

**SOYA VE FINDIK YAĞI KARIŞIMINDAN
ÜRETİLEN BİYODİZELİN MOTOR
PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bayram İlyas KARAMANLI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Fatih AKSOY

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ekim, 2015

Bu tez çalışması 13.FEN.BİL.47 numaralı proje ile AKUBAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SOYA VE FINDIK YAĞI KARIŞIMINDAN ÜRETİLEN
BIYODİZELİN MOTOR PERFORMANSINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ

Bayram İlyas KARAMANLI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Fatih AKSOY

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ekim 2015

TEZ ONAY SAYFASI

Bayram İlyas KARAMANLI tarafından hazırlanan “Soya ve fındık yağı karışımından üretilen biyodizelin motor performansına etkisinin incelenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca **09/10/2015** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : (Doç. Dr. Fatih AKSOY)

Başkan : Prof. Dr. İbrahim MUTLU İmza
Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi,

Üye : Doç. Dr. Fatih AKSOY İmza
Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi,

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet Fevzi SAVAŞ İmza
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu,

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. Hüseyin ENGİNAR
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

09/10/2015

Bayram İlyas KARAMANLI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SOYA VE FINDIK YAĞI KARIŞIMINDAN ÜRETİLEN BİYODİZELİN MOTOR PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Bayram İlyas KARAMANLI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih AKSOY

Bu araştırmada, fındık ve soya yağları karışımından biyodizel üretim süreci tek aşamalı alkali katalizör kullanılarak optimize edilmiştir. Optimizasyon süreci katalizör konsantrasyonu, metil alkol/yağ oranı, reaksiyon sıcaklığı ve reaksiyon süresi gibi parametrelere bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Optimum biyodizel dönüşüm verimi %0,5 katalizör konsantrasyonu, %15 metil alkol/yağ oranı, 120 dk reaksiyon süresi ve 50 °C reaksiyon sıcaklığında % 90,4 olarak elde edilmiştir. Optimum koşullarda elde edilen biodizelin yakıt özellikleri belirlendikten sonra biyodizelin motor performans ve is emisyonlarına etkileri direkt enjeksiyonlu ve tek silindirli bir dizel motorunda incelenmiştir. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında biyodizel kullanımı ile motor gücü ve momenti artmış, özgül yakıt tüketiminin ise azalmıştır. Biyodizel kullanımı ile is emisyonu azalmıştır.

2015, x + 64 sayfa

Anahtar kelimeler: Biyodizel, optimizasyon, motor performans, is emisyonu

ABSTRACT
M.Sc Thesis

THE INVESTIGATION OF EFFECT ON ENGINE PERFORMANCE OF
BIODIESEL PRODUCED FROM SYBEAN AND HAZELNUT OILS MIXTURE

Bayram İlyas KARAMANLI

Afyon Kocatepe University

Institute for the Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih AKSOY

In this research, biodiesel production process from mixture of soybean and hazelnut oils is optimized by using alkali catalyzed single-phase reaction. The optimization process is performed as depending on the parameters such as catalyst concentration, methanol/oil ratio, reaction temperature and reaction time. The optimum biodiesel conversion efficiency was 90.4% at the optimum conditions of 0.5 wt % of sodium hydroxide, 15 wt% methanol/oil ratio, 120 min reaction time and 50 °C reaction temperature. After fuel characteristics of the biodiesel obtained under optimum conditions were determined, the effect on engine performance and smoke emission of biodiesels (B100, B50, B20 and B5) has been investigated at a diesel engine with single cylinder and direct injection. When compared to the diesel fuel, engine power and torque have decreased and specific fuel consumption has increased with using of biodiesel. Smoke emission has decreased with using of biodiesel.

2015, x + 64 pages

Keywords: Biodiesel, optimization, engine performance, smoke emission

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Fatih AKSOY'a ve her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Deneysel çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkılarından dolayı Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü Bölüm Başkanı Prof. Dr. Can ÇINAR, Arş. Gör. Emre YILMAZ ve Kimyager Mücahit Erhan ARSLAN' a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması "13.FEN.BİL.47" numaralı proje ile AKUBAP tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı AKUBAP'a teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı Eşim Naciye KARAMANLI'ya, Oğlum Mahmut KARAMANLI'ya, Annem Yurdanur KARAMANLI'ya, Ablalarım Ummahan USLU ve Binnaz SAN'a teşekkür ederim.

Bayram İlyas KARAMANLI
AFYONKARAHİSAR, 2015

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Bitkisel Yağlar	3
2.1.1 Bitkisel Yağların Yapısı	3
2.1.2 Yağ Asitleri	3
2.1.2.1 Doymuş Yağ Asitleri.....	4
2.1.2.2 Doymamış Yağ Asitleri.....	4
2.1.3 Yağ Asitlerinin Fiziksel Özellikleri.....	5
2.1.4 Yağ Asitlerinin Kimyasal Özellikleri.....	6
2.1.4.1 Tuz Teşkili.....	6
2.1.4.2 Ester Teşkili	7
2.1.4.3 Çift Bağlarla İlgili Reaksiyonlar.....	7
2.1.5 Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanım Olanakları	8
2.2 Soya ve Fındık Bitkileri	9
2.2.1 Türkiyede Soya Üretimi	9
2.2.2 Türkiye’de Fındık Üretimi.....	12
2.3 Biyodizel ve Üretim Yöntemleri.....	14
2.3.1 Seyreltme Yöntemi	16
2.3.2 Piroliz Yöntemi	16
2.3.3 Mikroemülsiyon Oluşturma.....	17
2.3.4 Transesterifikasyon Yöntemi.....	17
2.3.4.1 Transesterifikasyon Yönteminde Verime Etki Eden Faktörler	19
2.4 Biyodizelin Özellikleri.....	23
2.4.1 Viskozite.....	23
2.4.2 Yoğunluk	24

2.4.3 Setan Sayısı (CP).....	24
2.4.4 Isıl Değer	24
2.4.5 Akış Özellikleri	24
2.4.6 Parlama Noktası (FP)	25
2.4.7 Oksidasyon Kararlılığı.....	25
2.4.8 Yağlayıcılık	25
2.4.9 Toksik Etkisi.....	26
2.4.10 Biyobozunabilirlik.....	26
2.4.11 Oksidasyon Kararlılığı.....	26
2.4.12 Karbon Artığı.....	26
2.4.13 İyot Sayısı	27
2.4.14 Kükürt İçeriği	27
2.4.15 Su İçeriği	27
2.4.16 Malzeme Uygunluğu	27
2.5 Biyodizel Standartları	28
2.6 Literatürde Yer Alan Diğer Çalışmalar	29
3. MATERYAL ve METOT	34
3.1 Deney Düzenegi ve Ekipmanlar	34
3.1.1 Biyodizel Üretiminde Kullanılan Ekipmanlar	34
3.1.1.1 Terazı	35
3.1.1.2 Santrifüj.....	35
3.1.1.3 Manyetik Karıştırıcı	36
3.1.1.4 Metil Alkol (Metanol).....	37
3.1.1.5 Katalizör.....	37
3.1.2 Motor Testinde kullanılan Ekipmanlar.....	38
3.1.2.1 Test Motoru	39
3.1.2.2 İis ölçümü.....	40
3.1.3 Yakıt Analizinde Kullanılan Ekipmanlar	41
3.1.3.1 Viskozite Tayini	41
3.1.3.2 Yoğunluk Tayin Cihazı	42
3.1.3.3 Kükürt Tayin Cihazı	43
3.1.3.4 Su Tayin cihazı.....	43
3.2 Deney Metodu.....	44
3.2.1 Biyodizel Optimizasyonu	44
3.2.2 Motor Test Yöntemi	46

4. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
4.1 Parametrelerin Verim Üzerine Etkileri	47
4.2 Motor Performansı ve İş Ölçümleri	48
4.2.1 Motor Performans ve Özgül Yakıt Tüketimi Etkisi	48
4.2.2 İş emisyon değişimi	52
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	54
6. KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	64

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

C	Karbon
O ₂	Oksijen
CH ₃ OH	Metil Alkol
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
°C	Santigrat Derece
H	Hidrojen
HC	Hidrokarbon
KOH	Potasyum hidroksit
NaOH	Sodyum hidroksit
rpm	Dakikada devir sayısı
SO ₂	Kükürtdioksit
KM _n O ₄	Potasyum permanganat

Kısaltmalar

ASTM	Amerikan Standart Test Yöntemi
B5	Hacimsel olarak %5 Biyodizel+%95 Dizel Yakıtı
B20	Hacimsel olarak %20 Biyodizel+%80 Dizel Yakıtı
B50	Hacimsel olarak %50 Biyodizel+%50 Dizel Yakıtı
B100	Hacimsel olarak %100 Biyodizel Yakıtı
CFPP	Cold Filter Plugging Point (Soğukta Filtre Tıkanma Noktası)
CP	Cloud Point (Bulutlanma Noktası)
DIN	Deutsche Industri Norm (Alman Endüstri Normları)
FFA	Free Fatty Acid (Serbest Yağ Asidi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Doymuş bağ.	4
Şekil 2.2 Doymamış bağ.	5
Şekil 2.3 Bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabilme yöntemleri.	16
Şekil 2.4 Transesterifikasyon reaksiyonu.....	18
Şekil 2.5 Transesterifikasyon'la biyodizel üretimi Şeması	19
Şekil 4.1 Transesterifikasyon reaksiyonu.....	48
Şekil 4.2 Motor devrine bağlı olarak dizel ve biyodizel yakıtlarının motor torklarının değişimi	50
Şekil 4.3 Motor devrine bağlı olarak dizel ve biyodizel yakıtlarının motor güçlerinin değişimi	51
Şekil 4.4 Motor devrine bağlı olarak dizel ve biyodizel yakıtlarının özgül yakıt tüketimlerinin değişimi	52
Şekil 4.5 Motor devrine bağlı olarak Dizel, B50 ve B100 yakıtlarının NOx emisyon verileri	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Bazı Bitkisel Yağların Yakıt Karakteristikleri	9
Çizelge 2.2 Türkiye’de yıllara göre soya üretimi.....	12
Çizelge 2.3 Yıllara göre Türkiye’de fındık üretimi.....	13
Çizelge 2.4 Biyodizel ve petrol dizel yakıt özellikleri.....	14
Çizelge 3.1 Antor 6LD400 test motoru özellikleri.....	40
Çizelge 3.2 AVL 4000 is ölçüm cihazının teknik özellikleri	41
Çizelge 3.3 Optimum koşullarda üretilen biyodizele ait fiziksel özellikler	46
Çizelge 4.1 Biyodizel optimizasyon sürecini etkileyen parametreler ve dönüşüm verimleri.....	47

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 2.1 Ekilmiş bir soya tarlası	10
Resim 3.1 Deney Düzeneği	34
Resim 3.2 Terazinin görünümü	35
Resim 3.3 Santrifüjün görünümü	36
Resim 3.4 Manyetik karıştırıcılı ısıtıcının görünümü	36
Resim 3.5 Metil Alkol	37
Resim 3.6 Sodyum hidroksit (NaOH)	37
Resim 3.7 Test düzeneği	39
Resim 3.8 AVL 4000 DiSmoke egzoz emisyon cihazı	41
Resim 3.9 Viskozite tayin cihazı	42
Resim 3.10 Yoğunluk tayin cihazı	42
Resim 3.11 Kükürt tayin cihazı	43
Resim 3.12 Su tayin cihazı	43
Resim 3.13 Gliserin fazını ayırma işlemi	45
Resim 3.14 Biyodizel örnekleri	45

1. GİRİŞ

Enerji, toplumların gelişmişlik düzeylerinin bir göstergesidir. Enerji kaynaklarına sahip olan ve etkili bir şekilde kullanan ülkelerin gelişimi hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Son yıllarda hem sosyal hem de ekonomik sebeplere bağlı olarak enerji ihtiyacının artması, alternatif enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalara hız kazandırmıştır (Vezir 2006).

Fosil kökenli yakıtların rezervlerinin azalması ve çevreye olumsuz etkileri nedeni ile dizel yakıtına alternatif olarak bitkisel yağlar kullanılabilir. Ancak bitkisel yağların viskoziteleri oldukça yüksektir. Yüksek viskozite kötü atomizasyona sebep olmakta ve enjeksiyon işlemini engellemektedir. Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak dizel motorlarda kullanılabilmesi için yüksek viskozitelerinin düşürülmesi ve uçuculuklarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu sorunlar seyreltme, mikroemülsiyon, piroliz ve transesterifikasyon yöntemleri ile çözülebilmektedir (Freedman *et al.* 1984).

Biyodizel, dizel yakıtına alternatif olarak, her türlü biyolojik kökenli yağlardan, hayvansal yağlardan, kullanılmış atık kızartma yağlarından ve bitkisel tohumlardan kısa zincirli alkol ile (etanol ve metanol) bir katalizör eşliğinde reaksiyonu sonucunda elde edilir. Başka bir anlatım ile biyodizel, bitkisel yağ asidi esterlerinin etanol veya metanol gibi basit alkoller ile belirli şartlar altına tepkimeye girmesi ile elde edilen mono alkil esterlerdir (Atakan 2006). Biyodizelin organik menşeli olması, çevreyi kirletmeden toprağa karışmasını sağlamaktadır. Ayrıca biyodizelin yapısının sülfür içermemesi ve oksijen bulunması temiz bir yakıt olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan çalışmalar biyodizelin CO, CO₂, HC ve is emisyonu bakımından dizel yakıtına göre daha iyi durumda olduğunu göstermektedir (Kaplan 2001). Biyodizel saf olarak kullanılabilceği gibi petrolden elde edilen dizel yakıtlara karıştırılarak da kullanılabilir (Artukoğlu 2006).

Bu çalışmada, fındık ve soya yağı karışımlarından transesterifikasyon metodu kullanılarak biyodizel üretilmiştir. Bu reaksiyonlarda verime etki eden katalizör/yağ oranı, alkol/yağ oranı, sıcaklık ve süre gibi parametreler değiştirilerek en uygun koşullar

belirlenmiştir. Optimum koşullarda üretilen biyodizel dizel yakıtı ile %50 (B50), %20 (B20) ve %5 (B5) oranlarında karıştırılmıştır. Biyodizel (B100), B50, B20 ve B5 yakıtlarını motor performansına ve is emisyonuna etkisi tek silindirli direkt enjeksiyonlu bir motorda incelenmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Bitkisel Yağlar

2.1.1 Bitkisel Yağların Yapısı

Organik bileşiklerin bir grubunu yağlar teşkil etmektedir. Yağların kimyasal yapısına oksijen, hidrojen, karbon elementleri katılmaktadır. Katı ve sıvı yağlar, yağ asitleri ve gliserolün hakim olduğu triesterlerdir ve trigliseridler olarak da adlandırılırlar. Bu bileşiklerin suya göre yoğunlukları düşüktür ve suda çözünmezler. Ancak organik çözücüde çözünürler. Uygun oda sıcaklığında sıvıdan katıya kadar değişen bir erime aralığında bulunabilirler. Oda sıcaklığında sıvı durumda iseler sıvı yağlar, katı durumda iseler katı yağlar olarak adlandırılır. Yağların katılık veya sıvılık durumu fiziksel özellikleriyle ilgilidir (Yamık 2002).

Kimyasal yağlar, lipidlere dahil olan organik bileşiklerdir. Lipidler, yağlara ilaveten mono ve disteroller, serebrosidler, fosfatidler, terpenler, yağ alkolleri, yağda çözünen vitaminler (A, D, E ve K) ve diğer bazı bileşenleri de içeren bileşikler topluluğudur (Nas *et al.* 1998).

2.1.2 Yağ Asitleri

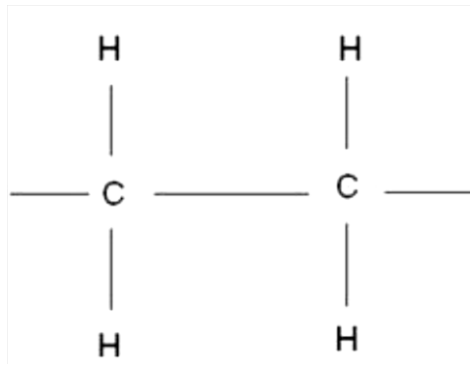
Herhangi bir yağın kimyasal ve fiziksel özellikleri yağı oluşturan yağ asitlerinin cinsine bağlıdır. $CH_3 (CH_2)_n COOH$ formülü, yağ asitlerinin genel formülüdür. Yağ asitleri kendi aralarında iki kısma ayrılır (Fessenden and Fessenden 1992).

- Doymuş yağ asitleri
- Doymamış yağ asitleri

2.1.2.1 Doymuş Yağ Asitleri

Doymuş yağ asitleri tek bağdan oluşan karbon-karbon (-C-C-) olarak adlandırılır (Şekil 2.1). R-COOH genel formülleridir. Formüldeki R hidrokarbon zinciridir. Bitkisel yağlarda en çok stearik asit (CH₃- (CH₂)₁₆-COOH) ve palmitik asit (CH₃-CH₂)₁₄-COOH) bulunur (Yamık 2002).

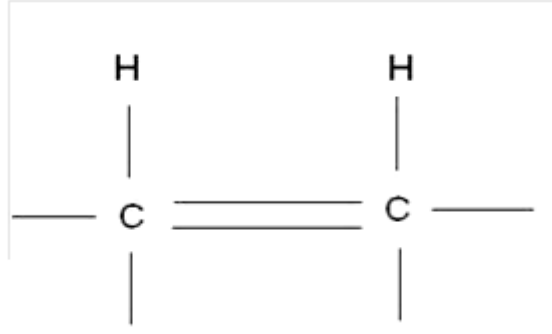
Grubun en basit üyesi formik asittir. (HCOOH); ikinci üyesi (CH₃- COOH), sonra gelen üyeler zincire CH (metilen) gruplarının eklenmesiyle uzamaktadır. İçerisinde doymamışlık (-C=C-) bulundurmayan yağ asitlerinin, molekül ağırlığı arttıkça kaynama ve erime noktaları artmaktadır. Kimyasal tepkimelere karşı doymuş yağ asitlerinin yakınlığı oldukça düşüktür (Nas *et al.* 1992).



