

**SOYA YAĞINDAN BİYODİZEL ÜRETİMİNİN
OPTİMİZASYONU VE MOTOR PERFORMANS
TESTLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ramazan DİNLER

DANIŞMAN

Prof. Dr. İbrahim MUTLU

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2016

Bu tez çalışması 15.FEN.BİL.35 numaralı proje ile AKUBAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SOYA YAĞINDAN BİYODİZEL ÜRETİMİNİN
OPTİMİZASYONU VE MOTOR PERFORMANS
TESTLERİ

Ramazan DİNLER

DANIŞMAN

Prof. Dr. İbrahim MUTLU

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2016

TEZ ONAY SAYFASI

Ramazan DİNLER tarafından hazırlanan “Soya Yağından Biyodizel Üretiminin Optimizasyonu ve Motor Performans Testleri” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 30/06/2016 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 : Prof. Dr. İbrahim MUTLU

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

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

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet KESKİN İmza
Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bolu 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.

30/06/2016

Ramazan DİNLER

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**SOYA YAĞINDAN BİYODİZEL ÜRETİMİNİN
OPTİMİZASYONU VE MOTOR PERFORMANS TESTLERİ**

Ramazan DİNLER
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İbrahim MUTLU

Bu çalışmada, soya yağı 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.

Çalışma sonucunda, optimum biyodizel dönüşüm verimi %0,75 katalizör konsantrasyonu, %20 metil alkol/yağ oranı, 90 dk reaksiyon süresi ve 60°C reaksiyon sıcaklığında %86 verim elde edilmiştir. Optimum koşullarda elde edilen biodizelin yakıt özellikleri belirlendikten sonra biyodizelin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri direkt enjeksiyonlu ve tek silindirli bir dizel motorunda incelenmiştir. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında biyodizel kullanımı özgül yakıt tüketimi artmış, motor torku, gücü ve momenti ise azalmıştır. Biyodizel kullanımı ile emisyon değerlerinde ise NO_x emisyonları artmış, is ve CO emisyonları azalmıştır.

2016, x + 49 sayfa

Anahtar Kelimeler: Soya, Motor Performansı, Egzoz Emisyonları, Biyodizel

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION OF BIODIESEL FROM SOYBEAN OIL AND ENGINE PERFORMANCE TESTS

Ramazan DİNLER

Afyon Kocatepe University

Institute for the Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. İbrahim MUTLU

In this study, the biodiesel production process from the mixture of soybean oil was optimized by using alkali catalyzer single phase reaction. The process was optimized as depending on the parameters such as catalyst concentration, methanol/oil ratio, reaction temperature and reaction time.

As the consequence of this study, optimum biodiesel production efficiency was obtained 86 % at the 0.75 wt % sodium hydroxide concentrate as catalyst, 20 wt% methanol/oil ratio, 90 min reaction time and 60 °C reaction temperature. After fuel characteristics of the biodiesel obtained for optimum circumstances were determined, the effect of biodiesels using to engine performance and exhaust emission were investigated in a single cylinder-direct injection diesel engine. With using of biodiesel of soybean oil, engine power and engine torque have decreased and specific fuel consumption has increased compared to conventional diesel fuel. In addition to this, the carbon deposit and CO emissions were decreased but the NO_x emission was increased with using of biodiesel.

2016, x + 49 Pages

Keywords: Soy, Engine Performance, Exhaust Emissions, Biodiesel

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitim sürecim boyunca mesleklerine ve hayata yaklaşımlarıyla bizlere örnek olan, bilgi ve deneyimlerini bizlerden esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. İbrahim MUTLU, Sayın Doç. Dr. Fatih AKSOY ve Sayın Doç. Dr. Laçine AKSOY'a, deneysel çalışmalarım sırasındaki katkılarından dolayı A.K.Ü Teknoloji Fakültesi Laboratuvarı personeline ve bu çalışma sürecinde bana destek olan Laboratuvar Teknisyeni değerli eşim Gamze Dinler'e ve aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deneysimlerimdeki çalışmalarından dolayı Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği bölümü Sayın Doç. Dr. Hamit SOLMAZ, Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet UYUMAZ ve Sayın Arş. Gör. Emre YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma "15.FEN.BİL.35" numaralı ve "Soya Yağından Elde Edilen Biyodizelin Motor Performansına Etkileri ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi" isimli AKUBAP projesi tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı AKUBAP'a teşekkür ederim.

Ramazan DİNLER
AFYONKARAHİSAR, 2016

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 Lipitler	3
2.2 Soya Bitkisi ve Yağı	4
2.3 Soya Bitkisinin Özellikleri.....	5
2.3.1 Kök Kısmı	5
2.3.2 Sap Kısmı	5
2.3.3 Yaprak Kısmı.....	5
2.3.4 Çiçek Kısmı	6
2.3.5 Bakla Kısmı	6
2.3.6 Tohum Kısmı.....	7
2.4 Soya Tarımı ve Ekim Koşulları	8
2.4.1 Soya Üretiminde İklim	8
2.4.2 Soya Üretiminde Toprak ve Zamanlama.....	8
2.4.3 Ekimi Yapılacak Soya Çeşidinin Seçilmesi	9
2.5 Soya Yetiştiriciliğinde Bakım İşlemleri	9
2.6 Hasat	10
2.6.1 Ülkemizde Soya Sektörü	11
2.7 Biyodizel.....	13
2.7.1 Biyodizelin Tarihçesi.....	13

2.7.2 Biyodizelin Tanımı	13
2.7.3 Transesterifikasyon.....	14
2.7.4 Biyodizelin Özellikleri	14
2.7.4.1 Setan Sayısı.....	14
2.7.4.2 Parlama Noktası	15
2.7.4.3 Isıl Değer.....	15
2.7.4.4 Soğukta Akış Özelliği.....	15
2.7.4.5 Yoğunluk	16
2.7.4.6 Yağlayıcılık.....	16
2.7.4.7 Oksidasyon Kararlılığı.....	16
2.7.4.8 İyot Sayısı	16
2.7.4.9 Kinematik Viskozite	17
2.7.4.10 Su İçeriği.....	17
2.7.4.11 Biyobozunabilirlik	17
2.8 Biyodizelin Standartları	18
2.9 Biyodizelin Kullanım Alanları.....	18
2.10 Biyodizelin Avantajları ve Dezavantajları.....	19
2.10.1 Biyodizelin Avantajları.....	19
2.10.2 Biyodizelin Dezavantajları	19
3. MATERYAL ve METOD.....	20
3.1 Biyodizel Üretiminde Kullanılan Ekipmanlar ve Deney Düzenekleri	20
3.1.1 Deney Mekanizması	20
3.1.2 Terazı	20
3.1.3 Manyetik Karıştırıcı ısıtıcı	21
3.1.4 Santrifüj	22
3.1.5 Katalizör	22
3.1.6 Metil Alkol (Metanol)	23
3.2 Motor Testinde Kullanılan Ekipmanlar	23
3.2.1 Test Motoru	25
3.2.2 Emisyon Cihazı	26
3.2.3 İS Ölçüm Cihazı	26
3.3 Yakıt Analizinde Kullanılan Malzemeler	27

3.3.1 Viskozite Tayini	27
3.3.2 Kükürt Tayin Cihazı	28
3.3.3 Su Tayin Cihazı	29
3.4 Deney Metodu.....	29
3.4.1 Biyodizel Optimizasyonu	29
3.4.2 Motor Test Yöntemi	31
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	32
4.1 Parametrelerin Verim Üzerine Etkileri	32
4.2 Motor Performansı ve Testleri	33
4.2.1 Motor Momenti Değişimi	33
4.2.2 Motor gücü değişimi.....	35
4.2.3 Özgül yakıt tüketimi değişimi	36
4.2.4 Is emisyonu değişimi	37
4.3 Emisyon Değerleri Ölçümü	38
4.3.1 CO emisyonları değişimi	38
4.3.2 NO _x emisyonları değişimi	39
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	41
6. KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	49

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

C	Karbon
CH ₃ OH	Metil Alkol
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbondioksit
°C	Santigrat Derece
H	Hidrojen
HC	Hidrokarbon
KOH	Potasyum hidroksit
NaOH	Sodyum hidroksit
O ₂	Oksijen
Rpm	Dakikada devir sayısı
SO ₂	Kükürt dioksit

Kısaltmalar

ASTM	Amerikan Standart Test Yöntemi
B20	Hacimsel olarak %20 Biyodizel+%80 Dizel Yakıtı
B5	Hacimsel olarak %5Biyodizel+%95 Dizel 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 Acids (Serbest Yağ Asitleri)
PP	Plugging Point (Tıkanma Noktası)
SFC	Specific Fuel Consumption

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1 Dizel, B5 ve B20 yakıtların motor torklarının değişimi.....	34
Şekil 4.2 Dizel, B5 ve B20 yakıtların motor güçlerinin değişimi.....	35
Şekil 4.3 Dizel, B5 ve B20 yakıtların özgül yakıt tüketimlerinin değişimi.....	36
Şekil 4.4 Dizel, B5 ve B20 yakıtların is emisyon verileri	37
Şekil 4.5 Dizel, B5 ve B20 yakıtların CO emisyon değerleri	38
Şekil 4.6 Dizel, B5 ve B20 yakıtların NO _x emisyon verileri.....	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Türkiye’de yıllara göre soya üretimi.....	12
Çizelge 2.2 Biyodizel özelliklerinin dizel yakıt ile karşılaştırılması.....	18
Çizelge 3.1 Antor 6LD400 test motoru özellikleri.....	25
Çizelge 3.2 Motor deneylerinde kullanılan egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri	26
Çizelge 3.3 AVL 4000 is ölçüm cihazının teknik özellikleri	27
Çizelge 3.4 Optimum koşullarda üretilen biyodizele ait fiziksel özellikler	31
Çizelge 4.1 Biyodizel optimizasyon sürecini etkileyen parametreler ve dönüşüm verimleri.....	33

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Yaprak kısmı	6
Resim 2.2 Çiçek kısmı	6
Resim 2.3 Soya baklaları	7
Resim 2.4 Soya tohum kısmı	8
Resim 2.5 Soyanın köklerdeki kömür çürüklüğü hastalığı.	10
Resim 2.6 Hasat olgunluğuna gelen soya bitkileri	11
Resim 3.1 Deney düzeneği.	20
Resim 3.2 Hassas terazi.....	21
Resim 3.3 Manyetik karıştırıcı ısıtıcı.....	21
Resim 3.4 Santrifüj.	22
Resim 3.5 Katalizör.	23
Resim 3.6 Metil alkol(Metanol).....	23
Resim 3.7 Test düzeneği.	24
Resim 3. 8 TESTO 350-S marka egzoz emisyon cihazı.....	26
Resim 3.9 AVL 4000 DiSmoke egzoz emisyon cihazı.....	27
Resim 3.10 Viskozite tayin cihazı.	28
Resim 3.11 Kükürt tayin cihazı.....	28
Resim 3.12 Su tayin cihazı.	29
Resim 3.13 Ayırma hunisi ile gliserin fazını ayırma işlemi.....	30
Resim 3.14 Üretilen biyodizel numune örnekleri.....	30

1. GİRİŞ

İnsan; yaşamının devamı ve ihtiyaçlarının karşılanması için enerjiye gereksinim duyar. Bu gereksinimi karşılayacak şekilde yeryüzünde ve yeraltında çeşitli enerji kaynakları mevcuttur. Türkiye'nin başlıca enerji kaynakları kömür, petrol, doğalgaz, jeotermal, nükleer ve güneş enerjisidir.

Bu kaynakların en önemlilerinden biri olan, petrol; küreselleşmekte olan dünya ekonomisinin önemli enerji ve kimyasal ham madde kaynağıdır. Ancak petrol kaynakları son yıllarda azalmakta ve fosil yakıtlarda çevre sorunları meydana getirmektedir. Bundan dolayı yeni enerji kaynaklarının bulunması yönünde çalışmalar hızla ve gün geçtikçe artmaktadır (Sugözü *et al.* 2009). Ülkemiz komşu ülkelere göre enerji kaynaklarını daha pahalı elde etmektedir. Bu da ülkenin gelişimi ve sanayileşmesi konusunda önemli bir engel teşkil etmektedir. Gelişimin önündeki bu problemin çözümü açısından biyodizelin Türkiye için önemi oldukça ön plandadır (Acaroğlu 2003).

