırılmıştır. Karışımlar sonucunda elde edilen B2, B5, B20, B50, B100 ve motorin yakıtının viskozitesi, yoğunluğu, su miktarı, ısıl değeri, parlama noktası, bulutlanma, donma ve akma noktası, bakır çubuk korozyonu testi, soğukta filtre tıkama noktası (STFN) testleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Biyodizel Laboratuarında yapılmıştır.

3.1.1. Vidalı yağ çıkarma presi

Biyodizel üretiminde kullanılan keten yağı Çizelge 3.2'de teknik ve işletme özellikleri verilen, S.Ü. Ziraat Fakültesi Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan filtreli vidalı yağ çıkarma presi ile elde edilmiştir. Preste kolza, hardal, ayçiçeği, susam, devedikeni tohumları ve diğer yağlı tohumlardan da yağ elde edilmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Yağ çıkarma işleminin yapıldığı vidalı presin genel görünüşü

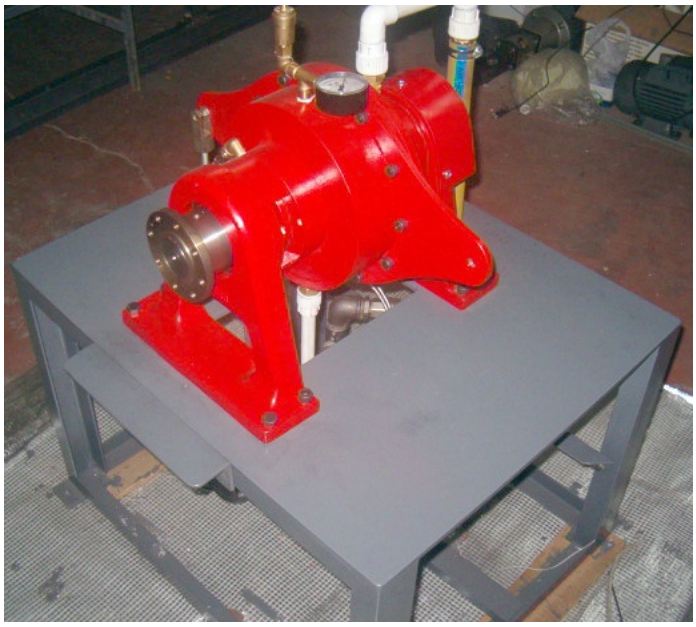
Çizelge 3.2. Vidalı Yağ Çıkarma Presinin Teknik Özellikleri

Marka		Farmer 20
Model		Farmet DUO-P
Tip		Vidalı pres
İmalat Yılı		2006
Presleme Girişi Tohum Özellikleri		Min. Tohum Sıcaklığı 15 °C, Nem %5-7
Dişli Kutusu Yağı Viskozitesi		40 °C'de 220 mm^2/s
Dişli Kutusu Yağ Kapasitesi		2.2 Litre
Voltaj/Frekans (V/Hz)		230V/50Hz
Farmer 20 Sistemi Genel Ölçüleri	**Uzunluk**	1700 mm
	Genişlik	1300 mm
	Yükseklik	1750 mm
	Ağırlık	230 kg
Elektrik Motoru Voltajı		230/400 V
Elektrik Motoru Gücü		2.2 kW
Tohum Presleme Kapasitesi		18-25 kg/h
Gürültü		Max. 70dB
Pres Ağırlığı		105 kg
Preslemeye Öncesi Başlık Sıcaklığı		60 °C
Küspe Çıkış Ağzı Çapları		6,8,10 mm
Yağ Filtreleme Kapasitesi		10 Litre/h (Yağ Sıcaklığı min. 30 °C)
Filtreleme Pompa Basıncı		2.5-3.5 bar

3.1.2. Hidrolik Dinamometre

Motor deneylerinde, motor performansını belirlemek için Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri bölümünde bulunan hidrolik dinamometre kullanılmıştır. Hidrodinamik dinamometre bir adet stator ve bir adet rotordan ibarettir. Rotor Mili kardan mili vasıtası ile Motor volanına irtibatlandırılacak şekilde konstrükte edilmiştir. Rotor ile stator arasında SAE 15 yağ kullanılmaktadır. Sistem harici bir yağlamaya gerek duymadan çalışmaktadır. Dinamometre tahrik mili Spline'lı olup dövme çelikten imal edilmiştir. Standart flanşlar doğrudan bağlanabilmektedir. Rotor ve stator alaşımlı dökümden yapılmış olup yüksek mukavemetlidir (Anonim, 2011).

Hidrolik dinamometre Şekil 3.3'te, teknik özellikleri de Çizelge 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Hidrolik dinamometre

Çizelge 3.3. Hidrolik Dinamometre Teknik Özellikleri

Frenleme Torku Aralığı	0–1700 Nm Aralığında sonsuz olup doğruluk ± 1
Çalışma Hızı	0- 7500 Devir/dakika
Gövde Çapı	350 mm
Tork Kolu Uzunluğu	350 mm olup simetrik yapıdadır.

3.1.3. Manyetik Pick-Up

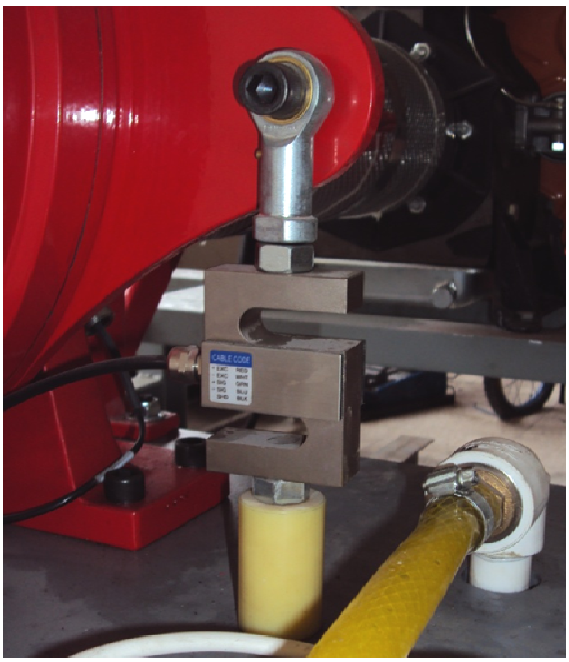
Şekil 3.4'de görülen manyetik pick-up, dinamometre mili üzerine yerleştirilen dişlideki dönme esnasındaki dişleri sayarak motor ya da dinamometre devir sayısını ölçmek için kullanılmıştır. Sabit mıknatıslı sensörün önünden geçen her bir diş için pulse (sinyal) üretilmektedir. Birim zamanda üretilen pulse'lar bilgisayara bağlı counter (sayıcı) ile sayılarak motor devri ölçülmektedir (Anonim, 2011).



Şekil 3.4. Manyetik Pick-Up

3.1.4. S Tipi Load Cell

Şekil 3.5.'te görülen S tipi load cell, dinamometrenin torkunu ölçmek için kullanılmıştır. Mil merkezinden 350 mm uzaklıktaki tork koluna bağlanan load cell'e etkiyen kuvvet ölçülerek motor momenti ya da dinamometrenin frenleme momenti ölçülmektedir. Ölçülen değerler bilgisayara aktarılarak burada motor gücü hesaplanmıştır. Paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Ölçme aralığı 0 ile 250 daN arasındadır (Anonim, 2011).



Şekil 3.5. S tipi Load Cell

3.1.5. Kütlesel Yakıt Tüketimi Ölçüm Cihazı

Yakıt tüketiminin belirlenmesi amacıyla kütlesel olarak 2000 gr ağırlığında ölçüm yapabilen, depo ile yakıt pompası arasına bağlanan yakıt tüketimi ölçüm cihazı kullanılmıştır. Şekil 3.6'da kütlesel yakıt tüketim ölçüm cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Kütlesel yakıt tüketimi ölçüm cihazı

3.1.5. Kontrol Paneli

Deney sırasında motor devrinin, yük değerlerinin, ortam sıcaklığının ve yakıt tüketimi değerlerinin, üzerinde bulunan sensörler aracılığıyla ölçüldüğü kontrol paneli Şekil 3.7'de görülmektedir. Panel üzerinde hidrolik dinamometrenin yağ pompasını çalıştıran bir şalter, motora yük vermek ve motor yükünü azaltmak için gerekli butonlarla bir adet acil stop butonu bulunmaktadır. Motorun yakıt tüketimi yakıt kabında bulunan bir algılayıcı ile ölçülüp bilgisayara aktarılmaktadır.