Şekil 2.1 Doymuş bağ (Yamık 2002).

2.1.2.2 Doymamış Yağ Asitleri

Doymamış yağ asitleri molekülde bir veya daha fazla sayıda çift bağ ile gösterilirler (Şekil 2.2). Zincir formunda dallanmamış mono karboksilli asitleri içinde alken asitleri grubunun içindedirler. Birden fazla çift bağ içeren çoklu doymamış veya polienoik, yağ asitleri bir çift bağ içerdiği tekli doymamış veya monoenoik olarak adlandırılırlar (Demirci ve Alparslan 1992).



Şekil 2.2 Doymamış bağ (Yamık 2002).

Doymamış yağ asitlerine oleik, linoleik ve linolenik asit örnek olarak verilebilir. Rafinasyon işlemlerinde 280-320 °C 'ye kadar olan sıcaklıklarda linoleik ve linolenik asit bitkisel sıvı yağları zarar görürler (Demirci ve Alparslan 1992).

Doymamış yağ asitleri zinciri üzerine bir veya daha fazla alken grubu bulunur. Bir alken grubunda, bir "-CH₂-CH₂-" bağ yerine çift "-CH=CH-" bağla bağlanmış iki karbon vardır (Yamık 2002).

Doymamış yağ asitleri kolayca okside olabilirler. Çift bağ sayısının artması doymamış yağ asitlerinin okside olmasını kolaylaştırır. Özellikle metaller, ısı, ışık gibi etkenler oksidasyonu hızlandırıcı etkiye sahiptirler (İnt.Kayn.1).

2.1.3 Yağ Asitlerinin Fiziksel Özellikleri

Yağ asitlerinin karbon zincirinin uzunluğu ve molekülündeki çift bağ sayısına göre fiziksel ve fizyolojik özellikleri değişir.

Karbon sayısı 10'a kadar olan yağ asitleri adi ısıda uçucu ve sıvıdır. Karbon sayısı 12 veya daha fazla olan büyük zincirli doymuş yağ asitleri vücut ısısında katı haldedir. Bu doymuş yağ asitlerinin erime noktaları molekül ağırlığının artmasına bağlı olarak yükselir.

Tüm doymamış yağ asitleri oda sıcaklığında sıvı haldedir. Çift bağ sayısının artışına bağlı olarak daha düşük sıcaklıklarda sıvı halde kalabilirler. Örneğin 18:2 doymamış

yağ asitleri 0 °C'de sıvı haldedir. Taşıdıkları çift bağlar sayesinde doymamış yağ asitleri yüksek tepkime yeteneğine sahip olurlar.

Karbon sayıları 2-4 olan yağ asitleri, asetik, propiyonik ve bütirik asitler her oranda su ile karışır. Bu özelliklerinin yanı sıra karbon sayısı artışına göre suyla karışma kabiliyetleri azalır. Doymuş yağ asitlerinin karbon sayısı 10'dan fazla olduğu zaman suda erimezler.

Tabii olarak bulunan uzun zincirli doymamış yağ asitlerinin neredeyse tamamı cis konfigürasyondadır. Ancak, doymamış yağ asitlerinde çift bağın yerinin değişmesiyle izomerler türerse de daha çok görünen izomer şekli, çift bağın etrafındaki diziliş şekline göre ortaya çıkan cis ve trans izomerlerdir (İnt.Kyn.1).

2.1.4 Yağ Asitlerinin Kimyasal Özellikleri

2.1.4.1 Tuz Teşkili

Karbon sayıları 6'dan fazla olan yağ asitlerinin metallerle yapmış oldukları tuzlara sabun denir. Potasyum ve sodyum sabunları suda erirken, diğer metallerin tuzları genelde erimez ve temizleyici görevi yapmazlar. Sodyum sabunları, potasyum sabunlarına göre daha serttir ve daha geç erirler. Doymuş yağ asitlerinin vermiş olduğu sabunlar, doymamış yağ asitlerinin verdiği sabunlara göre su ve alkolde daha az erir (Koçak 2005).

Piyasalarda satışa sunulmuş olan sabun çeşitleri aynı yağ asitlerinin sodyum tuzlarıdır. Bu sabunlarda suyun sertliğini azaltmak için sodyum karbonat ve sodyum silikat mevcuttur. Arap sabunu olarak bilinen madde palmitik, stearik veya oleik asitin potasyum tuzlarıdır. Motor yağı katkılarında da uzun zincirli yağ asitlerinin kalsiyum sabunları mevcuttur (Koçak 2005).

Sabunun asitli ortamda bozunması ve sert sularda çözünmeyen toprak alkali sabunlarına dönüşmeleri kullanımda sakıncalar meydana getirdiğinden, deterjan adıyla adlandırılan

temizlik malzemeleri geliştirilmiştir. Piyasalarda satılan deterjanlarda yağ asitlerinin tuzlarıdır. Deterjanlar aynı zamanda asitte içerirler. Deterjanların tümü nötr, katyonik veya sabunlarda olduğu gibi anyonik olabilen hidrofilik bir grupta beraber hidrofobik hidrokarbon yapısına sahiptirler (Koçak 2005).

2.1.4.2 Ester Teşkili

Yağ asitlerinin karboksil grupları alkolle geri dönüşebilecek biçimde esterleşebilmektedir. Esterleşme kendi kendine olunca yavaş, ancak ısı veya hidrojen iyonu varlığında hızlı gerçekleşir (Hacıkadıroğlu 2007).

2.1.4.3 Çift Bağlarla İlgili Reaksiyonlar

Doymamış yağ asitlerinin yapısında bulunan etilen bağı (-CH=CH-) kolaylıkla hidrojenle ya da halojenlerle doyurulabilir. Doymamış yağ asidi, doymuş haline gelir veya çift bağ oksidasyonla açılarak yeni ürünler oluşabilir. Bu duruma örnek olarak oleik asitten stearik asit oluşması gösterilebilir (Hacıkadıroğlu 2007).

Oleik asit oksitleyici olarak potasyum permanganat (KMnO₄) düşük sıcaklıkta kullanıldığı zaman, çift bağına 2 OH grubu eklenerek dihidroksi stearik aside dönüşür. Oksidasyon ilerler ve sıcaklık arttırılırsa moleküldeki oksitlenme daha fazla olur. Bunun neticesinde dihidroksi stearik asit bir molekül su kaybına uğrar ve çift bağın olduğu yerden parçalanır. Bunlar azelaik ve pelargonik asitlerdir (Hacıkadıroğlu 2007).

Doymamış yağ asitlerinin moleküler oksijenle oksitlenmeleri ve çift bağlara O₂ girmesi sonucu farklı gruplar oluşur. Otooksidasyon olarak adlandırılan bu olayda meydana gelen ve yağda istenmeyen durumları (tad, görünüm, koku) oluşturan bileşikler peroksit, epoksit, ketohidroksit gibi gruplardır. Bu grupların özellikle yüksek sıcaklıklarda parçalanmaları ile genellikle asit ve aldehytlerden meydana gelen farklı ürünler oluşur (Hacıkadıroğlu 2007).

2.1.5 Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanım Olanakları

Günümüzde hava, su ve toprak kirliliği gibi terimler çevre ile ilgili gündemi oluşturan konulardır. Dünyada birçok ülke tarafından çevre dostu ürünlerin kullanımını için yasalar çıkartılmaktadır. Örneğin Almanya, bölgesel düzenlemeler ile ormancılık sektöründe, hızlı biyolojik ayrışabilir yağ kullanmayan ekipmanın kullanımını yasaklamıştır. Biyokütle kaynakları bakımından zengin bir tarım ülkesi olmamız nedeniyle, bu kaynakların alternatif motor yakıtları üretiminde değerlendirilmesinin önemi büyüktür (Acaroğlu 2003).

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılması ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu motor üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan gerçekleştirilmiştir. Bitkisel yağların motorda minimum değişiklik ile kullanılabilmesi en büyük avantajlarından birisidir. Bitkisel yağlarla dizel yakıtı arasında özgül ağırlık ve ısıl değer bakımından fazla bir fark bulunmamasına rağmen kinematik viskoziteleri oldukça farklıdır. Yağların viskoziteleri dizel yakıtından yaklaşık 10-20 kat fazladır (Lowry 1990).

Motor yakıtı olarak kullanılacak başlıca bitkisel yağlar; haşhaş, fındık, ayçiçeği, susam, mısır, keten tohumu, hint yağı, aspir, soya, kolza, yer fıstığı, hurma çekirdeği, pamuk tohumu yağlarıdır. Çizelge 2.1'de bu yağların ve dizel yakıtının özellikleri görülmektedir (Acaroğlu 2003).

Bitkisel yağlar ile dizel yakıtının karbon ve hidrojen değerleri birbirine yakın, oksijen değerleri bakımından ise bitkisel yağların değeri daha yüksektir. Isıl değerler karşılaştırıldığında bitkisel yağın ısıl değeri dizel yakıtına göre %10-15 oranında daha düşüktür (İnt.Kyn.3).

Çizelge 2.1 Bazı Bitkisel Yağların Yakıt Karakteristikleri (Georing *et al.*1982).

Yağlar	Viskozite (mm ² /s)	Setan Sayısı	Isıl değeri (kj/kg)	Dumanlanma nok. (°C)	Alevlenme nok.(°C)	Yoğunluk (kg/l)	Kükürt (%)
Hint Yağı	297	?	37274		260	0.9537	0.01
Mısır Yağı	34.9	37.6	39500	-1.1	277	0.9095	0.01
Pamuk Yağı	33.5	41.8	39468	1.7	234	0.9148	0.01
Bezir Yağı	27.2	34.6	39307	1.7	241	0.9236	0.01
Yerfıstığı	39.2	41.8	39782	12.8	271	0.9026	0.01
Kolza Yağı	37.0	37.6	39709	-3.9	246	0.9115	0.01
Aspir Yağı	31.3	41.3	39519	18.3	260	0.9144	0.01
Susam Yağı	35.5	40.2	39349	-3.9	260	0.9133	0.01
Soya Yağı	32.6	37.9	39623	-3.9	254	0.9138	0.01
Ayçiçek Yağı	33.9	37.1	39575	7.2	274	0.9161	0.01
2 Nolu Dizel	2.7	47	45343	-15.0	52	0.8400	0.01den az

2.2 Soya ve Fındık Bitkileri

Soya bitkisi, iklim, toprak gibi yetiştirme koşulları açısından ülkemizde kolayca üretilen bir bitkidir. Aynı şekilde fındık bitkisi de ülkemizde oldukça fazla üretilmektedir. Dünyada üretilen fındığın yaklaşık olarak %70'i ülkemizde yetiştirilmektedir.

2.2.1 Türkiyede Soya Üretimi

Yazlık bir baklagil bitkisi olan soyanın ekimi bahar ayında toprak sıcaklığı 10-12 °C iken yapılır. Ekim zamanı birinci ve ikinci ürün olmasına bağlı olarak değişim göstermektedir. Eğer birinci ürün ise ekimi Nisan ayının son haftası ile Mayıs ayının ilk

yarısı arasındaki gerçeştirilir. İkinci ürün olarak değeriendirilecekse bölgeler arasında farklılık gösterir. Trakya bölgesinde haziran ayının ikinci yarısında ve güney illerimizde çok erkenci çeşitler temmuz ayı içerisinde de ekilebilir. Hassas bir bitki olan soyanın ekimi mümkün olduğunca yeterli toprak tavında yapılmalıdır. Çünkü soya tohumunun çimlenebilmesi için kendi ağırlığının % 50'si kadar nem'e ihtiyaç duymaktadır. Toprak yapısına bağlı olarak ekim derinliği 2,5-5 cm arasında olmalıdır. Resim 2.1'de ekilmiş bir soya tarlası görülmektedir (Babaoğlu 2003).



Resim 2.1 Ekilmiş bir soya tarlası.

Anavatanı Çin ve Japonya gibi Uzakdoğu Asya ülkeleri olan Soya bitkisinin tarımı yaklaşık 5000 yıl öncesine dayanmaktadır. Günümüzde üretimi yapılan en önemli bitkiler arasında yer alan soya 100 yıl öncesine kadar yeterince bilinmeyen bir bitki idi. 1690'larda iki yıl Japonya'da yaşayan Alman botanikçi Kaempfer soya bitkisini ilk kez Avrupa'ya götürmüştür. 1740'da misyonerlerin yolladığı tohumlar Paris botanik bahçesinde ekilmiştir. Soya bitkisi İngiltere'ye ise 1790'da girmiştir. ABD'deki soya çalışmaları da ilk kez 1804'de başlamıştır. 1854 yılında Japon çeşitleri getirilmiş ve 1898 yılında Tarım Bakanlığının ilk ciddi tanıtımı gerçekleşmiştir. 1919-1924 yıllarında 8 eyalette soya ekimleri başlatılmıştır. Tarımda makineleşmenin artmasına bağlı olarak soya ekimlerinin artması soya sanayinin kurulması ve ticaretinin yaygınlaşmasına sebep olmuştur. 1936'da Chicago'da soya laboratuvarları ve sanayi tesisleri kurulmuştur. Son yıllarda 140-145 milyon ton seviyelerine ulaşan soya üretimi içinde ABD'nin payı % 50 oranında ve Dünya soya ticaretinde ilk sıradadır. Son 20-25 yılda yaptıkları çalışmalarla 2. ve 3. sırayı Brezilya ve Arjantin almıştır (Kolsarcı *et al.* 2000).

Ülkemizde soya bitkisi 1. Dünya savaşı sonrasında yeni kurulan Turhal şeker fabrikasında pancarla ekim nöbetine girmek üzere denenmiştir. Çorum fasulyesi adıyla tanınması sağlanmıştır. Daha sonra Karadeniz bölgesinde yaygınlaşarak 10-12 bin tonluk üretim seviyesine ulaşmış ve Polonyalı bir firmaya ihale edilen çalışmayla, Ordu ilinde Sümerbank Soya Sanayi Tesisleri kurulmuştur. Yeterli kapasiteye ulaşamayan fabrika, fındık ve diğer yağlı tohumların işlenmesi için kullanılmıştır (Kolsarcı *et al.* 2000).

Karadeniz'de mısır ve fasulye karşısında uygun bir pariteyle rekabet etme şansı bulamamış ve üretimi 1970'li yılların sonunda 2000 tona kadar azalmıştır. 1973-74 yıllarında, Çukurova Bölgesinde yoğun beyaz sinek zararından etkilenen pamuk üretimine alternatif olabilecek 2. ürün olarak soya üretimi gündeme gelmiştir. Tarım Bakanlığı bu konuya daha ciddi yaklaşımlar getirmiş ve yurt dışından temin edilen birkaç soya çeşidi bölge çiftçisine dağıtılarak soya üretimine hız verilmiştir. Tarım Bakanlığı 1981 yılında dönemde ortaya çıkan bitkisel yağ açığını kapatmak ve gelişen hayvancılığımızın yem ihtiyacını karşılamak üzere ülkesel 2. Ürün Araştırma Yayımı Projesi yürürlüğe girmiştir. Bu projede sağlanan teşvikler ile soya üretiminde kısa sürede önemli artışlar elde edilmişti (Kolsarcı *et al.* 2000). Çizelge 2.2'de Türkiyede soya üretiminin gelişme durumu gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Türkiye’de yıllara göre soya üretimi (İnt. Kayn.2).

Yıl	Üretim (Ton)
2003	270.000
2004	140.000
2005	86.000
2006	119.186
2007	86.747
2008	94.444
2009	105.210
2010	234.727
2011	264.209
2012	315.990
2013	432.600

2.2.2 Türkiye’de Fındık Üretimi

Fındık, kuzey kürenin sıcak bölgelerinde yetiştirilen *Corylus (Corylus avenella L.)* familyasına ait kabuklu bir meyvedir. Fındığın anavatanının neresi olduğu tam olarak bilinmemektedir (Çaylak 2006). Kültür çeşitlerinin kaynağını oluşturan önemli yabancı türlerin Anadolu’da yayılmış olması fındığın anayurdunun Anadolu olduğu görüşünü desteklemektedir. Dünyanın en kaliteli fındık çeşitleri Anadolu’da elde edilmiştir. Dünyada ticari alanda ilk fındık yetiştiriciliği ve ihracatı Anadolu’da başlamıştır. Dünyada fındık üretimine en uygun iklim ve toprak yapısı Anadolu’da bulunmaktadır (Demirali *et al.* 2002).

Fındık, ulusal ekonomide ve tarım sektöründe özel bir yere sahiptir. Türkiye’nin meyve ihracatında ilk sırayı almakta ve ülkemize ciddi döviz girişi sağlamaktadır. Fındık aynı zamanda bileşenleri bakımından çok önemli bir besin maddesidir. Fındığın bileşenlerinin büyük kısmını yağ oluşturmaktadır. Karadeniz bölgesinde yetiştirilen fındığın içerisindeki yağ oranları değişiklik göstermektedir. Karadeniz bölgesinde yetiştirilen sivri, tombul, badem fındığı çeşitlerinin yağ oranları ortalama olarak %65,1 dir (Sarıyer 1998).