Günümüzün başlıca motor yakıtlarından benzin ve dizel yakıtına önemli alternatiflerden biride biyodizeldir. Biyodizel, ülkemizin tarım ülkesi olması açısından bitkisel kaynaklı olması yönüyle önemli bir seçenektir. Aynı zamanda biyodizelin iş imkânlarını arttırarak yan sanayinin gelişmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra kırsal kesim ekonomisini güçlendirilmesi beklenmektedir. Biyodizelin toksin olmayan doğada kolayca yok olabilen bir yakıt olması tercih edilme sebeplerindedir (Karabektaş 2002).

İlk kez bitkisel yağların dizel motor yakıtı olarak 1900'lerde kullanılması Rudolf Diesel tarafından gerçekleştirilmiştir. 1900 deki dünya fuarında yer fıstığı yağı biyodizel olarak kullanılmıştır. Fakat dizel yakıtının petrol kökenli olarak yıllarca ucuz ve bol miktarda bulunması motorun bu yakıtı uyumlu şekilde geliştirilmesine sebep olmuştur. Ancak zaman içerisinde petrol sıkıntılılarıyla birlikte bitkisel yağların yakıt üretimi gündeme gelmiş ve bu yönde çalışmalar artmıştır (Alibaş ve Ulusoy 1995).

Bitkisel yağlar enerji içerikleri bakımından dizel yakıtına göre 10-20 kat daha yüksek viskoziteye sahiptir. Bundan dolayı enjektörlerde tıkanma, motor ömrünün kısalması gibi sorunlara neden olmaktadır. Bu olumsuzluklar nedeniyle motor bakım masrafları artmaktadır. Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak değerlendirilebilmesi için yüksek viskozite sorunu çözümlenmelidir. Yüksek viskozite sorunu bazı yöntemlerin saf bitkisel yağlara uygulanmasıyla çözülmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemler; mikro emülsiyon oluşturma, transesterifikasyon, proliz ve seyreltme yöntemleridir. Bunlardan en önemlisi transesterifikasyon yöntemidir (Altın 1998).

Bu çalışmada; soya yağından transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretilmiştir. Transesterifikasyon reaksiyonunda yağ/metanol oranı, yağ/katalizör oranı, süre ve sıcaklık gibi parametreler verimi etkilemektedir. Bu parametreler değiştirilerek optimum şartlar belirlenmiştir. Optimum koşullarda üretilen biyodizel ile B5 ve B20 yakıtları oluşturulmuştur. Bu yakıtların motor performans ve emisyonları etkisi incelenmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Lipitler

Lipitler, protein ve karbonhidratlarla birlikte organizmada ve doğada bulunan önemli organik maddelerin bir grubudur. Canlı organizmada büyük oranda yedek enerji depolanmasını sağlar. Vücutta karbonhidratların fazlası yağ olarak depolanır.

Canlı vücuduna alınan besin maddelerinin kalori miktarı harcanan kalori miktarından fazla ise fazla olan bu miktar yağa çevrilerek vücutta depo edilir. Depo edilen bu yağlar canlı organizmanın enerji ihtiyacının ortaya çıkması durumunda ise tekrar kullanılırlar (Kafadar 2010).

Lipitlerin başlıca görevleri şunlardır;

- Hücre zarında yapı taşı olarak bulunurlar.
- Vücuttaki yapım ve yıkım olayları sırasında hücre için gerekli yakıt maddesi olarak kullanılmak üzere depolanırlar.
- Canlı organizmada cilt altı izolasyon maddesi olarak bulunurlar.
- Önemli iç organları korumak, destek olmak gibi görevleri de bulunmaktadır.

Lipitler vücutta çoğunlukla dış ortamdan alınırlar az bir miktarı ise direk olarak organizmada sentezlenir.

Farklı hayvansal dokularda lipitlerin yayılışı çeşitli değişiklikler gösterir. Depo işlevi olmayan dokuların içeriğindeki lipit miktarı azdır. Bu dokulara örnek olarak verilebilecek olan yumurta, beyin ve sperma dokusunda %7,5-30, embriyonal dokuda %1-2 oranında lipit bulunur (İlkılıç 1999).

Depo işlevi olan dokuların içeriğinde ise %85-90 gibi yüksek miktarlarda yağ(lipit) bulunur. Bu dokulara örnek olarak ise mezenterik doku, organları çevreleyen yağ doku, deri altı dokusu, böbrek ve kemik iliği verilebilir. Depo işlevi olan dokuların

içeriğindeki lipitlerin büyük bir kısmını yağlar yani trigliseritler meydana getirir. Bununla birlikte diğer dokulardaki lipitler çoğunlukla sterol glikolipid ve fosfolipit yapısındadır.

Bir maddenin lipit grubuna girmesi için bir takım özellikler taşıması gerekmektedir. Bu özellikler;

- Yağ asitleri ile esterleşme ve yağ asitlerinin esterleri özelliğinde olmalıdır.
- Aseton, eter, benzen, kloroform vb. maddelerde eriyebilir, suda erimez özellikte olmalıdır.
- Vücutta kullanılabilir özellikte olmalıdır.

2.2 Soya Bitkisi ve Yağı

Soya, baklagiller grubundan olup, Çin ve Japonya'da çoğunlukla üretimi yapılan bir bitkidir. Soya (Glycinemax) bitkisi 1940 yılından itibaren ABD'de yaygın olarak yetiştirilmeye başlanmış olup bu yüzyılda dünyanın birçok yerine dağılarak değer kazanmıştır (Erol 2006).

Soya yağı (glycinemax) bitkisinin tohumundan elde edilir. Dünyada en yaygın bitkisel yağlardandır. Soya yağı, içeriğinde linoleik ve linolenik yağ asitlerini barındırır. Barındırdığı yüksek miktardaki linol asidi nedeniyle bu yağ oto oksidasyon ve acılık oluşmasına meyil gösterir. Bu meyil bazı aşamalar ile azaltılabilir. Bu aşamalar;

- Genetik manipülasyon
- Seçimli hidrojenasyon
- Ağartma
- Koku giderme

Hidrojenlenme safhasında bu yağlar bir miktar trans-izomerlerde barındırırlar. Soya yağı genellikle kızartma, salata yağları, margarinler, balık konserveleri ve birçok besin maddesinde kullanılmaktadır. Soya yağı ve çeşitli bitkisel yağlardan biyodizel

üretiminde son yıllarda üzerinde durulan ve çeşitli çalışmalar yapılan bir başka konudur. Bu çalışmalar bitkisel yağların üretiminin gün geçtikçe önem kazanmasına neden olmaktadır (Altun 2005).

2.3 Soya Bitkisinin Özellikleri

2.3.1 Kök Kısmı

Soya ana köküne bağlı, saçak köklü bir bitkidir. Kök boyu genel olarak 65-70 cm arasındadır. Ancak kökler 150-200 cm'e kadar aşağıya doğru büyüebilmektedirler. Çiçeklenmenin başlamasından sonra saçak köklerde yumrucuklar oluşur. Havadaki azot ekim esnasında kullanılan özel soya bakterisi aracılığıyla bu yumrucukların içerisine depo edilirler. Bununla hem kendisinden sonra ekilecek mahsulün hem de soyanın bu azotu kullanması sağlanır (İnt.Kyn.1).

2.3.2 Sap Kısmı

Bitki boylarına ve çeşitlerine göre değişmek üzere 15-20 boğumdan oluşan soya sapları sert ve dik yapıdadır ve üzeri sık tüylerle kaplıdır. Ekim zamanına, bakım şartlarına ve çeşitlerine bağlı olarak bitki boyları 50-150 cm arasında değişkenlik gösterir (Akgül 1993).

Soya bitkisi seyrek ekilirse daha fazla dallanırlar. Geç yetişen çeşitler daha bol yapraklı ve uzun, erken yetişen çeşitler ise az yapraklı ve kısa boyludurlar. Işık ve havanın yetersizliği verimi düşürür ve çiçek dökmesini artırır. Bitki boyu yüksek ve fazla dallı olması isteniyorsa kesinlikle sık ekilmemelidirler (Akgül 1993).

2.3.3 Yaprak Kısmı

Soya yaprakları bileşik yaprak biçiminde 3 yaprakçıktan oluşur. Yaprak kalınlığı erken yetişenden geç yetişene doğru artar. Çeşitlerine göre yaprakların üzeri sık tüylerle kaplı ve değişken renklerde olurlar ve bu tüyler beyazsineğe karşı korurlar. Yapraklar mızrak

şekilli, ince, uzun ya da baklava dilimi, yumurta veya oval şeklinde olabilir (İnt.Kyn.3).



Resim 2.1 Yaprak kısmı (Arıoğlu 2013).

2.3.4 Çiçek Kısmı

Yaprak altlarında 8-15 adet arasında kısa saplı çiçekler bulunur. Bu çiçeklerin bazıları soğuk vurduğunda ya da aşırı sıcaklığın etkisiyle dökülürler. Bilhassa ikinci ürün ekildiği zaman, çıkışından 20-30 gün arasında çiçeklenmeye başlar ve bitkinin gövdesinden aşağıdan yukarıya doğru 20-30 güne kadar uzama devam eder. Çeşitlerine göre çiçek renkleri değişse de genel olarak mor veya beyaz renkte olurlar. Soya bitkisinde kendine dölleme söz konudur (İnt.Kyn.2).



Resim 2.2 Çiçek kısmı (İnt.Kyn.5).

2.3.5 Bakla Kısmı

İçerisinde genellikle 3-4 tohum bulunan, 1 cm kalınlığında ve 2-5 cm uzunluğunda tüylü ve hafif boğumlu olarak bulunur. Olgunlaşma dönemlerinde yeşil renkli baklalar,

kahverengi veya sarı renge dönüşürler (İnt.Kyn.3).

Bitkide bakla sayıları ekim sıklığına ve çeşidine göre değişir. Örneğin; bir metrekarede 30-40 bitkinin bulunduğu geç yetişen çeşitlerde ya da daha seyrek olarak ekilmiş yerlerde 180'in üzerinde bakla bulunurken, normal ekilmiş yerlerde 35-40 bakla bulunur. Hasat zamanında ise; kayıpların az olması açısından ilk bakla bağlama yüksekliğinden fazla olsun istenir. Bu durum içinde, bitkinin kısa zamanda ve baklaların aşağıdan bağlanmasının önüne geçilmesi amacıyla, çiçeklenme başlamadan hemen önce ilk sulamanın yapılması gerekir (İnt.Kyn.3).



Resim 2.3 Soya baklaları (İnt.Kyn.3).

2.3.6 Tohum Kısmı

Soya tohumu yapı itibariyle yuvarlak veya yassı şekillerdedir. Tohumun kabuk rengi kahverengi veya sarı tonlarındadır. Tohumda göbek kısmının rengi, çeşidin en belirgin özelliği olmakla birlikte sarı, beyaz, yeşil, kahverengi, siyah veya gri renklerde olabilirler. Tohum büyüklüğü ürünün çeşidine ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. Tanelerinde yağ miktarı %17-22 ve protein miktarı %41-45 arasında değişmektedir (Arıoğlu 2013).



Resim 2.4 Soya tohum kısmı (İnt.Kyn.3).

2.4 Soya Tarımı ve Ekim Koşulları

2.4.1 Soya Üretiminde İklim

Dünyanın birçok yerinde yetişebilen soya farklı iklim özelliklerine uygun olmakla birlikte çok farklı özellikte çeşitlere sahiptir. Ortalama sıcaklığın 25°C olduğu bölgelerde mayıs ve eylül ayları soya üretimine en uygun zaman ve ortam olarak kabul edilmektedir. Soya üretiminde olumsuz sıcaklık dereceleri ise 18°C'nin altı ve 40°C'nin üstündeki sıcaklıklardır. Soya yetiştirme evresinde bol suya gereksinim duyar bu nedenle Karadeniz bölgesi hariç Türkiye'nin diğer yerlerinde ancak sulama işlemiyle soya tarımı yapılabilir (İnt.Kyn.4).

Toprağın düşük ısı derecesine sahip olması soyanın çimlenmesini geciktirir. Bundan dolayı ekim yapılabilir en uygun zaman toprağın ısısının artmaya başladığı nisan ayıdır. Düşük ve yüksek sıcaklıklar soyanın çiçek ve yaprak kısımlarının gelişimini etkileyen faktörlerdendir. Yüksek hava sıcaklığı ve nemin az olması bakla tanelerinin büyümelerini olumsuz yönde etkileyerek verimi azaltır. Bundan dolayı kuru hava şartlarında sulama işlemi yapılarak ortamdaki nem oranının yükseltilmesi verimin artması için yararlı bir işlemdir (Arıoğlu 2013).