Şekil 3.7. Kontrol paneli

3.1.6. Egzoz Emisyon ölçüm cihazı

Egzoz Emisyon değerlerinin belirlenmesinde Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Atölyesinde bulunan Mobydic marka egzoz emisyon cihazı kullanılmıştır. Egzoz emisyon cihazı Şekil 3.8'de ve teknik özellikleri de Çizelge 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.8. Motor deneylerinde kullanılan egzoz emisyon cihazı

Çizelge 3.4. Motor deneylerinde kullanılan egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri

Ölçüm Aralıkları	Birim	Değer
CO	%Vol	0 – 10
CO_2	%Vol	0 - 20
HC	ppmVol	0 - 20000
O_2	%Vol	0 - 21
NO_x	Ppm	0 - 5000
SO_2	Ppm	0 - 500
Lambda (λ)		0 - 5

3.1.7. Yoğunluk ölçüm cihazı

Yakıtların yoğunluklarının ölçümü için, Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan ölçüm aralığı 0.0000 ile 2.0000 g/cm^3, ölçüm sıcaklığı aralığı 0 ile 40°C ve hassasiyeti ±0.001 g/cm^3 olan Kem Kyoto marka DA-130N model cihaz kullanılmıştır. Cihaz EN 61326 standarda göre yoğunluk ölçümü yapmaktadır. Cihaz ölçüm yapılan sıcaklığı otomatik olarak 15 °C'ye çevirerek g/cm^3 olarak değer vermektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Yoğunluk ölçüm cihazı

3.1.8. Kinematik viskozite ölçüm cihazı

Yakıtların viskozitelerinin ölçümü için Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan çalışma sıcaklığı 25 ile 150°C arasında, sıcaklık derecesi hassasiyeti ±0.01 olan Koehler marka K23377 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ASTM D 445, DIN 51550 ve ISO 3104 standartlarına göre viskozite ölçümü yapılabilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Kinematik viskozite ölçüm cihazı

3.1.9. Parlama noktası tayin cihazı

Yakıtların parlama noktalarının tayini için, Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan Koehler marka K16270 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ASTM D 93, DIN 51758 ve ISO 2719 standartlarına göre parlama noktası tayini yapılabilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Parlama noktası tayin cihazı

3.1.10. Su içeriği tayin (Karl-Fischer titrasyon) cihazı

Yakıtların ve keten yağının su içeriğini tayin etmek için, Kem Kyoto Electronics marka MKC-501 model cihaz kullanılmıştır. Ölçüm aralığı 10 mikrogram – 100 mg su aralığındadır. Ölçüm sıcaklığı 5-35°C arasında ve 16 karakterli LCD ekranlıdır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Su içeriği tayin cihazı

3.1.11. Bakır şerit korozyonu test cihazı

Yakıtların korozif etkisinin tayini için, Biyodizel laboratuarında bulunan, Koehler marka K25330 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz aynı anda 17 adet test tüpü ile korozyon analizi yapabilmektedir. Banyo sıcaklığı kontrollü olarak 190 ±1°C'ye çıkabilmektedir. Cihazda ASTM D 130, ISO 2160 ve DIN 51759 standartlarına göre ölçüm yapılabilmektedir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Bakır şerit korozyonu test cihazı

3.1.12. Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN) tayin cihazı

Yakıtların soğuk filtre tıkanma noktasının tespitinde TANAKA marka AFP-102 model cihaz kullanılmıştır. ASTM D 6371 test standardına göre petrol türevi ve biyoyakıtlarda soğuk filtre tıkanma noktası testi otomatik olarak yapılmaktadır. Tek pozisyonlu, masa üstü tip ve sıvı soğutkanlı peltier soğutma ünitelidir. Soğutmalı sirkülatör ünitesi ile -60 ºC'ye kadar kontrol edilebilmektedir. VFD ekran modüllü kontrol ünitesinde sonuç otomatik olarak alınmaktadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN) tayin cihazı

3.1.13. Bulutlanma, akma ve donma noktası test cihazı

Yakıtların bulutlanma ve akma noktalarının tespitinde Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan Koehler marka, K46000 model cihaz kullanılmıştır. Cihazda ASTM D97 standardına göre ölçüm yapılmaktadır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Bulutlanma ve akma noktası test cihazı

3.1.14. Kalorimetre cihazı

Keten yağı ve yakıtların net yanma ısısını tespit etmek için Biyodizel Laboratuarı'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 yapılmaktadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Kalorimetre cihazı

3.1.15. Otomatik renk ölçüm cihazı

Yakıtların renk tayininde LOVIBOND marka PFX 195 model, dijital otomatik renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Saybolt, ASTM, CIE, Pt-Co/Hazen/APHA renk skalalarına göre, 400 – 720nm spektral aralıkta ölçüm yapmaktadır. Cihaz 0.5 - 8 birim arasında ölçüm yapmaktadır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Otomatik renk ölçüm cihazı

3.1.16. Homojenizatör

Yakıtların karışımında homojenlik sağlanması ve su içeriğinin tayininden önce, Yellow line marka DI 18 basic model 24000 1/min'e kadar karıştırma devir sayısına sahip homojenizatör kullanılmıştır. Standı, karıştırıcı ve tutucusu ile komple bir set halindedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Homojenizatör

3.1.17. Laboratuar tipi karıştırıcı

Yakıt karışımlarının oluşturulması için, IKA marka Yellow line OST basic model laboratuar tipi karıştırıcı kullanılmıştır. Suya göre 20 litreye kadar sıvı karıştırma kapasitelidir. Devri 50-2000 1/min aralığında 10000 mpas'a kadar yoğunluğa sahip

sıvılarda kullanılabilmektedir. Standı, pervaneli tip karıştırıcı mili ve tutucusu ile komple bir set halindedir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Laboratuar tipi karıştırıcı

3.1.18. pH metre

Keten yağı ve yakıtların pH değerlerinin ölçülmesinde Hanna Intruments marka HI 8314 membrane pHmeter model, pH, mV, ºC ölçümleri yapabilen pH metre kullanılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. pH metre

3.1.19. Hassas terazi

Biyodizel üretim aşamasında kullanılacak katalizör madde miktarı, yakıt numuneleri, yağlama yağı gibi ölçümler için, Biyodizel Laboratuvarı'nda bulunan Shimadzu marka BL-220H model, 220g kapasiteli, 0.001g hassasiyetle ölçüm yapabilen hassas terazi kullanılmıştır.

3.1.20. Kronometre

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

3.1.21. Termometre

Çalışmada sıcaklık ölçümleri için dijital ve cıva 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.

3.1.23. Gaz kromatografisi cihazı

Keten yağı ve bu yağdan üretilen biyodizelin yağ asidi bileşimlerinin tespiti için Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Fizyoloji ve Biyokimya Araştırma Laboratuarı'nda bulunan HP 6890 N Agilent marka Gaz Kromatografisi cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Gaz Kromatografisi cihazı

3.1.24. Metil alkol (Metanol)

Keten yağından biyodizel elde etmek için, çalışmada Merck fimasına ait metil alkol (CH_3OH) kullanılmıştır. Metil alkolün 20 ºC deki yoğunluğu 0.791-0.793 kg/l ve moleküler ağırlığı 32.04 g/mol dür (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Keten biyodizeli üretiminde kullanılan metil alkol

3.1.25. Katalizör

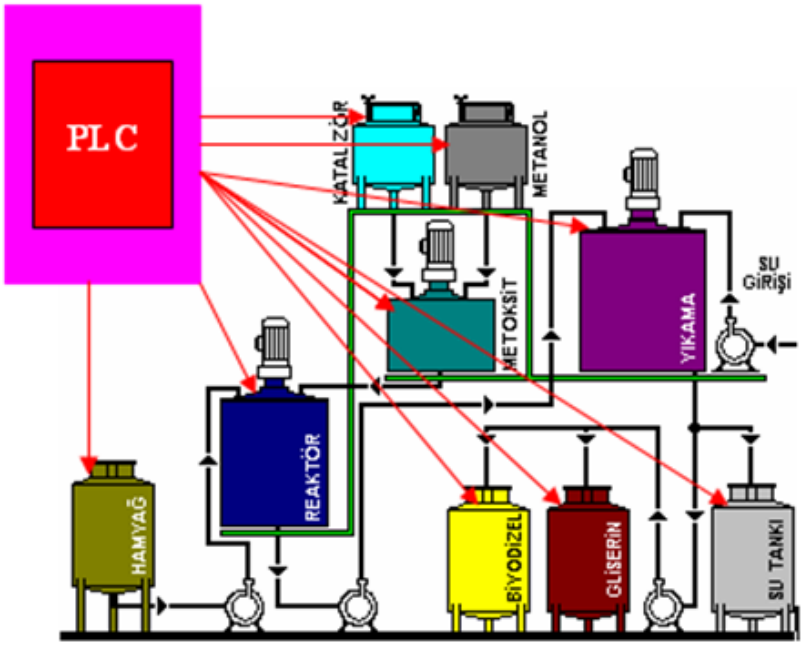
Keten biyodizeli üretiminde katalizör olarak Merck firmasına ait ve molekül ağırlığı 40.00 g/mol Saflık değeri % 97 den büyük olan sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır.