Dünyanın en büyük fındık üreticisi ve ihracatçısı % 77,31 oran ile Türkiye'dir. Türkiye'yi sırasıyla %15,6 ile İtalya, %2,45 ile İspanya, %3,93 ile ABD ve %0,74 ile Yunanistan izlemektedir. Fındık üretiminin ülkemiz ekonomisine katkısı büyüktür. Fındık ülkemizde sevilen bir çerez ürünü olarak tüketilmektedir. Çikolata endüstrisinin önemli kaynağıdır. Son yıllarda fındık yağı imalatı da artmıştır (Çaylak 2006).

Ülkemiz fındık üretiminde dünyada ilk sırayı almasına rağmen fındık fiyatını belirlemek Dünyadaki büyük çikolata şirketlerinin tekelinde bulunmaktadır. Bu durumu ülkemizin lehine çevirmek için fındık tüketiminin artması gerekmektedir. Bu artış sadece fındığın kuruyemiş olarak tüketilmesiyle mümkün değildir. Buna ilave olarak fındık yağı tüketiminin artması gereklidir (Çaylak 2006).

Çizelge 2.3'te Türkiye'de yıllara göre fındık üretimi görülmektedir. Tablo incelendiğinde 2004 yılından 2008 yılına kadar fındık üretiminde iki kata varan artış gerçekleştirmektedir. Ancak 2012 yılına kadar olan dönemde de dalgalanmaların meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 2.3 Yıllara göre Türkiye'de fındık üretimi (İnt. Kayn.3).

Yıl	Üretim (Ton)
2004	350.000
2005	530.000
2006	661.000
2007	530.000
2008	800.791
2009	500.000
2010	600.000
2011	430.000
2012	660.000

2.3 Biyodizel ve Üretim Yöntemleri

Biyodizel, kanola, ayçiçeği, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel veya hayvansal yağların bir katalizör ile beraber kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda ortaya çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür (Artukoğlu 2006).

Petrol kökenli dizel yakıtı ile biyodizelin kimyasal yapısı farklılık gösterir. Çizelge 2.4'te petrol dizel yakıtı ile biyodizelin fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır (Özçimen ve Karaosmanoğlu 2002).

Çizelge 2.4 Biyodizel ve petrol dizel yakıt özellikleri (Ulusoy ve Alibaş 2002).

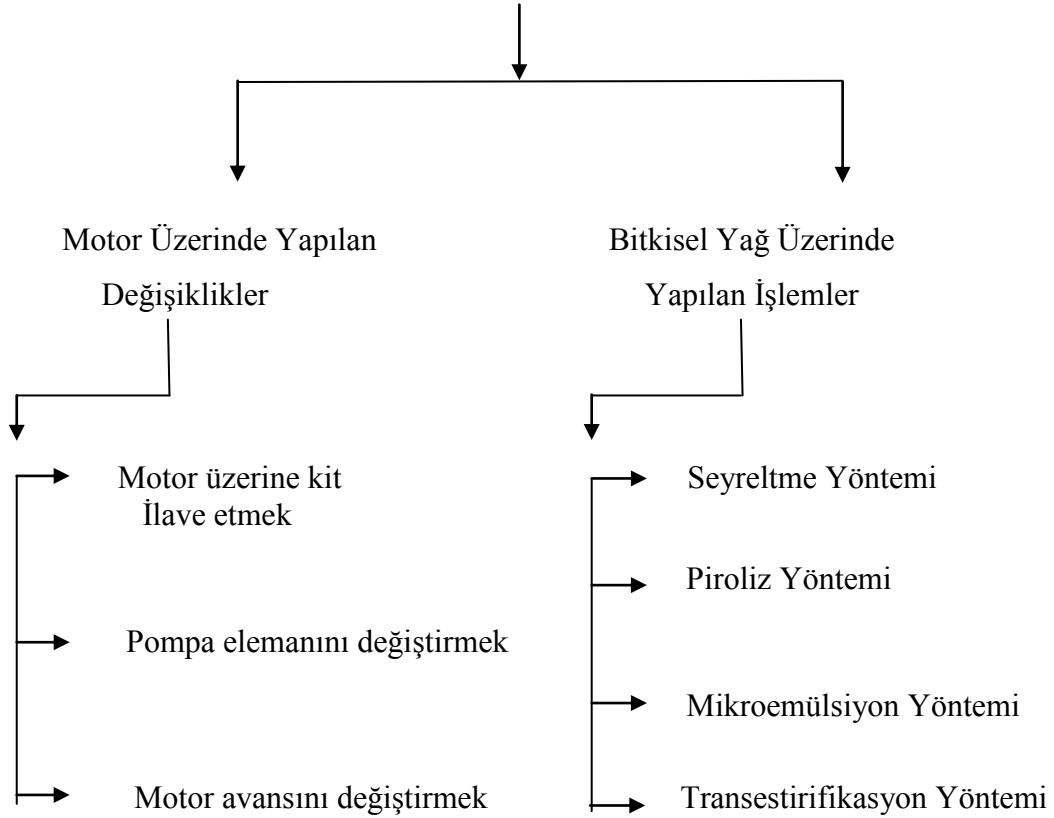
Özellikler	Petrol Dizeli	Biyodizel
Kapalı Formül	$C_{12,226}H_{23,29}S_{0,0575}$	$C_{19}H_{35,202}$
Molekül Ağırlığı, (g/mol)	120-320	296
Alt Isıl Değeri		
Kütlesel, (kJ/kg)	42 700	37100
Yoğunluk, 15 °C, (kg/mL)	820-860	875-880
Kinematik Viskozite, 40 °C, (mm ² /s)	2,50-3,50	4,3
Alevlenme Noktası, (°C)	>55	>100
Kükürt İçeriği (% kütlese)	<0,05	<0,01
Tutuşma Katsayısı (Setan Sayısı)	49-55	>55
Kül (% kütlese)	<0,01	<0,01
Su miktarı (mg/kg)	<200	<300

Biyodizel orta uzunlukta C₁₆-C₁₈ yağ asidi zincirlerini içeren metil veya etil ester tipi bir yakıttır. Biyodizelin oksijen içeriği yaklaşık ağırlıkça %11'dir. Biyodizel, dizel yakıtına yakın ısıl değere, dizel yakıtından daha fazla alevlenme noktasına sahiptir. Bu özellik, biyodizeli kullanma-taşıma-depolama işlemlerinde daha emniyetli bir yakıt yapmaktadır (Ölçüm 2006).

Biyodizel yakıtlarda bulutlanma noktası dizel yakıtlara nazaran daha yüksektir. Bu neden biyodizelin soğukta çalışma özelliğini kısıtlamaktadır. Bulutlanma noktası esterleştirme kompozisyonu içerisindeki doymuş yağ asidi miktarı ile anlaşılabilir. Doymuş yağ asidi miktarı yüksek olan hammaddelerden yapılan biyodizellerin bulutlanma noktası da yüksektir. Bu neden ile bulutlanma noktasını düşürmek için yakıt içerisine özel katkı maddeleri ilave edilmeli veya biyodizel üretimi esnasında kullanılacak yüksek doymuş yağ asitliğine sahip yağlar düşük yağ asitliğine sahip yağlar ile karıştırılmalıdır. Ayrıca biyodizelin üretimi sonunda meydana gelen su tamamen uzaklaştırılmalı ve filtrelendirilmelidir (Tillem 2005).

Şekil 2.3'te bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılabilme yöntemleri gösterilmektedir. Motor üzerinde yapılacak olan çalışmalardan ziyade bitkisel yağın motora uygun hale getirilmesi daha sağlıklı olacaktır. Bitkisel yağları dizel motora uygun hale getirmek için 4 yöntem kullanılmaktadır. Bunlar seyreltme, piroliz, mikroemülsiyon ve transesterifikasyon yöntemidir.

Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Kullanılabilme İmkanları



Şekil 2.3 Bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabilme yöntemleri (Fessenden and fessenden 1992).

2.3.1 Seyreltme Yöntemi

Seyreltme Yöntemi; belirli bir yoğunluktaki çözeltinin, çözücü miktarının artırılarak derişiminin değiştirilmesi yöntemidir. Bu yöntemle maddenin kimyasal yapısında değişiklik olmamış, sadece yüzde çözücü madde miktarı azalmıştır. Seyreltme yöntemi ile literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan elde edilen biyodizelin vizkozite ve performans değerleri dizel yakıtın vizkozite ve motor performans değerlerine yakın sonuçlar elde edilmiştir (Yavuz 2007).

2.3.2 Piroliz Yöntemi

Organik maddelerin oksijensiz ortamda ısıtılması sonucu termal parçalanma yöntemine piroliz yöntemi denir. Piroliz yöntemi uygulanan yakıtın viskozitesi düştüğü için yakıt daha verimli bir yanma olayı gerçekleştirir. Bitkisel yağların piroliz ürünlerini elde

etmek için iki yöntem vardır. Bunlardan birisi, bitkisel yağları ısı etkisiyle kapalı bir kapta parçalamak, diğeri ise standart ASTM distilasyonu ile bitkisel yağları ısı parçalanma etkisinde tutmaktır. Isı etkisiyle parçalanmış bitkisel yağın özellikleri dizel yakıtıninkine daha yakındır (Çengelci 2011).

2.3.3 Mikroemülsiyon Oluşturma

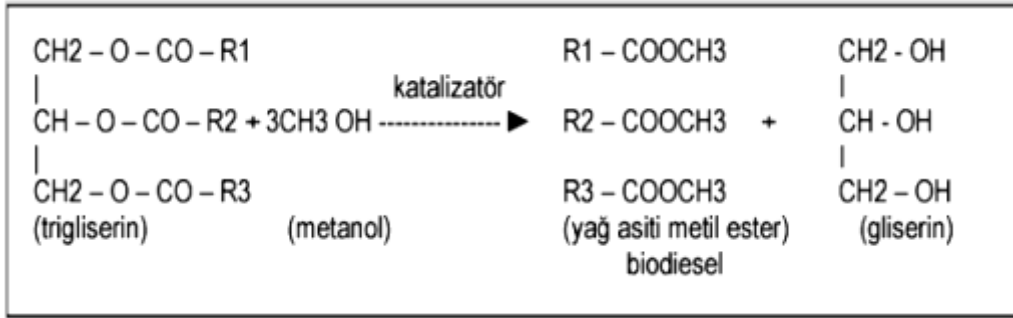
Mikroemülsiyon oluşturma yöntemi, Kısa zincirli alkollerin (metanol veya etanol) bitkisel yağlarla emülsiyon hale getirilmesi işlemidir. Bu yöntem sonucunda elde edilen yakıtın viskozitesi düşmektedir. Düşük sıcaklıklarda karışımın ayrışma yönelimi göstermesi ve alkollerin düşük sıcaklıklarda buharlaşması ve yakıt sistemine zarar vermesi mikroemülsiyonun olumsuz yönlerini oluşturmaktadır (Karadirek 2008).

2.3.4 Transesterifikasyon Yöntemi

Günümüzde en fazla tercih edilen biyodizel üretim yöntemi katalizör eşliğinde transesterifikasyondur. Bu durumun başlıca sebepleri;

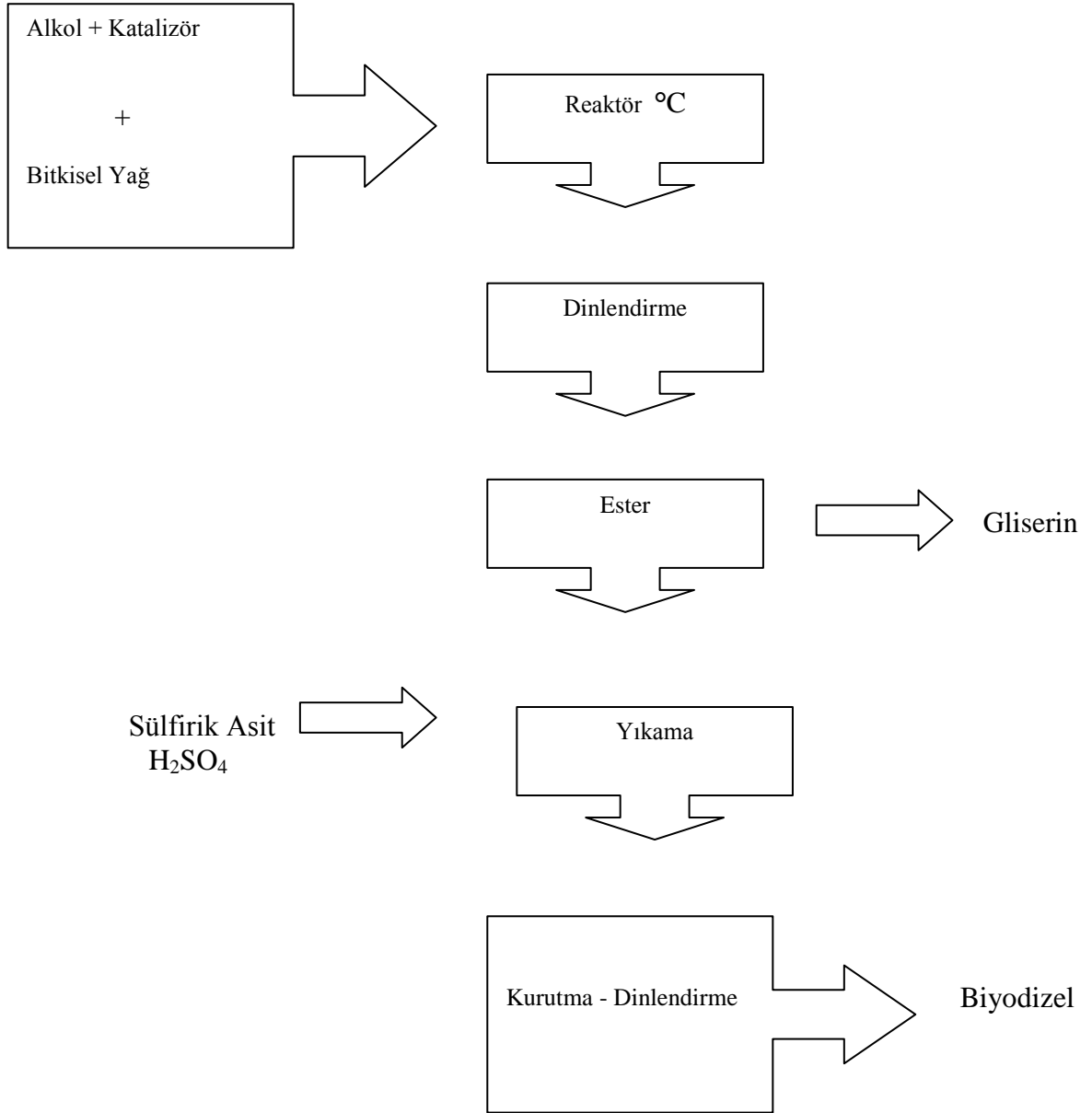
- Yapım aşamasında zehirli hiçbir maddeye ihtiyaç duyulmaması
- Ara bileşenler olmadan direkt biyodizel üretilebilmesi
- Minimum reaksiyon zamanında yüksek dönüşüm sağlanması
- Düşük sıcaklık ve düşük basınçta gerçekleşmesi

Transesterifikasyon reaksiyonunda yağ, kısa zincirli bir alkolle (metanol, etanol) katalizör (asidik, bazik katalizörler ve enzimler) varlığında ana ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek esterleşir. Şekil 2.4'te transesterifikasyon verilmiştir.



Şekil 2.4 Transesterifikasyon reaksiyonu (Ulusoy ve Alibaş 2002).

Ayrıca esterleşme reaksiyonunda digliserid ve monogliseridler yan ürün olarak oluşur ve serbest yağ asitleri meydana gelir. Biyodizel üretiminde alkol olarak metanol, katalizör olarak ise genellikle alkali katalizörler tercih edilir. Bitkisel yağ olarak ayçiçeği, kolza, soya ve kullanılmış kızartma yağları kullanılmaktadır. Biyodizel üretiminde hayvansal yağlarda kullanılabilir. Şekil 2.5'te transesterifikasyonla şematik olarak biyodizel üretimi olarak sunulmuştur (İnt. Kayn. 4).



Şekil 2.5 Transesterifikasyon’la biyodizel üretimi Şeması (Ergen 2006).

2.3.4.1 Transesterifikasyon Yönteminde Verime Etki Eden Faktörler

Transesterifikasyon yönteminin biyodizel elde etmede verimlilik, ekonomiklik, reaksiyon süresi açısından en uygun yöntem olduğu yapılan birçok çalışmada saptanmıştır.

Reaksiyonun belirtilen parametrelerde başarılı olmasına birçok faktöre bağlıdır. Deneysel çalışmalarda belirtilen bu faktörler sırasıyla;

- Serbest yağ asidi ve suyu etkisi
- Alkolün etkisi
- Katalizör etkisi
- Molar oranının etkisi
- Reaksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi olarak 5 başlıkta incelenebilir.

Serbest yağ asidi ve suyun etkisi

Alkali katalizörler biyodizel üretiminde kullanıldığında bitkisel yağ ve su içerisindeki serbest yağ asitlerinin miktarı önemlidir. Bitkisel yağ içerisinde kesinlikle su olmamalı ve içerisinde su bulunmayan saf alkoller kullanılmalıdır. Çünkü su biyodizel reaksiyonunda değişime ve sabunlaşmaya neden olabilir. Sabunlaşma, katalizörün reaksiyondaki etkisini azaltır ve viskozitenin yükselmesiyle birlikte jelleşmeye sebep olur. Bunun sonucunda üretilen biyodizel ürününün verimi düşer ve gliserinin ayrıştırılması zorlaşır (Deniz 2013).