2.4.2 Soya Üretiminde Toprak ve Zamanlama

Soyanın en iyi yetiştiği toprak türü kumlu killi topraklardır. Soya verimini düşüren

toprak çeşidi ise çorak ve tuzlu topraklardır. Çorak toprak şartlarına karşı soya, buğday ve arpadan daha hassas fakat mısırdan daha dayanıklıdır. Soya için uygun toprağın ph değeri 6.0-6,5 arasındaki nötr seviyelerdir. Genel kabule göre mısır yetiştiriciliğine uygun olan toprak ve iklim koşullarında soyada kolaylıkla yetiştirilebilir (İnt.Kyn.2).

Toprak ısısının 12-13°C ye ulaştığı nisan ayından itibaren soya ana ürün olarak ekilebilir. Geç yetişen türler nisan ayı içerisinde ekilmelidir. Erken yetişen türler ise mayıs ortalarına kadar ekilebilir. Haziran ayı ikinci ürün ekimi için en uygun zamandır. Ancak bu dönemde yüksek sıcaklıklardan dolayı zaman kaybetmeden sulama işlemi yapılmalıdır (İnt.Kyn.2).

2.4.3 Ekimi Yapılacak Soya Çeşidinin Seçilmesi

Soya türünde çeşitliliğin son yıllarda giderek azalmış olmasına rağmen ikinci ve ana ürün olarak ekim zamanına uygun çeşitleri piyasada bulunmaktadır. Akdeniz bölgesinde iklim şartlarının uygun olmasından dolayı daha geç yetişen çeşitlerin ekimi yapılabilirken kuzeye doğru ilerleyen bölgelerde şartların değişimine bağlı olarak erken yetişen çeşitler tercih edilmelidir (Ulusoy 1999).

2.5 Soya Yetiştiriciliğinde Bakım İşlemleri

Soya üretiminden maksimum verim elde edebilmek için yeterli ve zamanında sulama işlemi yapılmalıdır. Bu sulama işlemi yapılırken tava yöntemi kullanılmalıdır. Sulama işleminin belirli zaman aralıklarında yapılması verimin artması açısından önemlidir (Baytop 1984).

Soya gelişim sürecinin başlangıç evrelerinde yabancı otlardan oldukça etkilenen bir bitkidir. Bu nedenle yabancı otların kontrolü soya yetiştiriciliğinde büyük önem taşımaktadır (Baytop 1984).

Yabancı otların, soyanın gelişmesini olumsuz yönde etkilemesinden dolayı, kontrolünün soyanın tüm gelişim evrelerini kapsayacak şekilde yapılması gerekmektedir. Yabancı

otların bitkiden arındırılması el çapası yahut traktörle yapılabilir. Yabani otların yoğun olarak bulunduğu bölgeler için temizleme işleminde kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır. Soya bitkisinin hastalıkları ise; baklaların eğilip büküldüğü ve bitkinin hasat zamanında bile küçük kaldığı virüs hastalığı olan tomurcuk yanığı hastalığı ile sap ve köklerini kurutarak baklaların büyümemesine, bitkilerin solmasına neden olan, mantar hastalığı olarak mozaik, kömür çürüklüğü ve mildiyö hastalıkları şeklinde sıralanabilir (Baytop 1984).



Resim 2.5 Soyanın köklerdeki kömür çürüklüğü hastalığı (İnt.Kyn.3).

Bu hastalıkların mücadelesinde virüslü bitkilerin yok edilmesi ve sağlıklı tohumlar kullanmak çözüm yollarından bazılarıdır. İlaçlamaların fazla bir etkisi olmaz. Derin sürüm işlemleri yapılarak toprağın havalandırılması sağlanmalıdır (Baytop 1984).

2.6 Hasat

Yaprakların sararıp dökülmesinden dört veya beş gün sonra hasada başlayıp kısa bir zamanda bitirilmesi gerekir. Çeşitlerin erken yetişen ya da geç yetişen olmasına ve ekim zamanına bağlı olarak soyada hasat zamanı eylül veya ekim aylarına denk gelir. Bu dönemde tanedeki rutubet %13 ile %14 arası hasat zamanı için uygundur. Bu oranın üzerindeki rutubette hasat sırasında tohumlar zarar görürler, daha düşük rutubette ise tanelerde çatlamalar olur veya dökülürler (İnt.Kyn.2).

Hasat biçerdöverle yapılır. Biçim yüksekliği alt baklaları tamamen alacak şekilde

ayarlanmalıdır. Ürün sık ve yoğun ise, tohumların kırılmasını ve biçerin tıkanmasını azaltmak için biçerdöverin hızı azaltılmalıdır (İnt.Kyn.2).

Hasat edilen ürün depolanacaksa eğer tohumların bozulmasını ve kızışmasını önleyebilmek için, depo ısısının 20°C ile 22 °C' den daha az olması ve depo havasının neminin de %60'dan düşük olması gerekir. Kurutmaya depolanan veya serilen ürünün yığın kalınlığı 30 veya 40 cm'den daha yüksek olmamalı ve ara sıra karıştırılmalıdır. Tohum neminin %13 veya %14'den fazla olmasının böceklenmeyi ve kızışmayı arttıracığı düşünülerek, ürünün sağlıklı biçimde kurutulması yanında, deponun nem durumuna ve ısısına da dikkat edilmelidir (İnt.Kyn.2).



Resim 2.6 Hasat olgunluğuna gelen soya bitkileri (İnt.Kyn.6).

2.6.1 Ülkemizde Soya Sektörü

Ülkemizin soya ile tanışması birinci dünya savaşı sonrasında olmuştur. İlk zamanlar çorum fasulyesi olarak yayılmaya başlayan soyanın ekimi birinci ürün olarak Doğu ve Orta Karadeniz bölgesinde yaygınlaşarak, Samsun ve Ordu illerinde 1980 yılına kadar soya fasulyesi üretilmiştir. 1981 yılı sonrasında soya fasulyesi yerini tütün, çay, mısır gibi daha yüksek gelir getiren ürünlere bırakmış olup bu bölgede soyanın ekim alanları zaman ile azalmıştır. Zamanla soya fasulyesi ekimi ikinci ürün projesi kapsamında Çukurova bölgesine kaydırılmıştır. Bu projenin uygulamaya konmasından sonra soya ekim alanlarında 1988 yılına kadar dengeli bir artış sağlanmıştır. Ancak alım yapan kuruluşların finansman ve depolama gibi sorunlarının oluşu, uygulanan fiyat politikaları, üreticilerin diğer ürünlere yönelmesi nedeniyle diğer yağlı tohumlu

bitkilerde olduğu gibi soya ekim alanlarında da azalmalar olmuştur (Altınsoy 2007).

Karadeniz’de mısır ve fasulye karşısında uygun bir partiyle rekabet etme şansı bulamamış ve üretimi 1970’li yılların sonunda 2000 tona kadar azalmıştır. 1973 ile 1974 yıllarında, Çukurova Bölgesinde yoğun beyazsinek zararından etkilenen pamuk üretimine alternatif olabilecek ikinci ürün olarak soya üretimi gündeme gelmiştir. Tarım Bakanlığı bu konuya daha ciddi yaklaşımlar getirmiş ve yurt dışından temin edilen birkaç soya çeşidi bölgedeki çiftçilere dağıtılarak soya üretimine hız verilmiştir. Tarım Bakanlığı 1981 yılında ki 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 edilmiştir (Ulusoy 1999). Türkiye’deki soya üretiminin gelişme durumu aşağıdaki Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Türkiye’de yıllara göre soya üretimi (Karamanlı 2015).

Yıl	Üretim (Ton)
2003	270
2004	140
2005	86
2006	119,186
2007	86,747
2008	94,444
2009	105,21
2010	234,727
2011	264,209
2012	315,99
2013	432,6

Ülkemiz soya üretimi açısından yeterli kapasiteye sahip olmasına rağmen, soya üretimi istenilen düzeye ulaşamamıştır. Buna sebep olan en önemli faktör, üreticinin yeterli desteği alamaması ve dolayısıyla katma değeri yüksek ürünler yerine, buğday gibi düşük maliyetli ürünlere yönelmesidir. Potansiyelimizi yeterince kullanamamamızın diğer sebepleri ise soyanın üretim ve değerlendirilmesine yönelik yeterli altyapının bulunmaması ve araştırma faaliyetlerimizin yeterli düzeyde olmamasıdır (Karamanlı 2015).

Tüketim açısından soya ürününün ülkemizdeki durumunu incelediğimizde, soyanın en çok hayvan yemi olarak tüketimi mevcuttur. Gıda sanayinde ise en çok soya fasulyesinin işlenmesiyle elde edilen soya yağı tüketilirken, ülkemizde de soyanın faydalarının yavaş yavaş anlaşılması ve biyodizel üretiminde ihtiyaç olması sebebiyle soya yağı tüketiminde yıllar itibariyle artışlar saptanmıştır (Artukoğlu 2006).

2.7 Biyodizel

2.7.1 Biyodizelin Tarihçesi

Biyodizel ilk olarak 1970 yılında yaşanan enerji sıkıntısının ardından alternatif enerji arayışı sürecinde büyük önem kazanmıştır. Fakat bitkisel yağların gliserin elde etmek amacıyla transesterifikasyonunun yapılmasının 1800'lü yıllara dayandığı bilinmektedir. Ancak o yıllarda asıl amaç gliserin elde etmek olduğundan biyodizel yan ürün olarak alınmıştır.

1900'lü yıllarda dizel motor üretimiyle birlikte, sebze yağlarının yakıt olarak kullanılabilmesi Rudolf Diesel'in yaptığı yerfıstığı yağından yakıt üretimiyle kanıtlanmıştır. Biyodizel adını ilk olarak 'Amerika Ulusal Soy Diesel Geliştirme Kuruluşu' tarafından 1992 senesinde kullanmıştır (İleri 2005).

Bitkisel yağların yüksek viskozite sorununun 1980'li yıllarda yağların metil alkolle reaksiyonu sonucu biyodizele dönüştürülmesiyle ortadan kalktığı görülmüştür. Böylece biyodizel üretimi konusundaki çalışmalar ivme kazanmıştır (Karabektaş 2002).

2.7.2 Biyodizelin Tanımı

Biyodizel ayçiçek, soya, kanola, aspir gibi yağlı tohum bilgilerinden oluşan bitkisel yağların ya da hayvansal yağların bir katalizörle birlikte kısa zincirli bir alkol ile reaksiyona girmesi sonucu ortaya çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Biyodizel gliserinin bitkisel yağdan ayrıldığı transesterifikasyon metoduyla elde edilir.

2.7.3 Transesterifikasyon

Alkoliz olarak da adlandırılabilen transesterifikasyon, trigliseridlerin viskozitesini azaltmak amacıyla uygulanan bir işlemdir. Transesterifikasyon yöntemi; bitkisel yağların monohidrik bir alkolle (etanol, metanol), katalizör (bazik katalizörler, asidik ve enzimler) varlığında esas ürünler olarak yağ asidi esterleri ve gliserin ortaya çıkartarak esterleştirilmesi işlemidir (Karabektaş, 2008). Transesterifikasyon sürecinde metanol, etanol, propanol, butanol ve amil alkoller kullanılabilmesine rağmen düşük maliyeti, kimyasal ve fiziksel avantajları nedeniyle metil alkol yaygın olarak kullanılmaktadır (Tütüncü 2013).

2.7.4 Biyodizelin Özellikleri

Mevcut dizel yakıtına benzer özellikler gösteren biyodizel, dizel motorlarında bazı değişiklikler ve ayarlamalar yapılarak kullanılabilmektedir. Biyodizel, direkt olarak motorin yerine kullanılabilceği gibi mevcut motorin yakıtıyla belirli oranlarda karışım oluşturularak da kullanılabilir. Biyodizel, petrol kökenli yakıtlara göre daha az emisyon üretir, kükürt içermez (Güner 1990).