Şekil 3.23 Keten biyodizeli üretiminde kullanılan katalizör

3.1.26. Pilot biyodizel üretim tesisi

Biyolojik orijinli (bitkisel ve hayvansal) yağlardan biyodizel üretmek amacıyla Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan tesis saatte 100 litre üretim yapabilecek kapasitededir. Tesis hem manuel hem de otomasyon sistemine sahiptir. Otomasyon sisteminde ham yağ tankına, metanol tankına ve katalizör tankına gerekli malzemeler konulduktan sonra üretim herhangi bir müdahale yapılmadan gerçekleşmektedir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Programlanabilir kontrol cihazı (PLC) ve tesis bağlantı şeması (Öğüt ve Oğuz, 2006)

Tesis aşağıda belirtilen on ana tanktan oluşmaktadır. Bunlar;

• 150 litre kapasiteli ham yağ tankı,

• 100 litre kapasiteli reaktör,

• 150 litrelik yıkama (dinlendirme) tankı,

• 50 litrelik metoksit tankı,

• 50 litrelik metanol tankı,

• 50 litrelik katalizör tankı,

• 230 litrelik saf su tankı,

• 230 litrelik biyodizel tankı,

• 230 litrelik gliserol tankı,

• 230 litrelik atık su tankı.

Gerekli kontrol işlemini gerçekleştirmek için tesiste aşağıda belirtilen kumanda elemanları kullanılmıştır.

• 2 adet 1 fazlı asenkron motor (mikseri çalıştırmak için),

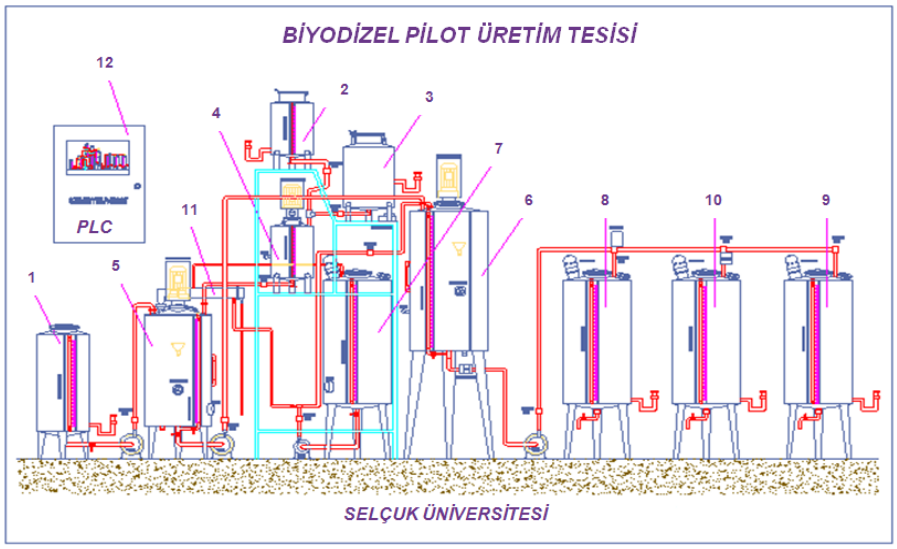
• 2 adet 1 fazlı asenkron motor (ürün pompalamak için)

• 2 adet ısıtıcı (reaktör ve yıkama tankı)

• 2 adet termometre (reaktör ve yıkama tankı sıcaklık ölçümünde)

• 2 adet termostat (reaktör ve yıkama tankı sıcaklığını kontrol etmek için)

Pilot biyodizel üretim tesisinin şeması Şekil 3.25'de verilmiştir.



1. Ham yağ tankı
2. Katalizör tankı
3. Alkol tankı
4. Alkoloksit tankı
5. Reaktör
6. Dinlendirme tankı
7. Yıkama suyu tankı
8. Gliserol tankı
9. Atık tankı
10. Biyodizel tankı
11. Eşanjör
12. Otomasyon panosu

Şekil 3.25. Programlanabilir kontrol cihazı (PLC) destekli pilot biyodizel üretim tesis şeması (Anonim, 2004)

3.2. Metot

Yapılan araştırma çalışması aşağıda belirtildiği gibi altı aşamada gerçekleştirilmiştir.

• Dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılacak keten yağı metil esteri için keten tohumundan keten yağı elde edilmesi,

• Elde edilen keten tohumu yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi,

• Dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılacak keten yağı metil esterinin üretilmesi,

• B2, B5, B20, B50 yakıt karışımlarının hazırlanması,

• B2, B5, B20, B50, B100 ve motorinin fiziksel, kimyasal ve yakıt özelliklerinin belirlenmesi,

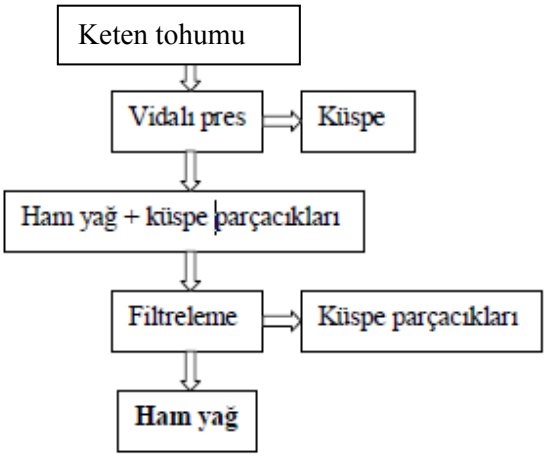
• Motor deney ve test düzeneğinin hazırlanıp, motor deneylerinin TS 1231'e göre yapılması.

3.2.1. Keten tohumundan yağ elde edilmesi

Yapılan tez çalışmasında, keten tohumu yağından biyodizel üretmek amacıyla, Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan vidalı yağ çıkarma presi ile keten tohumundan yağ elde edilmiştir.

Vidalı yağ çıkarma presi 6,8 ve 10mm küspe çıkış ağzı çapına sahiptir. Küspe çıkış ağzı çapı küçüldükçe elde edilen yağ miktarı artmaktadır. Keten tohumundan yağ elde etmek için 10 mm çapa sahip küspe çıkış ağzı kullanılmıştır. Vidalı yağ çıkarma presinin özelliği olarak, en yüksek yağ verimi elde etmek için tohum sıcaklığı minimum 15°C'de ve nemi de %5-7 olması gerekmektedir. Keten tohumu 20°C'de ve %5,37 nemde presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Pres, presleme esnasında tohumu sıkıştırıp başlık sıcaklığını 60°C'ye kadar çıkarmaktadır.

İlk çalıştırmada küspe ve yağ çıkışı 15 dakika kadar sonra gerçekleşmektedir. Preste 2 adet 75 litrelik çökelme tankı, 1 adet 75 litrelik santrifüj pompaya bağlı tank ve adet 75 litrelik depolama tankı mevcuttur. Santrifüj pompa, plakalı filtreye yağı 2.9 bar basınç altında göndererek filtreleme işlemi yapılmıştır. Yağ filtreleme kapasitesi ortalama 10 L/h olarak gerçekleşmiştir. En son dördüncü tankta filtre edilmiş yağ depolanmıştır. 100 kg tohumdan 30 litre keten yağı elde edilmiştir. Yağ çıkarma işlemi sonuçlanınca, 30 litre keten yağı biyodizel üretimi için biyodizel üretim tesisindeki ham yağ tankına alınmıştır.



Şekil 3.26. Yağ çıkarma akış şeması

3.2.2. Keten yağı metil esteri ve keten yağının yağ asitleri bileşimi

3.2.2.1 Metilleştirme işlemi

Numunelerin metilleştirme işlemi *n*-heptan ve metanolik KOH kullanarak ISO-5509 (1978) metoduna göre hazırlanmıştır.

3.2.2.2. Gaz kromatografik analizler

Gaz kromatografik analizler HP (Hewlett Packard) Agilent marka, HP 6890 N model, FID (Flame Ion Detector, alev iyon dedektör) dedektörlü otomatik injektörlü GC ile gerçekleştirilmiştir. Analizlerde 100 metrelik HP 88 kapiller kolon kullanılmıştır.

Gaz Kromatografik analizler için şartlar aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir. GC'de injektör bloğu sıcaklığı 250 ˚C, dedektör bloğu sıcaklığı 280 ˚C olarak ayarlanmıştır. Kolona sıcaklık programı uygulanmıştır. Kolonun başlangıç sıcaklığı 60 ˚C olarak ayarlanmış, bu sıcaklıkta 1 dakika bekletilmiş daha sonra dakikada 20 C° artarak 190 ˚C 'ye ulaşılmıştır. Bu sıcaklıkta 60 dakika bekletilmiştir. Bu sıcaklığı takiben dakikada 1 ˚C artarak 220 ˚C 'ye ulaşılmış ve bu sıcaklıkta 10 dakika bekletilmiştir. Sonuçta analizler 107.5 dakikada tamamlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak Helyum (1 ml/min) kullanılmıştır. Analiz için metilleştirilmiş yağ asidi numunelerinden 1µl GC'ye enjekte edilmiştir.

Yağ asiti metil esterleri standartları Nu-Check Prep. Inc. USA, Sigma-Aldrich ve Accu firmasından elde edilmiştir. Standartların bağıl alıkonma zamanları (relative retention time) gaz kromatografi cihazında analizlenerek belirlenmiştir. Böylece elde

edilen standartların bağıl alıkonma zamanları yardımı ile kromatogramlardaki piklere karşılık gelen yağ asitlerinin hangileri olduğu belirlenmiştir. Üç tekrarlı olarak elde edilen kromatogramlardaki piklerin yüzde (%) alanlarının aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanarak Çizelge 3.5'te verilmiştir (ISO, 1978).