Alkolün etkisi

Ester verimini etkileyen en önemli etkenlerden biri alkol / trigliserit mol oranıdır. Transesterifikasyon reaksiyonunda stokiometrik olarak, üç mol yağ asidi alkil esterleri ve bir mol gliserin oluşturmak için üç mol alkol ve bir mol trigliserite ihtiyaç duyulmaktadır. Transesterifikasyon reaksiyonu sağ tarafa kaydırma için oldukça aşırı alkole ihtiyaç duyan bir denge reaksiyonudur. En yüksek ester dönüşümü için mol oranı 6:1 olmalıdır. Yüksek mol oranı çözünürlüğü arttırdığı için gliserinin ayrılmasını zorlaştırır. Bu da reaksiyonun dengesini sol tarafa kaydırır ve ester veriminin düşmesine sebep olur.

Transesterifikasyon reaksiyonlarında en çok metil ve etil alkoller kullanılır. Bu alkollerin yanı sıra izopropanol ve bütanol de kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda

aynı şartlarda etil alkolün reaksiyon veriminin metil alkole göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Metil alkol esterlerinin yakıt özellikleri, dizel yakıtı özelliklerine daha yakındır. Büyük biyodizel üretim tesislerinde metil alkolün, etil alkole göre daha iyi sonuçlar vermesi, daha ekonomik olması ve temin kolaylığı tercih edilme nedenleri arasındadır. Alkolün üretim aşamasında az da olsa biyodizelin içinde kalması, parlama noktası ve setan sayısını düşürmekte ve kötü yanmaya neden olmaktadır. Ayrıca yakıt pompası, conta ve plastik kısımlara zarar vermektedir (Artukoğlu 2006).

Katalizör tipinin etkisi

Transesterifikasyon reaksiyonu alkaliler, asitler veya enzimler tarafından katalize edilebilir. Genellikle asit katalizör olarak sülfürik, fosforik, hidroklorik ve organik sülfonik asitler; alkali katalizör olarak da NaOH, KOH, karbonatlar ve sodyum metoksit, sodyum etoksit, sodyum proksit gibi alkoksitler kullanılır (Çanakçı ve Özsezen 2005).

Alkali katalizörler

Transesterifikasyonda kullanılan alkali katalizörler genel olarak NaOH, KOH, ve karbonatlardır. Alkali katalizörler, aynı miktarda asidik katalizör ile gerçekleşen reaksiyondan yaklaşık olarak 4000 kat daha hızlıdır. Bu nedenle serbest yağ asitlik değeri yüksek olmayan yağların kullanıldığı uygulamalarda çoğunlukla alkali katalizörler kullanılmaktadır (Fukuda *et al.* 2001).

Asidik katalizörler

Sülfürik asit, fosforik asit ve hidroklorik asitler asidik katalizör olarak kullanılan asitlerdendir. Asidik katalizörler ile transesterifikasyon alkali katalizörlere göre oldukça yavaş gerçekleşmektedir (Fukuda *et al.* 2001).

Asidik katalizörün en önemli avantajları alkali katalizöre göre su miktarına daha az duyarlı olması ve bu özellikleri sonucunda da ayrıca bir ön işlem gerektirmemesi ve

reaksiyon süresi uzamasına rağmen, hammaddesinin serbest yağ asidi miktarından etkilenmemesidir (Erdoğan 1991).

Enzimatik katalizörler

Bu yöntemde diğer iki yöntemden farklı olarak lipaz adı verilen ve gliseritleri hidrolize etme kabiliyeti olan enzimler kullanılır. Öncelikle trigliseritler, lipazlar ile hidroliz edilerek, gliseritlere ve serbest yağ asitlerine dönüştürülürler. Daha sonra da bu serbest yağ asitleri ve metil alkol ile metil ester meydana getirilir. Bu yöntem kullanımında alkali katalizör kullanımından dolayı oluşan birçok sorun oluşmaz. Bununla birlikte bu yöntem alkali ve asidik katalizörlerle gerçekleştirilen yöntemlere göre çok daha yüksek maliyetlidir, bu yüzden de ticari amaçla uygulanması zor gözükmetedir (Fukuda et al 2001).

Molar oranın etkisi

Alkol-trigliserid molar oranı ester ürünlerini etkileyen en önemli parametrelerdir. Stokiyometrik transesterifikasyon reaksiyonu, 1 mol gliserid ile 3 mol alkol reaksiyona girerek 3 mol yağ asidi esteri ile 1 mol gliserol oluşturur. Yüksek oranda ester dönüşümü yüksek molar oranlı reaksiyonlarda çok daha kısa gerçekleşmektedir (Fedai 2006).

Reaksiyon sıcaklığının ve süresinin etkisi

Kullanılan alkol ve yağa bağlı olarak transesterifikasyon reaksiyonu çeşitli sıcaklıklarda gerçekleştirilebilir. Yüksek sıcaklık reaksiyonu hızlandırıp dönüşümü arttırırken, reaksiyon süresini kısaltır. Oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda da reaksiyon gerçekleşebilmektedir. Atık kızartma yağları, kızartma işlemi süresince polimerize olarak yüksek moleküler ağırlığa sahiptirler ve viskoziteyi arttırırlar. Bu süreçte serbest yağ asidi miktarının artmasına sebep olurlar. Bu sebeple atık kızartma yağları kullanımında reaksiyon sıcaklığının yüksek olması reaksiyon süresini kısaltır ve viskoziteyi düşürür. Reaksiyon süresinin uzamasıyla ester dönüşümü artmaktadır.

Triglesidlerin transesterifikasyonu yağ asidi alkil esterleri ve gliserol üretir (Deniz 2013).

2.4 Biyodizelin Özellikleri

Biyodizelin kalitesini; Viskozite, Yoğunluk, Setan Sayısı (CN), Isıl değer, Akış Özellikleri, Parlama Noktası (FP), Oksidasyon Kararlılığı, Yağlayıcılık, Toksik Etkisi, Biyobozunabilirlik, Karbon Artığı, İyot Sayısı, Kükürt İçeriği, Su İçeriği, Malzeme Uyumudur.

2.4.1 Viskozite

Viskozite, sıvıların akmaya karşı gösterdiği dirençlerinin ve iç sürtünmelerinin ölçüsüdür. Viskozite, kinematik ve dinamik olmak üzere ikiye ayrılır. Dinamik viskozite; birbirlerinden 1m uzaklıktaki iki düzlem arasında $1m^2$ alanındaki sıvı tabakasının $1m/s^2$ hızla kayması için gerekli olan Newton kuvvetine denir. Kinematik viskozite birimi santistok (cSt) olup, $1cSt=1 mm/saniye$ dir ve ASTM D-88'e göre viskozite $40 ^\circ C$ de ölçülmelidir. Viskozite değerleri, Engler (DIN 51560), Redwood (Institute of Petroleum, Standart Medhods IP 70/57), Saybold Universal ve Saybold-Furol viskozimetreleri ile belirlenmektedir. Dizel yakıt viskozitesi, uygun hava-yakıt karışımının elde edilmesini ve buna bağlı olarak ta silindir içerisinde meydana gelecek olan yanmayı direkt etkilemektedir. Viskozite küçüldükçe silindire gönderilen yakıt çok daha küçük parçacıklara ayrılacak ve daha ideal bir yanma gerçekleşecektir. Viskozite çok düşük olduğu durumlarda ise püskürtme sisteminin farklı yerlerinde kaçaklar meydana gelebilecektir. Bu durumlara ilave olarak soğuk havalarda yakıtın püskürtülmesinde bazı problemler yaşanabilmektedir. Bu durum yanmanın verimini düşürerek yanmamış hidrokarbonların miktarını artırır. Sıcaklık viskozite için önemli bir etkiye sahiptir. Motor yakıtlarının viskoziteleri $50 ^\circ C$ 'de 1.5-5 Engler derecesi olmalıdır (Yamık 2002).

2.4.2 Yoğunluk

Yoğunluk; birim hacimdeki yakıtın kütle miktarıdır. Yakıt yapısı, karbon-hidrojen miktarı, yakıtın parçalanması ve tutuşma kabiliyeti ile ilgili ön bilgi verir. Dizel motorlarda enjeksiyon sistemleri yakıtı hacimsel bazda gönderdikleri için yakıtın özgül kütlesi, motorun içine gönderilen yakıtın kütle miktarını direkt etkiler. Moleküller içindeki hidrojen sayısı arttıkça genel olarak özgül kütle azalır (Şen 2012).

2.4.3 Setan Sayısı (CP)

Setan sayısı dizel yakıtların tutuşma meyillerinin ve tutuşma gecikmesinin bir ölçüsüdür. Dizel yakıtların tutuşma meyillerinin yüksek olması gerekir. Çünkü yüksek basınç ve sıcaklıktaki hava içine püskürtülen yakıtın kendi kendine tutuşabilmesi gerekmektedir. Tutuşma meyili düşük olursa tutuşma gecikmesinin artmasına, bunun sonucunda da yanma odasındaki yakıt miktarının artarak mekanik zorlamalara ve yüksek basınç oluşmasına (vuruntu) neden olur. Setan sayısının yüksek olması tutuşma gecikmesini azaltır ve enjektörlerin tıkanmasına neden olabilmektedir (Safgönül vd. 1995).

2.4.4 Isıl Değer

Yanmanın sonucunda meydana gelen ürünlerin, yanmadan önceki referans bir sıcaklığa göre toplam entalpilerinin yakıt kütlesine bölünmesiyle elde edilen değere ısıl değer denir. Ürünlerdeki su yoğuşmuş kabul ediliyorsa buna yakıtın üst ısıl değeri denir. Eğer, su buhar fazında ise bu değere yakıtın alt ısıl değeri adı verilir (Kaplan 2001).

2.4.5 Akış Özellikleri

Biyodizel-dizel karışımları ve biyodizel, dizel yakıtından daha fazla bulutlanma ve akma haline sahiptirler. Uygun katkı maddeleri kullanılarak akma ve bulutlanma noktaları düşürülebilmektedir. Biyodizel-dizel karışımları 4°C üstünde harmanlama ile hazırlanmalıdır. Sıcak durumda harmanlama da karışımda daha çok olan kısmın üzerine

eklenmeli, soğuk harmanlama da ise biyodizel dizel yakıtı üzerine eklenmelidir (Karaosmanoğlu 2002).

2.4.6 Parlama Noktası (FP)

Sıvı buharının parlayabilir bir atmosfer meydana getirdiği en düşük sıcaklığa parlama noktası denir. Biyodizelin parlama noktası dizel yakıtına göre daha yüksektir ve bu durum biyodizelin başlıca üstünlüklerindedir. Bu özelliği ile biyodizel daha kolay depolanabilir (Dinçbaş 2007).

2.4.7 Oksidasyon Kararlılığı

Oksidatif kararlılık, havadaki oksijen ile yakıtın temas etmesi sonucu yakıtta oluşan değişikliklerle alakalıdır. Havayla temas eden biyodizel oksidasyona karşı hassaslaşır. Biyodizel yakıtının en önemli özelliği oksidasyon kararlılığıdır. Dizel yakıtının oksidasyon kararlılığı biyodizele göre yüksektir. Biyodizel bozunurken organik asitler ve polimer maddeler oluşur. Polimer maddeler yakıt pompası ve enjektörlerde sorunlara, organik asitler ise metal korozyona neden olmaktadır (Yüce 2008).

2.4.8 Yağlayıcılık

Motor elemanlarının (piston-segman bölgeleri, yakıt pompaları, enjektörler vb.) sürtünme ve aşınma problemlerinin giderilmesi için yağlamaya ihtiyacı vardır. Günümüz dizel yakıtlarındaki kükürt miktarı oldukça düşürülmüştür. Kükürt miktarı düşürülmüş dizel yakıtları için yağlama özelliğini arttıran katkıları kullanılmaktadır. Ancak katkı miktarı arttığında yakıt besleme elemanlarında tortular oluşmaktadır. Biyodizelin yağlayıcılık özelliği dizel yakıtına göre daha iyidir. Nedeni ise dizel yakıtlarda bulunan ultra düşük sülfürden kaynaklanmaktadır (Altınsoy 2007).

2.4.9 Toksik Etkisi

Biyodizelin toksik etkisi yoktur. Biyodizel ağızdan alındığında öldürücü doz 17,4 g biyodizel/kg vücut ağırlığı şeklindedir. Sofralarda kullandığımız tuz için bu değer 1,75 g tuz/kg vücut ağırlığı olup tuz, biyodizelden 10 kat daha fazla öldürücü etkiye sahiptir. Biyodizelin elle temasında ise insan cildine %4'e yakın sabun çözeltisinden daha az toksik etki yapmaktadır (Karaosmanoğlu 2002).

2.4.10 Biyobozunabilirlik

Biyodizeli oluşturan C₁₆-C₁₈ metil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozunur, 10.000 mg/l'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suya bırakıldığında biyodizelin 28 günde % 95'i, dizel yakıtın ise %40'ı bozunabilmektedir. Biyodizelin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (seker) benzemektedir (Üstün 2006).

2.4.11 Oksidasyon Kararlılığı

Kimyasal yapılarından dolayı biyodizelin oksidasyon kararlılığı dizel yakıtına göre daha düşüktür. Doymuş yağ asitlerinin oksidasyon kararlılığı yüksek olmasına karşın, özellikle çoklu doymamış yağ asitleri oksidasyon kararlılığı bakımından düşüktür. Oksidasyon kararlılığı ham yağın tokoferol ve karoten (antioksidan) içeriğine de bağlıdır. Antioksidan katkıları kullanılarak yağın oksidasyon kararlılığı artırılabilir (Altınsoy 2007).

2.4.12 Karbon Artığı

Oksijensiz ortamda bir yüzeyde yakıtın yanması simüle edilerek DIN EN ISO 10370 test metoduna göre karbon artığı belirlenmektedir. Karbon artığı enjektör deliklerinde veya yanma odasında karbon birikmesine neden olmaktadır. Yapılan testler, biyodizelin uygulamada neredeyse karbon artığı bırakmadığını ve maksimum değer olarak kütleinin %0,4'ü kadar olduğunu göstermiştir (Akyarlı 2004).

2.4.13 İyot Sayısı

İyot sayısı bitkisel yağların özelliklerine ve çift bağ sayılarına göre değişkenlik göstermektedir. İyot sayısı yüksek olan yakıtlar, enjektör deliklerinde tıkanma ve yanma odasında hasar meydana gelmesine neden olmaktadır (Akyarlı 2004).

2.4.14 Kükürt İçeriği

Kükürt özellikle soğukta motor parçalarında korozyona sebebiyet verir. Kükürt miktarı motor hızına bağlı olarak yüksek hızlı motorlarda %1'in altında olmalıdır (Yamık 2002).

2.4.15 Su İçeriği

Bitkisel yağların yapısında normalde su bulunmaz. Ancak bitkisel yağların üretim aşamasında ve depolama sürecinde karışabilmektedir. Yakıtların belli oranlarda su içermelerinin motorlar için olumsuz bir etkisi yoktur. Su/yakıt emülsiyon oranının uygun olması durumunda yanma sıcaklığını ve NO_x emisyonlarını azaltabilir. Ancak yüksek basınçlı enjeksiyon sistemlerinde su yakıttan ayrılarak enjektör sisteminde çürümelere neden olabilir (Altınsoy 2007).

2.4.16 Malzeme Uygunluğu

Biyodizel orta dereceli bir çözücüdür. Boyanmış yüzeylerle teması sonucu bazı boyaları çözebilmektedir. Kazalara sebebiyet vermemek için döküldüğü yerden temizlenmelidir. Biyodizelin çözücülüğünden dolayı daha önceden dizel yakıtından kaynaklanan sediment ve tortuları çözerek enjektörlerin ve yakıt filtresinin tıkanması gibi sorunlara neden olabilmektedir. Bu nedenle biyodizel yakıt deposuna doldurulmadan önce yakıt deposunun kontrolü yapılarak güzel bir şekilde temizlenmelidir (Tyson 2001).

2.5 Biyodizel Standartları

Biyodizel dizel yakıtı ile benzer özellikler göstermektedir. Dizel motorlarında bazı ayarlamalar ve değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Biyodizel dizel yakıtı ile belli oranlarda karışımı sağlanarak kullanılabilceği gibi, tek başında kullanılabilir. Biyodizel yakıtı, petrol kökenli yakıtlara nazaran daha az emisyon üretir, kükürt içermez. Biyodizelin içerdiği oksijen miktarı, dizel yakıtına göre %11 oranında daha fazla olduğu için biyodizel kullanımında karışım oluşumu daha iyi olmakta, bunun sonucunda egzoz emisyonlarında azalma görülmektedir (Schumacher 1997).

Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları şeklinde yakıt olarak kullanıldığında aşağıdaki gibi isimlendirilmektedir.

B5 : % 5 Biyodizel + % 95 Dizel.

B20 : % 20 Biyodizel + % 80 Dizel.

B50 : % 50 Biyodizel + % 50 Dizel.

B100 : % 100 Biyodizel

Türkiye’de EN 590, EN 14214 ve EN 14213 standartları temel alınarak Türk standartları hazırlanmıştır.

Biyodizel için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ile ASTM (American Society for Testing and Materials) D6751 Amerikan D Standardı yürürlüktedir. Biyodizel gerçek anlamda ASTM D 6751 standardı tarafından tanımlanmakta ve fiziksel ve kimyasal özelliklerine sınırlamalar getirilmektedir. Bu sınırlamalar sonucu biyodizel olarak tanımlanan çok sayıda biyoyakıtlara artık biyodizel denilmesi mümkün değildir. Hayvan yağları hammaddesi veya çiğ bitki yağları, kısmi tepkimeye girmiş yağlar, kömür çamurları veya yukarıda bahsedilen tanımlara uymayan hiçbir biyolojik yakıt, biyodizel olarak sınıflandırılmayacaktır (NREL 2009).