Dizel motorlarında hava-yakıt karışımı yanma odası içinde gerçekleştirilmekte, dolayısıyla karışım oluşturma yanma verimini ve motor performans parametrelerini etkileyen bir işlem olmaktadır. Biyodizelin içerdiği oksijen miktarı, motorinle karşılaştırıldığında %11 oranında daha fazla olduğu için biyodizel kullanımında karışım oluşumu daha iyi olmakta, bunun sonucunda egzoz emisyonlarında azalma görülmektedir.

2.7.4.1 Setan Sayısı

Setan sayısı tutuşma kalitesi açısından çok önemlidir. Biyodizelin setan sayısı dizel yakıtına göre çok daha fazladır, ki biyodizelin saf olarak ya da dizel yakıtına eklenildiğinde emisyon yönünden faydaları olacağı ile bağlantı kurulabilir (Fedai 2006). Yüksek setan sayıları (55-60) genellikle dizel emisyonlarını geliştirmektedir. Ancak bu

aşamanın üstünde küçük bir gelişim göstermektedir. Biyodizelin setan sayısı don yağının hammaddesine veya yağa bağlıdır. Yağ asitleri karbonil gruplarına bağlanmış uzun zincir karbon atomlarından oluşmaktadır.

2.7.4.2 Parlama Noktası

Yakıtlar için yapılacak risk sınıflamasında parlama noktası çok önemli bir yer tutmaktadır. Yakıtların taşınması veya depolanması sırasında yüksek parlama noktası özelliği olması istenir. Dizel yakıtının parlama noktası 74°C olmasına rağmen bitkisel yağların parlama noktası 300°C'nin üzerinde, biyodizelin parlama noktası ise 220°C civarındadır. Parlama noktasının tespitinde DIN EN 22719 standardı uygulanmaktadır (Uzun *et al.* 2007).

2.7.4.3 Isıl Değer

Yakıtın birim kütlesi/hacmi oranına göre elde edilen enerji miktarını belirler. Ağırlık bakımından sınırlaması bulunan araçlar için bu değer çok önemlidir. Isıl değer artışı doymuş hidrokarbonların zincir uzunluğunun artışına göre artmaktadır. Doymamışlık artışına göre ise, ısıl değer azalır.

Biyodizelin ısıl değeri oksijen içeriğinden dolayı (yaklaşık %11) fosil dizel yakıtına göre daha düşüktür. Biyodizel ve dizel yakıt aynı motorlarda kullanıldığı zaman ise, biyodizelin torku ve gücü dizel yakıtına göre daha düşüktür. Yakıt sarfiyatı artmasına rağmen, enjeksiyon hacmi artarsa eşit motor performansı elde edilebilir (Haşimoğlu *et al.* 2007).

2.7.4.4 Soğukta Akış Özelliği

Biyodizel, mazota göre daha yüksek akma noktasına sahiptir. Bu durum yakıtların soğukta kullanımlarında problem çıkarmasına neden olmaktadır. Doymuş hidrokarbonların (CP), (CFPP), (PP) değerleri yüksektir. Yüksek sıcaklıklarda kristalize olurlar. Kızartma yağları ve hayvansal yağların doymuş hidrokarbon sayıları fazladır.

Soğuk akış özelliği iyi olmayan yakıt kullanımı, motorların yakıt besleme elemanlarına zarar vermektedir. Aynı zamanda motorlarda ilk hareket problemleri oluşturmaktadır.

2.7.4.5 Yoğunluk

Biyodizelin yoğunluğu dizel yakıtına göre daha yüksektir. Yoğunluk, yanma ısısına ve yakıt sarfiyatına da etki etmektedir. Hidrokarbon zinciri uzadıkça yoğunluk azalır, çift bağ sayısı arttıkça yoğunluk artar.

2.7.4.6 Yağlayıcılık

Motor elemanları (enjektörler, piston-segman bölgeleri ve yakıt pompaları vb.) aşınma ve sürtünme problemlerini gidermek için yağlamaya ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde kullanılan dizel yakıtlarında kullanılan kükürt oranı oldukça düşüktür. Kükürt miktarı düşük dizel yakıtları için yağlama özelliğini arttıran katkı maddeleri kullanılmaktadır. Ancak kullanılan katkı maddeleri miktarı arttığında yakıt besleme elemanlarında tortular veya kalıntılar oluşturmaktadır. Biyodizelin bu konuda çok iyi yağlayıcılık özelliği vardır. Yapılan çalışmaların bazılarında %0,15-0,50 biyodizel eklemesi ile kükürtsüz dizel yakıtı için aşınma izi standartta bulunan 460 mikrometre değerinin altında kalmıştır (Yamık 2002).

2.7.4.7 Oksidasyon Kararlılığı

Kimyasal yapılarından dolayı biyodizelin oksidasyon kararlılığı fosil dizel yakıtlarına göre daha düşüktür. Doymuş yağ asitlerinin oksidasyon kararlılığı yüksek olmasına karşın, özellikle çoklu doymamış yağ asitleri oksidasyon kararlılığı bakımından düşüktür. Oksidasyon kararlılığı ham yağın karoten ve tokoferol (antioksidan) içeriğine de bağlıdır. Antioksidan katkıları kullanılır (Eryılmaz 2009).

2.7.4.8 İyot Sayısı

İyot sayısı çift bağ sayılarına ve bitkisel yağların özelliklerine göre değişkenlik

göstermektedir. İyot sayısı yüksek olan yakıtlar, yanma odasında hasar veya enjektör deliklerinde tıkanmalar meydana gelmesine neden olmaktadır (Karamanlı 2015).

2.7.4.9 Kinematik Viskozite

Kinematik viskozite biyodizelin karakteristik özelliğidir. Viskozitenin yüksek olması yakıtın fakir atomizasyonuna, enjektörlerde tıkanmalara, kötü yanmasına, yağlama yağının bozulmasına ve segmanlarda karbon birikimine neden olmaktadır. Yine viskozitesi yüksek olan yakıtların enjektörlerden püskürtülmesini ve pompalanmasını kötüleştirir. Viskozite sıcaklığa bağlıdır. Biyodizelin viskozite değeri 40°C’de 3,5-6 mm²/s arasında değişmektedir. Hidrokarbonların zincir uzunluğunun artması viskozitenin artmasına ve çifte bağ sayısının artması viskozitenin azalmasına sebep olur. Yüksek viskozite çıkması transesterifikasyon işleminin başarı ile tamamlanamadığının göstergesidir (Çaynak 2005).

2.7.4.10 Su İçeriği

Bitkisel yağların yapısında normalde su bulunmazlar. Ancak bitkisel yağların depolama sürecinde ve üretim aşamasında 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 olabilmektedir (Hacıkadıroğlu 2007).

2.7.4.11 Biyobozunabilirlik

Biyodizel oluşturan C16-C18 metil esterleri doğada hızlı ve kolay bir şekilde parçalanarak bozunurlar. 10000 mg/l’ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suya bırakıldığı zaman motorin 28 günde %40, biyomotorin ise %95 bozunabilmektedir. Biyodizel doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir. Biyodizelin özellikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Biyodizel özelliklerinin dizel yakıt ile karşılaştırılması.

	Dizel Yakıtı (EN590)	Biyodizel (EN14214)
Yoğunluk (kg/m ³) 15°C	820-845	860-900
Viskozite (mm ² /S) 40°C	2,0-4,5	3,5-5,0
Parlama Noktası	>55	>=120
Yağlayıcılık	<=460	-
Su İçeriği	<=200	<=500
Setan Sayısı	>=51	>=51
Oksidasyon Sayısı	-	>=6
İyot Sayısı	-	<=120

2.8 Biyodizelin Standartları

Biyodizel; saf olarak ve dizel-biyodizel karışımları şeklinde kullanılmaktadır. Karışım oranlarına göre adlandırılması aşağıdaki şekildedir:

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

Biyodizel için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ile ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir. Ülkemizde EN 14214 ve EN 14213 standardı temel alınarak TSE Standardı hazırlanmıştır. Biyodizel kullanımının yaygınlaşması, ilgili standartları da beraberinde getirmiştir. Ülkemizde biyodizel ile ilgili standartlar, 27.09.2005 tarihinde TS EN 14213, 29.06.2009 tarihinde TS EN 14214 no'lu standartlar olarak kabul edilmiş ve Türk Standartları arasına girmiştir. Motorin ve karışımlarla ilgili olan standart ise 27.09.2005 tarihinde kabul edilen TS 3082 EN 590 standardı kullanılmaktadır (Eryılmaz 2009).

2.9 Biyodizelin Kullanım Alanları

Biyodizel dünyada ilk olarak Richard Branson tarafından üretilen Virgin Voyager adlı trende kullanılmıştır. Günümüzde biyodizel; kalorifer, jeneratör, soba, fener ve diğer

ısıtıcılarda, model uçaklarda, motor parçalarında, yağ ve kurumun temizlenmesinde, hidrolik sıvısı olarak, çok amaçlı makine yağlayıcısı olarak ve demir yolu yağlayıcısı olarak kullanılmaktadır (Fedai 2006).

2.10 Biyodizelin Avantajları ve Dezavantajları

2.10.1 Biyodizelin Avantajları

- Yağlayıcılık özelliği yüksek olması nedeniyle motorun kullanım süresi artar ve motorda daha az aşınma meydana gelir.
- Egzoz emisyon değerleri dizel yakıtına göre daha azdır.
- Parlama noktası yüksektir, bu nedenden dolayı ulaşım ve depolama yönünden daha emniyetlidir.
- Herhangi bir değişime gerek kalmadan dizel motorlarında kullanılabilirler.
- Tarım endüstrisi gelişmiş ülkelerde petrol bağımlılığını azaltır.
- Bitkisel yağlar yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilirler.
- Yakıt tüketimi ve motor gücü performansı dizel yakıt ile aynıdır (Erol 2006).

2.10.2 Biyodizelin Dezavantajları

- Biyodizelin soğuk aylarda akış özellikleri dizele göre daha kötüdür. Bu nedenle havaların soğuk olduğu zamanlarda ilk çalıştırma sırasında problemlere sebep olmaktadır.
- Maliyetleri dizele göre yüksektir.
- NO_x emisyonları yüksektir.
- Yüksek miktarda doymuş yağ asidi içerdiğinden dolayı kış aylarında yakıt hatlarının ve yakıt filtresinin tıkanmasına neden olurlar (Eryılmaz 2009).

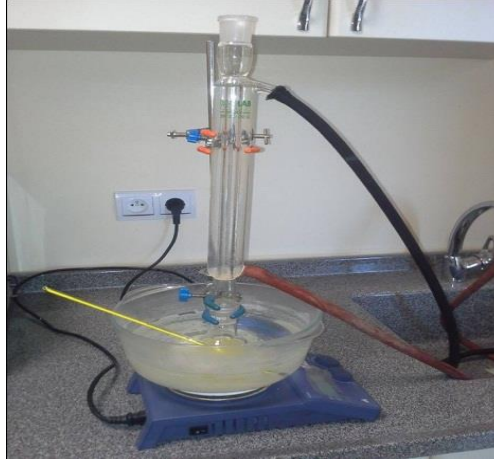
3. MATERYAL ve METOD

3.1 Biyodizel Üretiminde Kullanılan Ekipmanlar ve Deney Düzenekleri

Yapılan çalışmada, soya yağı sentezinden transesterifikasyon metoduyla biyodizel üretimi yapılmıştır. Yapılan deneylerde metil alkol olarak (CH_3OH) ve katalizör olarak da sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır. Biyodizeli damıtma sürecinde suyla yıkama yöntemi uygulanmıştır. Farklı parametrelerin (katalizör oranı, reaksiyon süresi, alkol oranı, reaksiyon sıcaklığı) verim üzerine etkileri incelenmiştir. Soya yağı metil esteri B5, B20 karışımları direkt enjeksiyonlu ve tek silindirli bir dizel motorda farklı hızlarda test edilmiştir.

3.1.1 Deney Mekanizması

Biyodizel üretiminde kullanılan malzemeler termometre, manyetik karıştırıcı ısıtıcı, geri soğutucu, manyetik balık, reaktör kabı vb. kullanılan deney mekanizması Resim 3.1'de görülmektedir.



Resim 3.1 Deney düzeneği.

3.1.2 Terazi

Üretimi yapılan biyodizel evresinde numuneler, soya yağı, katalizör ve alkolün

tartılmasında RADWAG marka AS220 C/2 modelinde hassas ölçüm yapabilen bir tartı kullanılmıştır. Dijital terazi 0,1 mg hassasiyete sahiptir. Minimum ölçebileceği değer 10 mg ve maksimum ölçebileceği değer 220 g'dır. Deneysel çalışmalarda kullanılan hassas terazi Resim 3.2'de görülmektedir.