Çizelge 3.5. Keten yağı yağ asitleri özellikleri

YAĞ ASİTLERİ		Keten Yağ Ortalama	Keten Yağ Standart Sapma
C 10:0	Kaprik asit (Dekanoik asit)	**0,08**	**0,01**
C 12:0	Laurik asit (Dodekanoik asit)	**0,01**	**0,00**
C 14:0	Miristik asit (Tetradekanoik asit)	**0,05**	**0,00**
C 15:0	Pentadesilik asit (Pentadekanoik asit)	**0,02**	**0,00**
C 16:0	Palmitik asit (Hekzadekanoik asit)	**5,78**	**0,04**
C 17:0	Margarik asit (Heptadekanoik asit)	**0,07**	**0,01**
C 18:0	Stearik asit (Oktadekanoik asit)	**4,76**	**0,00**
C 22:0	Behenik asit (Dokosanoik asit)	**0,03**	**0,00**
Σ SFA		**10,79**	**0,04**
C 16:1ω7	Palmitoleik asit (*cis*-9-Hekzadekanoik asit)	**0,08**	**0,00**
C 17:1ω8	Margaroleik asit (*cis*-10-Heptadekanoik asit)	**0,05**	**0,00**
C 18:1ω9	Oleik asit (*cis*-9-Oktadekanoik asit)	**20,07**	**0,07**
C 20:1ω9	Gadoleik asit (*cis*-11 Eikosenoik asit)	**0,14**	**0,02**
Σ MUFA		**20,34**	**0,09**
C 18:2ω6	Linoleik asit (*cis*-9-12-Oktadekadienoik asit)	**16,24**	**0,04**
C 18:3ω6	γ-Linolenik asit (*cis*-6-9-12-Oktadekatrienoik asit)	**0,23**	**0,05**
C 18:3ω3	Linolenik asit (α-linoleik asit.ALA) (*cis*-9-12-15-Oktadekatrienoik asit)	**52,23**	**0,09**
C 20:2ω6	*cis*-11,14- Eikosadienoik asit	**0,04**	**0,01**
C 20:5ω3	EPA (*cis*-5,8,11,14,17-Eikosapentaenoik)	**0,02**	**0,01**
C 22:3ω3	*cis*- 13, 16, 19 Dokosatrienoik asit	**0,07**	**0,02**
C 22:4ω6	Adrenik asit (*cis*-7,10,13,16-Dokosatetraenoik asit)	**0,03**	**0,01**
C 22:5ω6	*cis*-4, 7,10,13,16-Dokosapentaenoik asit	**0,02**	**0,01**
C 22:5ω3	DPA *cis*-7,10,13,16,19-Dokosapentaenoik asit	**0,02**	**0,01**
Σ PUFA		**68,87**	**0,04**
TOPLAM		**100,00**	

3.2.3. Keten yağı metil esterinin (KYME) üretilmesi

Biyodizel üretiminin çeşitli metotlarla olmakla birlikte, günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Bu yöntem; bitkisel yağların bir katalizör vasıtasıyla alkolle reaksiyona sokularak yeniden esterleşmesi işlemidir. Bu yöntem viskoziteyi azaltmada halihazırda en etkili yöntemdir (Öğüt ve Oğuz 2006). Biyodizelin üretilmesi; alkol ve katalizörün karıştırılması, reaksiyon, ayırma, yıkama, kurutma ve depolama olmak üzere 6 aşamadan oluşmaktadır (Eryılmaz, 2009).

Keten tohumu ham yağından biyodizel üretmek için, yağ biyodizel pilot üretim tesisinde, dizel motorda kullanılacak hale gelinceye kadar aşağıdaki işlem basamakları gerçekleştirilmiştir.

- 30 litre keten yağı pilot tesiste bulunan yağ tankına konulmuştur. Buradan yağ reaktör tankına pompalanmıştır. Reaktörde yağ 55ºC'ye kadar ısıtılmıştır. Termostat kontrolü sayesinde reaksiyon boyunca sıcaklığın sabit tutulması sağlanmıştır. Karıştırıcı ile karıştırılarak yağ sıcaklığının her yerde homojen olması sağlanmaya çalışılmıştır.
- Kullanılan keten yağının hacimsel olarak, toplam %20'sine tekabül eden 6 litre metanol ve 1 litre yağa 3.5 g/litre oranında 105 gram NaOH katalizör maddesi kullanılmıştır. Reaksiyon iki kademede gerçekleştirilmiştir.
- Reaksiyonda, 6 litre metanol, 105 gram NaOH katalizörü, metoksit tankında çözülerek yağ karıştırılırken reaktöre gönderilmiştir.
- Karıştırma işleminde karıştırıcının devir sayısı PLC sisteminden 80 l/min'e ayarlanmıştır. Reaktörde karışım 60 dakika karıştırılmıştır. Karışım 2 saat dinlendirilmiş ve 2,5 litre gliserol alınmıştır.
- Reaktör içerisindeki ham biyodizel dinlendirme/yıkama tankına gönderilmiş, burada hem kalan gliserolün çökelmesi hem de ham biyodizelin soğuması için 15 saat beklenmiş ve 15 saat sonunda 2.5 litre daha gliserol alınmıştır.
- Biyodizel, saf su kullanılarak, mistleme yöntemi ile yıkamaya tabi tutulmuştur. Yıkamanın amacı, biyodizel içerisinde reaksiyona girmeyen alkol, kalan yağ asitleri, Na+, K+ iyonları, katalizör madde ve ayrıştırma esnasında bünyede kalma ihtimali olan gliserolün uzaklaştırılmasıdır. Yıkama sırasında biyodizel sıcaklığı 50ºC ve yıkamada kullanılan saf suyun sıcaklığı da 50ºC olmak üzere, toplam 10 litre saf su kullanılarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işleminden sonra suyun çökelmesi için 12 saat beklenmiştir. Çöken su, atık su tankına gönderilmiştir.

- Dinlendirme/yıkama tankının ısıtıcısı çalıştırılmış, suyun kaynama noktası olan 100ºC'ye kadar biyodizel ısıtılmıştır. Biyodizel ısıtılırken içinde buharlaşan su dinlendirme/yıkama tankına bağlı olan vakum pompası yardımıyla su buharı dışarı tahliye edilmiştir. Biyodizel için 100ºC de 2 saat kurutma işlemi yapılmıştır. Daha sonra keten yağı biyodizeli, biyodizel tankına bağlı olan yakıt filtresinden geçirilerek gönderilmiştir. Böylece keten tohumu yağından biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. B2, B5, B20 ve B50 yakıt karışımlarının hazırlanması

Biyodizel saf veya motorinle herhangi bir oranda karıştırılarak kullanılabilmektedir. Ancak, iki özel karışım önem arz etmektedir. Bunlar B2 ve B20 yakıtlardır. Yağlama özelliğini iyileştirmesinden dolayı B2, yağlama özelliğini iyileştirmesi yanında egzoz emisyonlarını azaltmasından dolayı B20 karışımları tercih edilmektedir. B100 ise her iki faydayı sağlamakta, eğer ucuz ve yeterli miktarda temin edilirse motorinin yerine kullanılabilmektedir (Eryılmaz 2009).

Motorin ile KYME karışımları yapılırken önce %98, %95, %80 ve %50 motorin konulmuş daha sonra üzerine karışımı sağlayacak miktarda sırasıyla %2 , %5, %20 ve %50 biyodizel ilave edilmiştir. Laboratuar tipi karıştırıcı ile 1500 l/min'de, sonra homojenizatör ile 24000 1/min'de 7.5'ar dakika olmak üzere toplam 15 dakika karışım homojen hale getirilmeye çalışılmıştır. Bunun sonucunda B2, B5, B20 ve B50 karışımları elde edilmiştir.

3.2.5. Deneylerde kullanılan keten yağı, keten yağı metil esterinin (B100), B50, B20, B5, B2 ve motorin yakıtlarının analizleri

Analizler ise Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyodizel Laboratuarında yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.6.'da görülmektedir.

Keten yağı metil esteri, transesterifikasyon işlemi ile elde edildikten sonra B2, B5, B20, B50 ve B100 yakıt karışımlarının yakıt özellikleri; B100 için TS EN 14214, karışımlar TS 3082 EN 590 ve renk ASTM standartlarına göre karşılaştırıldığında; bütün yakıtlarda yoğunluk, viskozite, parlama noktası, su içeriği, bakır şerit korozyon, renk analizleri sınır değerler içerisinde çıkmıştır.