TS EN 590: Avrupa Birliği, İzlanda, İsviçre, Norveç ve Türkiye’de de kullanıma arz edilecek olan bütün dizel yakıtların fiziksel özellikleri bu standartla ile belirtilen şartları

karışılmak mecburiyetindedir. Bu standart, dizel yakıtı ile biyodizelin %5 oranında karıştırılmasına imkân sağlamaktadır (Çengelci 2011).

TS EN 14214 :Avrupa standartlar Birliği (CEN) tarafından oluşturulan biyodizel standarttır. Genellikle DIN51606 standardını temel almaktadır. Bu standart, dizel motorlar için %100 derişimlerde araç yakıtı olarak kullanılan veya TS EN 590'da belirtilen özelliklere uygun dizel yakıtlara ilave edilen biyodizel için gerekleri ve deney yöntemlerini kapsar (Koç 2011).

TS EN 14213: Avrupa Standartlar Birliği (CEN) tarafından oluşturulan ısıtma amaçlı kullanıma uygun biyodizel standarttır. Bu standart, %100 derişimlerde ısıtma yakıtı olarak veya ısıtma yakıtı üretimi için bir karışım bileşeni olarak kullanılmak üzere pazara sunulan biyodizel özelliklerini ve deney yöntemlerini kapsar (Koç 2011).

DIN 51606: Almanya tarafından kullanılan biyodizel standarttır. Mevcut standartların en yükseği olarak kabul edilmektedir. Bütün araç üreticileri tarafından dizel yakıtlar için en yüksek standartlar ile uygunluğunun karşıtı olarak kabul edilmektedir. Ticari olarak üretilen biyodizelin büyük kısmı bu standartların daha fazlasını karşılamaktadır (Çengelci 2011).

2.6 Literatürde Yer Alan Diğer Çalışmalar

Wagner vd. (1984), tarafından, soya yağının bütil, metil ve etil esterleri doğrudan püskürtmeli turbo şarjlı bir motorda test edilmiştir. Performans bakımından dizel yakıtı ile esterler arasında büyük bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. HC, CO ve partikül emisyonlarının dizel yakıtına yakın değerler gösterdiği, NO_x emisyonlarında artış olduğu gözlenmiştir.

Schinstock vd. (1988), direkt enjeksiyonlu bir motorda, rafine edilmiş soya ve ayçiçeği yağını dizel yakıtıyla belirli oranlarda karıştırmış ve motor performansına etkilerini incelemiştir.

Yahya ve Marley (1994), iç yağı ve soya yağı metil esterlerini direkt enjeksiyonlu ve doğal emişli John Deere 4239D motorunda yakıt olarak kullanarak, egzoz emisyonları ve motor performansı üzerinde enjeksiyon zamanı ve basıncının artırılmasının etkilerini araştırmışlardır. Motor testlerinde kullandıkları iç yağı metil esteri ve soya metil esteri yakıtlarının viskoziteleri dizel yakıtından yaklaşık iki kat, yoğunlukları yaklaşık olarak sırasıyla %4 ve %3 daha yüksektir. Isıl değerleri daha düşük olan bu yakıtların ve setan sayıları ise dizel yakıtından daha yüksektir. Motorun standart enjeksiyon basıncı ve avansında ester yakıtlar kullanıldığında dizel yakıtına göre, daha düşük CO, HC ve duman elde edilmesinin yanında fren özgül yakıt tüketiminde biraz artış kaydedildiğini belirtmişlerdir. Soya yağı metil esteri ile iç yağı metil esteri arasında ise özgül yakıt tüketimi ve termik verim yönünden önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Enjeksiyon avansı artırılıp ester yakıtları kullanıldığında motor performansı ile egzoz emisyonu karakteristiklerinin enjeksiyon basıncı artışına göre daha iyileştiğini gözlemlemişlerdir.

Karabektaş (2002), tarafından yapılan çalışmada biyodizel kullanımının motor performans ve emisyonları üzerine etkileri incelemiştir. Dizel yakıtına göre, ısıl verimde artış, efektif güç ve tork da azalma, özgül yakıt tüketiminde artış, CO emisyonlarında azalma, HC emisyonlarında artış elde edilmiştir.

Kaşıfoğlu (2005), tarafından yapılan çalışmada, kayısı çekirdeği yağı metil esteri üretmiş, motor performansı ve emisyonlarına etkisini incelemiştir. Deneyler tam gaz-değişik devir ve sabit devir-değişik yüklerde yapılmıştır. Deney sonucunda kullanılan alternatif yakıtın, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin dizel yakıtına yakın olması sebebiyle alternatif yakıt olarak dizel motorlarında kullanılabileceğini belirtmiştir.

Koçak (2005), tarafından yapılan çalışmada fındık yağından metil ester elde edilmiş ve elde edilen metil esterinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Land Rover marka 4 silindirli dizel motorunda dizel yakıt ile metil ester karışımları farklı devir aralıklarında test edilmiştir. Moment ve güç değerlerinin birbirine yakın olduğu fındık yağı metil esterinin CO, CO₂, NO_x ve duman yoğunluğu emisyonlarının dizel yakıtına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Fındık yağı metil esterinin motor ayarlarında

değişiklik yapmadan kullanılabilceği, enjeksiyon avansının değiştirilmesi ile performans ve emisyon değerlerinde iyi sonuçlar elde edilebileceği belirtilmiştir.

Haşimoğlu vd. (2005), tarafından yapılan çalışmada ayçiçeği yağından transesterifikasyon metoduyla biyodizel üretilmiştir. Biyodizelin motor performansına etkisi 4 zamanlı, 4 silindirli direk püskürtmeli aşırı doldurmalı Mercedes Benz incelenmiştir. Biyodizel kullanımı ile efektif g ve döndürme momentinde azalma, özgül yakıt tkretiminde ortalama % 13 artış, hacimsel verim ve efektif verimde ise artışlar gözlenmiştir.

Keven (2005), tarafından yapılan çalışmada ham fındık yağından fındık yağı etil esteri elde edilmiştir. Etil ester belirli oranlarda motorin ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışımların motor performansı ve emisyonlarına etkisi tek silindirli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli bir dizel motorunda incelenmiştir. Sonuç olarak fındık yağı etil esteri ile motorin karışımlarının yakıt enjeksiyon sisteminde yakıt cinsine göre gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra dizel motorlarında kullanılabilceği ifade edilmiştir.

şahin (2005), tarafından yapılan çalışmada fındık yağından fındık izopropil esteri üretilmiştir. Fındık izopropil esterinin motor performans ve emisyonlarına etkisi dört zamanlı bir motorda test edilmiştir. Fındık izopropil ester kullanımı ile dizel yakıtına göre CO ve HC emisyonlarında azalma, CO₂ ve NO_x emisyonlarında artışlar gözlenmiştir. Fındık izopropil eseteri kullanımı ile motor momenti ve gücünde azalma, hava debisi ve özgül yakıt tkretiminde artış gözlenmiştir.

Uslu vd. (2006), tarafından yapılan çalışmada hacimsel olarak üç farklı oranda etanol eurodizel karışımı 4 zamanlı direkt püskürtmeli bir dizel motorunda, özgül yakıt tkretimi, CO, HC ve NO_x emisyonları bakımından dizel yakıtı ile karıştırılmıştır. Etanol oranının artması ile CO ve HC emisyonlarında azalma, NO_x emisyonları ve özgül yakıt tkretiminde artma görülmüştür.

Karabektaş ve Ergen (2006), tarafından yapılan çalışmada ayçiçeği yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretilmiş, üretilen biyodizel tek silindirli 4

zamanlı bir dizel motorunda test edilmiştir. Efektif güç ve motor torkunda ortalama % 5,87 azalma, özgül yakıt tüketiminde ortalama % 9,07 artma, termik verimde ortalama % 6,51 iyileşme, CO emisyonlarında ortalama % 10,83 oranında azalma, CO₂ emisyonlarında ortalama % 6,73 artış ve NO_x emisyonlarında ise % 24,41 oranında artış olduğu belirtilmiştir.

Artukoğlu (2006), hayvansal atık yağlardan biyodizel üretimini ve sıcaklık, reaksiyon süresi, metil alkol miktarı, katalizör miktarı gibi parametrelerin etkisini incelemiştir. Yapmış olduğu çalışmada 50 ve 55 °C sıcaklıklarda reaksiyonun başlamadığını, 65 ve 70 °C sıcaklıklarında ise metil alkolün kaynama noktasına ulaşması ve geçmesi ile ester ürünün parçalanmasından dolayı verim kaybının olduğunu belirtmiştir. Hayvansal atık yağın %0,2 ve %0,5'i kadar sodyum hidroksit kullanıldığında, metil ester dönüşüm reaksiyonunun başlamadığını, %1,5 oranında NaOH kullanıldığında reaksiyon sırasında az da olsa sabunlaşma olduğunu, %4 oranında kullanıldığında ise fazla sabunlaşma meydana geldiğini ve dolayısıyla verim kaybının olduğunu belirtmiştir. Hayvansal atık yağın %25 ve %30'u kadar metil alkolün dönüşüm verimi için düşük bir oran olduğunu ve %35'in üstündeki oranlarda hem verim kaybının olduğunu hem de alkol maliyetini artırdığını belirtmiştir. Sonuç olarak; 63±1 °C 'de, kütlece %35 metanol/yağ oranında, %1 sodyum hidroksit katalizörlüğünde ve 2 saat sürede en yüksek verimin elde edildiğini belirtmiştir.

Kumar vd. (2006), etanol-hayvansal yağ emülsiyonunun dizel motorlarında yakıt olarak kullanımını araştırmışlardır. Tek silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda dizel yakıtı, saf hayvansal yağ ve hayvansal yağ emülsiyonunu değişik yük şartlarında yakıt olarak test etmişlerdir. Etanol, hayvansal yağ emülsiyonu ile dizel yakıtı ve saf hayvansal yağa göre yüksek yüklerde is, NO, HC ve CO emisyonlarında azalma olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşın hafif motor yüklerinde ise emülsiyon ile daha yüksek CO ve HC değerleri bulunduğunu belirtmişlerdir. Genel olarak hayvansal yağ emülsiyonunun saf hayvansal yağa göre motor performansını geliştirdiği ve tüm emisyonlarda önemli bir azalma gösterdiği belirtilmiştir.

Sekmen ve Aktas (2008), yaptıkları çalışmada, soya yağı metil esterinin motor performansına ve emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Testler tam yükte dizel ve soya yağı metil esteri ile, 1200-2400 dev/dk hız aralığında yapılmıştır. Biyodizel kullanıldığında özgül yakıt tüketiminde artış, CO, HC, NO_x ve duman emisyonlarında ve motor gücünde azalma tespit etmişlerdir.

Altun (2009), susam yağının dizel motor yakıtına alternatif olarak araştırmıştır. Bu amaçla; motorin ve susam yağının motorin ile % 25, % 50 ve % 75 oranlarındaki karışımlarını tek silindirli dört zamanlı ve direkt püskürtmeli bir dizel motorunda yakıt olarak kullanılarak, egzoz emisyonları, motor elemanları ve motor performans üzerindeki etkisini incelenmiştir. Susam yağı ve motorin karışımlarının deneylerde kullanılan oranları için motor yapısında değişiklik yapılmadan kullanılabileceğini belirtilmiştir.

Bu tez çalışmamda soya ve fındık yağı karışımından optimum koşullarda biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. Optimum koşullarda elde edilen biyodizelin motor performansı ve is emisyonuna etkisi tek silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda incelenmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Deney Düzeneği ve Ekipmanlar

Bu çalışmada, fındık ve soya yağı sentezinden elde edilen karışımının transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. Farklı parametrelerin (alkol oranı, katalizör oranı, reaksiyon süresi, reaksiyon sıcaklığı) verim üzerine olan etkileri incelenmiştir. Yapılan deneylerde katalizör olarak sodyum hidroksit (NaOH), alkol olarak (CH₃OH) kullanılmıştır. % 50 fındık yağı ve % 50 soya yağı karışımlarından elde edilen metil esteri B100, B50, B20, B5 karışımları tek silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda farklı motor hızlarında test edilmiştir. retimi yapılan biyodizellerin egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir.

3.1.1 Biyodizel retiminde Kullanılan Ekipmanlar

Biyodizel retimi ve optimizasyon sürecinde kullanılan deney düzeneğinde; manyetik balık, reaktör kabı, termometre, manyetik karıştırıcılı ısıtıcı ve geri soğutucu kullanılmıştır. Deney düzeneği Resim 3.1'de gösterilmiştir.



Resim 3.1 Deney Düzeneği.

3.1.1.1 Terazı

Biyodizel üretimi ve optimizasyon sürecinde metanol, katalizör, fındık yağı ve soya yağlarının ve reaksiyon sonundaki numunenin tartılmasında RADWAG marka AS 220/C/2 model terazı kullanılmıştır. Dijital terazı maksimum ölçümü 220 g ve minimum ölçebileceği değer 10 mg'dır. Dijital terazini 0,1 mg ölçme hassasiyetine sahiptir. Resim 3.2'de terazinın görünümü verilmiştir.



Resim 3.2 Terazinin görünümü.

3.1.1.2 Santrifüj

Üretim sürecinde ve optimizasyon da kullanılan santrifüj cihazı yüksek devir ile tüplere yerleştirilen karışımların çökelme ilkesine göre ayrışma işlemini gerçekleştirir. Santrifüj, merkezkaç kuvveti ile yıkama işlemi sonrasında henüz ayrışmamış olan gliserin tabakasını tüplerin alt kısmında toplanmasını sağlar. Damlalık ile tüplerin üst kısmında ki biyodizel ayrıştırılır. Deneylerde maksimum 5000 rpm dönme hızı olan, 12x15 ml. tüp kapasiteli, dijital hız ve zaman ayarlı ELEKTRO-MAG marka santrifüj kullanılmıştır. Santrifüj Resim 3.3'de gösterilmiştir.



Resim 3.3 Santrifüjün görünümü.

3.1.1.3 Manyetik Karıştırıcı

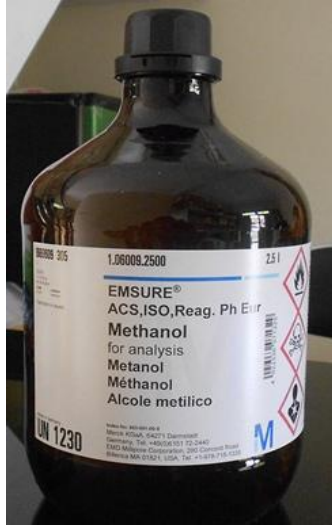
Biyodizel üretim sürecinde ve optimizasyon işlemlerinde kullanılan, sıcaklık kontrol kapasiteli ve 340 °C'a kadar sıcaklık ayarı yapılabilen, kaplaması seramikten olan Dragon-lab manyetik karıştırıcılı ısıtıcı Resim 3.4'te gösterilmiştir.



Resim 3.4 Manyetik karıştırıcılı ısıtıcının görünümü.

3.1.1.4 Metil Alkol (Metanol)

Fındık ve soya yağı karışımından biyodizel üretmek için, yapılan çalışmalarda metil alkol olarak CH_3OH kimyasal formüle sahip Merck marka metil alkol kullanılmıştır. 20 °C 'de yoğunluğu 0,791-0,793 kg/l, moleküler ağırlığı 32,04 g/mol olan metil alkol Resmi 3.5'te gösterilmiştir.



Resim 3.5 Metil Alkol.

3.1.1.5 Katalizör

Yapılan biyodizel üretimi çalışmasında kullanılan, molekül ağırlığı 39,997 g/mol, saflık değeri %97'den büyük olan Carlo Erba marka sodyum hidroksit (NaOH) Resmi 3.6'da verilmiştir.