Resim 3.2 Hassas terazi.

3.1.3 Manyetik Karıştırıcı Isıtıcı

Üretimi yapılmış biyodizel evresinde Dragon-Lab marka ısıtıcı kullanılmıştır. Manyetik karıştırıcı bu ısıtıcının 340°C kadar sıcaklığı kontrol edilebilmektedir. Yüzeyi seramikle kaplıdır. Resim 3.3'de manyetik karıştırıcı ısıtıcıdan bir görüntü gösterilmiştir.



Resim 3.3 Manyetik karıştırıcı ısıtıcı.

3.1.4 Santrifüj

Biyodizel üretim ve optimizasyonunda tüplere yerleştirilmiş karışımın yüksek devirli santrifüj cihazı ile döndürülerek çökelme ilkesine göre ayırıştırma yapılır. Santrifüj, biyodizel üretimi aşamasında yıkama işlemi yapılmış ancak ayrışmamış olan merkezkaç kuvvetinin de yardımıyla gliserin tabakasının tüpün alt kısmında toplanması sağlanır. Üst tarafında toplanmış olan biyodizel ise damlalık pipet yardımı ile ayrılma işlemi tamamlanır. Bu çalışmada kullanılmış maksimum 5000 rpm dönme hızı olan, dijital göstergeli, zaman ve hız ayarlı, 12×15 ml tüp kapasiteli ELEKTRO-MAG marka M 4812 P modelindedir. Resim 3.4’de santrifüj ’den bir görüntü gösterilmiştir.



Resim 3.4 Santrifüj.

3.1.5 Katalizör

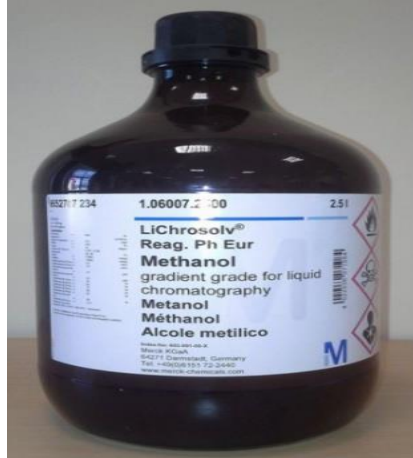
Üretimi yapılırken biyodizel evresinde kullanılmış olan katalizör, Carlo Erba marka Sodyum Hidroksit (NaOH) içerir. Katalizörün saflık değeri %97’den büyük ve moleküler ağırlığı 39,997 g/mol ‘dür. Resim 3.5’de katalizörden bir görüntü gösterilmiştir.



Resim 3.5 Katalizör.

3.1.6 Metil Alkol (Metanol)

Üretimi yapılırken biyodizel evresinde kullanılmış olan metanol Merk marka CH_3OH kimyasal özelliklere sahip metil alkol kullanılmıştır. Metil alkolün moleküler ağırlığı 32,04 g/mol ve yoğunluğu 20°C , 0,791-0,793 kg/l 'dir. Resim 3.6 'da metil alkolden bir görüntü gösterilmiştir.

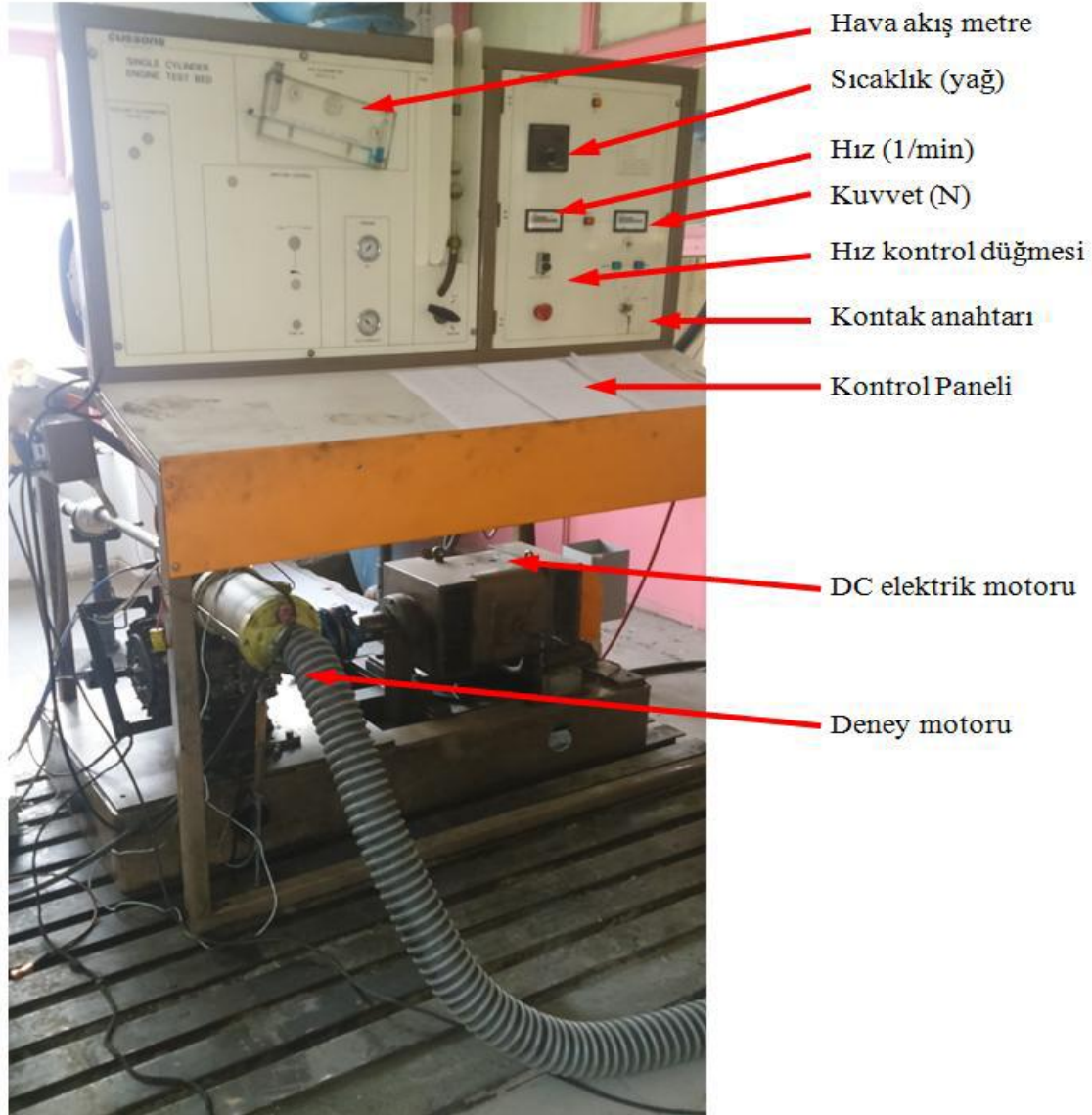


Resim 3.6 Metil alkol (Metanol).

3.2 Motor Testinde Kullanılan Ekipmanlar

Üretimi yapılmış olan biyodizelin motor performans testleri Gazi Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği bölümü motor test laboratuvarında yapılmıştır. Testte egzoz emisyonları ve motor performans ölçümleri yapılmıştır. Testte gaz keleşği sabit ve basılı konumda iken sırasıyla 1800, 2250, 2750 ve 3000 dev/dk olmak üzere beş farklı devirde motora

yükleme yapılmıştır. Yapılan deneylere, tam gaz konumunda ve motor yüksüz bir şekilde başlanılmıştır. Motor ile dinamometre yüklenerek motor en düşük devire ininceye kadar yüklemelere devam edilmiştir. İS emisyonu, moment değerleri, yakıt tüketimi ve motor devri eş zamanlı olarak kaydedilmiştir. Aynı şartlar altında en az üç test sonucunda motor devri ve motor momenti verilerinin aritmetik ortalaması alınarak sonuçlar tespit edilmiştir. Hassas terazi ve kronometre kullanılarak ölçülen yakıt sarfiyatı baz alınarak 2 dakikadaki yakıt tüketimlerine göre kaydedilmiştir.



Resim 3.7 Test düzeneği.

Egzoz emisyonunu ölçmek için ise motor ile dinamometre yüklendikten sonra motor

momenti ve motor devrinin sabit olması beklenmiş ve bu noktadan sonraki değerler alınmıştır. Maksimum 8 kg yakıt ölçebilen ve dizel yakıt tüketimi 0,1 g hassasiyete sahip Ohaus Marka GT-8000 model dijital terazi ile kütleli debisi g/min olarak ölçülmüştür. Resim 3.7’de dinamometreden bir görüntü gösterilmiştir.

Motor testlerinde rejeneratif DC elektrikli Cussons marka P 8160 model tek silindirli bir dinamometre kullanılmıştır. Dinamometrenin moment kolu 0,25 m’dir. Dinamometre maksimum 4000 dev/dk’da 10 kw güç absorbe edebilmektedir.

3.2.1 Test Motoru

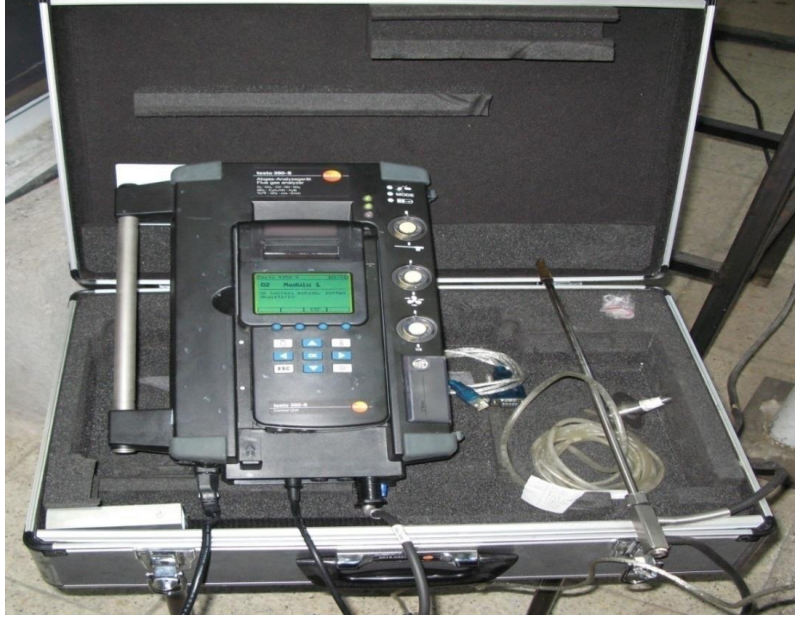
Deneyleerde direkt enjeksiyonlu (DI) ve tek silindirli bir dizel motoru kullanılmıştır. Deneyleerde kullanılacak motorun teknik özellikleri Çizelge 3.1 ‘de görülmektedir.

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 dev/dk ’da)
Maksimum moment (Nm)	19,6 (2200 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
Em. Açılma avansı	ÜÖN ‘den 7,5° KA önce
Em. Kapanma gecikmesi	AÖN ‘den 25,5° KA sonra
Supap zamanlaması	Eg. Açılma avansı AÖN ’den 21° KA önce
	Eg. Kapanma gecikmesi ÜÖN ‘den 3° KA sonra

3.2.2 Emisyon Cihazı

Egzoz emisyon değerlerinin ölçülmesinde TESTO 350-S marka cihaz kullanılmıştır. Egzoz emisyon cihazı Resim 3.8’de ve teknik özellikleri de Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Resim 3. 8 TESTO 350-S marka egzoz emisyon cihazı.

Çizelge 3.2 Motor deneylerinde kullanılan egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri.

Ölçüm Aralıkları	Birim	Değer
CO	% Vol	0 - 10
CO ₂	% Vol	0 - 20
HC	ppmVol	0 - 20000
O ₂	% Vol	0 - 21
NO _x	Ppm	0 - 5000
SO ₂	Ppm	0 - 500
Lambda		0 - 5

3.2.3 İS Ölçüm Cihazı

AVL 4000 Di Smoke model kısmi akışlı opasimetre kullanılarak is ölçümü yapılmıştır. Çizelge 3.3’de ve Resim 3.9’de AVL 4000 Di Smoke model opasimetrenin teknik özellikleri ve resmi sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 3.3 AVL 4000 is ölçüm cihazının teknik özellikleri.