Çizelge 3.6. Keten yağı, B100, B50, B20, B5, B2 ve motorin yakıtları analiz sonuçları

	Opet Motorin	B100	B50	B20	B5	B2	Ham Keten Yağı
Yoğunluk 15 ^{0}C (g/cm³)	0,8267	0,8972	0,8611	0,8403	0,839	0,831	0,9332
Kinematik Viskozite 40 ^{0}C (mm²/s)	2,822	4,274	3,3	3,024	2,877	2,851	26,9226
Parlama Noktası (^{0}C)	60	148	78	72	67	66	>200
Su İçeriği (mg/kg)	8,7931	489,42	238,14	85,403	40,686	31,133	522,37
pH	6	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,5
Renk Tayini (ASTM)	<0,5	1,1	0,8	0,6	0,5	0,5	2,2
Kalori Değeri (MJ/kg)	47,5	39,56	42,27	46,66	47,26	47,39	41,018
Bulutlanma Noktası (^{0}C)	-12	-4	-6	-8	-10	-11	-
Akma Noktası (^{0}C)	-28	-12	-16	-19	-22	-24	-
SFTN (^{0}C)	-20	-2	-9	-12	-13	-13	-
Bakır Çubuk Korozyonu	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a

3.2.6. Motor Performans Deneyleri

Motorin, keten yağı metil esteri, B100, B50, B20, B5 ve B2 yakıtları ile yapılan motor performans deneyleri TS 1231 standartlarına göre yapılmış ve deneyler sonucunda elde edilen değerler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

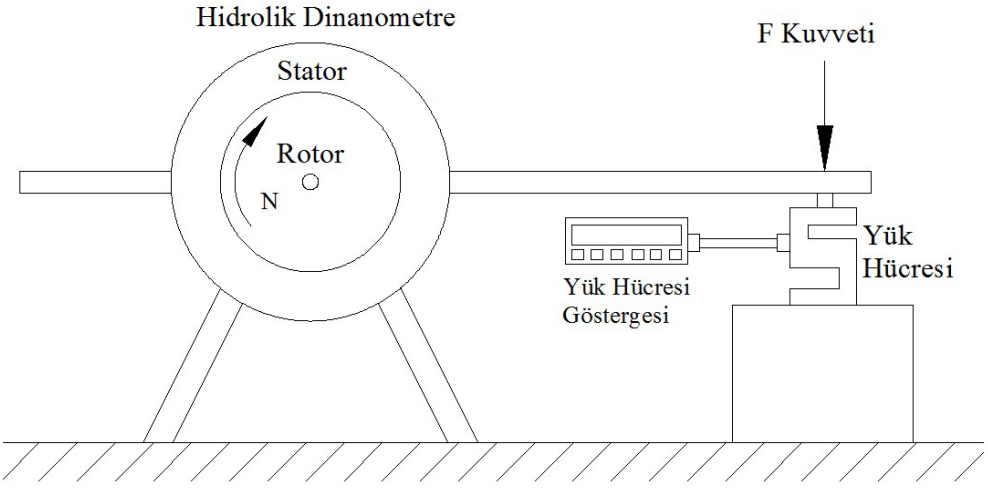
Motor performans deneyine başlamadan önce motorun kendi yakıt deposuna bağlı olan hortumlar yakıt ölçer ile değiştirilmiştir. Deneyler sırasında alınan veriler motor çalışma sıcaklığına (85–90 ºC) ulaştıktan sonra kaydedilmiştir ve deneyler süresince bu sıcaklıkta tutulmuştur. Her bir deney 5 defa tekrarlanmış ve aritmetik ortalamaları değerlendirmeye alınmıştır.

Motor performans deneyleri sonucunda çıkan değerler efektif motor gücü, motor döndürme momenti ile özgül yakıt tüketimi aşağıda verilen formüllerle hesaplanmış ve

emisyon testlerinde ise karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO_2), hidrokarbon (HC), oksijen (O_2), kükürt dioksit (SO_2) ve azot oksit (NO_x) değerleri ölçülmüştür.

3.2.6.1. Motor momenti

Döndürme momenti bir motorun iş yapabilme yeteneğini göstermektedir. Döndürme momenti mekanik, hidrolik ve elektromanyetik dinamometreler yardımı ile ölçülebilmektedir. Hidrolik dinamometrelerde düşük sürtünmeli yatakla desteklenmiş rotor, hidrolik sürtünmeli olarak sabit olan statorla birleşiktir. Bu çalışmada, motor çıkış mili ile hidrolik dinamometrenin rotor flanşı arasına kardan mili monte edilerek, motorun dinamometre irtibatı sağlanmıştır. Şekil 3.27'de dizel motor momentinin ölçülmesinde kullanılan sistemin çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil 3.27. Test düzeneğinde döndürme momentinin ölçülmesi (Özçelik, 2011)

Motorun verdiği döndürme momenti (M_d) önce rotora tesir etmekte, daha sonra rotor ile stator arasındaki bulunan sıvı aracılığıyla stator dönmeye çalışmaktadır. Stator üzerinde bulunan kol yük hücresine baskı yaparak, bir devirde 2πr yolu boyunca kuvvet uygulamaktadır. Bu kuvvetin oluşturduğu moment motorun döndürme momenti olarak ifade edilmektedir. Statoru döndürmeye çalışan F kuvvetinin oluşturduğu moment;

$M_d = F \cdot L$

M_d: Motor döndürme momenti (Nm)

F: Hidrolik güç freninin moment kolu üzerinden teraziye uyguladığı kuvvet (N)

L: Hidrolik frenin moment kolu uzunluğu (0,35 m)

3.2.5.2. Efektif motor gücü

Motorun yanma odasında birim zamanda elde edilen iş indike güçtür. İndike gücün bir kısmı egzoz gazlarını dışarı atmak ve taze havayı emmek için kullanılmaktadır. Bir kısmı yataklar, piston segmanları gibi mekanik elemanların sürtünmelerini yenmek, diğer bir kısmı ise döner elemanlar için harcanmaktadır. Aşağıdaki formülde verilen efektif güç bir motordan elde edilen yararlı gücün göstergesidir. Efektif güç (Pe), döndürme momenti (M_d) ve açısal hızın (w) fonksiyonudur.

$$P_e = \omega . M_d$$

Motor devri (n) dev/dak cinsinden olduğundan açısal hız,

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} \quad (1/sn)$$

Açısal hızı, denklem 3.2'de yerine koyup birimi kW cinsine dönüştürsek,

$$P_e = \frac{\pi n}{30} M_d . 10^{-3}$$

$$P_e = \frac{n.M_d}{9549,58} \ (kW) \quad \text{elde edilir.}$$

3.2.5.3. Özgül yakıt tüketimi

Özgül yakıt tüketimi, herhangi bir güçteki çalışma sırasında, saatte tüketilen yakıt miktarının üretilen güce oranıdır.

$$b_e = \frac{B \times 1000}{N_e}$$

b_e : Özgül yakıt tüketimi (gr/kWh)

B : Ölçülen saatlik yakıt tüketimi (gr/h)

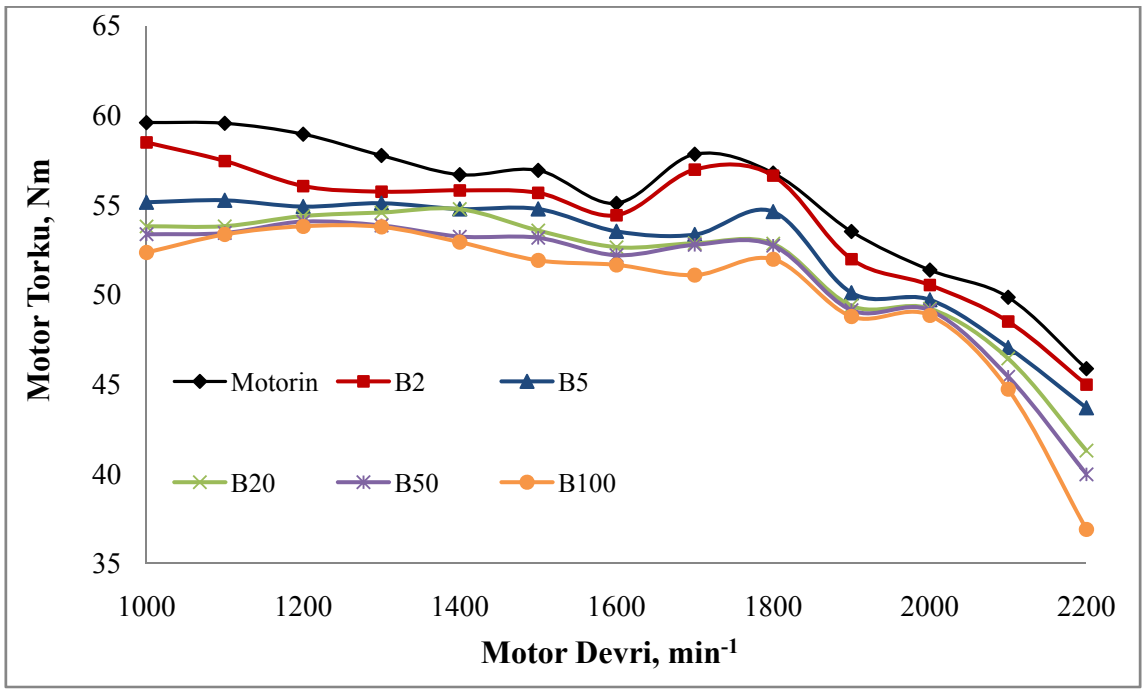
N_e: Efektif motor gücü

Bir motorun en avantajlı çalışma durumları; maksimum güç (P_{emax}), maksimum tork (M_{emax}), veya en az özgül yakıt tüketimi (b_{emin})'i sağladığı durumlardır. Bu çalışma durumları, motorun kullanım amacı ve yaptığı işin özellikleri tarafından belirlenir (Reşitoğlu, 2010).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Motor Momenti Değerlerinin Karşılaştırılması