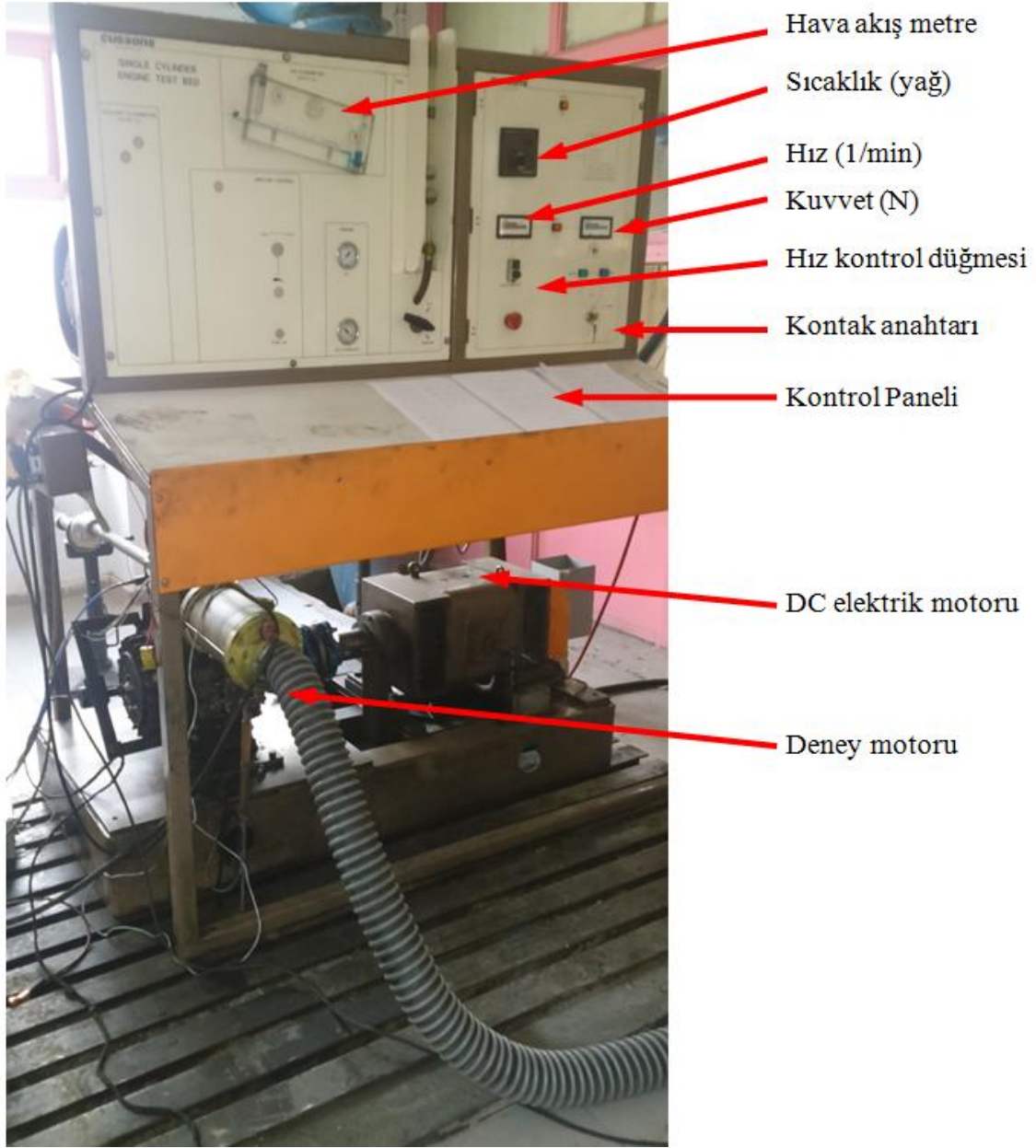


Resim 3.6 Sodyum hidroksit (NaOH).

3.1.2 Motor Testinde kullanılan Ekipmanlar

Motor performans ve is emisyon testleri, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği bölümü motor test laboratuvarında yapılmıştır. Test gaz keleşi tam açık ve sabit konumda iken 1800, 2250, 2500, 2750 ve 3000 dev/dk olmak üzere beş devir kademesinde yapılmıştır. Deneylere motor yüksüz ve tam gaz konumunda başlanmış ve dinamometre ile motor yüklenererek motor en düşük devre ininceye kadar yüklemeler yapılmıştır. Yakıt tüketimi, is emisyonu, motor devir ve moment değerleri eş zamanlı olarak kaydedilmiştir. Motor momenti ve motor devri verileri, aynı şartlar altında uygulanan en az iki test sonucunun aritmetik ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Hassas kronometre ve terazi kullanılarak ölçülen yakıt sarfiyatı, baz olarak 1 dakikadaki yakıt tüketimlerine göre kaydedilmiştir. İis emisyonunu ölçmek için dinamometre ile motor yüklendikten sonra motor devri ve motor momentinin sabit olması beklenmiş bu noktadan sonra değerler alınmıştır. Dizel yakıt tüketimi 0,1 g hassasiyetine sahip maksimum 8 kg yakıt ölçebilen Ohaus marka GT-8000 model dijital terazi ile g/min olarak kütlelel debisi ölçülmüştür.

Motor testlerinde Cussons marka P8160 model tek silindirli rejeneratif DC elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Dinamometre maksimum 4000 dev/dk'da 10 kW güç absorbe edebilmektedir. Dinamometrenin moment kolu 0,25 m'dir. Dinamometre Resim 3.7'de görülmektedir.



Resim 3.7 Test düzeneği.

3.1.2.1 Test Motoru

Deneylerde tek silindirli ve direkt enjeksiyonlu (DI) bir dizel motoru kullanılmıştır. Deney motorunun teknik özellikleri Çizelge 3.1 'de görülmektedir.

Çizelge 3.1 Antor 6LD400 test motoru özellikleri.

Marka	Antor 6LD400	
Motor tipi	DI, Dizel	
Silindir sayısı	1	
Silindir çapı (mm)	86	
Kurs	68	
Strok hacmi (cm ³)	395	
Sıkıştırma oranı	18:1	
Maksimum motor devri (dev/dk)	3600	
Maksimum motor gücü (kW)	5,4 (3000 1/ dev/dk 'da)	
Maksimum moment (Nm)	19,6 (2200 1/ dev/dk 'da)	
Yanma odası geometrisi	Meksika şapkası	
Enjektör delik sayısı ve çapı	4x0,24	
Enjektör uç açısı (°)	160	
Enjektör püskürtme basıncı (MPa)	20	
Püskürtme avansı	ÜÖN'den 24° KA önce	
Supap zamanlaması	Em. açılma avansı	ÜÖN'den 7,5° KA önce
	Em. kapanma gecikmesi	AÖN'den 25,5° KA sonra
	Eg. açılma avansı	AÖN'den 21° KA önce
	Eg. kapanma gecikmesi	ÜÖN'den 3° KA sonra

3.1.2.2 İş ölçümü

İş ölçümü, AVL 4000 DiSmoke model kısmi akışlı opasimetre kullanılarak yapılmıştır. Resim 3.8'de ve Çizelge 3.2'de AVL 4000 DiSmoke model opasimetrenin resmi ve teknik özellikleri sırasıyla verilmiştir.



Resim 3.8 AVL 4000 DiSmoke egzoz emisyon cihazı.

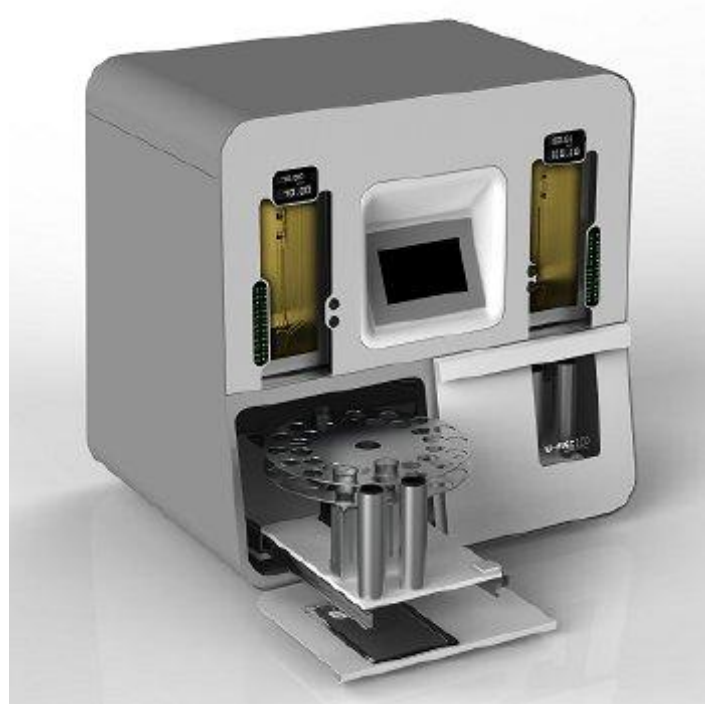
Çizelge 3.2 AVL 4000 is ölçüm cihazının teknik özellikleri.

Model	AVL DiSmoke 4000 is ölçüm cihazı	
Ölçüm prensibi	Kısmi akışlı	
Opasite	0-100 % ölçüm aralığı	Doğruluk %0,1
K değeri	0-99,99 m ⁻¹	0,01 m ⁻¹

3.1.3 Yakıt Analizinde Kullanılan Ekipmanlar

3.1.3.1 Viskozite Tayini

Üretilen biyodizelin viskozite ölçümü Omnitek U-VIsc 200 tam otomatik viskozite analiz cihazı ile yapılmıştır. Cihaz İki adet birbirinden bağımsız çalışan banyo ve her bir banyoda 1 adet U-VIsc Kapiler tüp bulunmaktadır. Yüksek kalite sıcaklık kontrol ünitesi analizlerin ASTM D445 standardına uygun gerçekleşmesini sağlamaktadır. Resim 3.9’da ise Omnitek U-VIsc 200 marka viskozite tayin cihazını gösterilmiştir.



Resim 3.9 Viskozite tayin cihazı.

3.1.3.2 Yoğunluk Tayin Cihazı

Biyodizelin yakıtının yoğunluk ölçümleri Rudolph DDM 2911 marka cihaz ile yapılmıştır. Benzin, dizel ve fuel oil yakıtlarının yoğunluklarının ölçümlerinde kullanılan cihazın genel görünümü. Resim 3.10'da gösterilmiştir.



Resim 3.10 Yoğunluk tayin cihazı.

3.1.3.3 Kükürt Tayin Cihazı

Biyodizel yakıtlarının kükürt tayini Biolab Sindie OTG marka taşınabilir kükürt analiz cihazı ile yapılmıştır. Cihaz ile gerçekleştirilen bütün analizler ASTM D7039 ve ISO 20884 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmektedir. Kükürt oranı ölçümlerinde kullanılan cihazın genel görünümü Resim 3.11’de verilmiştir.



Resim 3.11 Kükürt tayin cihazı.

3.1.3.4 Su Tayin cihazı

Biyodizelin su tayini Aquamax KF marka cihaz ile TS 6147 EN ISO 12937 standardına uygun yapılmıştır. Su tayin cihazının genel görünümü Resim 3.12’de görülmektedir.



Resim 3.12 Su tayin cihazı.

3.2 Deney Metodu

3.2.1 Biyodizel Optimizasyonu

Fındık ve soya yağları ticari bir firmadan temin edilmiştir. Reaksiyonda alkol olarak CH_3OH , katalizör olarak NaOH kullanılmıştır.

CH_3OH ve NaOH manyetik karıştırıcı ısıtıcı kullanılarak, geri soğutucu altında 40°C 'de 30 dakika ısıtılmıştır. Böylece metanol ve katalizör karışımının aktive olması sağlanmıştır. Deneyleerin hepsinde karıştırma hızı 600 rpm ve 75 g fındık yağı 75 g soya yağı toplamda 150 g karışım yağı olarak reaksiyon gerçekleştirilmiştir.

Ayırma hunisi reaksiyon sonunda gliserin fazını ayırmak için kullanılmıştır. Ayırma işlemi Resim 3.7'de gösterilmiştir. 90°C 'de saf su ile hunide kalan biyodizeli saflaştırmak için yıkama işlemi yapılmıştır. Bu işlem her numune için 5 kere uygulanmıştır. Ortamda kalan alkol ve suyun tam olarak üretilen biyodizelden uzaklaştırma için biyodizel 110°C 'ye kadar ısıtılmıştır.

Yapılan çalışmada en uygun üretim koşullarını tespit etmek için farklı parametreler (metanol oranı, sıcaklık, reaksiyon süresi, katalizör oranı) kullanılmıştır. Reaksiyon sıcaklıkları 50°C , 60°C , 70°C olacak şekilde değiştirilmiştir. Katalizör oranı yağa göre ağırlıkça %0,5, %0,75, %1, %1,25 oranlarında kullanılmıştır. Metanol oranı, yağın durumuna göre %10-30 arasında, reaksiyon süreleri 30 dakika, 60 dakika, 90 dakika, 120 dakika, olarak belirlemiştir. Elde edilen biyodizel örnekleri Resim 3.7'de gösterilmiştir.



Resim 3.13 Gliserin fazını ayırma işlemi.



Resim 3.14 Biyodizel örnekleri.

Yapılan çalışmada biyodizelin bazı fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Ölçümler Afyon Kocatepe Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Akaryakıt Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Optimum koşullarda üretilen biyodizelin bazı fiziksel özellikleri Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Optimum koşullarda üretilen biyodizele ait fiziksel özellikler.

Özellikler	Sonuçlar
Kükürt (ppm)	2,4
Viskozite (mm ² /s)	7,201
Yoğunluk (g/cm ³)	0,894
Parlama noktası (°C)	152
Su (ppm)	346,9

3.2.2 Motor Test Yöntemi

Testler motorun farklı devirlerinde yapılmıştır. Farklı yakıt karışımları için motor performansı ve is ölçümleri ayrı ayrı uygulanmıştır. Motorun uygun çalışma sıcaklığına gelmesiyle, dinamometre ile yükleme yapılarak motor devri istenen devre getirilmiştir. Her yakıt karışımının moment, güç ve özgül yakıt tüketimi olan motor performans değerleri ve is değişimleri kaydedilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Parametrelerin Verim Üzerine Etkileri

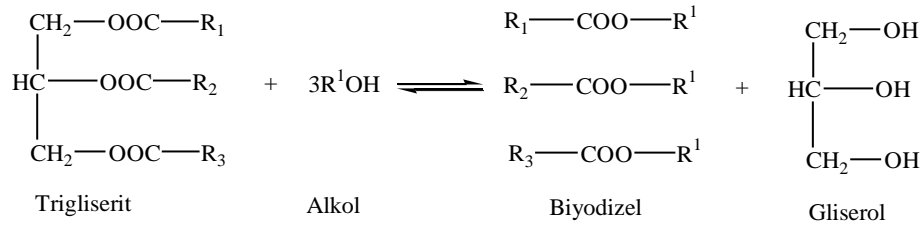
Fındık yağı-soya yağı karışımından elde edilen biyodizelin üretim verimine sıcaklık, süre, alkol oranı ve katalizör oranı etki etmektedir. Biyodizel üretimi; 50 °C , 60 °C , 70 °C reaksiyon sıcaklıkları, %0,5, %0,75, %1, %1,25 katalizörün yağa göre ağırlıkça oranları, %10, %15, %20, %25, %30, metanolün yağa göre ağırlıkça oranları ve 30 dakika, 60 dakika, 90 dakika, 120 dakika reaksiyon sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Biyodizel optimizasyon sürecinde elde edilen veriler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Biyodizel optimizasyon sürecini etkileyen parametreler ve dönüşüm verimleri.

Deney No	Alkol oranı (%)	Katalizör oranı (%)	Süre dk	Sıcaklık °C	Dönüşüm Verimi (%)
1	15	0,5	60	50	85,33
2	15	0,5	60	70	86,00
3	15	0,5	120	50	90,67
4	15	0,5	120	70	89,33
5	15	1	60	50	79,33
6	15	1	60	70	80,00
7	15	1	120	50	78,67
8	15	1	120	70	76,00
9	25	0,5	60	50	56,67
10	25	0,5	60	70	51,33
11	25	0,5	120	50	57,33
12	25	0,5	120	70	51,33
13	25	1	60	50	69,33
14	25	1	60	70	70,67
15	25	1	120	50	54,67
16	25	1	120	70	58,67
17	10	0,75	90	60	72,67
18	30	0,75	90	60	60,00
19	20	0,25	90	60	74,00
20	20	1,25	90	60	58,67
21	20	0,75	30	60	54,67
22	20	0,75	90	60	60,67

Çizelge 4.1 incelendiğinde, maksimum biyodizel dönüşüm veriminin 120 dk reaksiyon süresi, 50 °C reaksiyon sıcaklığı, %0,5 yağa göre ağırlıkça katalizör oranı ve %15 yağa göre ağırlıkça metanol oranında %90,67 olarak elde edilmiştir.

Metanolün ağırlıkça yağa oranının %15 olduğu koşullarda sırasıyla 85,33; 86,00; 90,67; 89,33; 79,33; 80,00; 78,67; 76,00 biyodizel üretim verimleri elde edilmiştir. Bu alkol oranında maksimum verime ulaşılmıştır. Şekil 4.1’de transesterifikasyon reaksiyonu görülmektedir. Transesterifikasyon reaksiyonlarında 3 mol yağ asiti metil esteri ve 1 mol gliserol oluşturmak üzere stokiometrik olarak 3 mol alkol ve bir mol trigliserit reaksiyona girmektedir. Alkolün aşırısı dengeyi sağa kaydırmak için eklenmektedir.



Şekil 4.1 Transesterifikasyon reaksiyonu.

Metanol oranı %15’in altında olduğunda alkol oranı reaksiyonu tamamlamak için yetersiz kalmaktadır. Metanol oranının %15’in üzerine çıkması ile verim azalmaya başlamıştır. Metanolün yağa oranı %15’ den daha yüksek olduğunda gliserolün üründen ayrılması sırasında saflaştırma problemleri ortaya çıktığından verimde düşme görülmüş olabilir. Ayrıca, aşırı metanolün yoğunluktan dolayı ester tabakası üzerinde kalması da yine verim üzerine olumsuz etki göstermiş olabilir (Aksoy 2011).