Model	AVL Di Smoke 4000 İS 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



Resim 3.9 AVL 4000 DiSmoke egzoz emisyon cihazı.

3.3 Yakıt Analizinde Kullanılan Malzemeler

3.3.1 Viskozite Tayini

Üretimi yapılan biyodizel evresinde kullanılmış viskozite ölçümü Omnitek U-VIsc 200 marka tam otomatik viskozite analiz cihazı ile yapılmıştır. Cihaz iki 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 3.10'de viskozite tayin cihazından bir görüntü gösterilmiştir.



Resim 3.10 Viskozite tayin cihazı.

3.3.2 Kükürt Tayin Cihazı

Üretimi yapılan biyodizelin evresinde kullanılmış kükürt tayini Biolab Sindie OTG marka taşınabilir kükürt analiz cihazı ile yapılmıştır. Cihaz ile gerçekleştirilen bütün analizler ISO 20884 ve ASTM D7039 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmektedir. Resim 3.11’de kükürt tayin cihazından bir görüntü gösterilmiştir.



Resim 3.11 Kükürt tayin cihazı.

3.3.3 Su Tayin Cihazı

Üretimi yapılan biyodizelin evresinde kullanılmış su tayini Aquamax KF marka cihaz ile TS 6147 EN ISO 12937 standardına uygun olarak yapılmıştır. Resim 3.12’de su tayin cihazından bir görüntü gösterilmiştir.



Resim 3.12 Su tayin cihazı.

3.4 Deney Metodu

3.4.1 Biyodizel Optimizasyonu

Ticari bir firma aracılığıyla soya yağı temin edilmiştir. Reaksiyonda katalizör olarak NaOH, alkol olarak ise CH₃OH kullanılmıştır.

Geri soğutucu altında 40°C’de NaOH ve CH₃OH manyetik karıştırıcılı ısıtıcı kullanılarak 30 dakika ısıtılmıştır. Böylelikle katalizör ile metanol karışımının birbirine aktive olması sağlanmıştır. Karışıma soya yağı eklenerek tekrar geri soğutucu altında ısıtılmıştır. Deneilerin tamamında karıştırma hızı 650 rpm ve 150 g soya yağı kullanılarak reaksiyona sokulmuştur.

Reaksiyon sonucunda oluşan fazla gliserin fazını ayırmak için ayırma hunisi yardımıyla fazla gliserin alınmıştır. Ayırma işlemi sonunda hunide kalan biyodizeli saflaştırmak

amacıyla 100°C’de saf su ile yıkama işlemi uygulanmıştır. Bu işlem her numune için 5 defa uygulanmıştır. Ortamda kalan su ve alkolü tam olarak uzaklaştırmak için tekrar biyodizel 120°C’ye kadar ısıtılmıştır. Ayırma işlemi Resim 3.13’de gösterilmiştir.



Resim 3.13 Ayırma hunisi ile gliserin fazını ayırma işlemi.

Çalışmada optimum üretim şartlarını belirlemek için farklı parametreler (katalizör oranı, sıcaklık, reaksiyon süresi, metanol oranı) kullanılmıştır. Reaksiyon sıcaklıkları sırasıyla 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C olarak değiştirilmiştir. Katalizör oranı yağa göre ağırlıkça %0,25, %0,5, %0,75, %1, %1,25 oranlarında kullanılmıştır. Metanol oranı, soya yağına göre %10-30 değerleri arasında, reaksiyon süreleri ise 30, 60, 90, 120, 150 dakika olarak değiştirilmiştir. Resim 3.14’de üretilen biyodizel numune örneklerinden bir görüntü gösterilmiştir.



Resim 3.14 Üretilen biyodizel numune 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 3.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Optimum koşullarda üretilen biyodizele ait fiziksel özellikler.

Özellikler	Sonuçlar
Viskozite (mm ² /s)	4,224
Yoğunluk (g/cm ³)	0,883
Parlama noktası (°C)	171
Su (ppm)	221,1
Akma Noktası (°C)	-10
Soğuk filtre tıkanma noktası (°C)	-1

3.4.2 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 güç, moment ve özgül yakıt tüketimi olan motor performans değerleri ve is değişimleri kaydedilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Parametrelerin Verim Üzerine Etkileri

Soya yağından elde edilen biyodizelin üretim verimine süre, alkol oranı, sıcaklık, ve katalizör oranı etki etmektedir. Biyodizel üretimi; 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°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 incelendiğinde, maksimum biyodizel dönüşüm veriminin 90 dk reaksiyon süresi, 60 °C reaksiyon sıcaklığı, %0,75 yağa göre ağırlıkça katalizör oranı ve %20 yağa göre ağırlıkça metanol oranında %86 olarak elde edilmiştir.

Metanolün ağırlıkça yağa oranının %20 olduğu koşullarda sırasıyla 74,41, 85,81, 82,90, 82,02, 75,93, 86,01 biyodizel üretim verimleri elde edilmiştir. Bu alkol oranında maksimum verime ulaşılmıştır.

Metanol oranı %20’nin altında olduğunda alkol miktarı reaksiyonu tamamlamak için yetersiz kalmaktadır. Metanol oranının %20’nin üzerine çıkması gliserolün üründen ayrılması sırasında saflaştırma problemleri ortaya çıktığından verimde düşme görülmüş olabilir. Buna ilaveten aşırı metanolün yoğunluktan dolayı ester tabakası üzerinde kalması da yine verimi olumsuz etkilemiştir (Aksoy 2011).

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	71,82
2	15	0,5	60	70	76,09
3	15	0,5	120	50	78,80
4	15	0,5	120	70	70,81
5	15	1	60	50	74,78
6	15	1	60	70	73,23
7	15	1	120	50	75,65
8	15	1	120	70	68,12
9	25	0,5	60	50	63,45
10	25	0,5	60	70	54,48
11	25	0,5	120	50	70,39
12	25	0,5	120	70	65,06
13	25	1	60	50	80,49
14	25	1	60	70	68,19
15	25	1	120	50	80,66
16	25	1	120	70	70,86
17	10	0,75	90	60	74,00
18	30	0,75	90	60	80,36
19	20	1,25	90	60	74,41
20	20	0,75	30	60	85,81
21	20	0,75	150	60	82,90
22	20	0,75	90	40	82,02
23	20	0,75	90	80	75,93
24	20	0,75	90	60	86,01

4.2 Motor Performansı ve Testleri

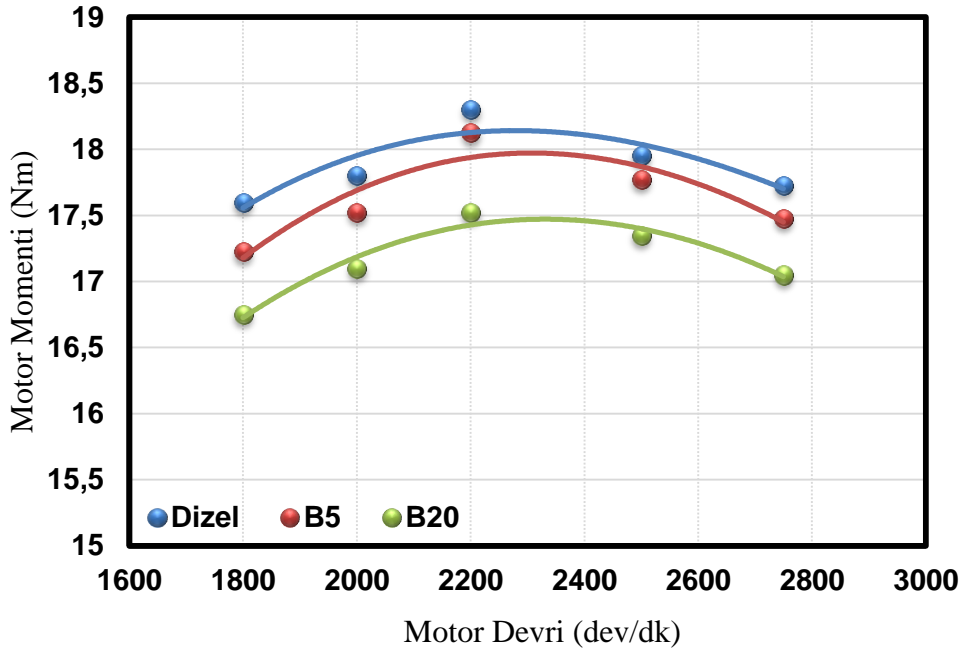
Motor devrine bağlı olarak efektif güç, tork ve özgül yakıt değişimi dizel, B5 ve B20 yakıtları için tek silindirli, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda incelenmiştir.

4.2.1 Motor Momenti Değişimi

Şekil 4.1’de motor devrine bağlı olarak motor torku değişimleri verilmiştir. Yapılan

testlerde motor torku bakımından dizel yakıt kullanımı, B5 ve B20 yakıtlarına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Dizel yakıt kullanımı ile B5'ye göre ortalama %1,39, B20'e göre ortalama %4,02 daha yüksek tork değerleri elde edilmiştir. En yüksek motor tork değerine tüm yakıtlar için 2200 dev/dk motor devrinde ulaşılmıştır. Tork değerlerinin daha düşük olması biyodizelin alt ısıl değerinin dizel yakıtına göre daha düşük, viskozitesinin ise yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Eryılmaz 2009).

Şahin (2013), keten yağından elde ettikleri biyodizelde tüm yakıtlar için en yüksek tork değerleri, motorin ve B2 yakıtları ile 1000 dev/dk, B5 yakıtı ile 1100 dev/dk, B20 yakıtı ile 1400 dev/dk, B50 ve B100 yakıtları ile 1200 dev/dk motor hızlarında elde etmişlerdir. Motorin ile biyodizel ve biyodizel karışım yakıtları karşılaştırıldığında; karışım yakıtlarından elde edilen tork değerleri motorine göre azalmıştır. Bu azalma; motorine göre B2 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %2.28, B5 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %5.21, B20 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %7, B50 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %8, B100 yakıtında yaklaşık olarak ortalama %9.51 olarak ölçmüşlerdir. Test yakıtlarındaki biyodizel oranı arttıkça motor torkundaki azalma miktarı arttığını belirtmişlerdir (Şahin 2013).

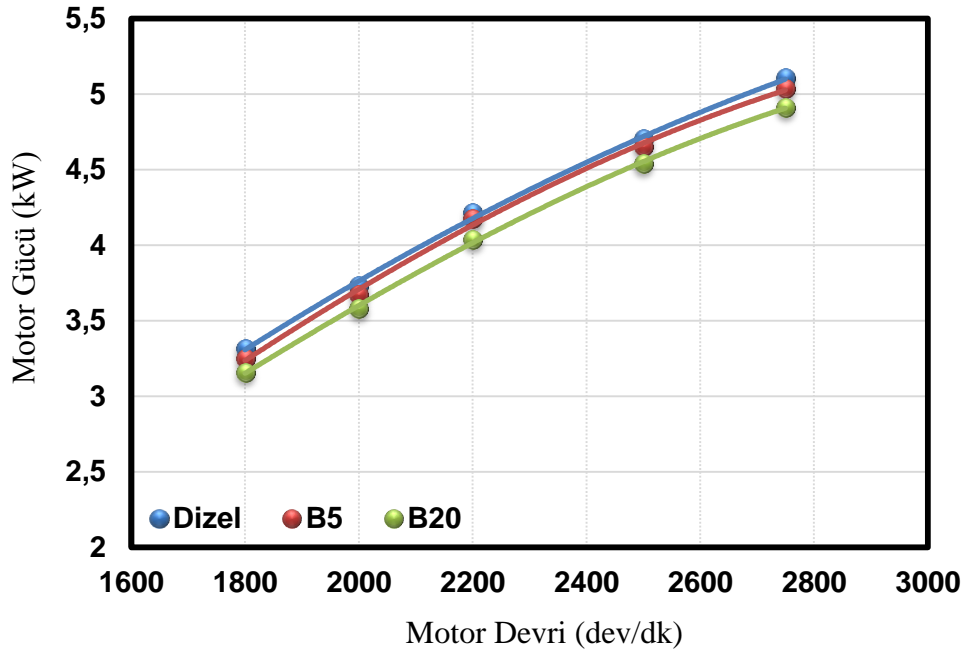


Şekil 4.1 Dizel, B5 ve B20 yakıtların motor torklarının değişimi.

4.2.2 Motor gücü değişimi

şekil 4.2’de motor devrine bağlı olarak motor gücü değişimleri dizel, B5 ve B20 yakıtları için verilmiştir. Motor gücü motor devrinin artması ile artış göstermektedir. Maksimum motor güçleri tüm yakıtlar için 2700 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. B5 ve B20 yakıtları kullanımı ile motor güçlerinde dizel yakıtına göre ortalama olarak sırası ile %1,35 ve %3,97 gözlemlenmiştir. Biyodizel kullanımı ile motor gücündeki azalma literatürdeki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

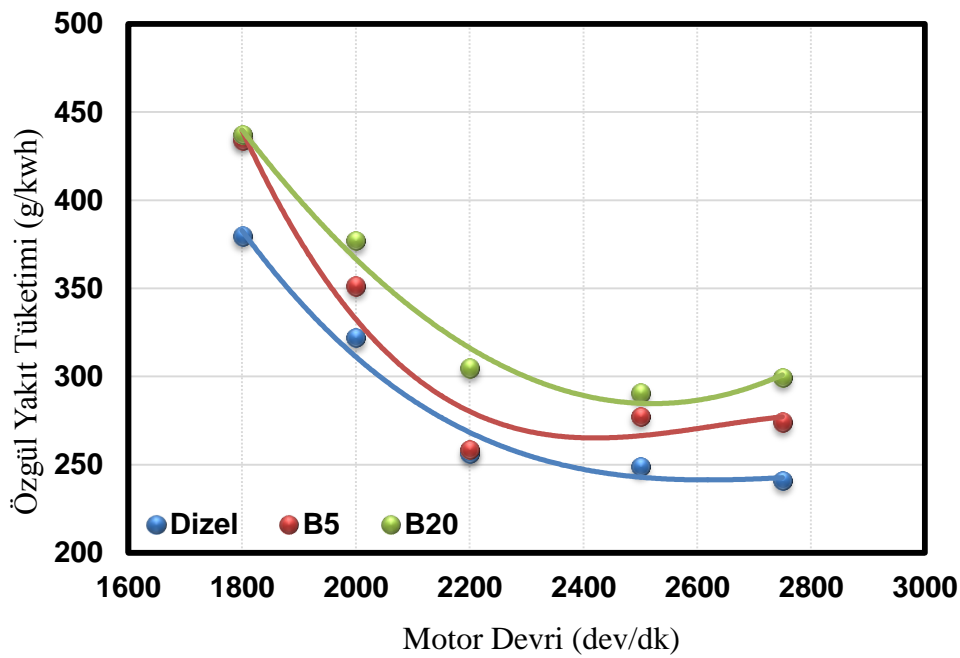
Ayçiçeği yağı ve dizel yakıtı karışımlarını kullanarak yapılan bir çalışmada, %20, %40 ve tam yükte, güç, moment ve yakıt tüketimi ölçümünü yaptıkları, bitkisel yağ ve dizel yakıtı karışımlarının; düşük yanma ısısı ve yüksek viskoziteye sahip olduğunu ve ham olarak kullanılan bitkisel yağ yakıtlarına göre; güç, moment ve yakıt tüketimi açısından daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir (Radu and Mircea 1997).



şekil 4.2 Dizel, B5 ve B20 yakıtların motor güçlerinin değişimi.

4.2.3 Özgül yakıt tüketimi değişimi

Şekil 4.3’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 2500 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. Bu motor devrinde B5 ve B20 yakıtları kullanımı ile özgül yakıt tüketiminde dizel yakıtına göre sırası ile %10,22 ve %18,01 artışlar elde edilmiştir.



Şekil 4.3 Dizel, B5 ve B20 yakıtların özgül yakıt tüketimlerinin değişimi.

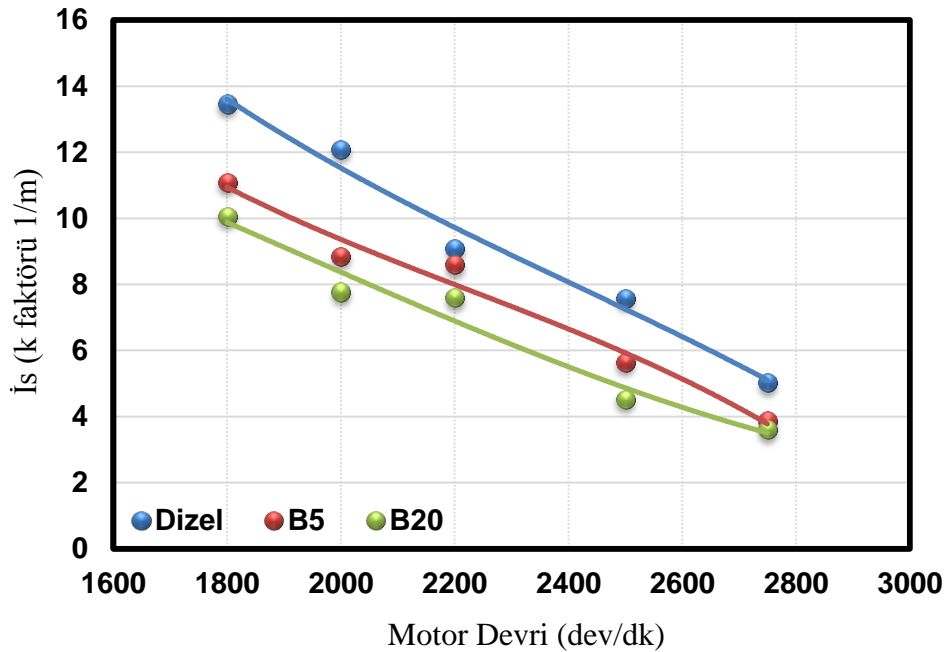
Oğuz (1998), ayçiçek yağına seyreltme metodu uygulayarak 43 kW gücünde 3 silindri direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda denemiştir. Ayçiçek yağı ile dizel yakıtını hacimsel olarak %20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 oranlarında karıştırarak seyreltme işlemi yapmıştır. Elde edilen yakıtların yakıt özelliklerini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

Gürü vd. (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 (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 *et al.* 2007).

4.2.4 Is emisyonu değişimi

şekil 4.4’de motor devrine bağlı olarak is emisyonu değişimi görülmektedir. Düşük motor devirlerinde is emisyonu maksimumdur. Motor devrinin artması ile is emisyonu motor devrine bağlı olarak azalmaktadır. Minimum is emisyonları tüm yakıtlar için 2800 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. Bu motor devrinde B5 ve B20 yakıtları kullanımı ile is emisyonunda tüketiminde dizel yakıtına göre sırası ile %19,48 ve %28,99 azalmalar görülmüştür. Biyodizelin oksijen içeriği, düşük aromatik ve sülfür içeriği is emisyonunun dizel yakıtına göre daha düşük elde edilmesine sebep olmaktadır (Gr *et al.* 2010).



şekil 4.4 Dizel, B5 ve B20 yakıtların is emisyon verileri.

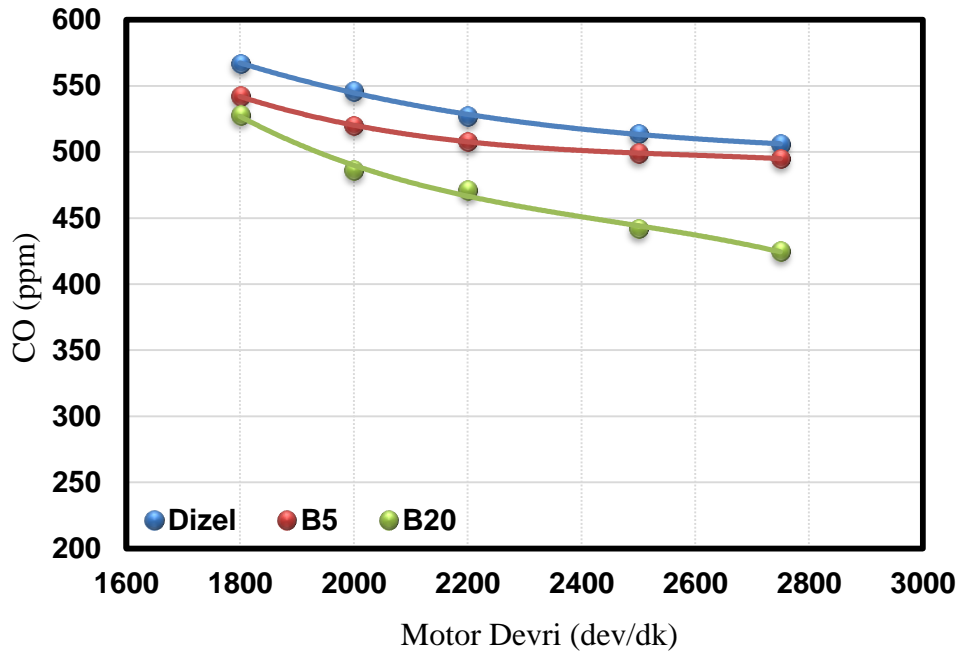
Oğuz (1998) alışmasında; ayçiçek yağına seyreltme metodu uygulayarak 43 kW

gücünde 3 silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda denemiştir. Ayçiçek yağı ile dizel yakıtını hacimsel olarak %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80 oranlarında karıştırarak seyreltme işlemi yapmıştır. Elde edilen yakıtların yakıt özelliklerini belirlemiş ve motorda hiçbir değişiklik yapmadan denemiştir. Duman yoğunluğunda önemli miktarda azalmaların meydana geldiğini belirtmiştir (Oğuz 1998).

4.3 Emisyon Değerleri Ölçümü

4.3.1 CO emisyonları değişimi

Motor hızına bağlı olarak Dizel, B5 ve B20 yakıtlarının CO emisyon değerleri Şekil 4.5’de görülmektedir. Dizel yakıtına göre B5 ve B20 yakıtlarının CO değerleri sırasıyla ortalama %3,39, %12,85 daha düşüktür. Biyodizel yakıtı içerisindeki oksijen oranının dizel yakıtına göre fazla olması daha kaliteli bir yanma olayı gerçekleşmesini sağlamaktadır. Biyodizel yakıtı motor performansını olumsuz yönde etkilemesine rağmen CO emisyonuna olumlu etki etmiştir (Radu and Mircea 1997).



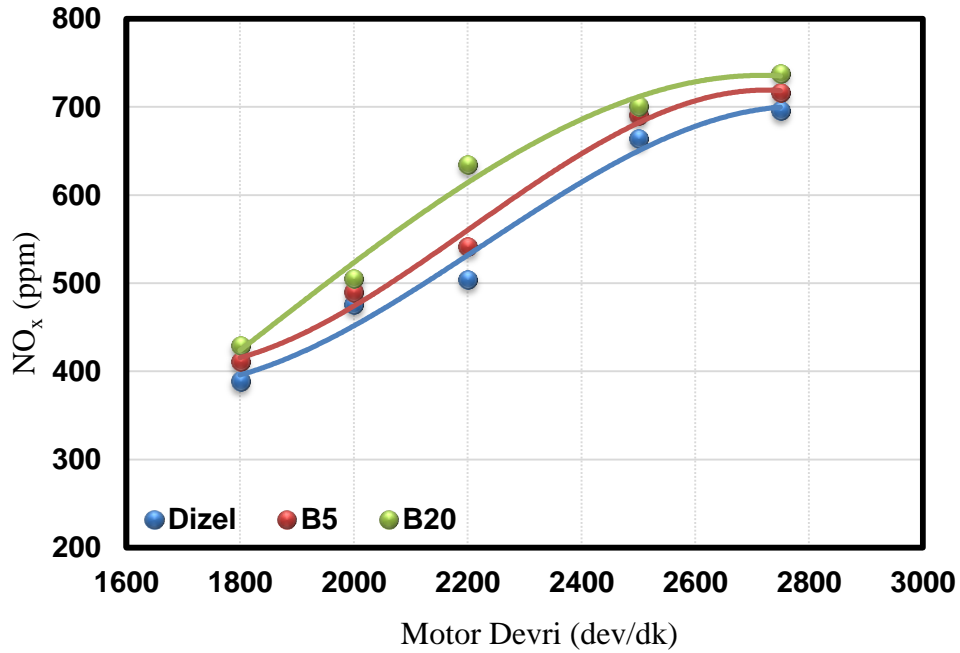
Şekil 4.5 Dizel, B5 ve B20 yakıtların CO emisyon değerleri.

Nabi (2008), çalışmasında ilk aşamada farklı parametrelerin optimizasyonunu, ikinci

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

4.3.2 NO_x emisyonları değişimi

NO_x emisyonunu motor hızına bağlı olarak değişimi Şekil 4.6'da verilmiştir. NO_x emisyonu dizel yakıtı göre B5'de ortalama %4,23, B20'de ortalama %10,21 daha yüksektir. Soylu vd. (2004), alternatif yakıtlar üzerine yaptıkları bu çalışmada, biyodizel yakıtının motorından düşük ısı değere, yüksek yoğunluğa, oksijen içeriğine ve yüksek setan sayısına sahip olması motor performansı ve egzoz emisyonlarında farklılık görülmesine sebep olduğunu belirtmişlerdir. Oksijen içeriğine bağlı olarak iyi yanma karakteristiklerinin ısı verimi artırdığını, iyi yanmaya bağlı olarak CO emisyonlarında azalma, NO_x emisyonlarında ise artış olduğunu belirtmişlerdir (Soylu *et al.* 2004).



Şekil 4.6 Dizel, B5 ve B20 yakıtların NO_x emisyon verileri.

Bannister vd. (2009), çalışmalarında, bitkisel yağlar, hayvansal yağlar veya atık yağların içindeki trigliseridleri transesterifikasyon yöntemiyle sentezlenerek biyodizel üretmişlerdir. Üretilen biyodizel motorin ile %5, %10, %20, %30 ve %50 oranlarında karıştırmışlar ve bu karışımlar Common-rail direk enjeksiyonlu bir araçla, şasi dinamometresinde belli hızlarda yapılan deneylerde motor performansı ve emisyonları ölçmüşlerdir. Egzoz emisyonlarında da NO_x hariç azalma görülmüştür (Bannister *et al.* 2009).

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

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

Soya yağı sentezinde farklı parametrelerin kullanıldığı deneyler sonucunda en yüksek verim, 60 °C sıcaklık, 90 dk reaksiyon süresi, yağa göre ağırlıkça %0,75 katalizör ve %20 metanol kullanımında %86,01 olarak belirlenmiştir.

Transesterifikasyon işlemi ile elde edilen soya yağı biyodizeli, sonra B5 ve B20 yakıt karışımlarının yakıt özellikleri bütün yakıtlarda kinematik viskozite, su içeriği, parlama noktası ve yoğunluk analizleri sınır değerler içerisinde çıkmıştır.

Soya yağından elde edilen biyodizelin fiziksel özellikleri standart dizel yakıtı ile benzer özellikler göstermektedir. Optimum koşullarda üretilen biyodizele ait fiziksel özellikler; yoğunluk 0,883 g/cm³, parlama noktası 171 °C, viskozite 4,224 mm²/s, su içeriği 221,1 ppm, akma noktası -10 °C ve soğuk filtre tıkanma noktası -1 °C olarak belirlenmiştir.

B5 ve B20 yakıtları kullanımı ile dizel yakıtına göre motor momentinde sırası ile %1,39 ve %4,02 azalmalar elde edilmiştir. Bu azalmanın biyodizelin düşük alt ısıl değere ve yüksek viskoziteye sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Motor güçleri incelendiğinde B5 ve B20 yakıtları kullanımı ile motor güçleri dizel yakıtına göre ortalama olarak sırası ile %1,35 ve %3,97 azalmalar elde edilmiştir. Bu azalmanın biyodizelin düşük ısıl değerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

B5, B20 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 2200 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. Bu motor devrinde B5 ve B20 yakıtları

kullanımı ile özgül yakıt tüketiminde dizel yakıtına göre sırası ile %10,22 ve %18,01 artışlar elde edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, biyodizel kullanımı ile özgül yakıt tüketiminde artış olduğu gözlemlenmektedir.

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 2800 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir. Bu motor devrinde B5 ve B20 yakıtları kullanımı ile is emisyonunda tüketiminde dizel yakıtına göre sırası ile %19,48 ve %28,99 azalmalar elde edilmiştir.

Dizel yakıtına göre B5 ve B20 yakıtlarının CO değerleri sırasıyla ortalama %3,39, %12,85 daha düşüktür. Biyodizel yakıtı içerisindeki oksijen oranının dizel yakıtına göre fazla olması daha kaliteli bir yanma olayı gerçekleşmesini sağlamaktadır. Biyodizel yakıtı motor performansını olumsuz yönde etkilemesine rağmen CO emisyonuna olumlu etki ettiği gözlemlenmiştir.

NO_x emisyonları dizel yakıtına göre daha fazladır. Emisyon miktarı motorun biyodizel yakıtına uygunluğuna bağlı olarak değişir. NO_x emisyonu dizel yakıtına göre B5’de ortalama %4,23, B20’de ortalama %10,21 daha yüksektir. Bununla birlikte biyodizel kükürt içermez. Bu yüzden NO_x kontrol teknolojileri biyodizel yakıtı kullanan sistemlere uygulanabilir. Ancak konvansiyonel dizel yakıtı kükürt içerdiği için NO_x kontrol teknolojilerine uygun olmadığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmadan sonra şunlar önerilebilir;

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

Soya tohumu yağından elde edilen biyodizelin sera gazlarına ve egzoz emisyonlarına etkisi araştırılabilir.

Üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve biyodizeli daha cazip hale getirmek için

kullanıcıların özendirilmesi, devlet tarafından özel sektöre teşvik verilip, kolaylık sağlanması ve vergi indirimine gidilmesi gerekmektedir. Ayrıca tamamen araçlarda kullanılsa bile dizel yakıtta belirli oranda kullanılması sağlanarak her yıl dış ülkelere ödenen döviz miktarında azalma sağlanabilir.

Soya tohumundan başka yemeklik değeri olmayan bazı hayvansal yağlar, jatropha ve yabani hardal gibi diğer yağlardan biyodizel üretimi çalışmaları araştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M. (2003). Alternatif Enerji Kaynakları. Atlas Yayınları, İstanbul, 229-256.
- Akgül, A. (1993). Baharat Bilimi ve Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği, Ankara, Yayın No:15.
- 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.
- Alibaş, K., Ulusoy, Y. (1995), Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanım Olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi 5-7 Eylül s.147-156. Bursa.
- Altın, R. (1998). Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Kullanılmasının Deneysel Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Altın, R. (1998). Haşhaş Yağının Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, *Karabük Teknoloji Dergisi*, 3-4, Z.K.Ü.
- 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. Gür, A.M. (2005). Bitkisel Yağların Alternatif Yakıt Olarak Dizel Motorlarında Kullanılması. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35-42.
- Arioğlu, H. (2013). Soya Tarımı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1-11.
- Artukoglu, B.D. (2006). Hayvansal Atık Yağlardan Biyodizel Üretim ve Özelliklerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 58.
- Bannister, C.D., Hawley, J.G Ali, H.M., Chuck, C.J., Price, P., Chrysafi, S.S., Brown, A. and Pickford, W., (2009), The Impact Of Biodiesel Blend Ratio On Vehicle Performance And Emissions, *Automobile Engineering*, Vol:**224**, 405-421.
- Baytop, T. (1984). Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Yayın No:3255.

- Çaynak, S. (2005). Pirina Yağının Transesterifikasyonu ile Biyodizel Sentezinin Optimizasyonu ve Performans Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-81.
- Erol, A. (2006). Değişik Yağlardan Elde Edilen Biodizellerin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Eryılmaz, T. (2009). Hardal Yağı Biyodizelinde Farklı Karışım Oranlarının Dizel Motorlarda Performansa Etkisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 33.
- Fedai, Ö. (2006). Transesterifikasyon ile Kanola Yağı Metil Esteri Sentezinin Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güner, F. (1990). Kullanılmış Kızartma Yağı Ester Ürününün Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Keskin, A., Gürü, M., Altıparmak, D. (2007). Investigation Of 90% Blend Of Tall Oil Biodiesel Fuel With Diesel Fuel As Alternative Diesel Fuel. *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.* **22**: 57-63.
- Nabi, N., Hoque, N. (2008), Biodiesel Production From Linseed Oil And Performance Study Of A Diesel Engine With Diesel Bio-Diesel, *Journal Of Mechanical Engineering*, Vol. ME39, No. 1, June 2008 40-44.
- 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., İçingür, Y. ve Özsert, İ.(2007). Turbo Şarjlı Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Biyodizel Kullanılmasının Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, **23 (1)**: 207-213.

- İleri, E. (2005). Kanola Yağı Metil Esterinin Dizel Motor Performansı ve Emisyonlarına Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- İlkılıç, C. (1999). Çeşitli Alternatif Yakıtların Dizel 1 Motoru Emisyonlarına Etkilerinin Teorik ve Deneysel İncelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 109-112.
- Kafadar, A.B. (2010). Yağlardan Biyodizel Eldesine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Karabektaş, M. (2002). Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Kullanımının Motor Performansına Etkisi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Karamanlı, B.İ (2015). Soya Ve Fındık Yağı Karışımından Üretilen Biyodizelin Motor Performansına Etkisinin İncelenmesi, A.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Koçak, M.S. (2005). Fındık Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Kullanımının Deneysel Olarak Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Oğuz, H. (1998). Diesel Yakıtı Ayçiçek Yağı Karışımlarının Diesel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 124.
- 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.
- Radu, R., Mircea, Z. (1997), The Use Of Sunflower Oil In Diesel Engines. SAE Paper 972979.
- Soylu, Ş., Karabektaş, M., Ermiş, K. (2004), Otomobiller İçin Alternatif Enerji Kaynaklarının İncelenmesi. II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi. s 491-504. 26-28 Mayıs. Dumlupınar Üniversitesi. Kütahya.
- Sugözü, İ., Aksoy, F. ve Baydır, Ş.A. (2009). Bir Dizel Motorunda Ayçiçeği Metil Esteri Kullanımının Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **6 (2)**: 49-56.

- Şahin, A. (2014). Hardal Yağından Elde Edilen Biyodizelin Motor Performansına Etkileri ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Şahin, S. (2013). Keten Yağı Biyodizelinin ve Motorinle Karışımlarının Motor Performansına Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Tütüncü, H. (2013). Transesterifikasyonla Balık Yağı Metil Esteri Sentezinin Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 41-42.
- Ulusoy, Y. (1999). Ayçiçeği, Kolza, Pamuk ve Soya Yağlarının Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 6 – 11.
- Uzun B.B., Kılıç, M. ve Pütün A.E. (2007). Ayçiçeği Yağından Transesterifikasyon Yöntemiyle Biyodizel Üretimi. *1.Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, 28-31 Mayıs, Samsun Sayfa 1-5.
- Yamık, H. (2002). Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Yağ Esterlerinin Kullanılma İmkanlarının Araştırılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yao, C., Cheung, C.S., Cheng, C., Wang, Y., Chan, T.L. and Lee, S.C. (2008). Effect Of Diesel/Methanol Compound Combustion On Diesel Engine Combustion and Emissions. *Energy Conversion and Management*, **49**: 1696-1704.
- 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.
- Xue, J., Grifta, T.E. and Hansena A.C. (2011). Effect Of Biodiesel On Engine Performance Sand Emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **15** 1098–1116.

İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

1. <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx> 02.05.2016
2. <http://www.tarimkutuphanesi.com> 09.05.2016
3. <http://www.tarimziraat.com/yetistiricilik> 14.05.2016
4. <http://www.dbtarimsalenerji.com.tr/YagliTohumTarimi> 21.05.2016
5. <http://www.gencziraat.com/Tarla-Bitkileri/Soya> 21.05.2016
6. <http://arastirma.tarim.gov.tr> 27.07.2016

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ramazan DİNLER
Doğum Yeri ve Tarihi : Afyonkarahisar / 10.04.1990
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0 507 366 87 87 / Ramazandnrl@msn.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Afyonkarahisar Merkez Endüstri Meslek Lisesi
(2004 – 2007)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi,
Otomotiv Öğretmenliği (2008 – 2012)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı (2013 – 2016)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: 8. Ana Bakım Merkezi Komutanlığı (2006-2007)
Afyonkarahisar ÖSYM İl Sınav Koord. (2012-Devam
Ediyor)