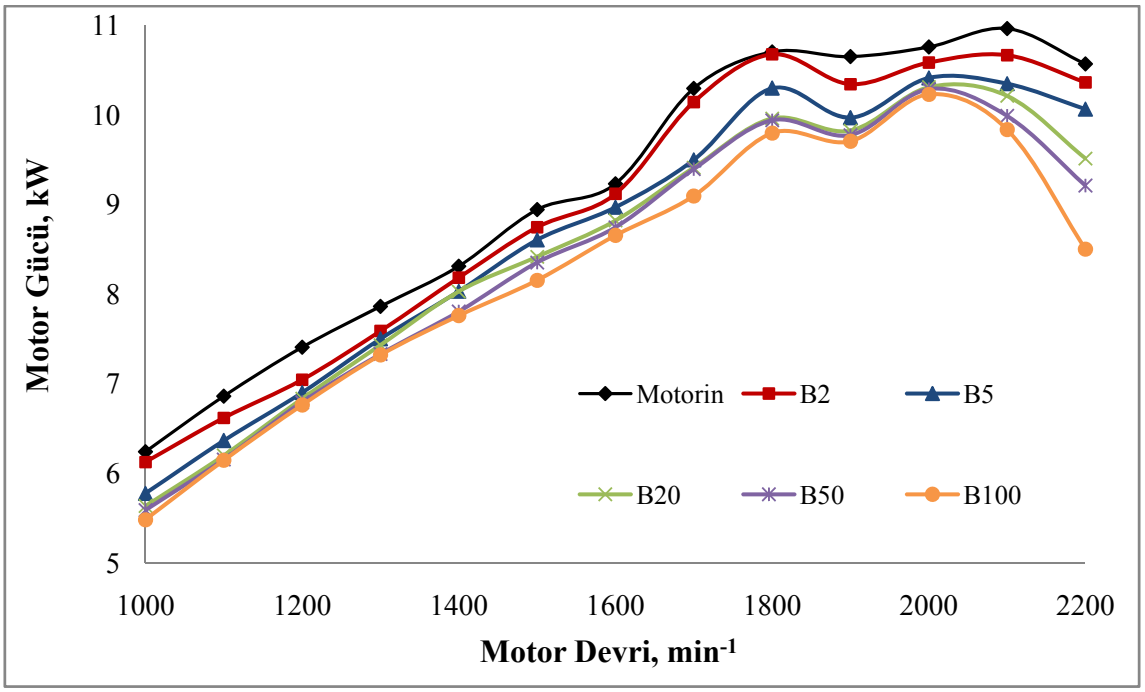
Şekil 4.1.'de farklı yakıt karışımlarının kullanımı ile volandan alınan efektif tork değerleri karşılaştırılmıştır. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en yüksek tork değerleri, motorin ve B2 yakıtları ile 1000 dev/dk, B5 yakıtı ile 1100 dev/dk, B20 yakıtı ile 1400 dev/dk, B50 ve B100 yakıtları ile 1200 dev/dk motor hızlarında elde edilmiştir. Motorin ile biyodizel ve biyodizel karışım yakıtları karşılaştırıldığında; karışım yakıtlarından elde edilen tork değerleri motorine göre azalmıştır. Bu azalma; motorine göre B2 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %2.28, B5 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %5.21, B20 yakıtında yaklaşık olarak ortalama % 7, B50 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %8, B100 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %9.51 olarak ölçülmüştür. Şekilde de görüldüğü gibi test yakıtlarındaki biyodizel oranı arttıkça motor torkundaki azalma miktarı artmaktadır.



Şekil 4.1. Motorin, B2, B5, B20, B50 ve B100 yakıtlarının motor momenti değerleri

4.2. Efektif Güç Değişimlerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.2.'de biyodizelin, ölçülen tork değerine göre hesaplanan motor gücüne etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en yüksek güç değerleri motorin ile 2100 dev/dk, B2 yakıtı ile 1800 dev/dk, B5, B20, B50 ve B100 yakıtları ile 2000 dev/dk motor hızlarında elde edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, biyodizel kullanımı ile motor gücü azalmıştır. Bu azalma; motorine göre B2 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %2.21, B5 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %0.3, B20 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %1.54, B50 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %1, B100 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %1.21 olarak ölçülmüştür.

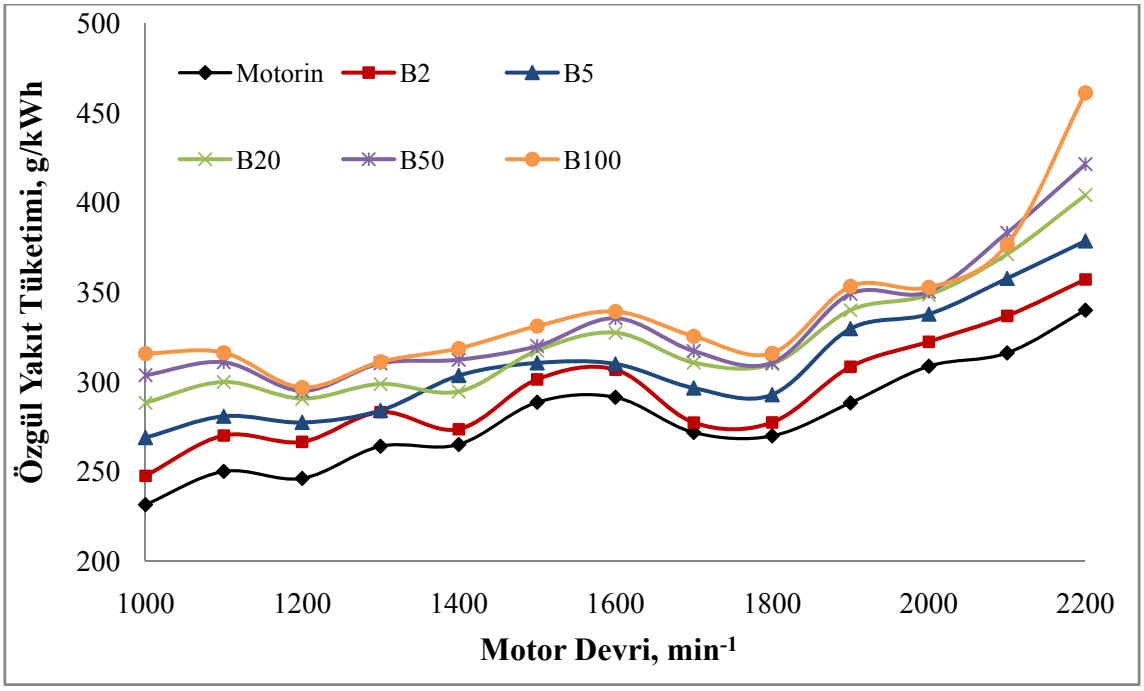


Şekil 4.2. Motorin, B2, B5, B20, B50 ve B100 yakıtlarının efektif güç değerleri

Motor devrinin artması ile biyodizel oranı arttıkça motor gücündeki azalma da artmaktadır.

4.3. Özgül Yakıt Tüketimi Değerlerinin Karşılaştırılması

Özgül yakıt tüketimi, birim güç başına tüketilen yakıt miktarı olarak ifade edilmektedir. Şekil 4.3.'de biyodizel kullanımının özgül yakıt tüketimine etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri motorin, B2, B5 ve B20 yakıtları ile 1000 dev/dk motor hızında elde edilirken, B50 ve B100 yakıtları ile 1200 dev/dk motor hızında elde edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, biyodizel kullanımı ile özgül yakıt tüketimi artmıştır. Bu artış; motorine göre B2 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %5.5, B5 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %11, B20 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %16, B50 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %19.1, B100 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %21.63 olarak ölçülmüştür. Yakıtlardaki biyodizel miktarının artması ile özgül yakıt tüketimi de artmaktadır.



Şekil 4.3. Motorin, B2, B5, B20, B50 ve B100 yakıtlarının özgül yakıt tüketimi değerleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Transesterifikasyon işlemi ile elde edilen keten yağı biyodizeli, sonra B2, B5, B20, B50 ve B100 yakıt karışımlarının yakıt özellikleri bütün yakıtlarda Yoğunluk, Kinematik viskozite, Parlama noktası, Su içeriği, Bakır şerit korozyon analizleri sınır değerler içerisinde çıkmıştır.

Biyodizel ve biyodizel karışımlarının dizel motorlarında kullanılması ile elde edilen motor performans değerleri standart dizel yakıtından elde edilen değerlere yakındır.

Keten tohumundan elde edilen biyodizelin fiziksel özellikleri standart dizel yakıtı ile benzer özellikler göstermektedir.

Keten yağında toplam doymuş yağ asidi %10.79, toplam tekli doymamış yağ asidi %20.34 ve toplam çoklu doymamış yağ asidi %68.87 oranlarında çıkmıştır.

Tüm yakıtlar için en yüksek tork değerleri motorin ve B2 yakıtları ile 1000 dev/dk, B5 yakıtı ile 1100 dev/dk, B20 yakıtı ile 1400 dev/dk, B50 ve B100 yakıtları ile 1200 dev/dk motor hızlarında elde edilmiştir. Ölçümler sonucunda test yakıtlarındaki biyodizel oranı arttıkça motor torkundaki azalma miktarının arttığı gözlemlenmiştir.