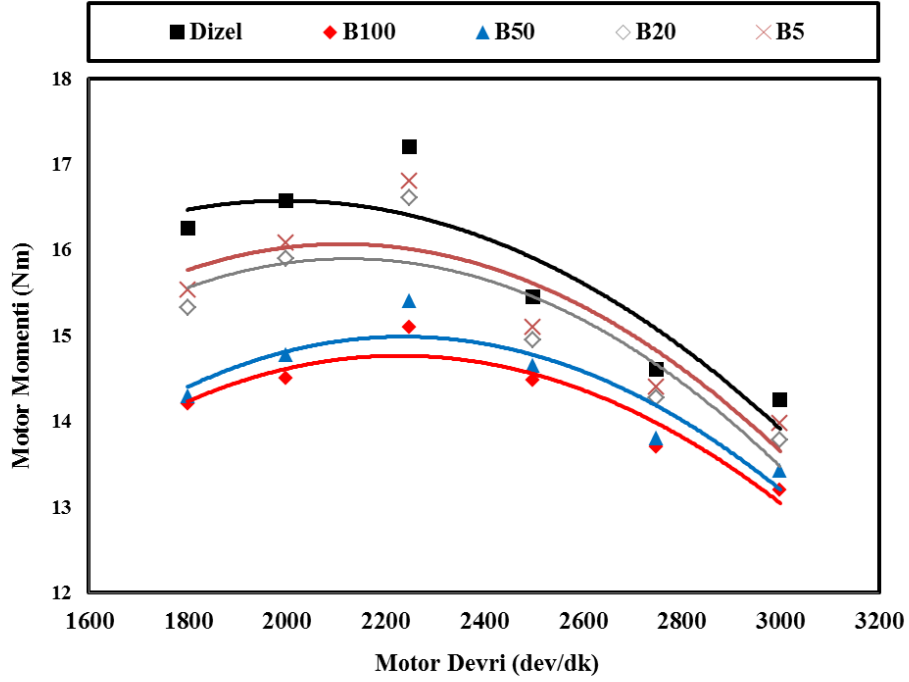
4.2 Motor Performansı ve İS Ölçümleri

4.2.1 Motor Performans ve Özgül Yakıt Tüketimi Etkisi

Motor devrine bağlı olarak efektif güç, tork ve özgül yakıt değişimi dizel, B5, B20, B50 ve B100 yakıtları için tek silindirli, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda incelenmiştir.

Motor Momenti Değişimi;

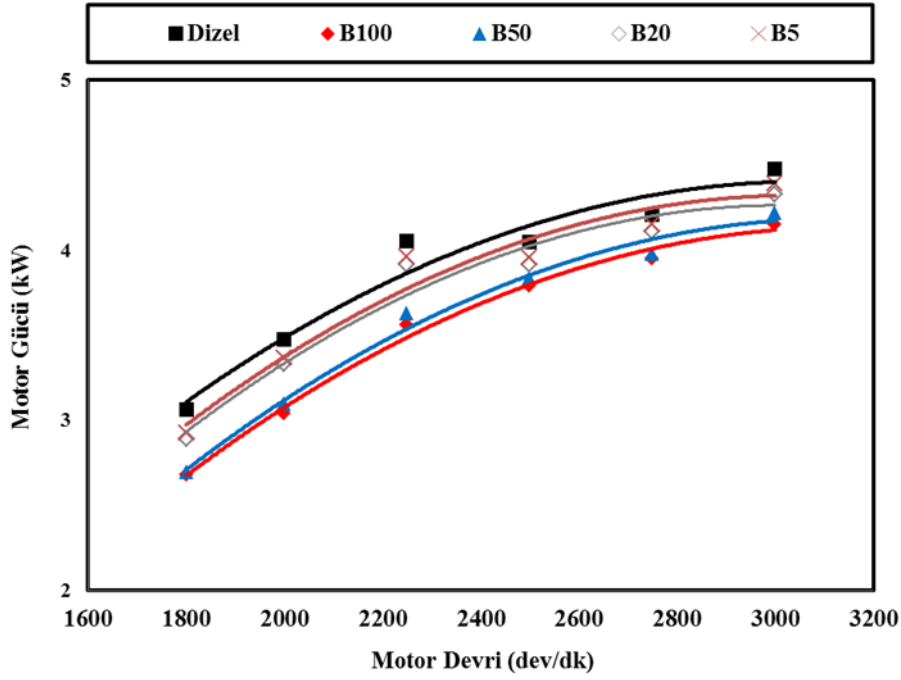
Şekil 4.2’de motor devrine bağlı olarak motor momentini değişimleri dizel, B100, B50, B20 ve B5 yakıtları için verilmiştir. Tüm yakıtlar için maksimum motor momentini 2250 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. Bu motor devrinde B100, B50, B20 ve B5 yakıtları kullanımı ile motor momentinde dizel yakıtına göre sırası ile %12,21 , %10,47, %3,49 ve %2,33 azalmalar elde edilmiştir. Motor momentindeki bu azalma biyodizelin ısı değeri dizel yakıtına göre daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Keskin ve ark. 2007), (Lue *et al.* 2001). Biyodizel kullanımı ile motor momentinin azalması literatürdeki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Behçet ve Oral (2014), balık yağı ve fındık yağından biyodizel üretmişler ve dizel yakıtı ile performanslarını karşılaştırmışlardır. Balık yağı ve fındık yağı biyodizellerinin kullanımı ile motor momentinde dizel yakıtına göre sırasıyla %2,43 ve %3,99 azalma gözlenmiştir (Behçet ve Oral 2014). Çılgın ve İlkılıç (2015) dizel yakıtı ile mikroalglerden biyodizel üretmişlerdir. Biyodizel-dizel karışımını (B5) test etmişler ve motor momentinde dizel yakıtına göre %1,9 azalma elde edilmiştir (Çılgın ve İlkılıç 2015). Özsezen ve Çanakçı (2008) atık kızartma yağından elde edilen metil ester ile dizel yakıtını karşılaştırmışlar ve metil ester kullanımı ile motor torkunda ortalama %7 azalma gözlenmiştir (Özsezen ve Çanakçı 2008).



Şekil 4.2 Motor devrine bağlı olarak dizel ve biyodizel yakıtlarının motor torklarının değişimi.

Motor gücü değişimi;

Şekil 4.3'te motor devrine bağlı olarak motor gücü değişimleri dizel, B100, B50, B20 ve B5 yakıtları için verilmiştir. Motor gücü motor devrinin artması ile artış göstermektedir. Maksimum motor güçleri tüm yakıtlar için 3000 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. B100, B50, B20 ve B5 yakıtları kullanımı ile motor güçlerinde dizel yakıtına göre ortalama olarak sırası ile %8,30, %9,15, %3,67 ve %2,56 gözlemlenmiştir. Biyodizel kullanımı ile motor gücündeki azalma literatürdeki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Karabektaş ve Ergen (2007), soya yağı metil esteri üretmiş ve motor performans testlerini gerçekleştirmişlerdir. Soya yağı metil esteri kullanımı ile motor gücünde dizel yakıtına göre %3,92 bir azalma elde etmişlerdir (Karabektaş ve Ergen 2007). Utlu (2009), atık kızartma yağı metil esterini üretimini gerçekleştirmiş ve motor performansını dizel yakıtı ile karşılaştırmışlardır. Metil ester kullanımı ile motor gücünde dizel yakıtına göre %1,8 azalma belirlemiştir (Utlu 2009).



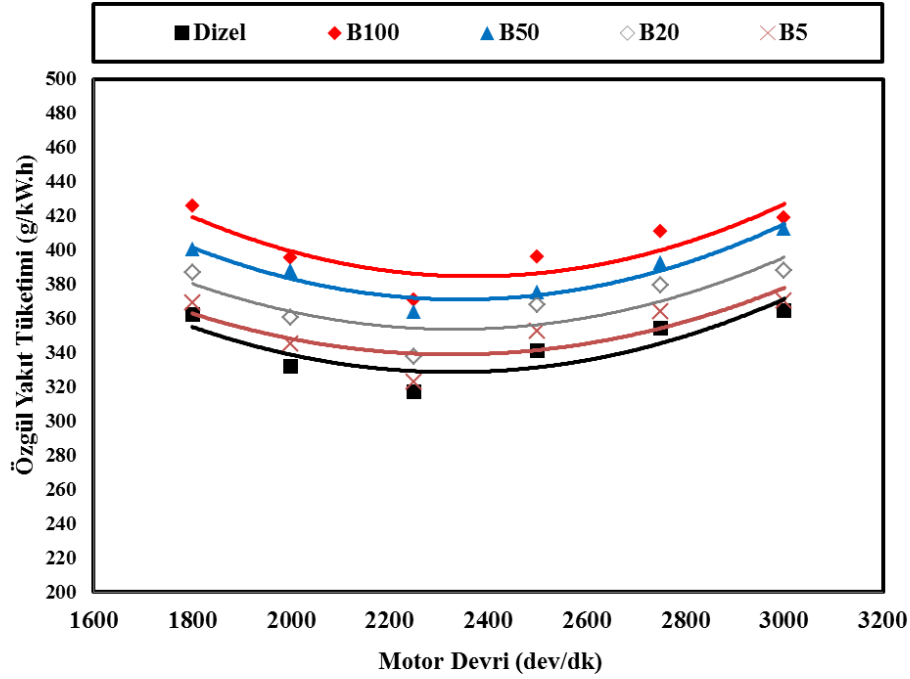
Şekil 4.3 Motor devrine bağlı olarak dizel ve biyodizel yakıtlarının motor güçlerinin değişimi.

Özgül yakıt tüketimi değişimi;

Şekil 4.4’de motor devrine bağlı olarak özgül yakıt değişimleri görülmektedir. Motor devrinin artması ile özgül yakıt tüketimleri belirli bir değere kadar azalmakta ve sonra artış göstermektedir. Tüm yakıtlar için minimum özgül yakıt tüketimi 2250 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. Bu motor devrinde B100, B50, B20 ve B5 yakıtları kullanımı ile özgül yakıt tüketiminde dizel yakıtına göre sırası ile %17,10, %14,82, %6,52 ve %1,86 artışlar elde edilmiştir.

Biyodizel kullanımı ile özgül yakıt tüketimlerinde biyodizelin yoğunluk ve viskozitelerinin fazla olması nedeni ile artışlar gözlenmiştir. Yüksek viskozite ve yoğunluk atomizasyon kalitesini etkilemekte ve reaksiyon bölgelerinde azalmaya neden olmaktadır. Bu nedenle biyodizel kullanımı ile özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Biyodizel kullanımı ile özgül yakıt tüketimindeki artış literatürdeki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Gürü ve arkadaşları (2010), tavuk yağından biyodizel üretmişler ve B10 yakıtını dizel motorunda test etmişlerdir. B10 yakıtı kullanımı ile özgül yakıt tüketiminde dizel yakıtına göre %5,2 artış elde etmişlerdir (Gürü 2010).

Keskin vd. (2007), tall yağından biyodizel üretmiş ve B80 yakıtını bir dizel motorunda test etmişlerdir. 2400 dev/dk motor devrinde B80 yakıtı kullanımı ile özgül yakıt tüketiminde dizel yakıtına göre %5.38 artış elde etmişlerdir (Keskin ve ark. 2007).

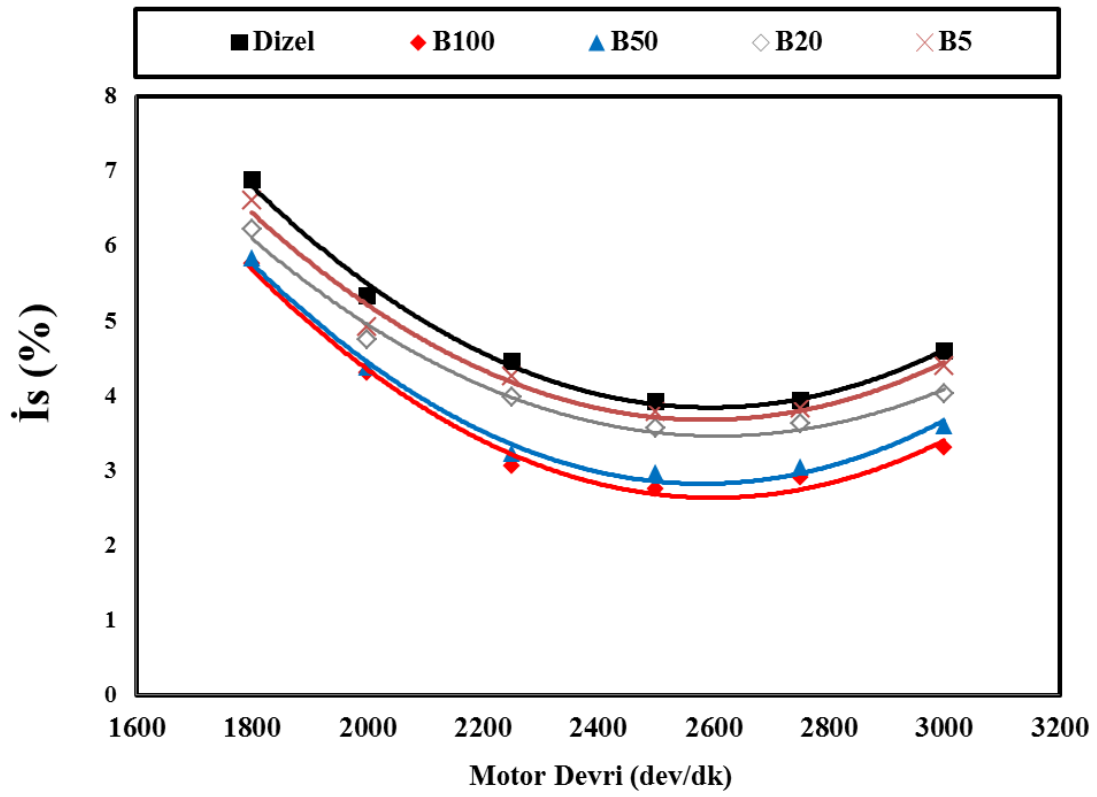


Şekil 4.4 Motor devrine bağlı olarak dizel ve biyodizel yakıtlarının özgül yakıt tüketimlerinin değişimi.

4.2.2 İş emisyon değişimi

Dizel motorlarında verimli yanma için, yanma odasında yeterli hava ve süre olması gereklidir. Yanma olayını yanma odası içindeki birçok koşul etkilemektedir. Bu nedenle düşük devirlerde hava hareketlerinin azlığı, yüksek devirlerde yetersiz süre ve düşük volümetrik verim sonucu eksik kalan hava miktarı nedeniyle yanma verimi düşmekte ve is oluşumuna neden olmaktadır. Geç yapılan püskürtme veya uzun süre tutuşma gecikmesi sonucunda yanmanın egzoz zamanına doğru uzaması da is oluşumuna sebep olur (Safgönül ve ark. 1996).

Şekil 4.5'te motor devrine bağlı olarak is emisyonu değişimi görülmektedir. Düşük motor devirlerinde is emisyonu maksimumdur. Motor devrinin artması ile is emisyonu belirli bir motor devrine kadar azalmakta ve daha sonra artış göstermektedir. Minimum is emisyonları tüm yakıtlar için 2500 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. Bu motor devrinde B100, B50, B20 ve B5 yakıtları kullanımı ile is emisyonunda tüketiminde dizel yakıtına göre sırası ile %24,24 , %20,91, %10,23 ve %4,63 azalmalar görülmüştür. Biyodizelin oksijen içeriği, düşük aromatik ve sülfür içeriği is emisyonunun dizel yakıtına göre daha düşük elde edilmesine sebep olmaktadır (Gürü ve ark 2010).



Şekil 4.5 Motor devrine bağlı olarak Dizel, B50 ve B100 yakıtlarının NOx emisyon verileri.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizdeki enerji ihtiyacının büyük bir kısmı yurt dışından karşılanmaktadır. Bu durum ülkemizden döviz çıkışına neden olmaktadır. İthal ettiğimiz petrol kaynakları arasında dizel yakıtın payı yüksektir. Bilimsel araştırmalar neticesinde bitkisel yağlardan elde edilen “biyodizel” dizel motorlarda uyumlu bir şekilde kullanılmıştır. Ülkemiz bir tarım ülkesidir. Soya ve fındık bitkilerinin doğal yetişme alanıdır. Soya bitkisinin ekimi Çukurova Bölgesinde yetişme ortamı bulmuştur. Fındık bitkisi Karadeniz bölgesinin vazgeçilmez bir ürünüdür. Üretim fazlası fındığın yağa işlenerek metil esterleştirme işlemine tabi tutulması ile biyodizel üretilebilecektir. Böylece fındık bitkisinin fiyat istikrarını sağlamada bir adım daha atılmış olacaktır.

Bu çalışmada fındık yağı ve soya yağı sentezinden, tek basamaklı transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretimi; sıcaklık, reaksiyon süresi, metil alkol oranı ve katalizör oranı gibi parametrelerin verim üzerine etkileri incelemiştir. Üretilen biyodizelin bazı fiziksel özellikleri ölçülmüştür. B5, B20, B50, B100 ve dizel yakıtlarının motor performans ve is emisyonu etkisi tek silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda incelenmiştir.

Fındık yağı ve soya yağı sentezinde farklı parametrelerin kullanıldığı deneyler sonucunda en yüksek verim, 50 °C sıcaklık, 120 dakika reaksiyon süresi, yağa göre ağırlıkça %0,75 katalizör ve %22,5 metanol kullanımında %90,40 olarak belirlenmiştir.

Optimum koşullarda üretilen biyodizele ait fiziksel özellikler; yoğunluk 0,894 g/cm³, parlama noktası 152 °C, kükürt oranı 2,4 ppm, viskozite 7,201 mm²/s ve su içeriği 346,9 ppm olarak belirlenmiştir.

B100, B50, B20 ve B5 yakıtları kullanımı ile dizel yakıtına göre motor momentinde sırası ile %12,21 , %10,47, %3,49 ve %2,33 azalmalar elde edilmiştir. Bu azalmanın biyodizelin düşük alt ısıl değere ve yüksek viskoziteye sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Motor güçleri incelendiğinde B100, B50, B20 ve B5 yakıtları kullanımı ile motor güçleri dizel yakıtına göre ortalama olarak sırası ile %8,30, %9,15, %3,67 ve %2,56 azalmalar elde edilmiştir. Bu azalmanın biyodizelin düşük ısı değerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

B100, B50, B20, B5 biyodizel yakıt kullanımı, özgül yakıt tüketimi (SFC) değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Motor devrinin artması ile özgül yakıt tüketimleri belirli bir değere kadar azalmakta ve sonra ise artış göstermektedir. Tüm yakıtlar için minimum motor momenti 2250 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. Bu motor devrinde B100, B50, B20 ve B5 yakıtları kullanımı ile özgül yakıt tüketiminde dizel yakıtına göre sırası ile %17,10 , %14,82, %6,52 ve %1,86 artışlar elde edilmiştir. Biyodizelin ısı değerinin dizel yakıtına göre düşük olması, özgül yakıt tüketiminin yüksek çıkmasının temel nedenidir. Bununla beraber viskozite ve yoğunluk gibi yakıtın fiziksel özellikleri atomizasyon kalitesine etkilemekte ve özgül yakıt tüketiminin artışına sebep olmaktadır.

İs emisyonu, düşük motor devirlerinde maksimumdur. Motor devrinin artması ile is emisyonu belirli bir motor devrine kadar azalmakta ve daha sonra artış göstermektedir. Minimum is emisyonları tüm yakıtlar için 2500 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. Bu motor devrinde B100, B50, B20 ve B5 yakıtları kullanımı ile is emisyonunda tüketiminde dizel yakıtına göre sırası ile %24,24 , %20,91, %10,23 ve %4,63 azalmalar elde edilmiştir.

Biyodizeli daha cazip hale getirmek ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi için kullanıcılarına özendirilmesi, devlet tarafından özel sektöre teşvik verilip, kolaylık sağlanması ve vergi indirimine gidilmesi gerekmektedir. Ayrıca tamamen araçlarda kullanılsa bile dizel yakıtına belirli oranda kullanılması sağlanarak her yıl dış ülkelere ödenen döviz miktarında azalma sağlanacaktır.

Ülke ekonomisi ve gereklilikleri için biyodizel yakıtlarının çeşitlendirilmesi, ekilemeyen alanlara uygun biyodizel elde edilebilecek ürünlerin ekilmesi gerekmektedir. Böylece ülkeye ve dolayısıyla insanlığa katkı sağlanabilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M. (2003). Alternatif Enerji Kaynakları. Atlas Yayınları, İstanbul, 229-256.
- Açıkgöz, Ç. (2001). “Keten tohumunun alternatif enerji kaynağı olarak incelenmesi”, Doktora Tezi, A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1-85.
- Aksoy, L. (2011). Opium poppy (Papaver somniferum L.) oil for preparation of biodiesel: Optimization of conditions Applied Energy, 2011, vol. 88, issue 12, pages 4713-4718.
- Akyarlı, A. (2004). Biyodizel yakıtın uluslararası standartlarda üretimi. Bioenerji Sempozyumu, İzmir.
- Altın, R. (1998). Haşhaş Yağının Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük, *Teknoloji Dergisi* Sayı, 3-4.
- Altınsoy, A.S. (2007). Biyodizel Üretimi, Motorlarda Kullanımı ve Türkiye’deki Kaynakların İncelenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 14-16.
- Altun, Ş. (2009). “Hayvansal yağlardan biyo-yakıt üretimi ve bir dizel motorunda kullanılabilirliğinin deneysel araştırılması”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Artukoğlu, B.D. (2006). “ Hayvansal Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Özelliklerinin Geliştirilmesi ” , Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, S:1-79.
- Atakan, E. (2006). “Değişik yağlardan elde edilen biyodizellerin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1–10.
- Babaoğlu, M. (2003). “Soya Ve Tarımı”, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Edirne, Birsen Yayınevi, İTÜ Makine Fakültesi s. 50-57.
- Behçet, R. ve Oral, F. (2014). Dizel Motor Performans ve Emisyonları Üzerindeki Biyodizel-Dizel Karışım Yakıtların Etkisi, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 15-23.
- Çanakçı, M. and Van Gerpen, J. (2003). “A Pilot plant to produce biodiesel from high free fatty acid feedstocks”, Transactions of the ASABE, 46(4): 945-955.

- Çanakçı, M., ve Özsezen, A. (2005). “Evaluating waste cooking oils as alternative diesel fuel” *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 18(1): 81-91.
- Çaylak, A. (2006). “Motorin-Fındık Yağı Metil Esteri Karışımının Yakıt Olarak Kullanılmasının Motor Performansı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 19-32.
- Çengelci, E. (2011). Hayvansal Yağlardan Elde Edilen Biyodizlin Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 38.
- Çılgın, E., ve İlkılıç, C. (2015). Mikroalg Metil Esterinin Bir Dizel Motorunda Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 31(1);68-72.
- Dalai, A. K., Issariyakul T., Kulkarni M. G., Bakhshi N. N. (2007). Production of Biodiesel from waste fryer Grease using mixed methanol/ethanol system. *Fuel Processing Technology*, 88, 429–436.
- Demirali, İ., Şensöz, S. (2002). “Fındık Küspesinin Sabit Yatak Reaktöründe Pirolyzi”, IV.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 871-875.
- Demirbaş A., and Karşlıoğlu S. (2007). Biodiesel Production Facilities from Vegetable Oils and Animal Fats, *Energy Sources, Part A*, 29, 133–141.
- Demirci, M. ve Alpaslan, M. (1992). “Bitkisel yağ teknolojisi”, T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fak. Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü Ders Notları, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ, 1- 126.
- Deniz, Ç. (2013). Biyodizel Karışımlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Biyodizel Oranı ile Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, S: 46-47.
- Diñbaş, A. (2007). “Biyodizel Kullanımının Dizel Motoru Üzerindeki Etkilerinin Uzun Süreli Testlerle Ve Motorinle Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 21-22.
- Encinar, J.M., Gonzalez, J.F., Rodriguez, J.J. and Tejedor, A. (2001). “Biodiesel fuels from vegetable oils transesterification of cynara cardunculus oils with ethanol”, *Energy and Fuels*, 16: 443-450.

- Erdoğan, D. (1991). Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılması.T.Mek.13.Ulusal Kongresi, Konya,s.30-37.
- Ergen, G. (2006). “Ön ısıtma uygulanarak kullanılan biyodizel yakıtının motor performans ve emisyonlarına etkisinin İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 42-74.
- Erol, A. (2006). “Değişik yağlardan elde edilen biyodizellerin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-72.
- Fedai, Ö. (2006). Transesterifikasyon Ğle Kanola Yağı Metil Esteri Sentezinin Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Fessenden R. J. and Fessenden, J. S. (1992). “Organik kimya”, Tahsin Uyar, Güneş Kitabevi, İstanbul, 850-865.
- Freedman, B., Pryde, E.H., ve Mounts, T.L. (1984). Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils. JAOCS 61 (10), 1638-1643.
- Fukuda H., Akıhık K. and Hideo N. (2001). “Biodiesel fuel production by transesterification of oils”, Journal of Bioscience and Bioengineering, 92 (5): 405-416.
- Georing, C.E., Schwab, A.W., Daughurt, M.J. (1982). “Fuel Properties of Eleven Vegetable Oils”, Transactions of ASAE
- Gerpen, J.V., Shanks,B., Pruszko,R., Clements,D., Knothe,G. (2004). “Biodiesel Production Technology, August 2002–January 2004 Subcontractor Report” NREL National Renewable Energy Laboratory, NREL/SR-510-36244, Colarado, s.22-27.
- Gürü, M., Koca, A., Can, Ç., ve Şahin, F. (2010). Biodiesel production from waste chicken fat based sources and evaluation with Mg based additive in a diesel engine, Renewable Energy, Volume 35, Issue 3, March 2010, Pages 637-643.
- Hacıkadıroğlu, H. (2007). Bitkisel-Yağ Esterleri-Motorin Karışımının Motor Performansı ve Emisyonlarına Etkisi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 40-56.
- Haşimoğlu, C. (2005). “ Düşük Isı Kayıplı Dizel Motorunda Biyodizel Kullanımının Performans ve Emisyon Parametrelerine Etkisi”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Kaplan, C. (2001). "Ayçiçeği Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı" Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Karabektaş, M. (2002). "Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin İncelenmesi", Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Karabektaş, M., Ergen, G. (2006). "Ayçiçek Yağından Metil Ester Üretimi, Motor Performans Ve Emisyon Özelliklerinin İncelenmesi", 9. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Kırıkkale, 688-696.
- Karabektaş, M., Ergen, G. (2007). Soya Yağı Metil Esterinin Motor Performans Karakteristikleri ve No_x Emisyonları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1);21-26.
- Karaosmanoğlu, F. (2002). "Türkiye İçin Çevre Dostu Yenilenebilir Bir . Yakıt Adayı Biyomotorin" , *Ekojenerasyon Dünyası-Kojenerasyon Dergisi*, ICC1 2002 Özel Sayısı, 10, İstanbul, 50-56.
- Karaosmanoğlu, F.(1998). "Alternatif yakıtlar", İ.T.Ü. Kimya Fak. Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kaşıfoğlu, S. (2005). "Dizel Motorlarında Kayısı Yağı Metil Esterinin Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keskin, A., Gürü, M., Altıparmak, D., Kunt, M.A. (2007). Tall Yağı Biyodizeli Üretimi ve B80 Oranının Dizel Yakıtı Olarak Kullanımı, *Politeknik Dergisi*, 10(4);391-394.
- Keven, A. (2005). "Dizel Motorunda Fındık Yağı Esterinin Alternatif Yakıt Olarak Kullanılabilirliği", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Koç, M. (2011). "Biyodizel üretimine Uygun Türkiye'de yetişen ve yetişebilecek bitkilerin ve biyodizel teknolojilerinin belirlenmesi ,Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 44-47.
- Koçak, M.S. (2005). "Fındık Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımının Deneysel Olarak İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Kolsarçı, Ö. , Başlama, D. , İşler, N. , Arıoğlu, H. , Gür, A. , Olhan, E. , Sağlam, C. (2000). “Yağ Bitkileri Üretimi” , Türkiye Ziraat Mühendisliği 5. Teknik Tarım Kongresi, Ankara.
- Kumar, M.S., Kerihuel, A., Bellettre, J. and Tazerout, M. (2006) “Ethanol Animal Fat Emulsions as a Diesel Engine”, Fuel- Part 2: Engine Test Analysis, Fuel, 85, 2646-2652.
- Lowry, J.P.A. (1990). Alternative Fuel for Automotive and Statinory Engines in Developing Country. IMechE MEP, London. 209-214.
- Lue, Y.F., Yeh, Y.Y., and Wu, C.H. (2001). The emission characteristics of a small D.I. Diesel engine using biodiesel blended fuels. J. Environ. Sci. Healt 36:845–859.
- Nas, S., Gökalp H.Y. ve Ünsal, M.(1998). “Bitkisel yağ teknolojisi 2. baskı” P.Ü Mühendislik Fak., Denizli, 1-328.
- NREL, (2009). “Innovation for Our Energy Future”, Biodiesel Handling and Use Guide, NREL/TP-540-43672 Revised, USA.
- Oğuz, H., Demir, F., Öğüt, H. ve Acaroğlu, M (1998). “Diesel yakıtı-ayçiçek yağı karışımlarının diesel motorlarında yakıt olarak kullanılma imkânlarının araştırılması”, Enerji Workshop-1 Alternatif Enerji Kaynakları Bildiri Kitabı, Konya, 76-84, 15-16.
- Oğuz, H., Öğüt, H.(2004). Çiftçi Şartlarında Uygun Bir Biyodizel Tesisinin Tasarımı. Tarımsal Mekanizasyon 22. Ulusal Kongresi, 55s., Ankara.
- Ölçüm, T. (2006). Biyodizel Teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 9.
- Özçimen, D. ve Karasmanoğlu, F. (2002). “Avrupa Birliği, Temiz Enerji ve Biyomotorin”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul.
- Özsezen, A. N., Canakci, M., Turkcan, A., Sayin, C. (2009). Performance and combustion characteristics of a DI diesel engine fueled with waste palm oil and canola oil methyl esters. Fuel 88: 629–636.
- Özsezen, A.N., ve Çanakçı, M. (2008). Atık Kızartma Yağından Elde Edilen Metil Esterin Ön Yanma Odalı Bir Dizel Motorda Kullanımının Performans ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(2);395-404.

- Puhan, S., Vedaraman, N., Ram, B.V.B., Sankarnarayanan, G. and Jeychandran K. (2005). Mahua oil (Madhuca indica seed oil) methyl ester as biodiesel-preparation and emission characteristics. *Biomass and Bioenergy* 28; 87–93.
- Roskilly, A.P., Nanda, S.K., Wang, Y.D., Chirkowski, J. (2008). The performance and the gaseous emissions of two small marine craft diesel engines fuelled with biodiesel. *Applied Thermal Engineering* 28: 872–880.
- Safgönül, B., Ergeneman, M., Aslan, H.E., Sorousbay, C. (1995). İçten Yanmalı Motorlar, Sarıyar, L., “Bazı Küflerin Fındıkla Lipolitik Aktivitesinin İncelenmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-8.
- Sarıyar, L. (1998). “Bazı Küflerin Fındıkla Lipolitik Aktivitesinin İncelenmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-8.
- Schinstock, J.L., Hamma, M.A. and Schlick, M.L. (1988). "Soybean and Sunflower Oil Performance in a Diesel Engine", *Transactions of the ASAE*, 31 (5): 1345- 1349.
- Schumacher, L.G. (1997). 6V-92TA DDC Engine Exhaust Emission Tests Using Metyili Ester, National Soydiesel Development Board, USA.
- Sekmen, Y. ve Aktas, A. (2008). “Soya yağı metil esterinin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri” *Politeknik Dergisi*, 11 (3): 249-254.
- Şahin, M.S. (2005). “Fındık Propil Esterle Çalışan Bir Dizel Motorunun Performans ve Emisyon Açısından İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Şen, S. (2012). Hayvansal Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Dizel Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 81.
- Tickell, J. (2000). “From the fryer to the fuel tank, the complete guide to using vegetable oil as an alternative fuel” *Tickell Energy*, USA, 59-72.
- Tillem, İ. (2005). Dizel Motorlar için Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Üretimi ve Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 35
- Tomasevic, A.V. and Marinkovic, S.S. (2003). “Methanolysis of used frying oil”, *Fuel Processing Technology*, 81(1): 1-6.
- Tyson, S.K. (2001). Biodiesel Handling and Use Guidelines. NREL September.

- Ulusoy, Y. ve Alibaş, K. (2002). “Dizel motorlarda biyodizel kullanımının teknik ve ekonomik olarak incelenmesi” *Ulud. Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (1): 37-50.
- Uslu, K., Sayın C., Çanakçı M. (2006). “ Dizel Motorlarında Çift Yakıt (etanol - dizel) Kullanımının Performans ve Emisyonlara Etkisi”, 9. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Kırıkkale, pp. 273-283.
- Usta, N., Ozturk, E., Can, Ö., Conkur, E.S., Nas, S., Çon, A.H., Can, A.Ç., Topcu, M. (2005). Combustion of biodiesel fuel produced from hazelnut soapstock/waste sunflower oil mixture in a Diesel engine. *Energy Conversion and Management* 46:741–755.
- Utlu, Z. (2007). Evaluation of Biodiesel Fuel Obtained from Waste Cooking Oil. *Energy Sources Part A* 29:1295–1304.
- Utlu, Z. (2009). Biyodizel Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Atık Kızartma Yağlarının Değerlendirilmesi, <http://www.emo.org.tr/ekler/04f2c31e6703464|ek.pdf>].
- Üstün, S. (2006). Hayvansal Yağlardan Biyodizel Elde Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 13.
- Vezer, A. (2006). “Metanol – benzin karışımlarının MgO – ZrO₂ termal bariyer çemberli bir motorda performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 10-20, 53-92.
- Wagner, L.E., Clark, S.J. and Schrock, M.D. (1984). “Effects of soybean oil esters on the performance, lubricating oil, and wear of diesel engines”, SAE Paper, No.841385, U.S.A., 670-679.
- Xue, J., Grifta, T.E. and Hansena A.C. (2011). Effect of biodiesel on engine performances and emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 1098–1116.
- Yahya, A. and Marley, S.J. (1994). “Physical and Chemical Characterization of Methyl Soyoil and Methyl Tallow Esters as CI Engine Fuels”, *Biomass and Bioenergy*, 6 (4), p.321-328.
- Yamık, H. (2002). “Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Yağ Esterlerinin Kullanılma İmkânlarının Araştırılması” Doktora Tezi, Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-144.

- Yaşar, B., Eren, Ö. (2008). “Türkiye’de Tarım Sektöründe Kullanılan Petrodizelin Çevresel Etkileri Ve Biyodizel Alternatifi İle Karşılaştırılması”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 83-90.
- Yüce, İ. (2008). “Alternatif Yakıt Olarak Biyodizelin Türkiye ve Almanya’daki Durumu ile Taşıtlarda Kullanımının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 9-17.
- Yücesu, H.S., İlkılıç C. (2006). Effect of Cotton Seed Oil Methyl Ester on the Performance and Exhaust Emission of a Diesel Engine. Energy Sources Part A 28:389–398.

İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

- | | |
|--|------------|
| 1: http://www.veterinary.ankara.edu.tr | 10.12.2014 |
| 2: http://www.tuik.gov.tr | 20.05.2014 |
| 3: http://www.tuik.gov.tr | 20.05.2014 |
| 4: http://www.biyomotorin-biodiesel.com | 26.07.2014 |

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bayram İlyas KARAMANLI
Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir / 1984
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0 544 906 55 84 / bikaramanli@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Eskişehir Motor Meslek Lisesi (1999-2001)
Lisans : Zonguldak Karaelmas Üniversitesi (2003-2006)
: Marmara Üniversitesi (2006-2008)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi (2012-2015)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Toprak Mahsulleri Ofisi
Eskişehir Şube Müdürlüğü / 2006-2012
: Toprak Mahsulleri Ofisi
Afyon Şube Müdürlüğü / 2012-2015
: Toprak Mahsulleri Ofisi
Kırklareli Şube Müdürlüğü / 2015-Halen