En yüksek güç değerleri motorin ile 2100 dev/dk, B2 yakıtı ile 1800 dev/dk, B5, B20, B50 ve B100 yakıtları ile 2000 dev/dk motor hızlarında elde edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, biyodizel kullanımı ile motor gücünün azaldığı görülmektedir.

Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri motorin, B2, B5 ve B20 yakıtları ile 1000 dev/dk motor hızında elde edilirken B50 ve B100 yakıtları ile 1200 dev/dk motor hızında elde edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, biyodizel kullanımı ile özgül yakıt tüketiminde artış olduğu gözlemlenmektedir.

Deney yakıtlarından elde edilen maksimum tork değerlerine göre en yüksek değer motorin ile yaklaşık 59.6 Nm iken B2 ile 58.48 Nm, B5 ile 55.25 Nm, B20 ile 54.76 Nm, B50 ile 54.07 Nm ve B100 yakıtı ile yaklaşık 53.8 Nm'dir.

Deney yakıtlarından elde edilen maksimum güç değerlerine göre en yüksek değer motorin ile yaklaşık 10.96 kW iken B2 ile 10.67 kW, B5 ile 10.41 kW, B20 ile 10.3 kW, B50 ile 10.28 kW ve B100 yakıtı ile yaklaşık 10.22 kW'dır.

Deney yakıtlarından elde edilen minimum ÖYT değerlerine göre en düşük değer motorin ile yaklaşık 231.36 g/kWh iken B2 ile 247.51 g/kWh, B5 ile 268.77 g/kWh, B20 ile 288.28 g/kWh, B50 ile 294.88 g/kWh ve B100 yakıtı ile yaklaşık 296.73 g/kWh'dir.

5.2 Öneriler

- Keten tohumundan başka yemeklik değeri olmayan jatropha, yabani hardal ve bazı hayvansal yağlar gibi diğer yağlardan biyodizel ürtimi çalışmaları araştırılabilir.
- Keten tohumunun iyot sayısının yüksek olmasına rağmen yapılan kısa süreli motor denemeleri sonucunda motorun yakıt sistemine olumsuz bir etkisi görülmemiştir. Ancak daha uzun süreli motor denemeleri yapılarak keten tohumu biyodizelinin motorun mekanik parçaları ve yakıt sistemine etkisi gibi bazı incelemeler yapılabilir.
- Transesterifikasyon yöntemi haricinde kullanılan diğer biyodizel üretim yöntemleri ile keten tohumu yağından biyodizel üretilip yakıt olarak kullanılması incelenebilir.
- Keten tohumu yağından elde edilen biyodizelin egzoz emisyonlarına ve sera gazlarına etkisi de araştırılabilir.
- Hem saf olarak hem de dizel yakıyı ile karıştırılarak dizel motorlarda kullanılan biyodizelin ek yakıt olarak etanol ve metanol gibi alkollerle ve LPG, doğalgaz, hidrojen ve metan gibi gazlarla karışım olarak dizel motorlarında kullanılması da araştırılabilir.

KAYNAKLAR

Akbaş, T. 2000, Ayçiçek Ve Keten Yağı Temelli Yeni Makronomerlerin Sentezlenmesi Ve Uygulama Alanları, İstanbul Tekinik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi

Alibaş, K., Ulusoy, Y. 1995, Bitkisel Yağların Diesel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanım Olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi 5-7 Eylül s. 147-156. Bursa.

Alptekin, E., Çanakçı, M. 2006, Biyodizel Üretimi ve Gliserin Özelliklerinin Belirlenmesi. Biyoyakıt (Biyodizel-Biyoetanol) Sempozyumu. s 53-60. 29-30 Haziran. TÜBİTAK. Bursa.

Alptekin, E., Çanakçı, M. 2006, Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu. Mühendis ve Makine. Sayı:561. Cilt:47. s 57-64. Ankara.

Anne M.A., 2010, Renewable Energy: Sources And Methods, Facts On File, New York, 57-70

Anonim 2004, DPT Proje No:2004/7 Türkiye'de Bazı Yağ Bitkilerinden Biyodizel Üretimi Prosesleri ve Dizel Motorlarında Kullanımının Tarım, Çevre, Gıda, Kimya ve Teknolojik Boyutlarıyla Araştırılması.

Anonim 2011, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Petrol Piyasası Daire Başkanlığı, EPDK www.epdk.org.tr., Ziyaret Tarihi: [21,09,2011]

Anonim 2011, Hidrolik Dinamometre [Online], http://netfren.com/, Ziyaret Tarihi: [26.07.2011]

Anonim, 2012a, Türkiye, Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birliği (http://www.albiyobir.org.tr/dunyada_b.htm) [Ziyaret Tarihi: 10 Mart 2012]

Anonim, 2012b, Türkiye, http://www.enerji.gov.tr/index.php TC. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [Ziyaret Tarihi: 10 Eylül 2012]

Anonim, 2012c, Türkiye, http://www.tuik.gov.tr/Start.do, Türkiye İstatistik Kurumu, [Ziyaret Tarihi: 22 Eylül 2012]

Anonim, 2013, Türkiye, http://www.agaclar.net/forum/tarla-bitkileri/10459.htm[Ziyaret Tarihi: 22 Haziran 2013]

AR, F. F., 2008, "Biyoyakıtlar Tehdit mi-Fırsat mı?!." Mühendis ve makine Dergisi581.

AR, F. F., 2013, Dünya'da ve Türkiye'de Biyoetanol Sektörü, Tusaf 2013 Buğday-Un-İklim Değişikliği Yeni Trendler 7-10 Mart 2013

Atabey, E., 2009, Farklı Ekim Zamanlarının Aspir Çeşitlerinde Bazı Tarımsal Özellikleri Ve Biyodizel Kalitesi Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2-16

Aydın, H., 2007, Pamuk Yağı Biyodizelinin Bir Dizel Motorunda Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyabakır, 6-8

Bannister, C.D., Hawley, J.G Ali, H.M., Chuck, C.J., Price, P., Chrysafi, S.S., Brown, A. and Pickford, W., 2009, The İmpact Of Biodiesel Blend Ratio On Vehicle Performance And Emissions, Automobile Engineering, Vol:224, 405-421

Bozdemir, Y., 2007, Keten Tohumu (Linum Usitatissimum) Ekstraktında Katalaz Ve Süperoksit Dismutaz Enzim Aktiviteleri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Demir, C. 2006. Biyodizel Standartları ve Analiz Yöntemleri. Biyoyakıt Dünyası Dergisi. Sayı:1 s 48-49. Ankara.

Demirbas, A. (2009). Production of biodiesel fuels from linseed oil using methanol and ethanol in non-catalytic SCF conditions. Biomass and Bioenergy,33(1), 113-118.

Dixit, S., Kanakraj, S., Rehman, A.,2012, Linseed oil as a potential resource for bio-diesel, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 7, September 2012, Pages 4415–4421.

Eevera, T., Rajendran, K., Saradha, S., 2009, Biodiesel Production Process Optimization and Characterization to Assess the Suitability of the Product for Varied Environmental Conditions, Renewable Energy, 34:762-765

Eryılmaz, T., 2009, Hardal Yağı Biyodizelin Farklı Karışım Oranlarının Dizel Motorlarda Performansa Etkisi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 7-85

Fazal, M.A., Haseeb, A.S.M.A. and Masjuki, H.H., 2011, Biodiesel Feasibility Study: An Evaluation Of Material Compatibility; Performance; Emission And Engine Durability, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15:1314–1324.

Fukuda H., Kondo A., Noda H., 2001, "Biodiesel Fuel Production by transesterification of Oils", Journal Of Bioscience And Bioengineering, 92, ,405-416.

Ghobadian, B., Rahimi, H., Nikbakht, A., M., Najafi, G., Yusaf, T., F., 2009, Diesel Engine Performance and Exhaust Emission Analysis Using Waste Cooking Biodiesel Fuel with an Artificial Neural Network, Renewable Energy, 34:976-982.

Gümüş, M., Kaşifoğlu, S., 2010, Performance and Emission Evaluation of a Compression Ignition Engine Using a Biodiesel (Apricot Seed Kernel Oil Methyl Ester) and Its Blends with Diesel Fuel, Biomass and Bioenergy, 34:134-139

Güner, F. 1990. Kullanılmış Kızartma Yağı Ester Ürününün Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Hatunoğlu, E.E., 2010, Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri, DPT-Uzmanlık Tezleri İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Ankara, 23-42

Işıklı, İ., Yamık, H., Kurban, M., 2011, Biyodizelin Dizel Santrallerde Kullanım Analizi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, 20-24

İlkılıç, C., Aydın, S., Behçet, R. and Aydın, H., 2011, Biodiesel From Safflower Oil And Its Application In A Diesel Engine, Fuel Processing Technology, 92, 356–362

Karabektaş, M., Ergen,G., 2008, "Biyodizel Yakıt Kullanılan Bir Dizel Motorunda Isı Balansı Uygulaması", 10. Uluslararası Yanma Sempozyumu, 424-429.

Karaosmanoğlu, F., Biyomotorin ve Türkiye, 2008.

Konuklugil, B., and Ö. Bahadır., 2004, "Linum usitatissimum L.'nin kimyasal bileşikleri ve biyolojik aktiviteleri." Ankara Ecz. Fak. Dergisi 33.1: 63-84.

Köylüoğlu, F., 2007, Konya ve Çevresinde Yetişen Lınum L. (Lınaceae) Türlerinin Sistematik, Morfolojik ve Karyolojik Yönden İncelenmesi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Kumar, R., Tiwari, P., Garg, S., 2013, Alkali transesterification of linseed oil for biodiesel production, 10th Japan/China Symposium on Coal and C1 Chemistry, Fuel, Volume 104, February 2013, Pages 553–560,

Nabi, N., Hoque,N., Biodiesel production from linseed oil and performance study of a diesel engine with diesel bio-diesel, Journal of Mechanical Engineering, vol. ME39, No. 1, June 2008 40-44

Narin, M., 2008, Dünyada ve Türkiye'de Enerji Tarımı, 2. Ulusal İktisat Kongresi / 20-22 Şubat 2008 / Deü İbf İktisat Bölümü / İzmir -Türkiye

Oğuz, H. 1998. Diesel Yakıtı Ayçiçek Yağı Karışımlarının Diesel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 124

Oğuz, H., 2004., Tarım Kesiminde Yaygın Olarak Kullanılan Dizel Motorlarında Fındık Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanım İmkanlarının İncelenmesi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Konya.

Oğuz, H. ve Öğüt, H., 2001, Tarım Traktörlerinde Bitkisel Kökenli Yağ ve Yakıt Kullanımı. Selçuk-Teknik Online Dergisi, ISSN 1302- 6178, Sayı:2. Konya.

Öğüt, H. ve Oğuz, H., 2006, Biyodizel Üçüncü Milenyumun Yakıtı, Nobel Yayın Dağıtım, 2. Baskı, ISBN 975-591-730-6, Konya.

Öğüt, H, Oğuz, H, ., Mengeş, H.O ve Eryılmaz, T., 2007, Standartlara Uygun Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Doğrudan Yakıt Olarak Kullanımının Araştırılması, Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu, 12-13 Aralık s:147-157 Ankara

Öğüt, H., 2006, Biyodizelde Yerel Üretim Modeli, Biyoyakıt Dünyası Dergisi. ISSN:1306-9373. Sayı:1 s 6-7. Ankara.

Öğüt, H., 2005, Tarımsal Üretimde Biyoyakıt Kullanım İmkanları, Uluslararası Çalıştay, Biyoyakıtlar ve Türkiye (Biyodizel-Biyoetanol), Konya.

Öğüt, H., Eryılmaz, T., Akınerdem, F., Oğuz, H., 2005, Tarımsal Kaynaklı Biyoyakıtlar (Biyoetanol ve Biyodizel), Konya Ticaret Borsası Dergisi. 8(19):26- 29. Konya.

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

Öğüt, H., Oğuz, H., Eryılmaz, T., Mengeş, H.O., 2007, Standartlara Uygun Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Doğrudan Yakıt Olarak Kullanımının Araştırılması. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu. ISBN: 978-9944-89-428-9. s 147-157. 12-13 Aralık. Ankara.

Öğüt, H., Oğuz, H., Mengeş, H.O., Eryılmaz, T., 2006, Farklı İyot Sayısına Sahip Biyodizellerin Motora Etkisinin İncelenmesi. Biyoyakıt Dünyası Dergisi. ISSN:1306-9373. Sayı:1 s 33-36. Ankara.

Özçelik, A.E, 2011, Aspir Biyodizelinin Ve Motorinle Karışımlarının Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Yağlama Yağına Etkilerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 5-26

Radu, R., Mircea, Z. 1997, The Use of Sunflower Oil in Diesel Engines. SAE paper 972979.

Reşitoğlu, İ.A., 2010, Atık Yağlardan Üretilmiş Biyodizelin Dizel Motor Performans ve Emisyonuna Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 1-35

Soylu, Ş., Karabektaş, M., Ermiş, K. 2004, Otomobiller İçin Alternatif Enerji Kaynaklarının İncelenmesi. II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi. s 491-504. 26-28 Mayıs. Dumlupınar Üniversitesi. Kütahya.

Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M. and Webb, D.A. 1968. Flora Europaea Rosaceae to Umbelliferae 2:206-211.

Tziourtzioumis, D., Demetriades, L., Zogou, O. and Stamatelos, A.M., 2009, Experimental İnvestigation Of The Effect Of A B70 Biodiesel Blend On A Common-Rail Passenger Car Diesel Engine, Automobile Engineering, Vol:223, 685-701

Ulusoy, Y. 1999. Ayçiçeği, Pamuk ve Soya Yağlarının Diesel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 119 sayfa.

Yaman, G., Çanakçı, M. 2004. Biyodizel Üretimi ve Yakıt Problemleri. II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi. s 518-523. 26-28 Mayıs, Kütahya.

Yılmaz, Ö., 2003, Uludağ'da Yayılışı Olan Linum L. Türleri Üzerinde Morfolojik ve Anatomik Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

EKLER

EK-1

MOTOR TORKU (Nm)						
Motor Devri	**MOTORİN**	**B2**	**B5**	**B20**	**B50**	**B100**
1000	59,59162	58,48853	55,14374	53,80357	53,36007	52,34406
1100	59,54817	57,44833	55,25502	53,81164	53,43242	53,35201
1200	58,94492	56,05332	54,90829	54,37609	54,06967	53,80357
1300	57,75317	55,73884	55,09369	54,57768	53,85195	53,77132
1400	56,68405	55,81152	54,77109	54,76314	53,23105	52,92464
1500	56,92652	55,67444	54,77109	53,57779	53,16655	51,90862
1600	55,08874	54,42436	53,52134	52,64241	52,19085	51,65059
1700	57,82573	56,97257	53,34395	52,86013	52,77143	51,08613
1800	56,77371	56,6339	54,62606	52,83459	52,731	51,97313
1900	53,51898	51,97313	50,09229	49,36858	49,11861	48,77187
2000	51,36183	50,52974	49,70725	49,21537	49,11861	48,83638
2100	49,84763	48,49771	47,04626	46,43343	45,41741	44,72394
2200	45,86437	44,97391	43,67567	41,28884	39,97447	36,90223

MOTOR GÜCÜ (kW)						
Motor Devri	**MOTORİN**	**B2**	**B5**	**B20**	**B50**	**B100**
1000	6,240614	6,125095	5,774819	5,634472	5,588027	5,481627
1100	6,85967	6,617778	6,365119	6,198848	6,155164	6,145901
1200	7,407467	7,044087	6,900193	6,833313	6,794806	6,761366
1300	7,862511	7,588281	7,500451	7,4302	7,3314	7,320422
1400	8,310574	8,182651	8,030111	8,028945	7,804323	7,759398
1500	8,942275	8,745593	8,603691	8,416241	8,351641	8,15404
1600	9,230493	9,119172	8,967866	8,820594	8,744932	8,654407
1700	10,29466	10,14278	9,496775	9,410642	9,394851	9,094819
1800	10,70192	10,67557	10,29709	9,959395	9,939868	9,797008
1900	10,64887	10,34129	9,967049	9,82305	9,773312	9,704321
2000	10,75753	10,58325	10,41099	10,30796	10,2877	10,22859
2100	10,96241	10,66553	10,34633	10,21156	9,98812	9,835613
2200	10,56672	10,36157	10,06246	9,512561	9,209742	8,501928

ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİ (g/kWh)						
Motor Devri	**MOTORİN**	**B2**	**B5**	**B20**	**B50**	**B100**
1000	231,3626	247,5122	268,776	288,2832	303,5981	315,7046
1100	249,9486	269,9933	280,7105	299,8864	310,8264	316,2215
1200	246,0831	266,4642	277,2522	290,5303	294,8895	296,736
1300	263,9651	283,0308	283,9389	298,7682	310,2062	311,1074
1400	264,9469	273,5004	303,4189	294,5191	312,246	318,5837
1500	288,5608	301,2961	310,461	317,3872	319,8538	331,0456
1600	291,3134	306,7656	309,9286	327,38	335,4502	339,1469
1700	271,6909	277,2072	296,4686	310,689	317,0767	325,3422
1800	269,793	277,2574	292,7064	309,8798	310,5175	315,9093
1900	288,2027	308,3504	329,5604	339,9034	349,0198	353,1617
2000	308,6721	322,3091	337,6836	348,4259	350,1995	352,6347
2100	316,0921	336,7446	357,6	371,1569	383,0735	376,5857
2200	339,8845	357,0743	378,4688	404,1621	421,3705	461,1064

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Seda ŞAHİN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : ISPARTA 05.08.1985
Telefon : 0332 223 28 32
Faks :
e-mail : sedabacak@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece	**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise :	**Gazi Lisesi, ISPARTA**	**2003**
Üniversite :	**Süleyman Demirel Üniversitesi, ISPARTA**	**2009**
Yüksek Lisans :		
Doktora :		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**

UZMANLIK ALANI : Biyodizel

YABANCI DİLLER : İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR