

**T.C.  
BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**ATIK KIZARTMA YAĞI VE NÖTRALİZE ATIK KIZARTMA  
YAĞINDAN ÜRETİLEN BİYODİZEL VE KARIŞIMLARININ  
MOTOR PERFORMANS VE EGZOZ EMİSYONLARININ  
KARŞILAŞTIRILMALI OLARAK İNCELENMESİ**

**Ali Koray ÖZGÜN**

**Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ**

**Yozgat 2014**



**T.C.  
BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**ATIK KIZARTMA YAĞI VE NÖTRALİZE ATIK KIZARTMA  
YAĞINDAN ÜRETİLEN BİYODİZEL VE KARIŞIMLARININ  
MOTOR PERFORMANS VE EGZOZ EMİSYONLARININ  
KARŞILAŞTIRILMALI OLARAK İNCELENMESİ**

**Ali Koray ÖZGÜN**

**Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ**

**Bu çalışma, Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından  
2013FBE/T72 kodu ile desteklenmiştir.**

**Yozgat 2014**

T.C.  
BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Makine Mühendisliği Anabilim Dalı 70110912008 numaralı öğrencisi Ali Koray ÖZGÜN'ün hazırladığı "Atık Kızartma Yağı ve Nötralize Atık Kızartma Yağından Üretilen Biyodizel ve Karışımlarının Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarının Karşılaştırılması Olarak İncelenmesi" başlıklı YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 06/11/2014 Perşembe günü saat 12:00'de yapılmış, tezin onayına OY BİRLİĞİYLE karar verilmiştir.

Başkan :Prof. Dr. Hasan YUMAK



Üye :Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ (Danışman)



Üye :Yrd. Doç. Dr. Mevlüt ARSLAN



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 13/11/2014 tarih ve 35 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Yüksek Lisans Tez Kurulu  
14/11/2014  
1923  
Dr. Hidayet ÇETİN  
Bozok Üniversitesi  
Fen Bil. Enst. Müdürü

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vi</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>x</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.2 Biyodizel Standartları .....	6
1.3 Yağların Viskozitesini Düşürme Yöntemleri.....	10
1.3.1 Seyreltme Yöntemi.....	10
1.3.2 Mikro Emülsiyon Oluşturma Yöntemi.....	10
1.3.3 Piroлиз Yöntemi .....	11
1.3.4 Süper Kritik Yöntem .....	11
1.3.5 Transesterifikasyon Yöntemi .....	11
1.4 Biyodizelin Teknik Özellikleri.....	12
1.4.1 Biyodizelin Yakıt Özellikleri .....	12
1.4.2 Biyodizel Emisyonları.....	14
1.4.3 Biyodizelin Çeşitli Malzemelerle Uyuşabilirliği .....	14
1.4.4 Biyodizelin Yağlayıcılık Özelliği .....	15
1.4.5 Biyodizelin Çevresel Özellikleri .....	15
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>18</b>
<b>3.MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>25</b>
3.1.Materyal .....	25
3.2 Araştırmada Kullanılan Alet ve Cihazlar.....	26
3.2.1 Hidrolik Dinamometre .....	26
3.2.2 Yakıt Tüketimi Ölçüm Cihazı.....	27

3.2.3 Egzoz Emisyon Cihazı .....	28
3.2.4 Yoğunluk Ölçüm Cihazı .....	29
3.2.5 Kinematik Viskozite Ölçüm Cihazı .....	30
3.2.6 Parlama Noktası Tayin Cihazı .....	31
3.2.7 Su Muhtevası Tayin (Karl-Fischer Titrasyon) Cihazı.....	31
3.2.8 Kalorimetre Cihazı .....	32
3.2.9 Homojenizatör.....	33
3.2.10 Laboratuvar Tipi Karıştırıcı .....	34
3.2.11 Hassas Terazı .....	35
3.2.12 Sıcaklık Kontrollü Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı .....	36
3.2.13 Etüv .....	37
3.2.14 Kronometre .....	38
3.2.15 Termometre .....	39
3.3 Araştırmada Kullanılan Kimyasal Maddeler .....	39
3.3.1 Metil Alkol.....	39
3.3.2 Sodyum Hidroksit (NaOH) .....	40
3.3.3 Fosforik Asit (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) .....	41
3.3.4 Ağartma Toprağı .....	41
3.4 Yöntem.....	42
3.4.1 B2, B20 ve B2 <sub>N</sub> , B20 <sub>N</sub> Yakıt Karışımlarının Hazırlanması.....	44
3.4.2 Deneylerde Kullanılan Yakıtlarının Analizleri .....	44
3.4.2.1. Yakıtların Farklı Sıcaklıklarda Kinematik Viskozitelerinin Değişimi.....	45
3.4.2.2 Farklı Sıcaklıklarda Yakıtların Yoğunluk, Özgül Yoğunluk (t/4) ve Özgül Yoğunluk (t/t) Değerlerinin Belirlenmesi .....	47
3.4.3 Motor Performans Deneyleri.....	58
3.4.4 Deneysel Verilerin Hesaplanması .....	59
3.4.4.1 Motor Momenti .....	59
3.4.4.2 Güç .....	60
3.4.4.3 Özgül Yakıt Tüketimi .....	61
3.4.4.4 Termik Verim.....	61
<b>4. Sonuç ve tartışma .....</b>	<b>62</b>

4.1 Deneyleerde Kullanılan Yakıtların Özelliklerinin Sonuçları.....	62
4.2 Motor Performans Deneme Sonuçları.....	62
4.2.1 Moment Değişimi .....	62
4.2.2 Güç Değişimi .....	63
4.2.3 Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi.....	64
4.2.4 Toplam Verim .....	65
4.3 Egzoz Emisyon Verileri Sonuçları.....	66
4.3.1 Egzoz Gazı Sıcaklığı .....	66
4.3.2 CO Emisyonu .....	67
4.3.3 CO <sub>2</sub> Emisyonu.....	68
4.3.4 HC Emisyonu .....	68
4.3.5 NO Emisyon.....	69
4.3.6 Duman Koyuluğu.....	70
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>72</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>76</b>
A. Motor Performans Deney Sonuçları.....	76
B. Egzoz Emisyon Değerlerinin Sonuçları .....	83
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>90</b>

**ATIK KIZARTMA YAĞI VE NÖTRALİZE ATIK KIZARTMA YAĞINDAN ÜRETİLEN  
BİYODİZEL VE KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANS VE EGZOZ  
EMİSYONLARININ KARŞILAŞTIRILMALI OLARAK İNCELENMESİ**

**Ali Koray ÖZGÜN**

**Bozok Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**2014; Sayfa: 90**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ**

**ÖZET**

Bu çalışmada, atık kızartma yağına (AKY) nötralizasyon işlemi uygulanarak nötralize atık kızartma yağı (NAKY) elde edilmiş ve atık kızartma ile nötralize atık kızartma yağlarının fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Bu yağlardan transesterifikasyon yöntemi ile atık kızartma yağı metil esteri (AKYME) ve nötralize atık kızartma yağı metil esteri (NAKYME) üretimleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen biyodizeller hacimsel olarak %20 ve %2 oranlarında ED ile karıştırılarak B20 (%20 AKYME+%80ED), B2 (%2 AKYME+%98 ED), B20N (%20 NAKYME+%80 ED) ve B2<sub>N</sub> (%2 NAKYME+%98 ED) formunda yakıtlar elde edilmiş ve bütün bu yakıtların özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen yakıtlar, tek silindirli, 12 BG, Antor 3LD510 marka dizel bir motorda denenerek ED ile karşılaştırılmış ve moment, güç, özgül yakıt tüketimi, CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO ve duman yoğunluğu incelenmiştir. Çalışma sonucunda AKYME, NAKYME ve karışım yakıtların fiziksel özellikleri dizel motorda kullanılmasıyla elde edilen motor performans değerleri standart dizel yakıtı ile benzer özellikler göstermiştir. Deney yakıtlarından elde edilen maksimum moment değerlerine bakıldığı zaman en yüksek değer, ED ile 1400 1/min'de 33.14 Nm iken, B100 yakıtı ile 1100 1/min'de 32.01 Nm, B20 yakıtı ile 1400 1/min'de 32.64 Nm, B2 yakıtı ile 1400 1/min'de 32.83 Nm ve B100<sub>N</sub> yakıtı ile 1400 1/min'de 32.60 Nm, B20<sub>N</sub> yakıtı ile 1400 1/min'de 32.70 Nm, B2<sub>N</sub> 1400 1/min'de 33.03 Nm'dir. Maksimum güç değerlerine bakıldığında en yüksek değer ED ile 2900 1/min'de 8.10 kW iken, B100 yakıtı ile 2800 1/min'de 7.38 kW, B20 yakıtı ile 2800 1/min'de 7.58 kW B2 yakıtı ile 2800 1/min'de 7.69 kW ve B100<sub>N</sub> yakıtı ile 2700 1/min'de 7.58 kW, B20<sub>N</sub> yakıtı ile 2700 1/min'de 7.67 kW, B2<sub>N</sub> yakıtı ile 2800 1/min'de 7.82 kW elde edilmiştir. Minimum özgül yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde en düşük değer ED ile 1000 1/min 'de 183.35 g/kWh iken, B100 yakıtı ile 2200 1/min'de 296.61 g/kWh, B20 yakıtı ile 1000 1/min'de 228.16 g/kWh, B2 yakıtı ile 1000 1/min'de 190.29 g/kWh ve B100<sub>N</sub> yakıtı ile 2300 1/min'de 317.15 g/kWh, B20<sub>N</sub> yakıtı ile 2400 1/min'de 276.43 g/kWh, B2<sub>N</sub> yakıtı ile 1000 1/min'de 207.04 g/kWh olarak ölçülmüştür. Emisyon değerleri bütün yakıtlarda ED'e göre belirli devirlerde yükselme ve azalmalar göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyodizel, transesterifikasyon, atık kızartma yağı, nötralizasyon, nötralize atık kızartma yağı, yakıt özellikleri, motor performansı, egzoz emisyonları.



# A COMPARATIVE EXAMINATION OF ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS OF BIODIESEL PRODUCED FROM WASTE COOKING OIL AND NEUTRALIZED WASTE COOKING OIL

Ali Koray OZGUN

Bozok University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering  
Master of Science Thesis

2014; Page: 90

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Tanzer ERYILMAZ

## ABSTRACT

In this study, neutralized waste cooking oil was obtained from the neutralization process was applied to waste cooking oil and the physical properties of waste cooking and neutralized waste cooking oils were determined. The waste cooking oil methyl ester (WCOME) and the neutralized waste cooking oil methyl ester (NWCOME) production were realized from these oils by transesterification method. B20 (20% WCOME+80% Euro diesel), B2 (2% WCOME+98% Euro diesel), B20<sub>N</sub> (20% NWCOME+80% Euro diesel) and B2<sub>N</sub> (2% NWCOME+%98 Euro diesel) were obtained in these forms from blending these obtaining biodiesel with volumetric ratio of 20% and 2% of Euro diesel and the fuel properties of all these fuels were determined. The obtaining fuels were compared with diesel fuel were performed in diesel engine which is one cylinder, 12 HP, Antor 3LD410 brand and moment, power, specific fuel consumption, CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO and smoke intensity were investigated. The results of the present study the physical properties, engine performances values when using in diesel engine of WCOME, NWCOME and blending fuels showed similar property with standard diesel fuel. With regard to maximum moment, while the highest value was obtained about 33.14 Nm at 1400 1/min with Euro diesel fuel, the value was observed about 32.01 Nm at 1100 1/min with B100 fuel, 32.64Nm at 1400 1/min with B20 fuel, 32.83Nm at 1400 1/min with B2 fuel and the value was observed about 32.60 Nm at 1400 1/min with B100<sub>N</sub> fuel, 32.70 Nm at 1400 1/min with B20<sub>N</sub> fuel, 33.03 Nm at 1400 1/min with B2<sub>N</sub> fuel. The highest maximum power value was recorded as 8.10 kW at 2900 1/min with Euro diesel fuel, the value was observed about 7.38 kW at 2800 1/min with B100 fuel, 7.58 kW at 2800 1/min with B20 fuel, 7.69 kW at 2800 1/min with B2 fuel and the value was observed about 7.58 kW at 2700 1/min with B100<sub>N</sub> fuel, 7.67 kW at 2700 1/min with B20<sub>N</sub> fuel, 7.82 kW at 2800 1/min with B2<sub>N</sub> fuel. When the minimum specific fuel consumptions were investigated, the lowest value was measured as 183.35 g/kWh at 1000 1/min with Euro diesel, 296.61 g/kWh at 2200 1/min with B100 fuel, 228.16 g/kWh at 1000 1/min with B20 fuel, 190.29 g/kWh at 1000 1/min with B2 fuel and 317.15 g/kWh at 2300 1/min with B100<sub>N</sub> fuel, 276.43 g/kWh at 2400 1/min with B20<sub>N</sub> fuel, 207.04 g/kWh at 1000 1/min with B2<sub>N</sub> fuel. The emission values were showed increasing and decreasing at some number of revolutions with all of the fuel with respect to diesel.

**Keywords:** Biodiesel, transesterification, waste cooking oil, neutralization, neutralized waste cooking oil, fuel property, engine performance, exhaust emissions.

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, bana büyük destek veren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ' a, Arő. Gör. Murat Kadir YEŞİLYURT'a ve Dr. İlker ÖRS'e teşekkür ve saygılarımı sunarım. Tez çalıőmam esnasında desteğini eksik etmeyen ailem' e de ayrıca teşekkür ederim.

## TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1:	2011-2013 Yılları Arasında Türkiye’de Satılan Sıvı Yakıt Miktarları. 2
Tablo 1.2:	TS EN 14213 Standardı, Testler ve Yöntemleri ..... 7
Tablo 1.3:	TS EN 14214 Standardı, Testler ve Yöntemleri ..... 8
Tablo 1.4:	TS 3082 EN 590 Standardı, Testler ve Yöntemleri ..... 9
Tablo 1.5:	Alkollerin Kritik Sıcaklık ve Kritik Basınç Değerleri ..... 11
Tablo 1.6:	Biyodizel Emisyonlarının Dizel Yakıt Emisyonları ile Karşılaştırılması ..... 17
Tablo 3.1:	Deneylerde Kullanılan Antor 3LD510 Marka Dizel Motorun Teknik Özellikleri ..... 26
Tablo 3.2:	Egzoz Emisyon Cihazı Teknik Özellikleri ..... 29
Tablo 3.3:	Atık Kızartma Yağı, Nötralize Atık Kızartma Yağı, B100, B100 <sub>N</sub> , B20, B20 <sub>N</sub> , B2, B2 <sub>N</sub> ve ED Yakıtları Analiz Sonuçları..... 45
Tablo 3.4:	Atık Kızartma Yağı, Nötralize Atık Kızartma Yağı, B100, B100 <sub>N</sub> , B20, B20 <sub>N</sub> , B2, B2 <sub>N</sub> ve ED Yakıtlarının Farklı Sıcaklıklarda Kinematik Viskoziteleri ..... 46
Tablo 3.5:	Atık Kızartma Yağı, Nötralize Atık Kızartma Yağı, Atık Kızartma Yağı Gliserolü, Nötralize Atık Kızartma Yağı Gliserolü, B100, B100 <sub>N</sub> , B20, B20 <sub>N</sub> , B2, B2 <sub>N</sub> ve ED Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Olarak Yoğunluk Değerleri ..... 49
Tablo 3.6:	Atık Kızartma Yağı, Nötralize Atık Kızartma Yağı, Atık Kızartma Yağı Gliserolü, Nötralize Atık Kızartma Yağı Gliserolü. B100. B100 <sub>N</sub> . B20. B20 <sub>N</sub> . B2. B2 <sub>N</sub> ED Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Olarak Özgül Yoğunluk (t/4) Değerleri..... 52
Tablo 3.7:	Atık Kızartma Yağı, Nötralize Atık Kızartma Yağı, Atık Kızartma Yağı Gliserolü, Nötralize Atık Kızartma Yağı Gliserolü. B100. B100 <sub>N</sub> . B20. B20 <sub>N</sub> . B2. B2 <sub>N</sub> ED Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Olarak Özgül Yoğunluk (t/t) Değerleri..... 55

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1:	Atık Yağlar Nedeniyle Tıkanmış Boruların Kesiti ..... 4
Şekil 1.2:	Kullanılmış Kızartma Yağı ..... 4
Şekil 1.3:	Lavabo Altı Yağ Tutucu ..... 5
Şekil 1.4:	Transesterifikasyon Reaksiyonu ..... 12
Şekil 3.1:	Deneylerde kullanılan Antor 3LD510 Marka Dizel Motor ..... 25
Şekil 3.2:	Hidrolik Dinamometre ..... 27
Şekil 3.3:	Yakıt Tüketimi Ölçüm Cihazı..... 28
Şekil 3.4:	Egzoz Emisyon Cihazı..... 29
Şekil 3.5:	Yoğunluk Ölçüm Cihazı ..... 30
Şekil 3.6:	Kinematik Viskozite Ölçüm Cihazı..... 31
Şekil 3.7:	Parlama Noktası Tayin Cihazı ..... 31
Şekil 3.8:	Su Muhtevası Tayin Cihazı..... 32
Şekil 3.9:	Kalorimetre Cihazı..... 33
Şekil 3.10:	Homojenizatör ..... 34
Şekil 3.11:	Mekanik Karıştırıcı ..... 35
Şekil 3.12:	Hassas Terazî ..... 36
Şekil 3.13:	Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı..... 37
Şekil 3.14:	Etüv ..... 38
Şekil 3.15:	Kronometre ..... 38
Şekil 3.16:	Termometre..... 39
Şekil 3.17:	Metil Alkol..... 40
Şekil 3.18:	Sodyum Hidroksit (NaOH)..... 40
Şekil 3.19:	Fosforik Asit (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )..... 41
Şekil 3.20:	Ağartma Toprağı..... 42
Şekil 3.21:	Yakıtların Farklı Sıcaklıklardaki Kinematik Viskozite Değerleri ..... 47
Şekil 3.22:	Yağların Farklı Sıcaklıklardaki Kinematik Viskozite Değerleri 47
Şekil 3.23:	ED. AKY. AKYG. B100. B20 ve B2 Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Yoğunluk Değişimleri ..... 50
Şekil 3.24:	ED. NAKY. NAKYG. B100 <sub>N</sub> . B20 <sub>N</sub> ve B20 <sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Yoğunluk Değişimleri ..... 50
Şekil 3.25:	ED. AKY. AKYG. NAKY ve NAKYG'nin Sıcaklığa Bağlı Yoğunluklarının Değişimi ..... 51
Şekil 3.26:	ED. B100. B20. B2. B100 <sub>N</sub> . B20 <sub>N</sub> ve B2 <sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Yoğunluklarının Değişimi..... 51
Şekil 3.27:	ED, AKY, AKYG, B100. B20 ve B2 Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/4) Değişimi ..... 53

Şekil 3.28:	ED, NAKY, NAKYG, B100 <sub>N</sub> , B20 <sub>N</sub> ve B20 <sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/4) Değişimi .....	53
Şekil 3.29:	ED. AKY. AKYG. NAKY ve NAKYG'nin Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/4) Değişimi.....	54
Şekil 3.30:	ED. B100. B20. B2. B100 <sub>N</sub> . B20 <sub>N</sub> ve B2 <sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/4) Değişimi .....	54
Şekil 3.31:	ED. AKY. AKYG. B100. B20 ve B2 Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/t) Değişimi.....	56
Şekil 3.32:	ED. NAKY. NAKYG. B100 <sub>N</sub> . B20 <sub>N</sub> ve B20 <sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/t) Değişimi .....	56
Şekil 3.33:	ED. AKY. AKYG. NAKY ve NAKYG'nin Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/t) Değişimi.....	57
Şekil 3.34:	ED. B100. B20. B2. B100 <sub>N</sub> . B20 <sub>N</sub> ve B2 <sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/t) Değişimi .....	57
Şekil 3.35:	Motor Denemelerinin Yapıldığı Deney Düzeneginin Şematik Görünüşü.....	58
Şekil 4.1:	ED, Biyodizel ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Moment Değerlerinin Değişimi .....	63
Şekil 4.2:	ED, Biyodizel ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Güç Değerlerinin Değişimi .....	64
Şekil 4.3:	ED, Biyodizel ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Özgül Yakıt Tüketimi Değerlerinin Değişimi.....	65
Şekil 4.4:	ED, Biyodizel ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Toplam Verim Değerlerinin Değişimi .....	66
Şekil 4.5:	ED, Biyodizel ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Egzoz Gazı Sıcaklığı Değerlerinin Değişimi .....	67
Şekil 4.6:	CO Emisyonunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi	67
Şekil 4.7:	CO <sub>2</sub> Emisyonunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi.....	68
Şekil 4.8:	HC Emisyonunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi	69
Şekil 4.9:	NO Emisyonunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi.....	69
Şekil 4.10:	Duman Koyuluğunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi.....	70

## SİMGELER VE KISALTMALAR

AKY	: Atık Kızartma Yağı
AKYME	: Atık Kızartma Yağı Metil Esteri
AKYG	: Atık Kızartma Yağı Gliserolü
API	: Amerikan Petroleum Institute
ASTM	: American Society for Testing and Material
B	: Saatlik Yakıt Tüketimi
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
B100	: Hacimsel Olarak %100 Biyodizel
B20	: Hacimsel Olarak %20 Biyodizel
B2	: Hacimsel Olarak %2 Biyodizel
B100 <sub>N</sub>	: Nötralize Atık Kızartma Yağı Hacimsel olarak %100 Biyodizeli
B20 <sub>N</sub>	: Nötralize Atık Kızartma Yağı Hacimsel olarak %20 Biyodizeli
B2 <sub>N</sub>	: Nötralize Atık Kızartma Yağı Hacimsel olarak %2 Biyodizeli
BG	: Beygir Gücü
b <sub>e</sub>	: Özgül Yakıt Tüketimi
CEN	: Committee for European Normalisation
CFPP	: Cold Filter Plug Point
DI	: Direkt İnjektasyon
DIN	: Deutsches Institut für Normung
ED	: Euro Dizel
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
F	: Hidrolik Güç Frenin Moment Kolu Üzerinden Teraziye Uyguladığı Kuvvet
HC	: Hidrokarbon
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	: Fosforik Asit
ISO	: International Organization for Standardization
KOH	: Potasyum Hidroksit
L	: Hidrolik Frenin Moment Kolu Uzunluğu
LOAD CELL:	Yakıt Hücresi
m/m	: Kütleli Oran

$M_d$	: Motor Döndürme Momenti
$n$	: Devir sayısı
NAKY	: Nötralize Atık Kızartma Yağı
NAKYME	: Nötralize Atık Kızartma Yağı Metil Esteri
NAKYG	: Nötralize Atık Kızartma Yağı Gliserini
$N_e$	: Efektif Motor Gücü
$NO_x$	: Azot oksit
PAH	: Poliaromatik Hidrokarbon
$SO_2$	: Kükürtdioksit
$SO_x$	: Kükürtoksit
V/V	: Hacimsel Oran
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
PKDY	: Petrol Kökenli Dizel Yakıt
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
YAME	: Yağ Asidi Metil Esteri

# 1.GİRİŞ

Dünyada giderek artış gösteren enerji tüketimi; artan nüfus ve insan ihtiyaçlarının sınır tanımamasıyla birlikte hızlı bir artış göstermektedir. Artan enerji fiyatları sanayi, tarım, hizmetler sektörü ve bunlarla birlikte zincirin son halkasında yer alan son tüketicileri de önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle artan petrol fiyatları ülkeler üzerinde baskılar yaratmakta ve enerjide sorun yaşamak istemeyen ülkeler petrole olan bağımlılıklarını azaltmaya çalışmaktadırlar [1]. Fosil kökenli kaynakların gittikçe azalması ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı alternatif enerji kaynakları gündeme gelmiştir. Bu enerji kaynaklarından biride içten yanmalı motorlarda dizel yakıtı alternatif olarak kullanılabilen biyodizeldir [2]. Bitkisel ve hayvansal yağların yeni ya da kullanılmışlarından, alg yağlarından kimyasal yöntem yardımıyla üretilen biyoyakıtlar kapsamında yer alan, çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli sıvı haldeki yakıtlar biyodizel olarak adlandırılır.

Biyodizel, fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından dizel yakıtlarıyla benzerlik göstermektedir. Biyodizel dizel motorlarında saf olarak kullanıldığı gibi dizel yakıtlarıyla da karıştırılarak kullanılabilir. Saf biyodizel ve biyodizel-dizel yakıt karışımları motor üzerinde herhangi bir modifikasyona ihtiyaç duyulmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Saf olarak biyodizel kullanıldığında B100 olarak isimlendirilirken, %20 biyodizel ile %80 dizel yakıtı içeren bir karışım B20 olarak isimlendirilmektedir [3].

Ülkemizde de dünyada yaşanan gelişmelere paralel olarak EPDK tarafından 27.09.2011 tarih ve 28067 sayılı resmi gazetede yayınlanan bir düzenleme yapılmıştır. Bu düzenleme ile benzin ve dizel yakıt türlerine yerli hammaddeden üretilmiş olmak şartıyla biyoyakıt harmanlama zorunluluğu getirilmiştir. Düzenlemeye göre piyasaya akaryakıt olarak arz edilen dizel yakıt türlerinin yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri (YAME) içeriğinin;

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

1/1/2015 tarihi itibariyle en az %2 (V/V)



1/1/2016 tarihi itibariyle en az %3 (V/V) olması zorunludur [4].

2011-2013 yılları arasında Türkiye’de satılan sıvı yakıt miktarları Tablo 1.1’de verilmiştir. Tablo 1.1’de görüldüğü üzere benzin ve fueloil satışlarında azalma, dizel yakıt satışlarında ise artış meydana gelmiştir. Bunun nedeni sanayi, tarım, taşımacılık ve inşaat sektöründe tüketicilerin tercihlerini belirlemede ana etkenlerden olan güç ihtiyacının fazla, benzine göre fiyatı ve özgül yakıt tüketiminin düşük olmasıdır. Bu sebeple tüketici tercihlerinde dizel araçlar önemli bir yer tutmaktadır.

**Tablo 1.1** 2011-2013 Yılları Arasında Türkiye’de Satılan Sıvı Yakıt Miktarları [5]

Yakıt Tipi	Satış Miktarı (Ton)		
	2011	2012	2013
<b>Benzin Türevi</b>	1.978.542	1.848.464	1.843.741
<b>Dizel Türevi</b>	14.728.382	15.625.144	16.710.407
<b>FuelOil Türevi</b>	793.612	693.767	534.192
<b>Toplam</b>	17.500.536	18.167.375	19.098.340

Ülkemizin bitkisel ham yağ üretimi 2013 yılı için 815.000 ton iken ithal edilen ham yağ miktarı 1.391.000 ton’dur. Bundan dolayı ülkemiz bitkisel ham yağ konusunda net bir ithalatçı durumundadır. Ülkemiz 2013 yılında ham yağ için toplamda 1.6 milyar dolar döviz ödemiştir. Bu durum biyodizel için gerekli olan yerli tarım ürünlerinden üretilen yetersiz hammaddeden dolayı 25.06.2013 tarih ve 28688 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren son düzenleme ile EPDK tarafından dizel yakıtına biyodizel harmanlama zorunluluğu kaldırılmıştır.

### 1.1 Atık Yağlar

Dünyada 20 milyon ton civarında bitkisel ve hayvansal yağın kızartma amaçlı kullanıldığı bilinmektedir. Bu miktarın büyük bir kısmı, evsel tüketimden ziyade endüstriyel işletmelerde tüketildiği halde, kullanımdan çekilen yağların geri dönüşümünün sağlanması çok kolay olmamaktadır [6].

Ülkemizin yaklaşık 950 bin ton likit, 550 bin ton margarin, 200 bin ton civarında da yem, boya ve sabun sanayi ihtiyacı olmak üzere 1.7 milyon ton bitkisel yağ tüketimi vardır. Yağ rafinasyon prosesi sonucu ve elde edilen yağın tüketimi sonucu yaklaşık 350 bin ton bitkisel atık yağ olduğu tahmin edilmektedir [7;8]. Atık bitkisel yağlar özellikle lokanta, fastfood, hazır yemek fabrikaları, otel, motel ve evlerde çok miktarda ortaya çıkmaktadır [6]. Bitkisel atık yağların evsel atıklarla birlikte atılması, kanalizasyon sistemi gibi kolektör sistemlerine verilmesi veya kontrolsüz bir şekilde açık alanlara bırakılması sakıncalıdır. Bu alanlara dökülen atık yağlar kolektör sistemlerinin tıkanmasına, yeraltı sularının kirlenmesine, evsel atık su kirliliğinin ve arıtma tesisi maliyetlerinin artmasına neden olabilmektedir [8].

Atık yağlar eko- toksik özelliğe sahip olduğundan; çevreyi kirletmekte ve bulunduğu ortamda yaşayan canlılara zarar vermekte, yeraltı sularını kirletmekte, su altı canlı varlıklarını etkilemekte, kanalizasyon sistemlerin deveboyunlarında, atık su arıtma tesislerinde tıkanıklıklara ve kirlilik yükünün artmasına neden olarak işletim ve bakım maliyetini arttırmakta, toprağa döküldüğünde kirlenmelere neden olmaktadır. Yapılan araştırmalarda atık su kirliliğinin %25'ini kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağların oluşturduğu bulunmuştur. Arıtılmayan atık suların içindeki bitkisel ve hayvansal atık yağlar, akarsulara, göllere ve denizlere ulaştığında suyun kirlenmesi ve sudaki oksijenin azalması sonucu; başta balıklar olmak üzere ortamdaki diğer canlılar üzerinde büyük tahribata yol açmaktadır. Ayrıca atık bitkisel yağlar özgül ağırlıkları nedeniyle su yüzeyini bir film tabakası gibi kaplamakta ve oksijen transferini önleyerek su altı canlı varlığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Kullanılmış yağlar lavaboya döküldüğü zaman, kanalizasyon borusu iç cidarında diğer atıkların yapışmasına ve zamanla borunun daralmasına neden olmaktadır. Bu şekilde tıkanıklıklara ve taşmalara neden olarak kanalizasyon sistemine ve arıtılması gereken atık yükünü arttırarak atık su arıtma tesislerine zarar vermekte, bakım ve işletme maliyetini arttırmaktadır. ABD'de yapılan bir araştırmaya göre lavaboya dökülen atık yağlar, kanalizasyon sistemlerinin %40 oranında tıkanmasına neden olmaktadır. Şekil 1.1'de atık yağların neden olduğu tıkanmış bir boru kesiti görülmektedir.

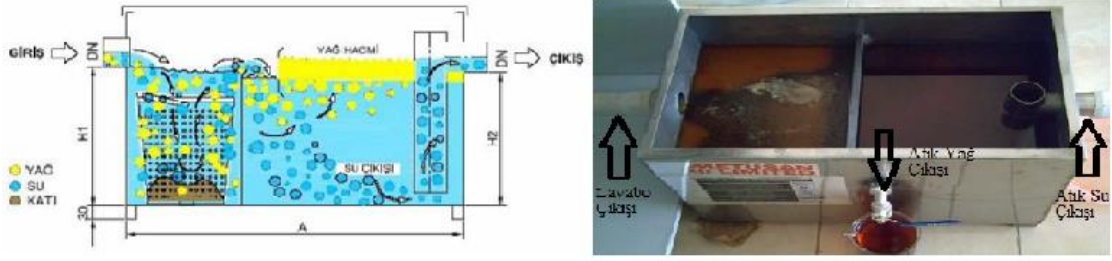


**Şekil 1.1** Atık Yağlar Nedeniyle Tıkanmış Boruların Kesiti

Dolayısıyla bu durumun olmaması için kanala bağlantı kısımlarında yağ tutucu kullanılmalıdır. Kullanılmış atık kızartma yağı Şekil 1.2’ de gösterilmiştir. Bu tür yağların kanala dökülmesi önlenebildiği takdirde atık suların kirlilik yükü düşecektir. Yağ tutucular, atık sulardaki yağın fiziksel yöntemler ile giderilmesi amacıyla imal edilen çelik yağ ayırma birimidir. Fiziksel özelliğinden dolayı (suya göre yoğunluğu az olduğundan) yağın ünitenin yüzeyinde toplanması sağlanır. Yağlı su, yağ tutucu tankı içinden geçirilir. Akış sırasında, yoğunluğu suyun yoğunluğundan daha düşük olan yağ zerrecikleri yağ tutucunun yüzeyine doğru yükselir (Şekil 1.3), [6].



**Şekil 1.2** Kullanılmış Kızartma Yağı



**Şekil 1.3** Lavabo Altı Yağ Tutucu

Yağ ve gres, anaerobik parçalanmaya karşı dirençlidir. Çamur içerisinde bulduklarında, çürütücülerde aşırı köpüklenme olmasına neden olabilir, filtrenin gözeneklerini tıkayabilir ve çamurun arazide gübre olarak kullanılmasını engelleyebilirler. Evsel ve endüstriyel atık suların ve çamurların yağ ve gres içeriği, bu atıkların yönetiminde oldukça önemlidir. Yağ ve gres sudaki çözünürlüklerinin az olması nedeniyle sıvı fazdan ayrılma eğilimi gösterir ve üst faz oluşturur. Yağ ve gresin, suda ayrışmaları oldukça yavaştır, buldukları ortamlardan kolayca uzaklaştırılmazlar, bu nedenle suyun bulunduğu ortamlarda problemlere neden olmaktadır. Atık su arıtım işleminde yağ ve gres ön çökeltim havuzunda köpük halinde ayrılmaktadır. Bu nedenle yüksek yağ ve gres içeriği taşıyan sanayilerde köpük problemi oldukça önemli olmaktadır. Ayrıca çamurun vakum filtrasyonunda oldukça güç olmaktadır [8].

Atık bitkisel ve hayvansal yağların tekrar rafine edilerek gıda sektöründe kullanımı ve hayvan yemlerine katılması Tarım Bakanlığı tarafından, kozmetik sanayinde kullanımı da Sağlık Bakanlığı tarafından yasaklanmış atık kızartma yağlarının sadece biyodizel üretiminde kullanılabileceğini belirtmiştir [9]. Geri kazanım ürünlerine dönüştürülemeyen atık yağlar ile geri kazanım işlemlerinde ortaya çıkan tehlikeli nitelikli atıklar, bunlarla kirlenmiş malzemeler ve atık yağ depolama tanklarının dip çamurları, özelliklerine göre Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği veya 08.12.2001 tarihli ve 24607 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Çimento Fabrikalarında Atıkların Alternatif veya Ek Yakıt Olarak Kullanılmalarında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğ hükümlerine göre çevre lisanslı tesislerde bertaraf edilmektedir[8].

## 1.2 Biyodizel Standartları

Uluslar arası Standart Teşkilatı (ISO)'nın “ *Belirli bir çalışmanın, o çalışma ile ilgili çevrelerin ve özellikle ekonominin yararına yapılabilmesi için tüm tarafların, katkı ve işbirliği ile belirli kurallar koyma ve bu kuralları uygulama işlemi*” olarak tanımladığı Standardizasyon diğer alanlarda olduğu gibi *Biyodizel* alanında da ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla Avrupa Standardizasyon Teşkilatı CEN (CommitteeforEuropeanNormalisation) 1997 yılında Yağ Asidi Metil Esterlerin yakıt olarak dizel motorlarda kullanımı için standart geliştirmiştir. Bu alandaki öneriler, biyodizelle ilgili çalışmaları desteklemek ve biyodizel kullanan, motor parçalarının garantisini sağlamaya yönelik olmuştur. Biyodizel alanındaki standardizasyon çalışmaları, ekolojik özelliklerin yakıt özelliklerini sıklıkla etkilemesinden kaynaklanmış ve yakıt özelliklerini stabil hale getirme alanında olmuştur.

Biyodizelin dizel yakıtlara alternatif olabilmesinin şartı, kalite değerlerinin dizel yakıtı ile rekabet edebilir olmasıdır. İyi bir üretim prosesi ile biyodizel, dizel yakıtına yakın değerler göstermektedir.

Biyodizel kullanımının yaygınlaşması ilgili standartları da beraberinde getirmiştir. Birçok ülke biyodizel ile ilgili standartlarını hazır hale getirmiştir. Ülkemizde de biyodizel ile ilgili standartlar, 27.09.2005 tarihinde TS EN 14213 (Tablo 1.4), 29.06.2009 tarihinde TS EN 14214 (Tablo 1.5) no'lu standartlar olarak kabul edilmiş ve Türk Standartları arasına girmiştir. Dizel yakıtı ve karışımlarla ilgili olan standart ise 27.09.2005 tarihinde kabul edilen TS 3082 EN 590 (Tablo 1.6) standardı kullanılmaktadır [9].

**Tablo 1.2** TS EN 14213 Standardı, Testler ve Yöntemleri [10].

Özellik	Birim	Sınırlar		Deney Yöntemi
		En az	En çok	
Ester içeriği	%(m/m)	96.5	-	EN 14103
Yoğunluk, 15 °C'ta	kg/m <sup>3</sup>	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viskozite, 40 °C'ta	mm <sup>2</sup> /s	3.5	5	EN ISO 3104
Parlama noktası	°C	120	-	ISO 3105 EN ISO 3679
Kükürt içeriği	mg/kg	-	10.0	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Karbon kalıntısı (%10 damıtma kalıntısında)	%(m/m)	-	0.30	EN ISO 10370
Sülfatlanmış kül içeriği	%(m/m)	-	0.02	ISO 3987
Su içeriği	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Toplam kirlilik	mg/kg	-	24	EN 12662
Oksidasyon kararlılığı, 110°C'ta	h	4.0	-	EN 14112
Asit sayısı	mg KOH/g	-	0.5	EN 14104
İyot sayısı	g iyot/100 g	-	130	EN 14111
Çoklu doymamış (>=4 çift bağ) Metil esterleri	%(m/m)	-	1.0	
Monogliserit içeriği	%(m/m)	-	0.80	EN 14105
Digliserit içeriği	%(m/m)	-	0.20	EN 14105
Trigliserit içeriği	%(m/m)	-	0.20	EN 14105
Serbest gliserol	%(m/m)	-	0.02	EN 14105 EN 14106
Soğuk filtre tıkanma noktası	°C	-		EN 116
Akma noktası	°C	-	0	ISO 3016
Net yanma ısı ( hesaplanmış)	Mj/kg	35	-	DIN 51900-1,2,3

**Tablo1.3** TS EN 14214 Standardı, Testler ve Yöntemleri [10].

Özellik	Birim	Sınırlar		Deney Yöntemi
		En az	En çok	
Ester içeriği	%(m/m)	96.5	-	EN 14103
Yoğunluk, 15 °C'ta	kg/m <sup>3</sup>	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viskozite, 40 °C'ta	mm <sup>2</sup> /s	3.50	5.00	EN ISO 3104
Parlama noktası	°C	101	-	EN ISO 2719 EN ISO 3679
Kükürt içeriği	mg/kg	-	10.0	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Karbon kalıntısı (%10 damıtma kalıntısında)	%(m/m)	-	0.30	EN ISO 10370
Setan sayısı		51	-	EN ISO 5165
Sülfatlanmış kül içeriği	%(m/m)	-	0.02	ISO 3987
Su içeriği	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Toplam kirlilik	mg/kg	-	24	EN 12662
Bakır şerit korozyonu, 50 °C'ta 3 saat	Derece	Sınıf 1		EN ISO 2160
Oksitlenme kararlılığı, 110°C'ta	h	6.0	-	pr EN 15751 EN 14112
Asit sayısı	mg KOH/g	-	0.50	EN 14104
İyot sayısı	g iyot/100 g	-	120	EN 14111
Linolenik asit metil esteri	%(m/m)	-	12.0	EN 14103
Çoklu doymamış (>=4 çift bağ) Metil esterleri	%(m/m)	-	1.0	
Metanol içeriği	%(m/m)	-	0.20	EN 14110
Monogliserit içeriği	%(m/m)	-	0.80	EN 14105
Digliserit içeriği	%(m/m)	-	0.20	EN 14105
Trigliserit içeriği	%(m/m)	-	0.20	EN 14105
Serbest gliserol	%(m/m)	-	0.02	EN 14105 EN 14106
Toplam gliserol	%(m/m)	-	0.25	EN 14105
Grup I metaller (Na+K)	mg/kg	-	5.0	EN 14538 EN 14108 EN 14109
Grup II metaller (Ca+Mg)	mg/kg	-	5.0	EN 14538
Fosfor içeriği	mg/kg	-	4.0	EN 14107

**Tablo1.4** TS 3082 EN 590 Standardı, Testler ve Yöntemleri [10].

Özellik	Birim	Sınırlar		Deney Yöntemi
		En az	En çok	
Setan sayısı		51	-	EN ISO 5165
Setan indisi		46	-	EN ISO 4264
Yoğunluk, 15 °C'ta	kg/m <sup>3</sup>	820	845	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Polisilakaromatik hidrokarbonlar	%(m/m)	-	11	EN 12916
Kükürt	mg/kg	-	350 (31.12.2004'e kadar) veya 50	EN ISO 20846 EN ISO 20847 EN ISO 20884
			10.0	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Parlama noktası	°C	55'ten yüksek	-	EN 22719
Karbon kalıntısı (%10 damıtma kalıntısında)	%(m/m)	-	0.30	EN ISO 10370
Kül	%(m/m)	-	0.01	EN ISO 6245
Su	mg/kg	-	200	EN ISO 12937
Toplam kirlilik	mg/kg	-	24	EN 12662
Bakır şerit korozyonu (3 h, 50°C'ta )	Derece		1	EN ISO 2160
Oksidasyon kararlılığı	g/m <sup>3</sup>	-	25	EN ISO 12205
Yağlama özelliği, düzeltilmiş aşınma izi çapı(wsd1.4) 60 °C'ta	µm	-	460	EN ISO 12156-1
Viskozite, 40 °C'ta	mm <sup>2</sup> /s	2	4.5	EN ISO 3104
Damıtma				
250 °C'ta elde edilen				
%(V/V)	%(V/V)	-	<65	
250 °C'ta elde edilen				
%(V/V)	%(V/V)	85	-	EN ISO 3405
%95'in elde edildiği				
sıcaklık	°C	-	360	
Yağ asidi metil esteri (YAME)	%(V/V)	-	5	EN 14078



### **1.3 Yağların Viskozitesini Düşürme Yöntemleri**

Bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılabilmesi için viskozite ve yoğunluğunun düşürülmesi gerekmektedir. Yüksek viskoziteli yakıtlar püskürtme esnasında enjektörlerde problemler çıkarmaktadırlar. Viskozitesinin düşürülmesi için bu yağların bazı kimyasal işlemlere tabi tutulması gerekir. Bu nedenle, bitkisel yağların dizel yakıtına alternatif olarak değerlendirilebilmesi için, öncelikle viskozite probleminin çözülmesi gerekmektedir. Bu problemin çözümü için beş yöntem kullanılmaktadır [11].

- 1.Seyreltme Yöntemi
- 2.Mikro Emülsiyon Oluşturma Yöntemi
- 3.Piroliz Yöntemi
- 4.Süper Kritik Yöntem
- 5.Transesterifikasyon Yöntemi

#### **1.3.1 Seyreltme Yöntemi**

Genel olarak seyreltme modifikasyon tekniği uygulamasında, bitkisel yağların belli oranlarda dizel yakıtı ve/veya organik bileşikler katılarak yağın viskozitesini düşürülmek amacıyla hazırlama yöntemidir. Karışım oranı karışım yakıtın özelliklerinin standartlar içinde kalmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu teknikle, kullanılan karışımlar kolaylıkla hazırlanmaktadır. Ayrıca bitkisel yağ ve dizel karışımlarının depolanmasında herhangi bir sorun yoktur ve depolamada karışımda faz ayrışması olmamaktadır. Karışımın doğrudan püskürtmeli dizel motorlarında uzun süreli çalışmalarda enjektör tıkanmasına neden olduğu belirtilmektedir [12].

#### **1.3.2 Mikro Emülsiyon Oluşturma Yöntemi**

Mikro emülsiyon, metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkollerde bitkisel yağın mikro emülsiyon haline getirilmesi işlemidir. Mikro emülsiyon yöntemi ile hazırlanan yakıtların ısı değerleri, alkol içermeleri nedeniyle dizel yakıtına oranla daha düşüktür. Bu da güçte bir miktar düşmeye neden olmaktadır. Bir başka sakınca

da, alkollerin setan sayısının düşük olması nedeniyle emülsiyonun setan sayısının da düşük olması ve düşük sıcaklıklarda karışımın ayrışma eğilimi göstermesidir [13].

### 1.3.3 Piroliz Yöntemi

Piroliz hava ya da azot gazı varlığında yağların termal olarak parçalanmasından ibarettir. Piroliz yöntemi ile elde edilen yakıt, transesterifikasyon yöntemi ile elde edilenden daha ucuza mal edilebilir. Bunu düşük kaliteli ham madde kullanarak sağlamak mümkündür. Örneğin; piroliz de ham madde olarak restoranların yemek yağı atıkları, transesterifikasyon prosesinin yağ atıkları ve yemek yağı üreten fabrikaların yağ ürünleri kullanılabilir. Piroliz yöntemi yakıt elde etmenin dışında endüstriyel atıklar ve şehir atıklarının değerlendirilmesi için iyi bir yöntemdir. Aynı zamanda piroliz diğer metotlar arasında uygulaması kolay ve verimli bir yöntemdir [14].

### 1.3.4 Süper Kritik Yöntem

Katalizör kullanmadan 523 K gibi yüksek sıcaklıklarda, 240 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleşmektedir. Bu yöntemde transesterifikasyon için kullanılan alkolün kritik sıcaklığı ve kritik basıncı önemlidir[15]. Bazı alkollerin kritik sıcaklık ve kritik basınç değerleri Tablo 1.5’te verilmiştir.

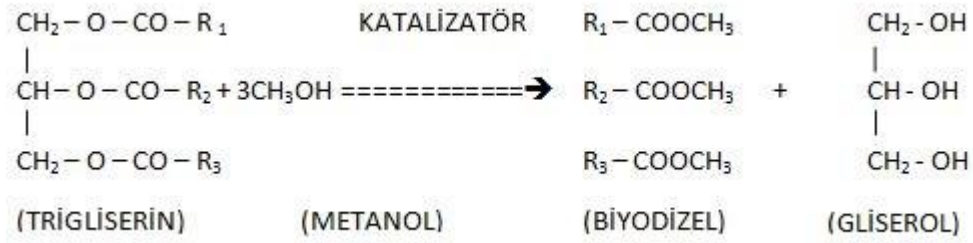
**Tablo 1.5** Alkollerin Kritik Sıcaklık ve Kritik Basınç Değerleri [16].

Alkol	Kritik Sıcaklık (K)	Kritik Basınç (MPa)
Metanol	512,2	8,1
Etanol	516,2	6,4
1-Propanol	537,2	5,1
1-Bütanol	560,2	4,9

### 1.3.5 Transesterifikasyon Yöntemi

Biyodizelin hammaddesini oluşturan bitkisel, hayvansal yağların yeni ya da kullanılmışları ve alg yağları, metil veya etil alkol gibi bir alkolle, bir katalizör eşliğinde reaksiyona girer. Bu işlemde yağları oluşturan trigliseritler parçalanarak bir ester dönüşümü gerçekleştirilir. Transesterifikasyon reaksiyonunda kullanılan ham yağ asidik özelliğe, alkol ve katalizör bazik özelliğe sahip maddelerdir. Bitkisel ham

yağın asidik özelliği ne kadar kuvvetli ise kullanılacak katalizör miktarının fazla olması gerekmektedir. Biyodizel üretiminde en yaygın olarak kullanılan alkol metil alkoldür. Diğer alkollere göre daha iyi sonuç vermesi ve maliyet avantajı, metil alkölü ön plana çıkarmaktadır. Bunun yanı sıra, etanol, izopropil alkol, amil alkol ve bütül alkol gibi farklı alkollerle de kullanılabilir. Transesterifikasyon, bu yağların viskozitelerini önemli ölçüde azaltmakta olduğundan, dizel motorlarında kullanıldığında yakıt atomizasyonu, yanma ve yakıt karakteristikleri, işlenmemiş bitkisel, hayvansal ve alg yağlarına oranla çok daha iyi sonuç vermektedir [17;9]. Transesterifikasyon prosesinin kimyasal mekanizması Şekil 1.4’de verilmiştir.



Şekil 1.4 Transesterifikasyon Reaksiyonu

## 1.4 Biyodizelin Teknik Özellikleri

Günümüze kadar yapılan birçok araştırmada, bitkisel yağların yakıt özellikleri belirlenmiş ve dizel yakıtı ile mukayese edilerek, verilen sınır değerlere ne ölçüde uyum sağladığı ortaya konmuştur.

### 1.4.1 Biyodizelin Yakıt Özellikleri

Biyodizel yakıtların karakteristik özellikleri;

**Viskozite:** Biyodizelin en önemli karakteristik özelliklerinden biridir. Yüksek viskozite yakıtın fakir atomizasyona, kötü yanmaya, enjektörlerin püskürtmesini azaltarak tıkanmasına, segmanlarda karbon birikmesine ve yağlama yağının bozulmasına sebep olmaktadır. Viskozite sıcaklığa bağlıdır. Biyodizelin viskozite değeri 40°C’de 3.5-5 mm<sup>2</sup>/s arasında değişmektedir. Test metodu olarak EN ISO 3104 uygulanmaktadır[9].

**Parlama Noktası:** Parlama noktası, yakıtların risk sınıflamasında çok önemlidir. Taşıma ve depolanma için parlama noktasının yüksek olması istenir. Dizel yakıtının parlama noktası 60°C olmasına rağmen; bitkisel yağların parlama noktası 220°C'dan yukarıda biyodizelin parlama noktası ise 101-220°C civarındadır. Parlama noktasının tespitinde test metodu olarak EN 2719 (Pensky-Martens) uygulanmaktadır[18].

**Setan Sayısı:** Yakıtın kendiliğinden tutuşa bilirliliğinin bir ölçüsüdür. Biyodizelin setan sayısı elde edildiği ham maddeye göre 40 ile 60 arasında değişmektedir. Biyodizel yüksek setan sayısına sahiptir. Dolayısı ile dizele göre çok daha iyi yanar, motordaki düzensiz çalışmaları yok eder ve vuruntuyu ortadan kaldırır. Böylece motorun daha verimli ve daha yüksek performansta çalışması sağlanmış olur.

**Karbon Artığı:** Oksijensiz ortamda bir yüzeyde yakıtın yanması simüle edilerek EN ISO 10370 test metoduna göre karbon artığı belirlenmektedir. Karbon artığı enjektör deliklerinde veya yanma odasında karbon birikmesine sebep olmaktadır. Biyodizel pratikte yok denecek kadar az karbon artığı bırakmaktadır ve maksimum değeri kütleliğin %0,4'dür [9].

**Yoğunluk:** Bitkisel yağların yoğunluğu; genellikle yağ çeşidine göre değişmesine rağmen 15°C'da 880–920 kg/m<sup>3</sup> gelmektedir. Bu belirleme EN ISO 3675 veya EN ISO 12185 e göre yapılmaktadır. Elde edilen biyodizelin yoğunluğu ise düşmekte dizelin seviyesine inebilmektedir.

**Alt ısı Değeri:** Kalori değeri motorun, optimum çalışması için önemlidir ve yakıt kalite kriteridir. Genellikle biyodizelin kalori değeri 35 MJ/kg'dan daha büyüktür. Kalori değeri DIN 51900–3 test metoduna göre belirlenmektedir.

**Soğuk Akış Özelliği:** Biyodizel dizelden daha yüksek akma noktasına sahiptir. Bu durum yakıtların soğukta kullanımında problem çıkarmaktadır. Dizel yakıtı için soğukta filtre tıkanması veya akma noktası değişik yöntemlerle belirlenebilmektedir. Biyodizelin soğukta filtre tıkanması ve akma noktası dizel yakıtına benzer şekilde belirlenebilmektedir.

**İyot Sayısı:** İyot sayısı bitkisel yağların özelliği ve çift bağ sayısına göre değişmektedir. Yüksek iyot sayılı yakıtlar enjektör deliklerinde tıkanmalara veya yanma odasında hasar meydana gelmesine sebep olmaktadır. EN14111'e göre limit değer 120g iyot/100 g olarak belirlenmektedir.

**Kükürt İçeriği:** Bitkisel yağların kullanılması durumunda dizel yakıtıyla karşılaştırıldığı zaman kükürt miktarlarında azalma olduğu görülür. ENISO20846 ve ENISO20884'e göre SO<sub>x</sub> maksimum limit 10 mg/kg olarak belirlenmektedir.

**Su İçeriği:** Bitkisel yağlar temelde su içermezler. Ancak, bitkisel yağların üretimi ve depolanması esnasında karışabilmektedir. Yakıtların belli oranda su içermeleri motor için bir dezavantaj değildir. Su/yakıt emülsiyon oranının uygun olması durumunda yanma sıcaklığını ve NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltabilir. Ancak yüksek basınçlı enjeksiyon sistemlerinde su yakıttan ayrılarak enjektör sisteminde bölgesel çürümelere sebep olabilir. Biyodizel için EN ISO 12937'ye göre belirlenen maksimum değer, kütlenin 500mg/kg'ı geçmemelidir [19].

#### **1.4.2 Biyodizel Emisyonları**

Biyodizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtları kullanımı ile CO, PM, SO<sub>x</sub>, ve CH<sub>4</sub> toksik PAH(poliaromatik hidrokarbonlar) ve nPAH (nitratlı PAH) emisyonlarında azalma, NO<sub>x</sub>, HCl ve HC emisyonlarında ise artma görülmektedir. Biyodizel biyolojik karbon çevrimi içinde fotosentez ile karbondioksiti dönüştürür, karbon döngüsünü hızlandırır, ayrıca sera etkisini artırıcı yönde etkisi yoktur. HCl emisyonu dizel ve biyodizel için oldukça düşük seviyede ve kömür emisyonlarından çok daha düşük değerde olup, çevre için asit tehlikesi oluşturmazlar. [20].

#### **1.4.3 Biyodizelin Çeşitli Malzemelerle Uyuşabilirliği**

Biyodizel orta dereceli bir çözücüdür. Boyanmış yüzeylerle temas ettiğinde bazı boyaları çözebilmektedir. Emniyet açısından döküldüğü yerden silinmelidir. Biyodizelin çözücü özelliğinden dolayı daha önceden dizel yakıtından kaynaklanan sediment ve tortuları çözerak yakıt filtresinin tıkanması hatta enjektörlerin tıkanması gibi problemlerle karşılaşılabilir. Bu yüzden biyodizel yakıt deposuna

konulmadan önce yakıt deposunun bakımı yapılarak içi temizlenmelidir. Pirinç, bronz, bakır, kurşun, kalay ve çinko dizel yakıtı ve biyodizel ile okside olabilir ve tortulaşma meydana getirebilir. Bakır borular, pirinç regülâtörler, bakır rekorlarda kurşun ve çinko kaplamalardan kaçınılmalıdır. Yakıt rekorlarda renk değiştirmeye meyleder ve tortu meydana gelerek filtreye ulaşır. Zarar görmüş parça çelik veya alüminyum olanı ile değiştirilmelidir. Uygun yakıt deposu malzemesi alüminyum, çelik ve teflon içermelidir [20].

#### **1.4.4 Biyodizelin Yağlayıcılık Özelliği**

Biyodizel, dizel yakıtından daha iyi yağlayıcılık özelliğine sahiptir. Bu da motorun aşınmasını azaltır. Bütün dizel motorlar özel bir tasarım olan enjeksiyon sistemi ile çalışır. Buradaki hareket eden iç parçaların yağlanması yakıt ile sağlanmaktadır. Yakıttaki yağlayıcı özelliğin yetersizliğinde ya aşınmalar oluşmakta ya da düşük basınca sebep olmaktadır. 1990 yılında çevre için dizel yakıtı içerisindeki kükürt ve aromatiklerin %0,5'ten %0,05'e veya 500 ppm'ye düşürülme kararı alınmıştır. Bu işlem dizel yakıtının partikül emisyonlarının azalmasında etkili olmuştur. Ancak bu işlem yakıtın yağlama özelliğini kötüleştirmektedir. Kaliforniya'da yapılan çalışmalar ile dizel yakıtının içerisine %0,4 biyodizel katılarak bu özellik tekrar kazandırılmıştır. Sonuçta kükürt oranı düşük yağlama özelliği iyi dizel yakıtı elde edilmiştir [21].

#### **1.4.5 Biyodizelin Çevresel Özellikleri**

Sera gazları içinde büyük bir pay sahibi olan CO<sub>2</sub> dünyanın en önemli çevre sorunu olan küresel ısınmaya neden olmaktadır ve yanma sonucu ortaya çıkan bir gazdır. Yine yanma sonucu açığa çıkan ve sera gazları arasında yer alan CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> emisyonları insan sağlığına da zararlıdır. Biyodizelin alternatif yakıt olarak kullanılması durumunda Dünya'da egzoz gazlarının etkisiyle giderek artan sera etkisi de azaltılabilecektir. Bunun nedeni biyodizel yakıt olarak kullanılması ile egzoz gazından çıkan CO<sub>2</sub> biyodizel üretmek için yetiştirilecek olan bitkilerin fotosentezi esnasında tekrar alınacağı için çevrede kalmayacak yaşamsal döngü sağlanacaktır.

Karışım oranlarına bağlı olarak emisyonların dizel yakıtı göre karşılaştırılması Tablo1.6'da verilmiştir. Biyodizelin NO<sub>x</sub> emisyonları dizel yakıtı göre daha fazladır. Emisyon miktarı motorun biyodizel yakıtı uygunluğuna bağlı olarak değişir. NO<sub>x</sub> emisyonlarının %13 oranına kadar arttığı test edilmiştir. Bununla birlikte biyodizel kükürt içermez. Bu yüzden NO<sub>x</sub> kontrol teknolojileri biyodizel yakıtı kullanan sistemlere uygulanabilir. Konvansiyonel dizel yakıtı kükürt içerdiği için NO<sub>x</sub> kontrol teknolojilerine uygun değildir. Ozon tabakasına olan olumsuz etkiler biyodizel kullanımında dizel yakıtı nazaran %50 daha azdır. Asit yağmurlarına neden olan kükürt bileşenleri biyodizel yakıtlarda yok denecek kadar azdır. Biyodizel yakıtlarının yanması sonucu ortaya çıkan CO (zehirli gaz) oranı dizel yakıtların yanması sonucu oluşan CO oranından %50 daha azdır. Ayrıca, biyodizelin sudaki canlılara karşı herhangi bir toksik etkisi yoktur. Buna karşılık 1 litre atık yağ 1 milyon litre içme suyunun kirlenmesine neden olabilmektedir[22].

**Tablo 1.6** Biyodizel Emisyonlarının Dizel Yakıt Emisyonları ile Karşılaştırılması [22].

Karışım	Emisyonlar					
	PM	HC	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>B100(%)</b>	-47.19	-67.36	-48.11	10.29	-100	-76.40
<b>B90(%)</b>	-43.70	-63.49	-44.59	9.21	-90	-68.76
<b>B80(%)</b>	-39.99	-59.16	-40.84	8.15	-80	-61.12
<b>B70(%)</b>	-36.04	-54.33	-36.83	7.10	-70	-53.48
<b>B60(%)</b>	-31.82	-48.92	-32.54	6.05	-60	-45.84
<b>B50(%)</b>	-27.33	-42.86	-27.97	5.02	-50	-38.20
<b>B40(%)</b>	-22.54	-36.10	-23.08	4.00	-40	-30.56
<b>B30(%)</b>	-17.43	-28.53	-17.87	2.98	-30	-22.92
<b>B20(%)</b>	-11.99	-20.06	-12.30	*	-20	-15.28
<b>B10(%)</b>	-6.18	-10.59	-6.35	*	-10	-7.64
<b>B5(%)</b>	-3.14	-5.44	-3.23	*	-5	-3.82
<b>B2(%)</b>	-1.27	-2.21	-1.30	*	-2	-1.53
<b>B1(%)</b>	-0.64	-1.11	-0.65	*	-1	-0.76

Bu çalışmanın amacı atık kızartma yağına nötralizasyon işlemi uygulamak, atık kızartma yağı ve nötralizasyon atık kızartma yağından transesterifikasyon yöntemiyle biyodizeller üreterek dizel yakıtıyla hacimsel olarak %2 ve %20 oranlarında karışım yakıtlar hazırlayarak yakıt özellikleri belirlemektir. Ayrıca dizel, biyodizel ve karışım yakıtların motor performans ve egzoz emisyon değerleri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Ençınar ve ark. [23], biyodizel üretiminde sıcaklığının reaksiyon üzerine etkisini incelediklerini, reaksiyonu %1 kütleli oranda NaMeO, % 15 oranda Metanol kullanarak, aynı reaksiyon süresinde ve sırasıyla 25, 40, 55 ve 60°C'de gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak ester dönüşümü sırasıyla % 86, 90, 93, 94 oranında değiştiğini belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, alkolün kaynama noktası ile sınırlı olmakla birlikte, alkolün kaynama derecesi arttıkça dönüşüm oranında da bir artış olduğu göstermişlerdir.

Tomasevic ve ark. [24], kızartma yağından biyodizel üretimi ile ilgili yaptıkları çalışmada molar oranın ve katalizörün ester dönüşümü üzerine etkisini incelemişlerdir. Katalizör olarak %1.5, %1, %0.5 kütleli oranlarında NaOH ve KOH; 4.5:1, 6:1, 9:1 molar oranlarında metil alkol, 25°C'de ve 30 dakika süresince ester dönüşümünü oranlarını belirlemişlerdir ve sonuç olarak molar oranın reaksiyon üzerine etkisinin katalizörden çok daha fazla olduğu tespit etmişlerdir.

Uludoy ve ark.[25], çalışmalarında atık kızartma yağından biyodizel üretmişlerdir. Ürettikleri biyodizeli TOFAŞ otomotiv fabrikasında bir dizel motorlu taşıtta test etmişlerdir. Testlerin sonucunda, biyodizel kullanımının normal dizel yakıtına göre fren gücünde %2,03, momentte %3.35'lik, ivmelenme test sonuçlarında, 40 km/saat'ten 100 km/saat'e hızlanmada %7.32'lik, 60 km/saat'ten 100 km/saat'e hızlanmada %8.59'luk bir azalma meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Emisyon testlerinde ise biyodizel kullanımı ile CO, yanmamış HC, PM emisyonunda dizel yakıtına göre sırasıyla %8.59, %30.66, %63.33 azalma olurken karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonununun %2.62, NO<sub>x</sub> emisyonunun %5.03 arttığını belirtmişlerdir. Yapılan testlerde yakıt tüketiminde ise biyodizel, dizel yakıtına göre %2.43 daha fazla yakıt tükettiği belirtmişlerdir.

Çanakçı ve ark.[26], atık bitkisel yağ kullanarak yaptıkları çalışmada rafine edilmiş ve ham yağlarda alkali katalizör kullanılırken, atık mutfak yağlarının transesterifikasyon reaksiyonunda, atık mutfak yağlarının yüksek oranda serbest yağ

asidi ve su içermesi sonucu direkt alkali kataliz6rle reaksiyonu sabunlaşmaya neden olmaktadır. Bu durumun oluşmaması için asidik kataliz6r ile bir 6n iyileştirme yapıldıktan sonra alkali kataliz6r kullanımı daha uygun olduğu g6r6lm6řt6r. Transesterifikasyon sonucu elde edilen atık bitkisel yağların analizi sonucunda, kullanılmamış bitkisel yağlar ile arasında 6nemli bir fark olmadığını tespit etmişlerdir.

Ergen ve ark. [27], yaptıkları çalışmada pamuk yağından Transesterifikasyon y6ntemiyle elde ettikleri pamukyağı metil esteri elde etmişler ve dizel yakıtı ile elde edilen biyodizelin motor performans ve emisyon değerlerinin karşılaştırmasını doğal emişli tek silindirli bir dizel motorunda tam y6k şartlarında gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen analiz ve bulgulara g6re efektif g6 ve motor torku motorun b6t6n devirlerinde dizel yakıtı ile elde edilen değerler biyodizel' e g6re y6ksek çıkmıştır. Biyodizel yakıtının sahip olduğu d6ř6k alt ısıl değer, y6ksek viskozite ve yoğunluk yanma karakteristiklerini etkilemektedir. 6zg6l yakıt t6kretiminde ise en d6ř6k değerler 2600 d/d elde edilmiştir. Biyodizelin sahip olduğu d6ř6k alt ısıl değer yakıt t6kretimi ve 6zg6l yakıt t6kretiminde yaklaşık %8'lik artışa neden olmaktadır. Termik verim değerlerinde ise biyodizeldeki oksijen içeriği dizele kıyasla %8.74'l6k bir artış g6stermiştir. Emisyon değerlerinde ise biyodizel yakıt dizel yakıtına oranla CO ve is emisyonlarında azalma, NO<sub>x</sub> emisyonlarında artış olduğu g6zlenmiştir. Elde edilen yakıt sonuçları ve test değerlerine g6re pamuk yağı metil esterinin dizelin yerine alternatif olarak kullanılabileceğini 6ng6rm6şlerdir.

Karadirek ve ark.[28], biyodizelin kanola, soya gibi yağlı tohum bitkilerinden 6retilebileceği gibi bitkisel ve hayvansal atık yağlardan da 6retilebileceğini, bu 6zellikleriyle kırsal alanda tarımın gelişimi ve turizm b6lgelerinde oluşan atık yağların değerlendirilebilmesi için bulunmaz bir fırsat olduğunu belirtmişlerdir. alışmasında tarımın gelişimini artıran ve 6lkenin dışa bağımlılığını azaltan alternatif yakıt teknolojisi biyodizelin çevreye etkilerini de incelemişlerdir. Bitkisel ve hayvansal atıkların biyodizel 6retiminde kullanılarak çevreye vereceği zararların azaldığını, emisyon değerlerinin dizel yakıtı g6re daha d6ř6k çevreci bir yakıt elde edilebildiğini, bu y6nleriyle tarımın gelişimini artıran, 6lkenin dışa bağımlılığını

azaltan ve çevresel açıdan daha uygun olan yakıt teknolojisi olan biyodizelin stratejik bir öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Keskin ve ark.[29], Üretilen mısır yağı biyodizelinin dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilirliğini araştırmışlar elde edilen yakıt tek silindirli direkt püskürtmeli 6LD 400 Lombardini marka bir dizel motorunda 1800 ve 3200 d/d arasında tam yük testine tabi tutulmuş. Motor performans ve emisyon değerleri ölçülüp dizel yakıt ile yapılan ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. Büyük oranda mısır yağı biyodizelinin ısı değerinin dizel yakıtına göre daha düşük olmasına ve viskozitenin yüksek olmasına bağlı olarak motor tork değerinde %7.5 e kadar, güç değerinde ise %5.7'ye kadar varan azalmalar görülmüştür. Tork ve güç değerlerinde meydana gelen bu azalmalara rağmen genelde dizel yakıtı ile elde edilen değerlere çok yakın değerler elde edilmiştir. Özgül yakıt tüketimi değeri %9.24 oranında azalma göstermiştir. Mısır yağı biyodizeli ile CO emisyonunda %51.4'e kadar, ışık absorpsiyon katsayısı değerlerinde %64 de kadar varan azalmalar, NOx emisyonlarında ise %25.31'e kadar varan artışlar olduğu tespit edilmiştir. SOx emisyonlarına ise rastlanmamıştır.

Marangoz ve ark. [30], Biyodizelin üretim teknikleri ve üretimde karşılaşıldığı sorunlar, sorunların çözümleri için alternatifler, biyodizelin sağladığı avantajlar, sahip olduğu dezavantajlar ve gelecek için önemini belirttikleri çalışmalarında biyodizel üretiminin tarıma dayalı olması, onu tükenmez bir enerji kaynağı ve bu nedenle de dizel alternatif olabilecek en önemli yakıt olduğunu bildirmişlerdir. Biyolojik parçalanabilirliğinin; egzoz gazı kalitesinin dizele göre çok daha iyi olması, biyodizeli ayrıca çevre dostu yakıtlar sınıfına soktuğunu belirtmişlerdir. Çalışmasında, tarım potansiyeli oldukça fazla, enerji politikası petrole bağlı olan ülkemizde, gerek yağlı tohumlu bitkilerin üretimlerinde gerekse biyodizel tesislerinin kurulması yönünde hükümetimiz tarafından en kısa zamanda teşvik ve tedbirlerin alınması, ülkemiz geleceği açısından önemli olacağını belirtmişlerdir.

Öğüt ve ark. [31], Çalışmalarında Türkiye'de biyodizel için yerel üretim modelinin uygulanma imkânlarını işlemişlerdir. Hammaddeye uygulanacak teşvikler ve primler, insanları yağ bitkileri tarımını yaygınlaştırma hedefine götürmeye

yetmediğini belirtmişlerdir. İlkelerinin; “Biyodizel çiftçisinde yakıtıdır” olduğunu söyleyip, biyodizelin bizzat kendisi yağlı tohum üretiminin katalizörü olabileceğini belirtmiş ve biyodizel sanayicisinin hammadde sorununun da çözülebilir olduğunu söylemişlerdir.

Çildir ve Çanakçı [32], yaptıkları çalışmada, biyodizel olarak kullanılabilen metil esterleri; ayçiçeği yağı, mısır özü yağı ve kolza yağından elde etmişlerdir. Laboratuvar şartlarında iç ester değişim yöntemi kullanarak katalizör ve alkol miktarının reaksiyon üzerine etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri esterlerin dönüşüm oranları, gliserin miktarları kinematik viskoziteleri, yoğunlukları, akma noktaları, asit sayısı ve parlama noktalarını incelemişlerdir. Sonuç olarak; ayçiçeği, kolza, mısırözü yağlarından elde ettikleri metil esterlerin, yüksek akma noktasındaki problemin giderilmesinden sonra dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabileceğini öngörmüşlerdir.

Özsezen ve ark.[33],yaptıkları çalışmada palmiye kökenli atık kızartma yağından üretilen biyodizelin ön yanma odalı bir dizel motorunda test edilerek yanma karakteristikleri dizel motor yakıtı ile karşılaştırılmıştır. B100 biyodizel dizele göre daha erken tutuşma eğilimini her devirde göstermiştir. Motor devrinin artması ile artan atomizasyon oranının artması bu eğilimi arttırmıştır. Tam yükte moment değerleri bütün devirlerde dizele göre düşük seyretmiştir. Seçilen üç devirde de (1000, 2000, 3000 d/d) B100 kullanımı ile elde edilen maksimum silindir basıncı dizel yakıtına göre biraz daha yüksek çıkmıştır. Her iki yakıt içinde kontrollü yanma safhası düzgün bir eğilim göstermiştir. Fakat B100’ün daha geniş bir yanma alanına sahip olduğu görülmüştür. Isı dağılım grafikleri incelendiğinde B100’ün dizele göre yanma süresinin daha uzun olduğu ani soğuma eğiliminin ise daha yüksek olduğu görülmüştür.

Özsezen ve ark. [34], palmiye yağı kökenli atık kızartma yağından elde ettikleri biyodizeli, dört silindirli, doğal emişli, ön yanma odalı bir dizel motorda alternatif yakıt olarak kullanmışlardır. Elde edilen emisyon değerleri, dizel ile yaptıkları ölçümleri referans alarak karşılaştırmışlardır. Egzoz emisyon seviyelerini belirlemek amacıyla, motor tam yük-değişik devir testlerine tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak,

biyodizel kullanımıyla dizel'e göre CO, CO<sub>2</sub>, HC ve duman koyuluğunda sırasıyla %60.8, %3, %38.7 ve %22.3 azalmalar meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Bulut [35], çalışmasında atık kızartma yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretimi gerçekleştirerek yakıt analizleri yapmıştır. B20 ve B100 yakıtlarını, deney motorunda normal şartlarda ve aşırı doldurma yaparak 1200-2800 d/d arasında 200 d/d aralıklarla test etmiş ve motor performans değerlerindeki değişimleri test etmiştir. Çalışmasında süperşarj uyguladığında, motor performansında olumlu değişimler olduğunu belirtmiştir.

Sekmen ve Aktaş [36], çalışmalarında DI bir dizel motorda yakıt olarak soya yağı metil esteri kullanılmasının performans ve egzoz emisyonlarına etkilerini 1200-2400 1/min hız aralığında ve tam yükte test etmişlerdir. Soya yağı metil esterinin ısı değerini dizel yakıtın ısı değerinden düşük olduğunu bu nedenle motor gücünde azalma, özgül yakıt tüketiminde artış meydana geldiğini; CO, HC, NO<sub>x</sub> ve duman emisyonlarında ise azalma görüldüğünü belirtmişlerdir.

Özsezen ve Çanakçı [37], atık palmiye yağı kökenli biyodizel ve dizel ile karışımlarının bir dizel motordaki performans ve emisyon karakteristiklerini üç boyutlu haritalar üzerinden analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda, karışımdaki biyodizel oranı arttıkça dizel yakıtı göre özgül yakıt tüketiminde artış olduğu, motorun döndürme momentinde ise azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Emisyon analizi sonucunda ise, karışımdaki biyodizel oranı ile ilişkili olarak dizele kıyasla yanmamış hidrokarbon (HC), karbon monoksit (CO) ve duman koyuluğu emisyonlarında azalmaların olduğu, bununla birlikte karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) ve azot oksit (NO<sub>x</sub>) emisyonlarının motor devrine göre kararlı bir yapı sergilemediğini vurgulamışlardır.

Behçet ve ark.[38], çalışmalarında atık kızartma yağından biyodizel üretmişler ve dizel yakıtı ile hacimsel olarak %25, %50 ve %80 oranlarında karışımlar hazırlayarak bir dizel motorda denemişlerdir. Atık kızartma yağından elde ettikleri biyodizeli dizel yakıtıyla olan B25, B50 ve B80 karışımları ile belirledikleri motor performansı ve egzoz emisyon değerleri benzer biyodizel çalışmaları ile benzerlikler

gösterdiklerini belirtmişlerdir. Motor momenti ve efektif motor gücü dizel yakıtından biraz düşük, yakıt tüketimi ise fazla çıktığını belirtmişlerdir. Emisyon deneylerinde ise, NO<sub>x</sub> ve O<sub>2</sub>, metil ester karışımlarında dizel yakıtından daha yüksek çıktığını HC, CO<sub>2</sub> ve CO emisyonları metil ester karışımlarında daha düşük seviyelerinde kaldığını belirtmişlerdir.

Karabaş [39], yaptığı çalışmasında restoran ve evsel atık yağların, yağ asidi esterine dönüştürmek suretiyle alternatif bir dizel yakıtı olarak dizel motorlarında kullanımının, hem insan sağlığı hem de çevresel açıdan önemli bir avantaj olduğunu belirtmiş ve düşük serbest yağ asitliğine sahip restoran atığı yağlarını biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanmıştır. Katalizör olarak KOH kullanarak transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretmiş ve maksimum ester dönüşüm oranını %98 olarak bulmuştur. Ürettiği biyodizelin yakıt özelliklerini belirlemiş ve EN 14214 biyodizel standartları ile karşılaştırılmış, elde ettiği biyodizelin standartları sağladığı için dizel motorunda yakıt olarak kullanımının uygun olduğunu bildirmiştir.

Behçet ve ark. [40], çalışmalarında dizel motor yakıtına alternatif olarak hamsi balık yağı ve atık kızartma yağından transesterifikasyon yöntemiyle balık yağı metil esteri ve atık kızartma yağı metil esteri üretmişlerdir. Daha sonra metil esterleri tek silindirli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli ve hava soğutmalı bir dizel motorda yakıt olarak kullanıp yakıtların motor performans ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri standart dizel yakıtı ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Yakıtların test sonuçlarını karşılaştırmalı olarak incelediklerinde balık yağından elde edilen metil ester ve atık kızartma yağından elde ettikleri metil ester yakıtlarının egzoz emisyonları bakımından standart dizele oranla daha iyi özellikler gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Balık yağı metil esteri ve atık kızartma yağı metil esterinin egzoz emisyonları dizel yakıtına göre daha düşük çıkması, yakıtların iyi yanma özellikleri ve çevre üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı atık yağ kaynaklı biyodizel yakıtlar dizel yakıtına alternatif olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

El-Kassaby ve Nemit-Allah [41], çalışmalarında atık kızartma yağlarından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretmişlerdir ve elde ettikleri atık kızartma yağı biyodizelini dizel yakıtıyla hacimsel olarak farklı oranlarda karıştırmışlardır

(B10, B20, B30 ve B50) ve bu yakıtlar ile dizel yakıtını 14-16-18 sıkıştırma oranlarında emisyon ve yanma karakteristiklerini incelemişlerdir.

Ramakrishan ve Jash [42], atık kızartma yağından biyodizel üretimi için optimum koşulları araştırdıkları çalışmalarında en yüksek biyodizel verimini %94 ile 40°C reaksiyon sıcaklığında, %1(m/m) potasyum hidroksit (KOH) katalizöründe, 2 saat reaksiyon süresinde ve 8:1 molar alkol yağ oranında elde etmişlerdir.

Yimer ve Sahu [43], atık kızartma yağından biyodizel üretimi için optimum koşulları araştırdıkları çalışmalarında en yüksek biyodizel verimini %95.10 ile 333K reaksiyon sıcaklığında, kütleli olarak %5 potasyum hidroksit (KOH) katalizöründe, 600 1/min sabit devir sayısında ve 4:1 molar alkol yağ oranında elde etmişlerdir.

El-Gendy ve ark. [44], mısır sahillerinden topladığı salyangoz kabuklarını 800°C'de basit kalsinasyon (kalsiyumlaştırma) işlemine tabi tutarak biyodizel üretiminde kullanılan heterojen katalizör kalsiyum oksit elde etmişlerdir. Bu katalizörü kullanarak transesterifikasyon yöntemiyle optimizasyon deneylerini gerçekleştirdikleri çalışmalarında atık kızartma mısır yağından en yüksek biyodizel verimini %96 ile 60°C reaksiyon sıcaklığında, kütleli olarak %3 katalizör oranında, 200 1/min sabit devir sayısında ve 6:1 molar alkol yağ oranında elde etmişlerdir.

### 3.MATERYAL VE METOT

#### 3.1.Materyal

Bu çalışmada kullanılan atık bitkisel kızartma yağları Yozgat Belediyesi tarafından toplanan yağlardan temin edilmiştir. Atık kızartma yağlarının nötralizasyon işlemi Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında yapılmıştır. Atık kızartma yağlarından ve elde edilen nötralize atık bitkisel kızartma yağlarından biyodizel üretimi transesterifikasyon yöntemi ile yine aynı laboratuvarda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yakıtlar ve referans olarak kullanılan Euro dizel yakıtının motor performans ve egzoz emisyon değerleri Aksaray Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Otomotiv Programı Otomotiv Laboratuvarında bulunan tek silindirli Antor 3LD510 marka 12 BG gücünde ve hidrolik dinamometreye bağlı olan bir dizel motorda denenmiştir (Şekil 3.1). Bu çalışmada ED Opet firmasından temin edilmiştir. Tablo 3.1’de motora ait teknik özellikler verilmiştir.



Şekil 3.1 Deneylerde Kullanılan Antor 3LD510 Marka Dizel Motor



**Tablo 3.1** Deneylerde Kullanılan Antor 3LD510 Marka Dizel Motorun Teknik Özellikleri

<b>FABRİKA VERİLERİ</b>	
<b>Marka ve model</b>	Antor 3LD510
<b>Silindir Sayısı</b>	1
<b>Silindir Hacmi</b>	510 cm <sup>3</sup>
<b>Silindir çapı</b>	85 mm
<b>Strok</b>	90 mm
<b>Sıkıştırma oranı</b>	17.5:1
<b>Motor devri</b>	3000 d/d
<b>Motor gücü</b>	12 BG
<b>Maksimum tork</b>	3.35 kW 1800 d/d' da
<b>Özgül Yakıt Sarfiyatı</b>	190 gr/BG saat
<b>Soğutma tipi</b>	Su soğutmalı

## **3.2 Araştırmada Kullanılan Alet ve Cihazlar**

### **3.2.1 Hidrolik Dinamometre**

Motor deneylerinde motor performansını belirlemek için Aksaray Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Otomotiv Programı Otomotiv Laboratuvarında bulunan Net Fren NF150 marka hidrolik dinamometre kullanılmıştır. Dinamometre devir ölçüm aralığı 0-6500 d/d ve tork ölçüm aralığı 0-450 Nm'dir. Deney motorunun çıkış mili bir kaplin vasıtasıyla dinamometreye bağlanmıştır. Motor çalıştırılıp tam yüke getirildikten sonra dinamometrenin kontrol paneli üzerindeki fren düğmesi vasıtasıyla dinamometre içerisindeki suyun uyguladığı sürtünme veya su ile yüzey arasında oluşan ivmelenme ile motor frenlenmektedir. Motorun yüklenmesi anındaki değerler, 1 gr hassasiyetinde, 0-200 kg aralığında ölçüm yapabilen CAS marka SBA 200L model yük hücresi kullanılarak okunmuştur. Motor tam yüke getirildikten sonra motorun verdiği güç ve moment değerleri kontrol panelinden okunmaktadır. Dinamometre kontrol ünitesinde tork, devir ölçüm aralığı yakıt tüketimi (g/s), motor suyu giriş ve çıkış sıcaklığı, egzoz gazı sıcaklığı, emme havası sıcaklığı, yağ sıcaklığı, hava tüketimi (orifis plaka) göstergeler bulunmaktadır.



**Şekil 3.2** Hidrolik Dinamometre

### **3.2.2 Yakıt Tüketimi Ölçüm Cihazı**

Motor performansı ile ilgili en önemli göstergelerden birisi de özgül yakıt tüketimidir. Ayrıca hava yakıt oranı ve emisyonların değerlendirilmesi için motora birim zamanda giren yakıt belirlenmelidir. Yakıt tüketimi 2.5lt kapasiteli bir yakıt deposu ile Cas marka BCL-1L model, 0-3 kg ölçüm kapasiteli 0.01gr hassasiyetinde Load Cell ile okunmaktadır. Deney düzeneğinde yakıt tankının altında bulunan Loadcell ile yakıt tankından motora giden yakıt miktarını g/s cinsinden ölçerek motor test dinamometresi kontrol panelinden farklı devir aralıklarında kaydedilmektedir. Deneylerde kullanılan yakıt tüketimi ölçüm cihazı Şekil 3.3'te verilmiştir.



**Şekil 3.3** Yakıt Tüketimi Ölçüm Cihazı

### **3.2.3 Egzoz Emisyon Cihazı**

Egzoz emisyon ölçümlerini belirlemek için Aksaray Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Otomotiv Programı Otomotiv Laboratuvarında bulunan Bosch-BEA 350 model emisyon ölçüm cihazı (Şekil 3.4) ve duman emisyonu ölçümü için Bosch RTM 430 model duman ölçüm kiti kullanılmıştır. Egzoz ölçüm cihazının teknik özellikleri Tablo 3.2 'de verilmiştir.



Şekil 3.4 Egzoz Emisyon Cihazı

Tablo 3.2 Egzoz Emisyon Cihazı Teknik Özellikleri

Emisyonlar	Ölçüm aralığı	Hassasiyet
CO <sub>2</sub> , %	0 – 18	0.01
CO, %	0 – 10	0.001
HC, ppm	0 – 9999	1
NO, ppm	0 – 5000	1
Duman, %	0 – 100	0.1

### 3.2.4 Yoğunluk Ölçüm Cihazı

Yakıtların yoğunluklarının ölçümü için, Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan ölçüm aralığı 0.00000 ile 3.00000 g/cm<sup>3</sup>, ölçüm sıcaklık aralığı 0 ile 93°C ve hassasiyeti ±0.00005 g/cm<sup>3</sup> olan Kem Kyoto marka DA-645 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ASTM D 1250 ve ISO 12185 standarda göre yoğunluk ölçümü yapmaktadır. Cihaz ölçüm yapılan sıcaklıkta g/cm<sup>3</sup> olarak değer vermektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Yoğunluk Ölçüm Cihazı

### 3.2.5 Kinematik Viskozite Ölçüm Cihazı

Yakıtların viskozitelerinin ölçümü 25-100°C sıcaklık aralığında, Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan çalışma sıcaklığı 5-150°C arasında, ölçüm sıcaklık hassasiyeti  $\pm 0.05^\circ\text{C}$  ve okuma doğruluğu  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  olan Polyscience marka 7306A12E model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ASTM D445 standartlarına göre viskozite ölçümü yapılabilmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Kinematik Viskozite Ölçüm Cihazı

### 3.2.6 Parlama Noktası Tayin Cihazı

Yakıtların parlama noktalarının tayini için, Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan -30 ile 300°C arasında ölçüm yapabilen RapidTester marka RT-1 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ASTM D3243, 3278, 3828, IP303 ve ISO 3679, 3680 standartlarına göre parlama noktası tayini yapabilmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Parlama Noktası Tayin Cihazı

### 3.2.7 Su Muhtevası Tayin (Karl-Fischer Titrasyon) Cihazı

Yakıtların su muhtevalarını tayin etmek için, Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan Kem Kyoto Electronics marka MKC-520 model cihaz kullanılmıştır. Ölçüm aralığı 10 mikrogram-100 mg su aralığındadır. Ölçüm sıcaklığı 5-35°C arasında ve 16 karakterli LCD ekranlıdır (Şekil 3.8).



**Şekil 3.8** Su Muhtevası Tayin Cihazı

### **3.2.8 Kalorimetre Cihazı**

Yakıtların alt ısı değerini tespit etmek için Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan IKA marka, ölçüm aralığı 40.000 Joule'e kadar olan kalorimetre cihazı kullanılmıştır. Cihaz EN 61010, EN 50082, EN 55014 ve EN 60555 standartlarına göre ölçüm yapılmaktadır (Şekil 3.9).



**Şekil 3.9** Kalorimetre Cihazı

### **3.2.9 Homojenizatör**

Karışım yakıtlarda homojenlik sağlanması amacıyla, Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan IKA ULTRA-TURRAX marka T25 digital model 24000 1/min'e kadar karıştırma devir sayısına sahip homojenizatör kullanılmıştır. Standı, karıştırıcı ve tutucusu ile komple bir settir (Şekil 3.10).





**Şekil 3.10** Homojenizatör

### **3.2.10 Laboratuvar Tipi Karıştırıcı**

Yakıtların hazırlanması için, Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan VELP Scientifica marka DLS F20100155 model laboratuvar tipi karıştırıcı kullanılmıştır. Suya göre 40 litreye kadar sıvı karıştırma kapasitelidir. Devri 50-2000 1/min aralığında, 0-40 °C ortam sıcaklığında kullanılabilir. Standı, pervaneli tip karıştırıcı mili ve tutucusu ile komple bir settir (Şekil 3.11).



**Şekil 3.11** Mekanik Karıştırıcı

### **3.2.11 Hassas Terazı**

Yakıt numunelerının tartımları için, Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan Denver Instrument marka TP-214 model, 210g kapasiteli, 0.1 mg hassasiyetli ve 10-30°C ortam sıcaklığında tartım yapabilen hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 3.12).



**Şekil 3.12** Hassas Terazi

### **3.2.12 Sıcaklık Kontrollü Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı**

Atık kızartma yağının nötralizasyon işleminde, atık kızartma ve nötralize atık kızartma yağlarından biyodizel üretimi Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan IKA marka C-MAG HS7 model, 100-1500 d/d sahip olan sıcaklık kontrollü ısıtıcılı manyetik karıştırıcı kullanılmıştır (Şekil 3.13).



**Şekil 3.13** Sıcaklık Kontrollü Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı

### **3.2.13 Etüv**

Cam malzemelerin kurutulmasında Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan Elektro-mag marka M6040P model 0-300°C sıcaklık aralığına sahip etüv kullanılmıştır (Şekil 3.14).



**Şekil 3.14** Etüv

### **3.2.14 Kronometre**

Kinematik viskozitenin hesaplanmasında gerekli olan zaman ölçümünde HiTRAX RUN marka, 40 dakika kapasiteli, 0.01 saniye hassasiyetli kronometre kullanılmıştır (Şekil 3.15).



**Şekil 3.15** Kronometre

### 3.2.15 Termometre

Çalışmada sıcaklık ölçümleri için dijital ve cıva sütunlu termometreler kullanılmıştır. Dijital termometre Hanna Checktemp marka 0.1°C hassasiyetli, -50 ile +150°C sıcaklık aralığında ölçüm yapabilen kablolu problu tip termometredir. Cıva sütunlu termometreler ise -5 ile 110 °C ve 90-370°C'e arası ölçüm yapabilen 1°C hassasiyetli termometrelerdir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Termometre

## 3.3 Araştırmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

### 3.3.1 Metil Alkol

Atık kızartma yağından ve nötralize atık kızartma yağından biyodizel elde etmek için, çalışmada kullanılan metil alkol  $\text{CH}_3\text{OH}$  kimyasal formüle sahip Merck markadır. Metil alkolün 20 °C deki yoğunluğu 0.791-0.793 kg/l ve moleküler ağırlığı 32.04 g/mol dır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Metil Alkol

### 3.3.2 Sodyum Hidroksit (NaOH)

Biyodizel üretiminde katalizör olarak Merck marka ve molekül ağırlığı 40.00g/mol saflık değeri %97 den büyük olan sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Sodyum Hidroksit (NaOH)

### 3.3.3 Fosforik Asit ( $H_3PO_4$ )

Nötralizasyon işleminde Koray Kimya marka ve saflık değeri %85 den büyükolan fosforik asit ( $H_3PO_4$ ) kullanılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Fosforik Asit ( $H_3PO_4$ )

### 3.3.4 Ağartma Toprağı

Ağartma tabiri renk açma işleminden gelmektedir. Sıvıların içinden renkli istenmeyen maddelerin absorpsiyonla uzaklaştırılmasında yüksek özgül yüzeyli killerin önemli bir yeri vardır. Bu killer ağartma toprakları olarak adlandırılırlar. Dünyanın dört bir tarafındaki yüzlerce yağ fabrikasında da kullanılmaktadır. Grade F 160 çok maksatlı bir ağartma toprağıdır, aktivitesi yüksektir ve daha çok sarı kırmızı renklerin hakim olduğu, pamuk tohumu yağı, ayçiçeği yağı ve madeni yağda kullanılmaktadır. Yağların içerisinde ki istenmeyen partiküllerin çökeltilmesi işleminde Mohen firmasının ürettiği Grade F 160 Ağartma toprağı kullanılmıştır (Şekil 3.20).





**Şekil 3.20** Ağartma Toprağı

### **3.4 Yöntem**

Atık bitkisel kızartma yağı fiziksel temizlik yapılarak içerisinde bulunan atık kızartma parçacıkları gibi maddelerden temizlenmiştir.

Atık bitkisel kızartma yağı sıcaklık kontrollü ısıtıcı manyetik karıştırıcıda 100°C'ye kadar ısıtılıp, bu sıcaklıkta 2 saat beklenmiştir ve kullanımdan dolayı içerisinde oluşan fazla su uzaklaştırılmıştır.

Atık bitkisel yağdan su alma işlemi gerçekleştirildikten sonra bu yağlar sıcaklığı 85°C'ye düşene kadar bekletilmiştir. Bu sıcaklık sabit tutularak karıştırıcı çalıştırılmış ve nötralizasyon işlemi için toplam yağın %0.2'si kadar fosforik asit eklenerek 10 dakika karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi devam ederken 1/3 oranında sodyum hidroksit (NaOH)/saf su karışımı yağın %5'i oranında atık bitkisel kızartma yağına gönderilmiş ve 5 dakika daha karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından karıştırıcı kapatılarak fosfor bileşiklerinin çökmesi için 3 saat beklenmiş ve fosfor bileşikleri yağın içerisinden alınmıştır. Atık bitkisel kızartma yağı tekrar 85°C'ye kadar ısıtılıp duşlama yöntemiyle aynı sıcaklıkta yağın %20'si su ile yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Atık suyun çökmesi için 3 saat beklenmiş ve daha sonra atık su

alınmıştır. Atık bitkisel kızartma yağının içerisindeki fazla suyun uzaklaştırılması için 100°C’de 2 saat kurutma işlemi yapılmıştır. Atık bitkisel kızartma yağının sıcaklığı 85°C’ye düşene kadar beklenip karıştırıcı çalıştırılmış ve içerisine yağın %2’si kadar ağartma toprağı eklenerek 45 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra karıştırıcı kapatılarak ağartma toprağının çökmesi için 3 saat beklenmiş ve çöken ağartma toprağı alınmıştır. Nötralizasyon işleminden sonra atık bitkisel kızartma yağı filtreden geçirilmiştir [45;46].

Atık bitkisel kızartma yağı ve nötralize atık bitkisel kızartma yağından biyodizel üretmek için yağın%25’i kadar metil alkol, yağın her bir litresi için 3.5 gr NaOH manyetik karıştırıcıda çözülerek metoksit elde edilmiştir. Elde edilen bu metoksit 55°C’de karıştırılan yağın üzerine eklenmiştir. Karıştırma işleminde karıştırıcının devir sayısı 1000 1/min’e ayarlanmıştır ve karışım 60 dakika karıştırılmıştır. Sonra karıştırıcı ve ısıtıcı durdurulmuştur. Biyodizel de kalan gliserolün çökmesi için 180 dakika beklenilmiş ve gliserol alınmıştır. Ham biyodizelin sıcaklığı 75°C’ye kadar yükseltilmiş ve metil alkol uzaklaştırılmıştır. Gliserolün çökmesi için 15 saat beklenmiş ve 15 saat sonunda gliserol alınmıştır. Bu arada biyodizelin pH değerine bakılmış, reaksiyon bazik karakterli olduğu için nötrleşinceye kadar saf su kullanılarak, duşlama yöntemi ile yıkamaya tabi tutulmuştur. Yıkamanın amacı, biyodizel içerisinde reaksiyona girmeyen alkol, kalan yağ asitleri, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> iyonları, katalizör madde ve ayrıştırma esnasında bünyede kalma ihtimali olan gliserolün uzaklaştırılmasıdır. Yıkama sırasında biyodizellerin sıcaklığı 50°C ve yıkamada kullanılan saf suyun sıcaklığı da 50°C olmak üzere yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işleminden sonra suyun çökmesi için 12 saat beklenmiştir. Çöken su, ayırma hunisi yardımıyla alınmıştır. Tekrar ısıtıcılı manyetik karıştırıcıya alınan yıkamış biyodizel suyun kaynama noktasının üzerinde olan 120°C’ye kadar ısıtılmıştır. Biyodizel için 120°C de 2 saat kurutma işlemi yapılmıştır. Böylece atık bitkisel kızartma yağı ve nötralize atık bitkisel kızartma yağından biyodizellerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen biyodizellerin bazı yakıt analizleri Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında yapılmıştır.

### **3.4.1 B2, B20 ve B2<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> Yakıt Karışımlarının Hazırlanması**

Atık bitkisel kızartma yağı biyodizeli ve nötralize atık bitkisel kızartma yağı biyodizeli ile ED hacimsel olarak %2 ve %20'lik oranlarda karıştırılmıştır. Harmanlama işlemi yapılırken önce %98 ve %80 ED konulmuş üzerine karışımı sağlayacak miktarda %2 ve %20 biyodizeller ilave edilmiştir. Karıştırma işlemi önce laboratuvar tipi IKA ULTRA-TURRAX marka TS25 model karıştırıcı ile 1500 1/min'de, sonra Velp Scientifica marka DLS F20100155 model homojenizatör ile 24000 1/min'de 7.5'er dakika olmak üzere toplam 15 dakika karışım homojen hale getirilmeye çalışılmıştır. Böylece B2, B20 ve B2<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> karışım yakıtları elde edilmiştir [9].

### **3.4.2 Deneylerde Kullanılan Yakıtlarının Analizleri**

Yakıt analizleri Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo3.3.' te görülmektedir.

Atık bitkisel kızartma yağı biyodizeli ve nötralize atık bitkisel kızartma yağı biyodizelinin yakıt özellikleri TS EN 14214, B20, B2, B20<sub>N</sub>, B2<sub>N</sub>, karışım yakıtları ve dizel yakıtının yakıt özellikleri TS 3082 EN 590'a göre karşılaştırıldığında; atık bitkisel kızartma yağı biyodizelinin ve B20 karışım yakıtının su içeriğinin, nötralize atık bitkisel kızartma yağı biyodizelinin kinematik viskozite ve su içeriğinin standartları sağlamadığı görülmüştür. B20 haricinde kalan diğer karışım yakıtlarının yakıt özellikleri ise sınır değerler içerisinde çıkmıştır.

**Tablo 3.3.** Atık Kızartma Yağı, Nötralize Atık Kızartma Yağı, B100, B100<sub>N</sub>, B20, B20<sub>N</sub>, B2, B2<sub>N</sub> ve ED Yakıtları Analiz Sonuçları

<b>Özellik</b>	<b>Yoğunluk 15°C (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Kinematik Viskozite 40°C (mm<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Parlama Noktası (°C)</b>	<b>Su İçeriği (mg/kg)</b>	<b>Kalori Değeri (MJ/kg)</b>
<b>ED</b>	819.47	2.624	59	24.773	47.445
<b>AKY</b>	921.74	32.760	231	579.78	39.813
<b>AKYME</b>	886.30	4.906	174	577.60	40.740
<b>B20</b>	829.73	2.973	66	238.45	45.888
<b>B2</b>	820.23	2.689	60	41.055	46.887
<b>NAKY</b>	922.55	32.877	225	562.69	39.923
<b>NAKYME</b>	887.84	5.201	167	735.85	40.946
<b>B20<sub>N</sub></b>	832.57	3.027	65	188.51	46.202
<b>B2<sub>N</sub></b>	821.18	2.779	60	51.207	47.152

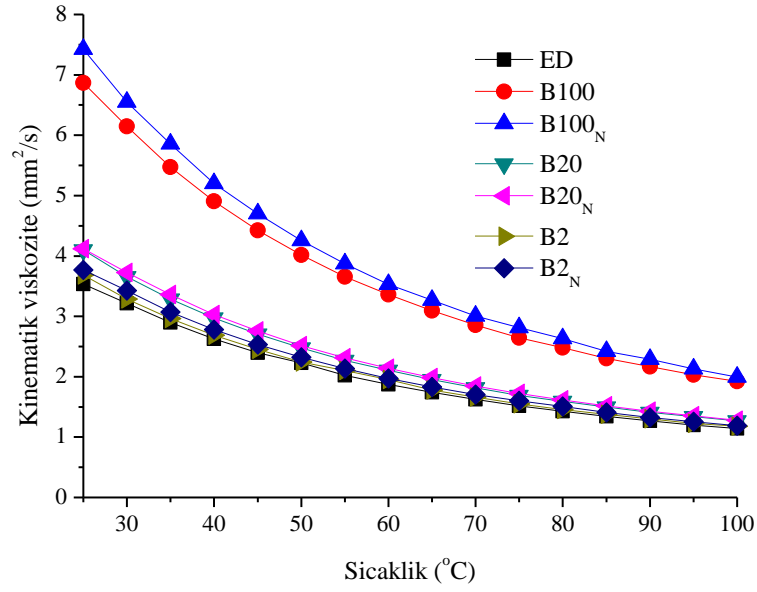
#### **3.4.2.1. Yakıtların Farklı Sıcaklıklarda Kinematik Viskozitelerinin Değişimi**

Cihaz ölçüm yapılmadan önce, ölçüm yapılacak sıcaklığa ayarlanıp ısıtma işlemi yapılmıştır. Cihazın içerisinde daldırılmış durumda olan cam ölçüm tüpünün içerisindeki kalıntıları gidermek için toluen-aseton-metanol karışımları hazırlanarak temizlenmiştir. Kullanılan çözücü kalıntılarını gidermek için temiz, kuru bir hava akımı uygulanmış ve etüvde kurutulmuştur. Viskozitesi ölçülecek yakıt cam ölçüm tüpü içerisine doldurularak yakıtın sıcaklığının ölçüm sıcaklığına gelmesi için 10 dakika beklenmiştir. Cam ölçüm tüpü ters akış özelliğine göre çalışmaktadır. Cam ölçüm tüpü üzerinde geniş bir hacim (balon) bulunmaktadır. Puar yardımıyla balon doldurulup ters akışa bırakılıp ölçüm çizgisi aralıklarından akma süresi bir kronometre ile ölçüldükten sonra cam ölçüm tüpünün belli sıcaklıklara ait katsayıları ile çarpılıp kinematik viskoziteleri belirlenmiştir. Yakıtların kinematik viskoziteleri 25-100°C sıcaklık aralığında ölçülmüştür. Ölçülen kinematik viskozite değerleri Tablo 3.4, Şekil 3.21 ve Şekil 3.22’de verilmiştir.

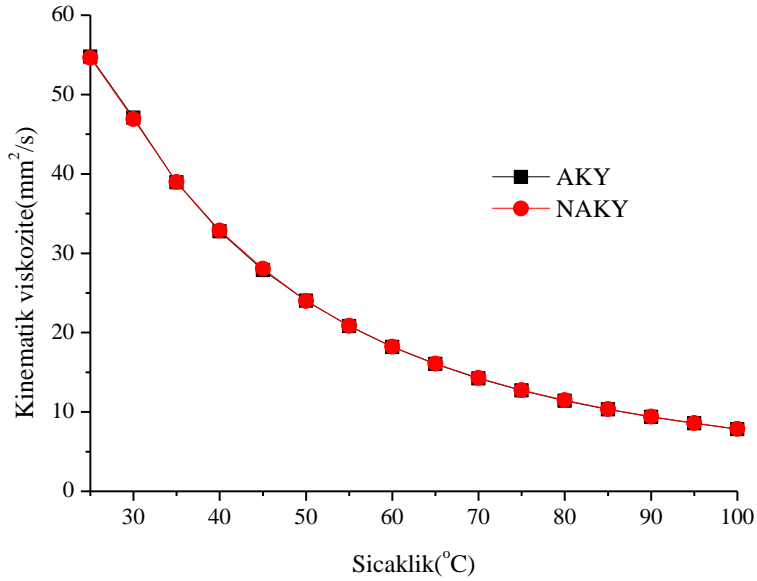
**Tablo 3.4** Yakıtların Farklı Sıcaklıklarda Kinematik Viskozite Değerleri

<b>Kinematik Viskozite (mm<sup>2</sup>/s)</b>									
<b>Yakıtlar</b>									
<b>Sıcaklık</b>	ED	AKY	B100	B20	B2	NAKY	B100 <sub>N</sub>	B20 <sub>N</sub>	B2 <sub>N</sub>
<b>(°C)</b>									
<b>25</b>	3.536	54.756	6.866	4.100	3.686	54.614	7.426	4.120	3.768
<b>30</b>	3.218	47.064	6.148	3.656	3.288	46.898	6.551	3.724	3.427
<b>35</b>	2.898	38.939	5.470	3.285	2.961	38.962	5.855	3.359	3.071
<b>40</b>	<b>2.624</b>	<b>32.760</b>	<b>4.906</b>	<b>2.973</b>	<b>2.689</b>	<b>32.877</b>	<b>5.201</b>	<b>3.027</b>	<b>2.780</b>
<b>45</b>	2.395	27.889	4.423	2.704	2.454	28.055	4.698	2.758	2.532
<b>50</b>	2.229	24.015	4.016	2.475	2.244	23.995	4.256	2.515	2.321
<b>55</b>	2.024	20.806	3.658	2.272	2.103	20.858	3.871	2.312	2.133
<b>60</b>	1.871	18.192	3.362	2.108	1.952	18.238	3.529	2.138	1.970
<b>65</b>	1.740	16.033	3.093	1.952	1.779	16.074	3.268	1.986	1.832
<b>70</b>	1.625	14.226	2.854	1.814	1.660	14.284	3.006	1.846	1.703
<b>75</b>	1.519	12.706	2.647	1.689	1.548	12.761	2.812	1.724	1.602
<b>80</b>	1.426	11.426	2.483	1.593	1.455	11.474	2.629	1.615	1.505
<b>85</b>	1.344	10.324	2.304	1.497	1.374	10.371	2.420	1.515	1.410
<b>90</b>	1.269	9.372	2.169	1.411	1.301	9.408	2.290	1.428	1.326
<b>95</b>	1.198	8.558	2.033	1.341	1.226	8.592	2.129	1.353	1.254
<b>100</b>	1.142	7.826	1.923	1.267	1.181	7.858	1.992	1.278	1.187

Sıcaklık artışına bağlı olarak yakıtların kinematik viskozite değerleri azalma göstermiştir. Atık kızartma yağından biyodizel üretiminde viskozite değerinde 6.68 kat, nötrale atık kızartma yağından biyodizel üretiminde ise 6.32 kat azalma görülmüştür.



Şekil 3.21 Yakıtların Farklı Sıcaklıklardaki Kinematik Viskozite Değerleri



Şekil 3.22 Yağların Farklı Sıcaklıklardaki Kinematik Viskozite Değerleri

### 3.4.2.2 Farklı Sıcaklıklarda Yakıtların Yoğunluk, Özgül Yoğunluk (t/4) ve Özgül Yoğunluk (t/t) Değerlerinin Belirlenmesi

Cihaz içerisinde kalan yakıtları gidermek için etanol ya da aseton ile temizlik işlemi yapılmıştır. Etanol ya da asetonun çözüldürücü etkisini ortadan kaldırmak için temiz ve kuru hava akımı uygulanmıştır. Ölçümler yapılmadan önce 2 ml'lik numune cihazın içine gönderilmiş ve cihaz yakıt ile doldurulmuştur. Daha sonra istenilen

sıcaklıkta ölçmeye başlanarak 5°C aralıklarla ölçümler tekrarlanmıştır. Cihaz yoğunluk değerini, özgül ağırlığı ( $t/4=$  suyun 4°C'deki özgül ağırlığına göre) ve özgül ağırlığı ( $t/t=$  suyun aynı sıcaklıktaki özgül ağırlığına göre) ASTM D 1250 ve ISO 12185 standartlarına göre sonuç vermektedir.

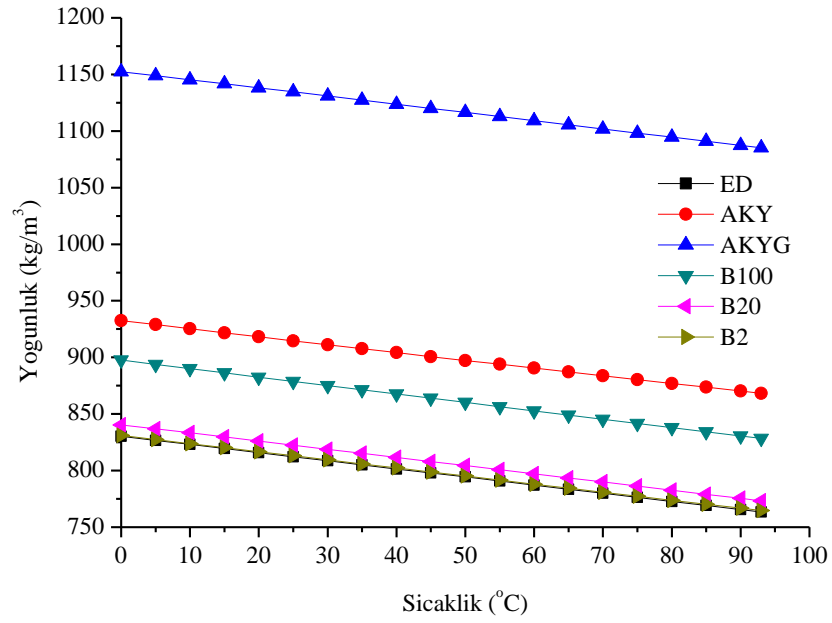
Atık bitkisel kızartma yağı, atık bitkisel kızartma yağı biyodizeli, atık bitkisel kızartma yağı gliserolü, B20, B2, nötralize atık kızartma yağı, nötralize atık bitkisel kızartma yağı biyodizeli, nötralize atık bitkisel kızartma yağı gliserolü, B20<sub>N</sub>, B2<sub>N</sub> ve dizel yakıtlarının 0-93°C sıcaklık aralığındaki yoğunluk değerleri Tablo 3.5, Şekil 3.23-3.26; özgül yoğunluk ( $t/4$ ) değerleri Tablo 3.6, Şekil 3.27-3.30; özgül yoğunluk ( $t/t$ ) değerleri Tablo 3.7, Şekil 3.31-3.34'de verilmiştir.

Tüm yakıtların sıcaklık artışına bağlı olarak yoğunluk, özgül yoğunluk ( $t/4$ ) ve özgül yoğunluk ( $t/t$ ) değerleri azalış göstermektedir. Ayrıca karışım oranı arttıkça da yoğunluk ve özgül yoğunluk değerleri artmaktadır. Atık bitkisel kızartma yağından biyodizel üretiminde yoğunlukta %3.84 azalma, nötralize atık bitkisel kızartma yağından biyodizel üretiminde ise yoğunlukta %3.76 azalma meydana gelmiştir. Atık bitkisel kızartma yağı biyodizeli dizel yakıtından 1.082 kat, nötralize atık bitkisel kızartma yağı biyodizeli ise 1.083 kat yoğunluğu fazla çıkmıştır.

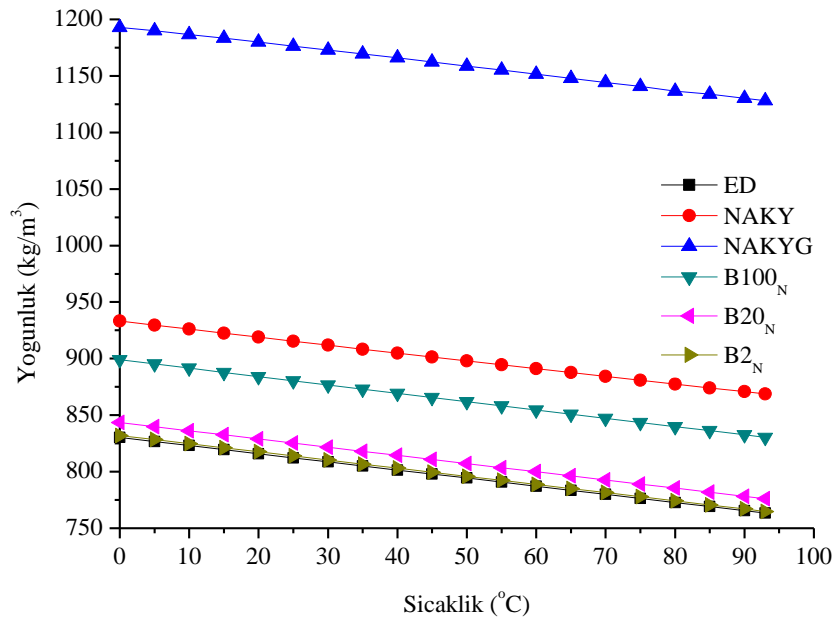
**Tablo 3.5** Atık Kızartma Yağı, Nötralize Atık Kızartma Yağı, Atık Kızartma Yağı Gliserolü, Nötralize Atık Kızartma Yağı Gliserolü, B100, B100<sub>N</sub>, B20, B20<sub>N</sub>, B2, B2<sub>N</sub> ve ED Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Olarak Yoğunluk Değerleri

Yakıtlar Sıcaklık (°C)	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )										
	ED	AKY	AKYG	B100	B20	B2	NAKY	NAKYG	B100 <sub>N</sub>	B20 <sub>N</sub>	B2 <sub>N</sub>
<b>0</b>	830.35	932.44	1152.28	897.64	840.22	831.10	933.34	1192.94	899.11	843.56	832.02
<b>5</b>	826.70	928.94	1148.82	893.89	836.97	827.47	929.70	1190.07	895.40	839.88	828.42
<b>10</b>	823.09	925.33	1145.31	890.08	833.36	823.85	926.08	1186.68	891.61	836.22	824.79
<b>15</b>	<b>819.47</b>	<b>921.74</b>	<b>1141.71</b>	<b>886.30</b>	<b>829.73</b>	<b>820.23</b>	<b>922.55</b>	<b>1183.28</b>	<b>887.84</b>	<b>832.57</b>	<b>821.18</b>
<b>20</b>	815.87	918.17	1138.16	882.52	826.09	816.68	918.94	1179.86	884.09	828.93	817.56
<b>25</b>	812.26	914.63	1134.57	878.78	822.45	813.07	915.36	1176.43	880.36	825.29	813.92
<b>30</b>	808.67	911.13	1130.96	875.05	818.83	809.48	911.83	1172.97	876.65	821.67	810.31
<b>35</b>	805.07	907.65	1127.34	871.32	815.21	805.90	908.34	1169.47	872.94	818.05	806.70
<b>40</b>	801.45	904.19	1123.72	867.62	811.60	802.33	904.85	1165.95	869.25	814.40	803.10
<b>45</b>	797.88	900.73	1120.08	863.91	807.99	798.75	901.38	1162.37	865.56	810.80	799.50
<b>50</b>	794.40	897.31	1116.43	860.20	804.38	795.17	897.92	1158.78	861.89	807.18	795.90
<b>55</b>	790.69	893.90	1112.78	856.50	800.78	791.59	894.60	1155.17	858.22	803.56	792.30
<b>60</b>	787.10	890.50	1109.11	852.80	797.17	788.01	891.07	1151.54	854.55	799.95	788.70
<b>65</b>	783.51	887.11	1105.42	849.11	793.56	784.43	887.66	1147.91	850.91	796.34	785.10
<b>70</b>	779.92	883.74	1101.72	845.42	789.95	780.88	884.27	1144.30	847.25	792.73	781.51
<b>75</b>	776.28	880.36	1097.97	841.74	786.33	777.32	880.89	1140.68	843.58	789.10	777.89
<b>80</b>	772.73	877.03	1094.60	838.05	782.71	773.77	877.53	1136.43	839.92	785.51	774.30
<b>85</b>	769.12	873.64	1090.98	834.35	779.07	770.26	874.14	1133.79	836.27	781.87	770.66
<b>90</b>	765.50	870.29	1087.35	830.65	775.41	766.73	870.77	1130.25	832.59	778.23	767.03
<b>93</b>	763.32	868.26	1085.18	828.43	773.22	764.64	868.74	1128.14	830.37	776.06	764.85

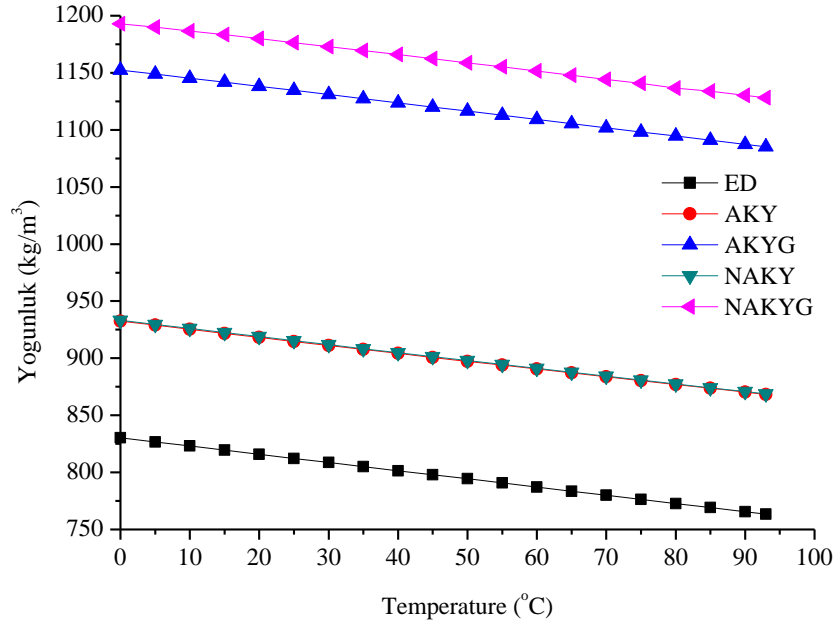




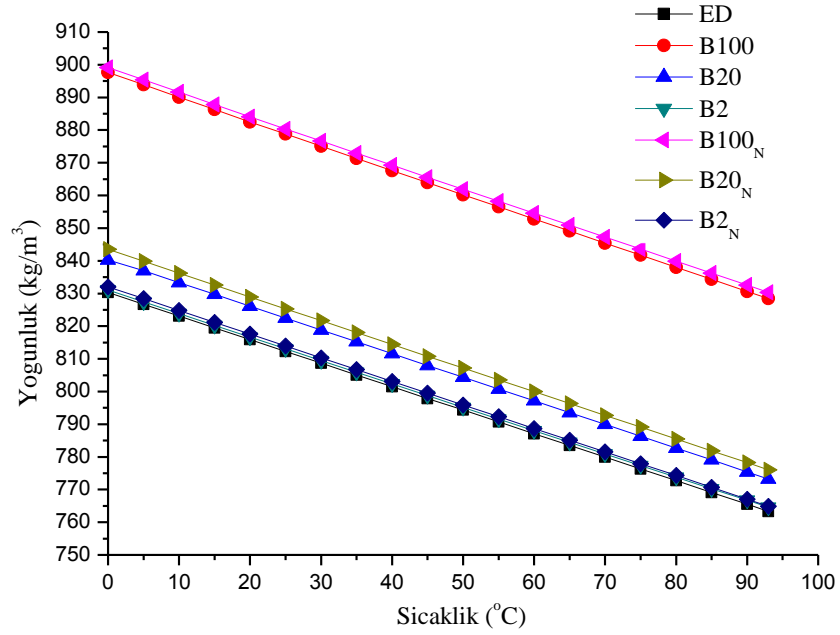
Şekil 3.23 ED, AKY, AKYG, B100, B20 ve B2 Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Yoğunluk Değişimleri



Şekil 3.24 ED, NAKY, NAKYG, B100<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> ve B2<sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Yoğunluk Değişimleri



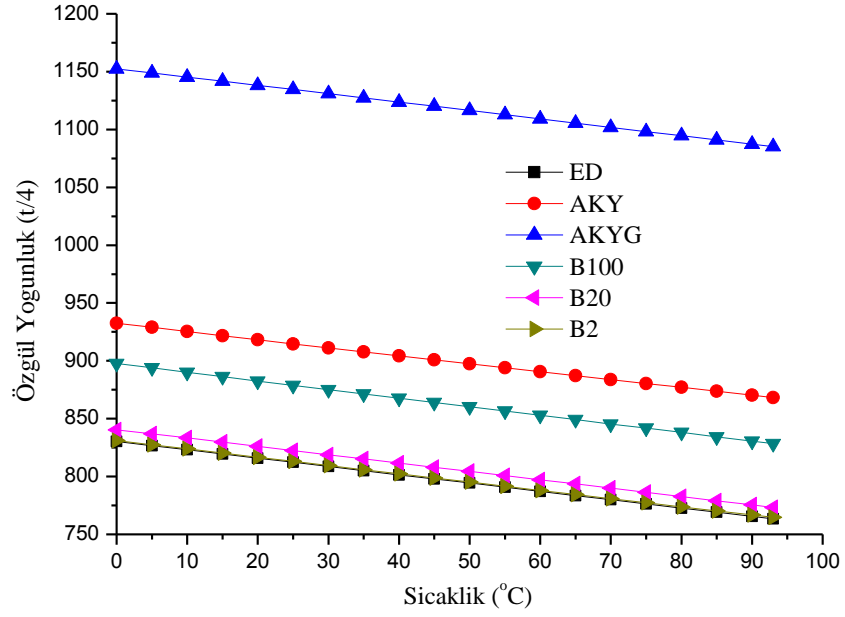
Şekil 3.25 ED, AKY, AKYG, NAKY ve NAKYG'nin Sıcaklığa Bağlı Yoğunluklarının Değişimi



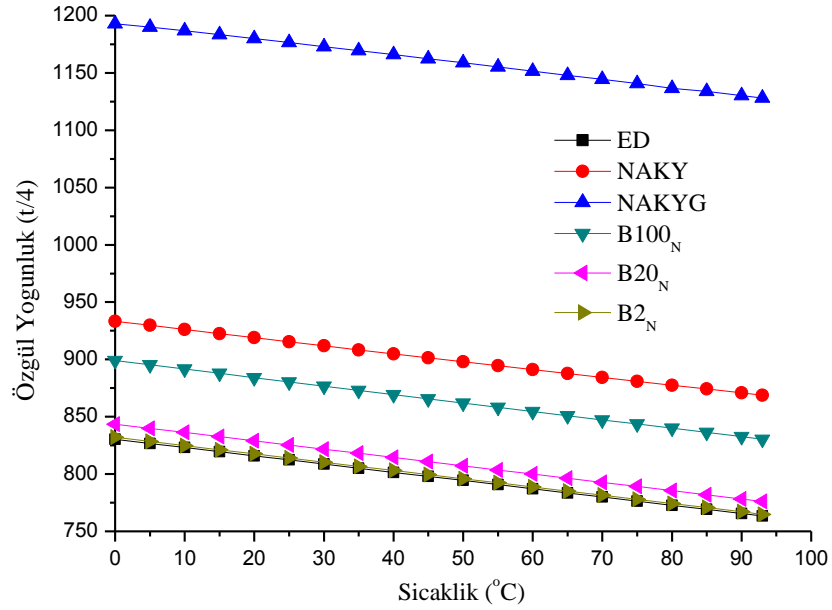
Şekil 3.26 ED, B100, B20, B2, B100<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> ve B2<sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Yoğunluklarının Değişimi

**Tablo3.6** Atık Kızartma Yağı, Nötralize Atık Kızartma Yağı, Atık Kızartma Yağı Gliserolü, Nötralize Atık Kızartma Yağı Gliserolü.  
B100. B100<sub>N</sub>. B20. B20<sub>N</sub>. B2. B2<sub>N</sub> ED Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Olarak Özgül Yoğunluk (t/4) Değerleri

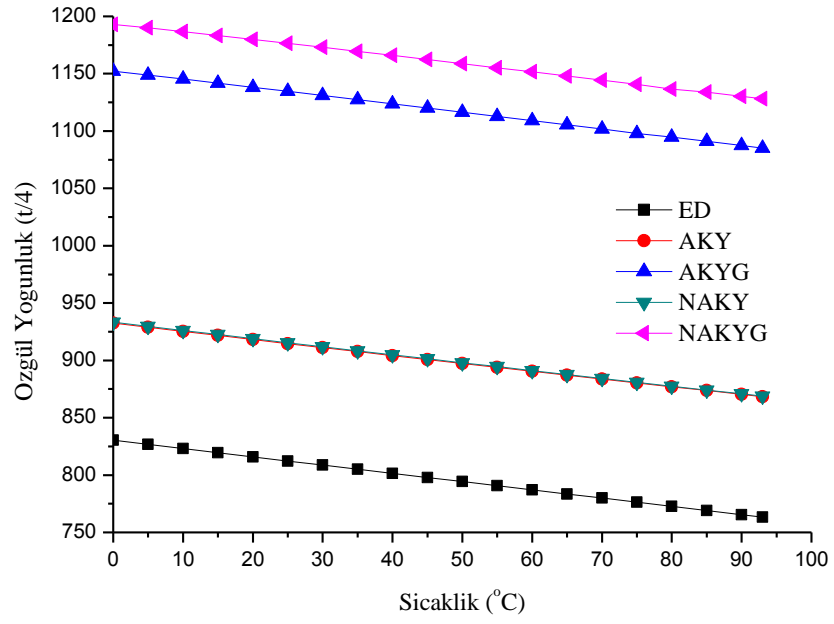
<b>Özgül Yoğunluk (Bağlı Yoğunluk) (t/4)</b>											
<b>Yakıtlar</b>	ED	AKY	AKYG	B100	B20	B2	NAKY	NAKYG	B100 <sub>N</sub>	B20 <sub>N</sub>	B2 <sub>N</sub>
<b>Sıcaklık (°C)</b>											
<b>0</b>	830.37	932.47	1152.31	897.67	840.25	831.12	933.37	1192.98	899.14	843.59	832.04
<b>5</b>	826.72	928.97	1148.85	893.92	837.00	827.49	929.73	1190.11	895.43	839.91	828.44
<b>10</b>	823.11	925.36	1145.34	890.11	833.39	823.87	926.11	1186.72	891.64	836.25	824.81
<b>15</b>	<b>819.49</b>	<b>921.77</b>	<b>1141.74</b>	<b>886.33</b>	<b>829.75</b>	<b>820.25</b>	<b>922.58</b>	<b>1183.32</b>	<b>887.87</b>	<b>832.59</b>	<b>821.20</b>
<b>20</b>	815.89	918.20	1138.19	882.55	826.11	816.70	918.97	1179.90	884.12	828.95	817.58
<b>25</b>	812.28	914.66	1134.60	878.81	822.47	813.09	915.39	1176.47	880.39	825.31	813.94
<b>30</b>	808.69	911.16	1130.99	875.08	818.85	809.50	911.86	1173.01	876.68	821.69	810.33
<b>35</b>	805.09	907.68	1127.37	871.35	815.23	805.92	908.37	1169.51	872.97	818.07	806.72
<b>40</b>	801.47	904.22	1123.75	867.65	811.62	802.35	904.88	1165.98	869.28	814.42	803.12
<b>45</b>	797.90	900.76	1120.11	863.94	808.01	798.77	901.41	1162.40	865.59	810.82	799.52
<b>50</b>	794.42	897.34	1116.46	860.23	804.40	795.19	897.95	1158.81	861.92	807.20	795.92
<b>55</b>	790.71	893.93	1112.81	856.53	800.80	791.61	894.63	1155.20	858.25	803.58	792.32
<b>60</b>	787.12	890.53	1109.14	852.83	797.19	788.03	891.10	1151.57	854.58	799.97	788.72
<b>65</b>	783.53	887.14	1105.45	849.14	793.58	784.45	887.69	1147.94	850.94	796.36	785.12
<b>70</b>	779.94	883.77	1101.75	845.45	789.97	780.90	884.30	1144.33	847.28	792.75	781.53
<b>75</b>	776.30	880.39	1098.00	841.77	786.35	777.34	880.92	1140.71	843.61	789.12	777.91
<b>80</b>	772.75	877.06	1094.63	838.08	782.73	773.79	877.56	1136.46	839.95	785.53	774.32
<b>85</b>	769.14	873.67	1091.01	834.38	779.09	770.28	874.17	1133.82	836.30	781.89	770.68
<b>90</b>	765.52	870.32	1087.38	830.67	775.43	766.75	870.80	1130.28	832.61	778.25	767.05
<b>93</b>	763.34	868.29	1085.21	828.45	773.24	764.66	868.77	1128.17	830.39	776.08	764.87



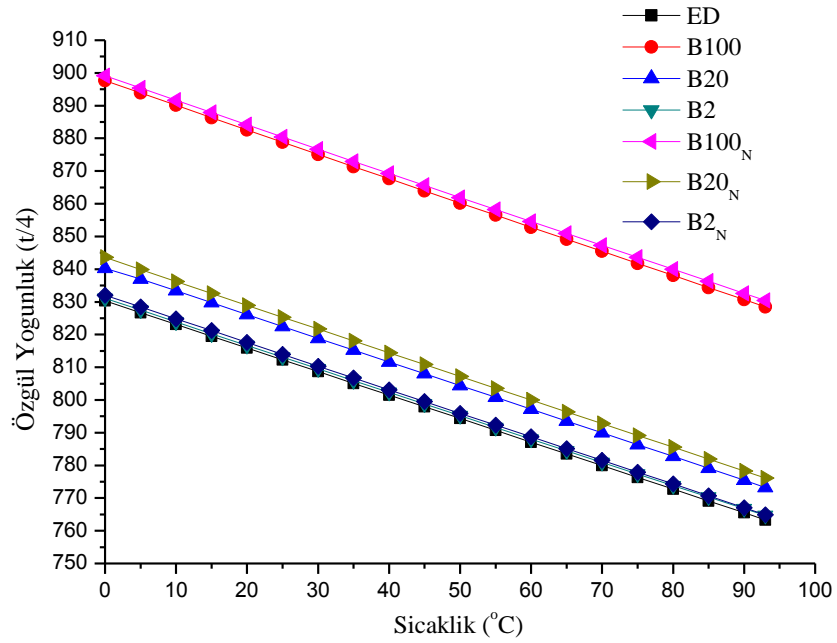
Şekil 3.27 ED, AKY, AKYG, B100, B20 ve B2 Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/4) Değişimi



Şekil 3.28 ED, NAKY, NAKYG, B100<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> ve B2<sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/4) Değişimi



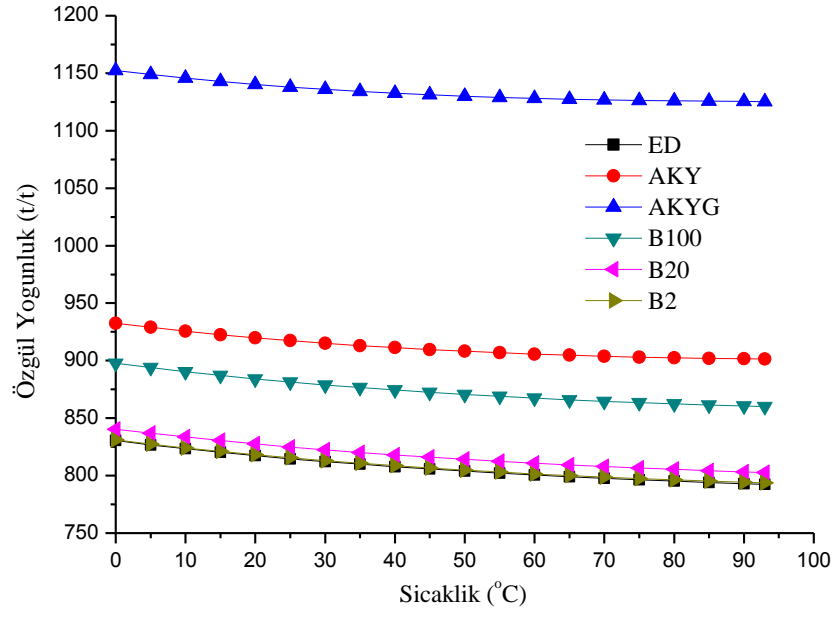
Şekil 3.29 ED, AKY, AKYG, NAKY ve NAKYG'nin Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/4) Değişimi



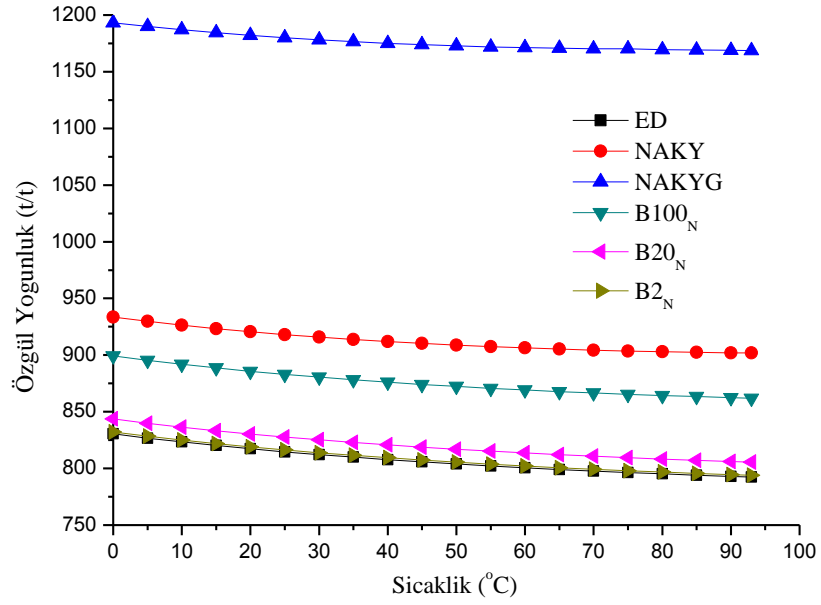
Şekil 3.30 ED, B100, B20, B2, B100<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> ve B2<sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/4) Değişimi

**Tablo 3.7.** Atık Kızartma Yağı, Nötralize Atık Kızartma Yağı, Atık Kızartma Yağı Gliserolü, Nötralize Atık Kızartma Yağı Gliserolü B100. B100<sub>N</sub>. B20. B20<sub>N</sub>. B2. B2<sub>N</sub>ED Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Olarak Özgül Yoğunluk (t/t) Değerleri

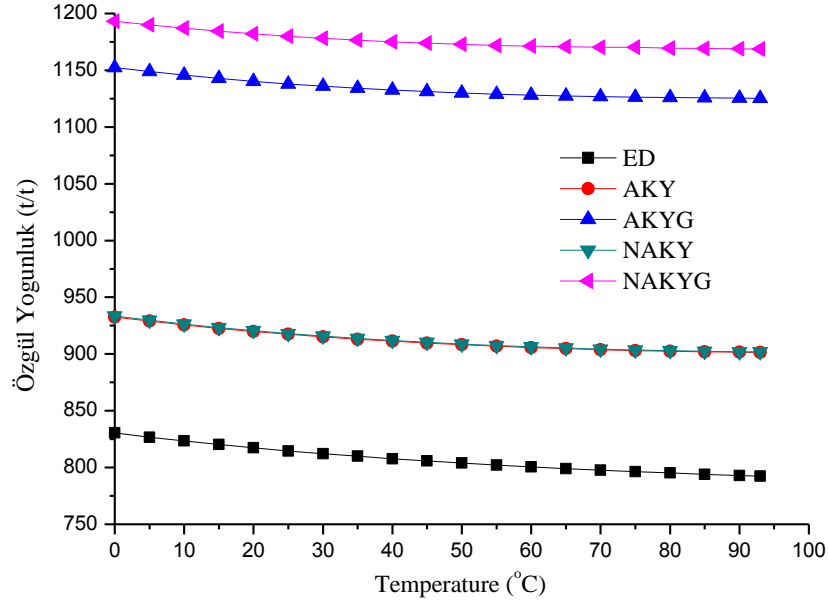
<b>Özgül Yoğunluk (Bağlı Yoğunluk) (t/t)</b>											
<b>Yakıtlar</b>	ED	AKY	AKYG	B100	B20	B2	NAKY	NAKYG	B100 <sub>N</sub>	B20 <sub>N</sub>	B2 <sub>N</sub>
<b>Sıcaklık (°C)</b>											
<b>0</b>	830.48	932.59	1152.46	897.78	840.35	831.23	933.49	1193.13	899.25	843.69	832.15
<b>5</b>	826.72	928.97	1148.85	893.92	837.00	827.49	929.73	1190.11	895.43	839.91	828.44
<b>10</b>	823.34	925.61	1145.65	890.35	833.61	824.10	926.36	1187.04	891.88	836.47	825.04
<b>15</b>	<b>820.21</b>	<b>922.57</b>	<b>1142.74</b>	<b>887.10</b>	<b>830.48</b>	<b>820.98</b>	<b>923.38</b>	<b>1184.35</b>	<b>888.64</b>	<b>833.32</b>	<b>821.92</b>
<b>20</b>	817.34	919.82	1140.20	884.10	827.57	818.14	920.59	1181.98	885.68	830.42	819.03
<b>25</b>	814.60	917.34	1137.93	881.39	824.88	815.48	918.07	1179.91	882.96	827.73	816.33
<b>30</b>	812.20	915.11	1135.90	878.87	822.41	813.02	915.81	1178.09	880.48	825.26	813.85
<b>35</b>	809.91	913.10	1134.11	876.55	820.11	810.74	913.80	1176.49	878.18	822.96	811.54
<b>40</b>	807.74	911.28	1132.53	874.42	817.96	808.62	911.94	1175.09	876.07	820.79	809.40
<b>45</b>	805.77	909.64	1131.15	872.45	815.98	806.65	910.29	1173.86	874.12	818.82	807.40
<b>50</b>	804.02	908.17	1129.94	870.61	814.12	804.80	908.79	1172.81	872.32	816.96	805.53
<b>55</b>	802.17	906.88	1128.94	868.93	812.41	803.08	907.59	1171.94	870.68	815.23	803.80
<b>60</b>	800.55	905.72	1128.06	867.38	810.79	801.47	906.30	1171.22	869.15	813.62	802.18
<b>65</b>	799.05	904.71	1127.35	865.95	809.30	799.99	905.27	1170.68	867.79	812.14	800.67
<b>70</b>	797.60	903.84	1126.78	864.65	807.92	798.64	904.38	1170.33	866.52	810.76	799.29
<b>75</b>	796.33	903.08	1126.31	863.46	806.62	797.38	903.63	1170.12	865.35	809.48	797.97
<b>80</b>	795.16	902.49	1126.01	862.38	805.43	796.23	903.01	1169.44	864.30	808.31	796.78
<b>85</b>	794.05	901.95	1125.71	861.39	804.32	795.22	902.47	1169.22	863.38	807.21	795.63
<b>90</b>	793.01	901.57	1125.40	860.50	803.28	794.28	902.06	1168.98	862.51	806.20	794.59
<b>93</b>	792.43	901.37	1125.25	860.03	802.71	793.80	901.87	1168.75	862.03	805.66	794.01



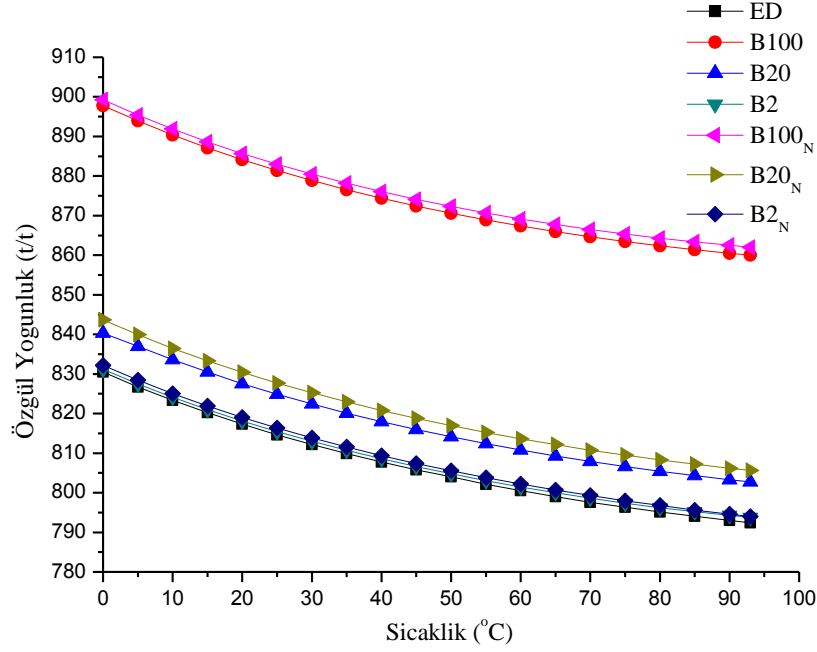
**Şekil 3.31** ED, AKY, AKYG, B100, B20 ve B2 Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluk (t/t) Değişimi



**Şekil 3.32** ED, NAKY, NAKYG, B100<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> ve B2<sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluk (t/t) Değişimi



Şekil 3.33 ED, AKY, AKYG, NAKY ve NAKYG'nin Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/t) Değişimi



Şekil 3.34 ED, B100, B20, B2, B100<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> ve B2<sub>N</sub> Yakıtlarının Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluklarının (t/t) Değişimi



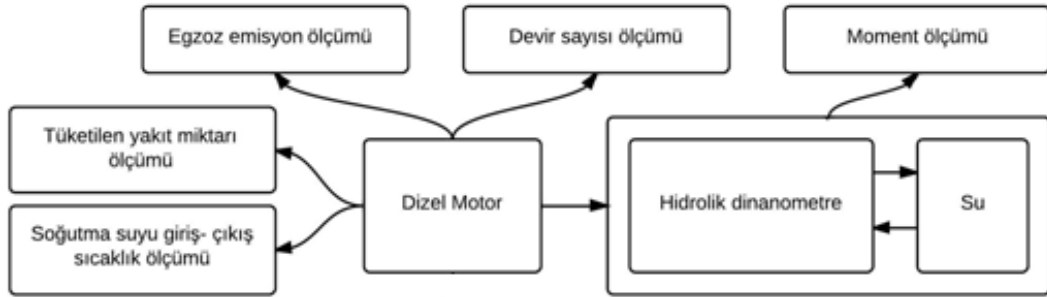
### 3.4.3 Motor Performans Deneyleri

Üretimleri yapılan atık kızartma yağı biyodizeli, nötrale atık kızartma yağı biyodizeli ve B2, B20, B2N, B20N karışım yakıtların motor performansına etkisini incelemek ve çevreye olan etkisini ortaya koymak için yapılmıştır. Deney düzeneği Aksaray Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Otomotiv Programı Otomotiv Laboratuvarında kurulan motor test düzeneğinde gerçekleştirilmiştir.

Mekanik, pnömatik, elektrikli veya hidrolik frenle ölçülen güçler motorun efektif gücünü ifade etmektedir. Fakat efektif gücün, hangi norm cinsinden olduğunu bilmek gerekir; çünkü normlar arasında büyük farklılıklar görülmektedir.

Motor denemeleri TS1231'e göre yapılmıştır. TS 1231 gücü kW cinsinden vermektedir. Bu deneme yönteminde, seri imalattan seçilen motorlar yardımcı organlarıyla (su pompası, vantilatör, yakıt pompası, şarj dinamosu, emme ve egzoz donanımı) beraber denenmektedir. Ölçümler 99 kPa kuru hava basıncında ve +25°C de ve nispi hava neminin %60 olduğu ortamda gerçekleştirilmektedir [45;46].

Deney düzeneği hidrolik dinamometre, motor, egzoz emisyon cihazı ile bunları besleyen ve kontrol eden ünitelerden meydana gelmektedir. Deneme bağlantı şeması Şekil 3.35'de görülmektedir.



Şekil 3.35 Motor Denemelerinin Yapıldığı Deney Düzenekinin Şematik Görünüşü

Motor B2, B20, B100 ve B2<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub>, B100<sub>N</sub> yakıtlarıyla çalıştırılmadan önce, hem bağlantı düzeninin kontrolü ve test düzeneğinin kalibrasyonu, hem de motorun rejime girmesi için yüklenerek 10–12 dakika ED ile çalıştırılmıştır. Dizele şahit yakıt olarak denenmiş ve motor yüklenerek değerler alınmıştır. Daha sonra B2, B20, B100 ve B2<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub>, B100<sub>N</sub> yakıtları denenmiştir.

Her denemeden önce motor çalıştırılarak yüklenmiş ve motorun rejime girmesi sağlanmıştır. Motor denemeleri tam gaz konumunda iken yükleme hidrolik dinamometre ile yapılmıştır.

Yapılan denemelerde motor çalışma sıcaklığına ulaştıktan sonra ölçümlere başlanmıştır. Motor tam gaz konumunda iken, motor yüklenerek motor devir sayısı yüzer yüzer azaltılmıştır. Devir sayısı motor yüklenerek ayarlanmış her devir kademesinde göstergeden okunarak kaydedilmiştir. Aynı devir ve yüklerde ağırlık esasına göre çalışan yakıt ölçer ile yakıt tüketimi ve egzoz emisyon değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Denemeler esnasında atmosferik koşullar belirlenmiştir. Denemeler sırasında yakıt giriş sıcaklıkları 20°C, çevre sıcaklığı da 25°C olarak ölçülmüş ve motor soğutma suyu çıkış sıcaklığı 70°C ( $\pm 5$ )'de sabit tutulmuştur. Denemeler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Egzoz gazı çıkışı dış ortama verilmiştir. Egzoz emisyon ölçüm değerleri tam yükte ve her devir kademesinde ölçülmüştür.

Yakıtların karakteristiklerinin belirlenmesinde motor tam gaz durumunda güç, moment, özgül yakıt tüketimini değerleri motor devir sayısının fonksiyonu olarak incelenmiştir. Ölçümler sonunda elde edilen değerler, OriginPro 8 programı kullanılarak grafikleri çizilmiştir.

#### **3.4.4 Deneysel Verilerin Hesaplanması**

Hem ED yakıtı hem de B2, B20, B2<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> karışım yakıtları, atık kızartma yağı biyodizeli ve nötrale atık kızartma yağı biyodizeli ile yapılan motor denemeleri sonucunda elde edilen değerler kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

Motorda ölçüm yoluyla elde edilen verilerle moment, güç, özgül yakıt tüketimi, toplam verim hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

##### **3.4.4.1 Motor Momenti**

Testlerde, motor momentini ölçümleri için kullanılan dinamometrenin görünüşü Şekil 3.2' de gösterilmiştir. Dinamometre Şekil 3.35' de gösterildiği gibi test motoruna bağlanmıştır. Motorun dönmesi ile birlikte, rotorda aynı yönde dönmeye başlar. Kanatçıklar arasına su dolmaya başladığı andan itibaren rotorun dönme kuvveti

statora tesir ederek döndürmeye çalışır. Stator dönmek isterken yük hücre sine baskı yapar ve bir kuvvet oluşturur. Bu kuvvet motorun döndürme kuvvetidir. Yük hücre si ile motor merkezi arasındaki mesafe Denklem 3.1' de de gösterildiği gibi uygulanarak motorun o anki üretmiş olduğu moment ölçülmüştür.

$$M_e = F \cdot L, (Nm) \quad (3.1.)$$

Burada;  $M_e$  (Nm) Motor momentini,  $F$  (N) yük hücre sinden okunan motorun döndürme kuvvetini,  $L$  (m) ise yük hücre si ile rotor merkezi arasındaki mesafeyi göstermektedir.

#### 3.4.4.2 Güç

Güç, motor moment değeri ve bu momentin elde edildiği açısal hız ile hesaplanmıştır. Gücü ( $P_e$ ) elde edebilmek için kullanılan Denklem 3.5 , Denklem 3.2, 3.3 ve 3.4 denklemleri ile elde edilmiştir.

$$P_e = \omega \cdot M_e, (kW) \quad (3.2)$$

Açısal hız birimi d/d cinsinden yazılırsa,

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{30}, (rad/s) \quad (3.3)$$

Bulunan açısal hız denklem 3.4.'de yerine yazılıp sonuç kW birimine dönüştürüldüğünde,

$$P_e = \frac{\pi n \cdot M_e}{30 \cdot 10^3}, (kW) \quad (3.4)$$

denkle mi elde edilir. Gerekli sadeleştirmeler yapılırsa,

$$P_e = \frac{M_e \cdot n}{9549.3}, (kW) \quad (3.5)$$

### 3.4.4.3 Özgül Yakıt Tüketimi

Özgül yakıt tüketimi ( $b_e$ ), birim güç elde etmek için harcanan yakıt miktarını belirler ve denklem 3.6 kullanılarak hesaplanır.

$$b_e = \frac{\dot{m}_y \cdot 3600}{P_e}, \text{ (gr/kWh)} \quad (3.6)$$

Burada;  $\dot{m}_y$  (gr/s), yakıt debisini göstermektedir.

### 3.4.4.4 Termik Verim

Termik verim, motordan alınan enerjinin motora verilen enerjiye oranıdır. Termik verim Denklem 3.7 kullanılarak hesaplanır.

$$\eta_t = \frac{3600}{b_e \cdot H_u} (\%) \quad (3.7)$$

Burada;  $b_e$  Özgül yakıt tüketimi (kg/kWh),  $H_u$  Deneyde kullanılan yakıt / yakıtların alt ısıl değeri (kJ/kg) dır.

## 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

### 4.1 Deneylerde Kullanılan Yakıtların Özelliklerinin Sonuçları

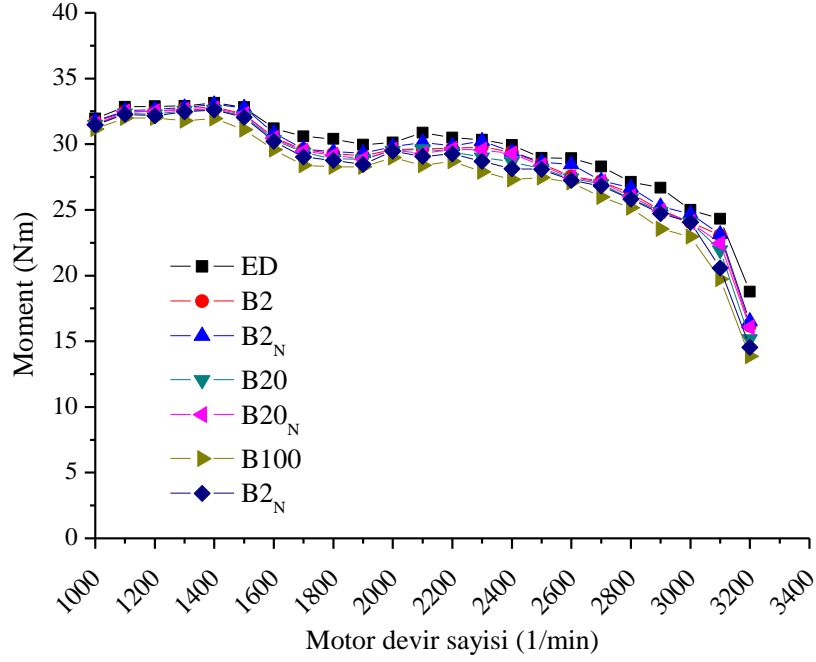
Atık bitkisel kızartma yağı biyodizeli ve nötralize atık bitkisel kızartma yağı biyodizelinin yakıt özellikleri TS EN 14214, B20, B2, B20<sub>N</sub>, B2<sub>N</sub> karışım yakıtları ve dizel yakıtlarının yakıt özellikleri TS 3082 EN 590'a göre karşılaştırıldığında; AKYB ve B20 yakıtının su içeriğinin, NAKYB'nin kinematik viskozite ve su içeriğini standartları sağlamadığı görülmüştür. B20 harici diğer karışım yakıtlarının yakıt özellikleri ise sınır değerler içerisinde çıkmıştır.

### 4.2 Motor Performans Deneme Sonuçları

Yapılan motor denemeleri sonucunda ED, atık kızartma yağı biyodizeli, nötralize atık kızartma yağı biyodizeli ve karışım yakıtları tam gaz durumunda moment, güç, özgül yakıt tüketimi ve toplam verim; motor devir sayısının fonksiyonu olarak çizilmiştir.

#### 4.2.1 Moment Değişimi

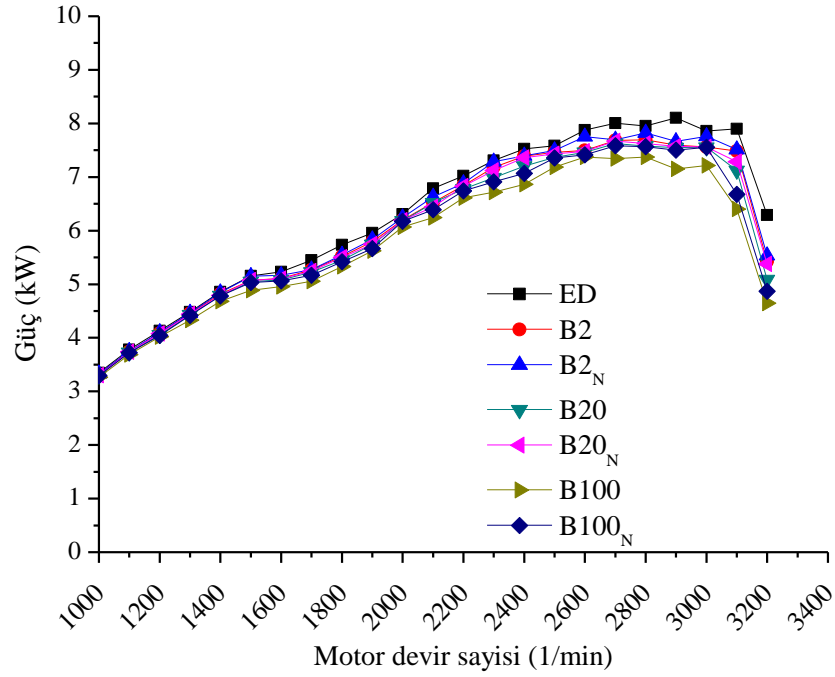
ED, atık kızartma yağı biyodizeli, nötralize atık kızartma yağı biyodizeli ve karışım yakıtları ile yapılan motor karakteristik değerlerinden motor momentinin, motor devir sayısına bağlı olarak değişimi Şekil 4.1'de görülmektedir. Yapılan motor denemesinde, tam yükte, her devir aralığında, atık kızartma yağı biyodizeli (3100 1/min ve 3200 1/min' de sırasıyla, %23.347 ve %35.116 düşüş) diğer devir sayılarında ve B2, B20 karışım yakıtlarında bütün devir sayılarında ED yakıtından daha düşük değerler elde edilmiştir. Nötralize atık kızartma yağı biyodizeli (3100 1/min ve 3200 1/min' de sırasıyla %18.261 ve %29.159 düşüş) diğer devir sayılarında ve B2<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> karışım yakıtlarında bütün devir sayılarında ED yakıtından daha düşük değerler elde edilmiştir. Maksimum motor momenti; ED, B100<sub>N</sub>, B20, B20<sub>N</sub>, B2 ve B2<sub>N</sub> yakıtlarında aynı devir sayısında 1400 1/min'de, B100 yakıtında ise 1100 1/min'de meydana gelmiş ve sırasıyla 33.136, 32.603, 32.637, 32.829, 32.700, 33.029 ve 32.005Nm olarak gerçekleşmiştir.



**Şekil 4.1** ED, Biyodizel ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Moment Değerlerinin Değişimi

#### 4.2.2 Güç Değişimi

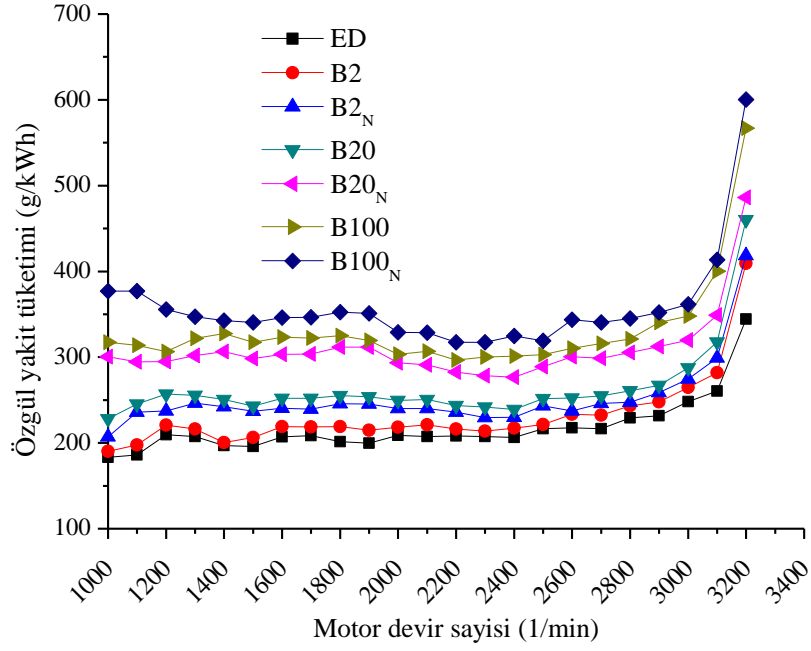
ED, B100, B100<sub>N</sub>, B20, B20<sub>N</sub>, B2 ve B2<sub>N</sub> yakıtları ile yapılan motor karakteristik değerlerinden elde edilen motor gücünün, motor devir sayısına bağlı olarak değişimi Şekil 4.2’de görülmektedir. Yapılan motor denemesinde, tam yükte, her devir aralığında, atık kızartma yağı biyodizelinden elde edilen yakıtın (3100 1/min ve 3200 1/min’ de sırasıyla, %23.346 ve %35.318 düşüş) diğer devir sayılarında ve B2, B20 yakıtlarında ED yakıtından daha düşük değerler elde edilmiştir. Nötralize atık kızartma yağı biyodizelinden elde edilen yakıtın (3100 1/min ve 3200 1/min’ de sırasıyla %18.260 ve %29.159) diğer devir sayılarında ve B2<sub>N</sub>, B20<sub>N</sub> yakıtlarında ED yakıtından daha düşük değerler elde edilmiştir.



**Şekil 4.2** Biyodizel, ED ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Güç Değerlerinin Değişimi

#### 4.2.3 Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi

Motor karakteristik değerlerinden elde edilen Özgül yakıt tüketimi motor devir sayısına bağlı olarak değişimi Şekil 4.3’de verilmiştir. Maksimum güçte (2900 d/d)atık kızartma yağı metil ester yakıtının kullanılmasıyla özgül yakıt tüketimi ED’e göre %47.11 artış, Nötralize atık kızartma yağı metil ester yakıtında ise ED’e göre %52.05 artış meydana gelmiştir. ED, B100, B100<sub>N</sub>, B20, B20<sub>N</sub>, B2 ve B2<sub>N</sub> yakıtları ile yapılan testlerde en düşük özgül yakıt tüketimi sırasıyla, 1000 1/min’de 183.35 g/kWh, 2200 1/min’de 296.61 g/kWh, 2300 1/min’de 317.15 g/kWh, 1000 1/min’de 228.16 g/kWh, 2400 1/min’de 276.43 g/kWh, 1000 1/min’de 190.29 g/kWh ve 1000 1/min’de 207.04 g/kWh’dir

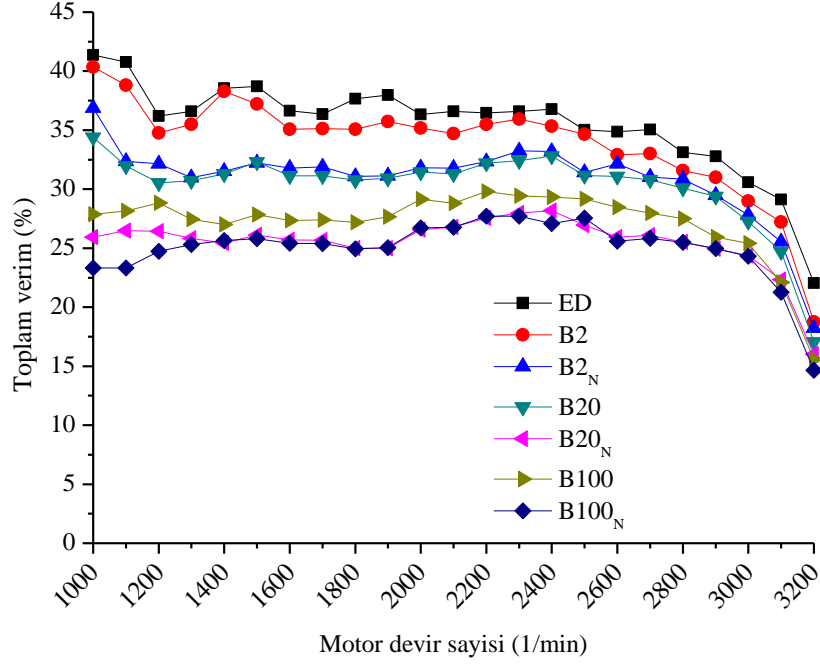


**Şekil 4.3** ED, Biyodizel ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Özgül Yakıt Tüketimi Değerlerinin Değişimi

#### 4.2.4 Toplam Verim

Tüm yakıtlar ve karışım yakıtlarının verimleri ED'e göre her motor devrinde düşük çıkmıştır. B2 yakıtında ise oldukça yakın değerler elde edilmiştir (Şekil 4.4). ED, B2, B2<sub>N</sub> ve B20 yakıtlarıyla yapılan testlerde en yüksek toplam verim 1000 d/d 'da sırasıyla, %41.37, %40.35, %36.88, %34.39 iken; B20<sub>N</sub> yakıtı için 2400 d/d' da %28.19, B100 yakıtı için 2200 d/d'da %29.79 ve B100<sub>N</sub> yakıtı için ise 2300 d/d'da %27.72 olarak belirlenmiştir.





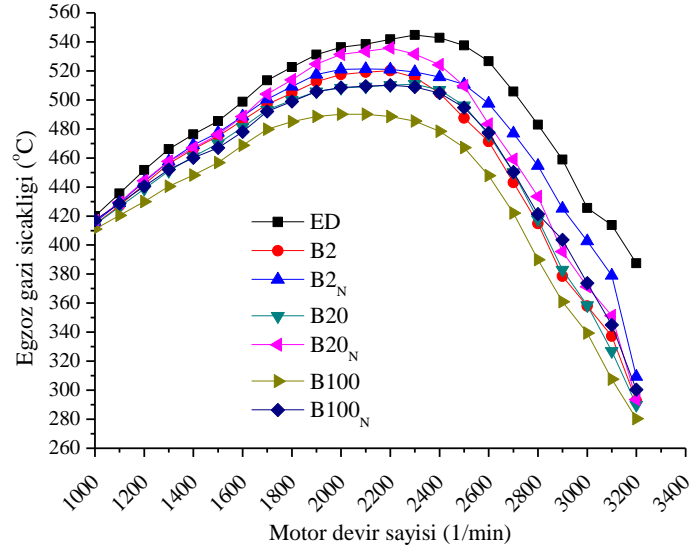
**Şekil 4.4** ED, Biyodizel ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Toplam Verim Değerlerinin Değişimi

### 4.3 Egzoz Emisyon Verileri Sonuçları

Tüm yakıtlar ve karışım yakıtlar kullanılarak yapılan testler sonucunda elde edilen egzoz emisyon değerleri, egzoz gazı sıcaklığı, CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO ve duman koyuluğu parametreleri olarak karşılaştırılmıştır.

#### 4.3.1 Egzoz Gazı Sıcaklığı

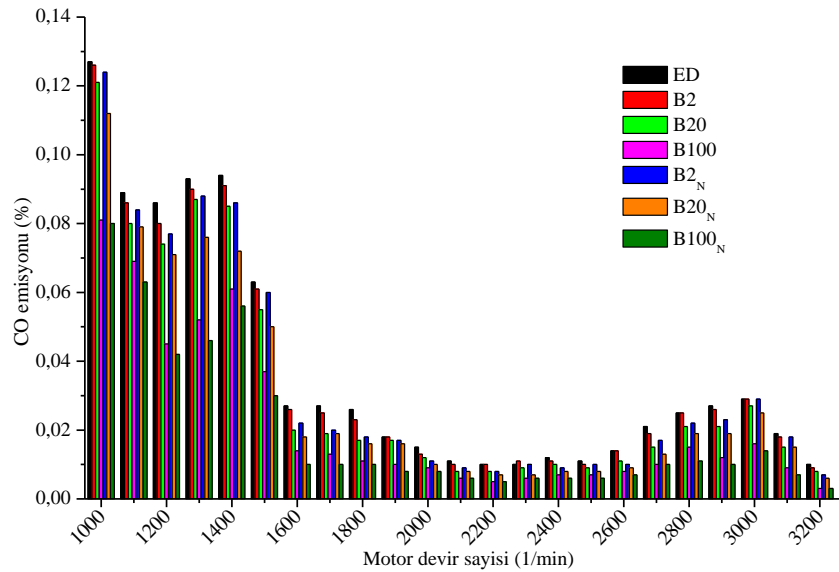
Egzoz gazı sıcaklığı, emisyon parametrelerinin değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir. Maksimum egzoz gazı sıcaklık değerleri, 2100 ve 2300 1/min aralığında elde edilmiştir. ED, biyodizel ve karışım yakıtlarının motor devir sayısına bağlı olarak egzoz gazı sıcaklığı değerlerinin değişimi Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.5** ED, Biyodizel ve Karışım Yakıtlarının Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Egzoz Gazı Sıcaklığı Değerlerinin Değişimi

#### 4.3.2 CO Emisyonu

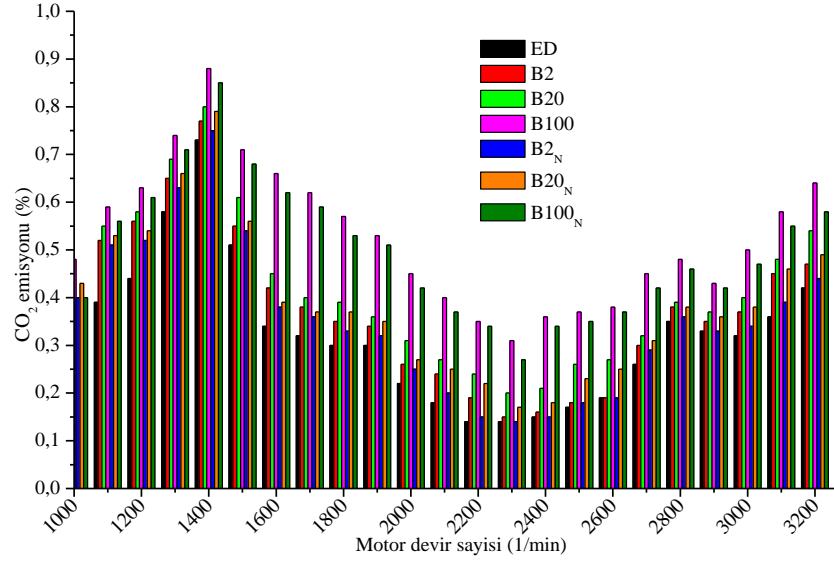
Yapılan testler sonucunda maksimum CO emisyonlarının düşük motor hızlarında olduğu motor hızının artışına bağlı olarak azalma gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.6). CO emisyonlarının oluşmasındaki en önemli sebep yanma odasındaki oksijen miktarının yetersiz olmasıdır. Yakıtların maksimum CO emisyonları 100 1/min’de minimum CO emisyonları ise 2200 1/min’de görülmüştür.



**Şekil 4.6** CO Emisyonunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi

### 4.3.3 CO<sub>2</sub> Emisyonu

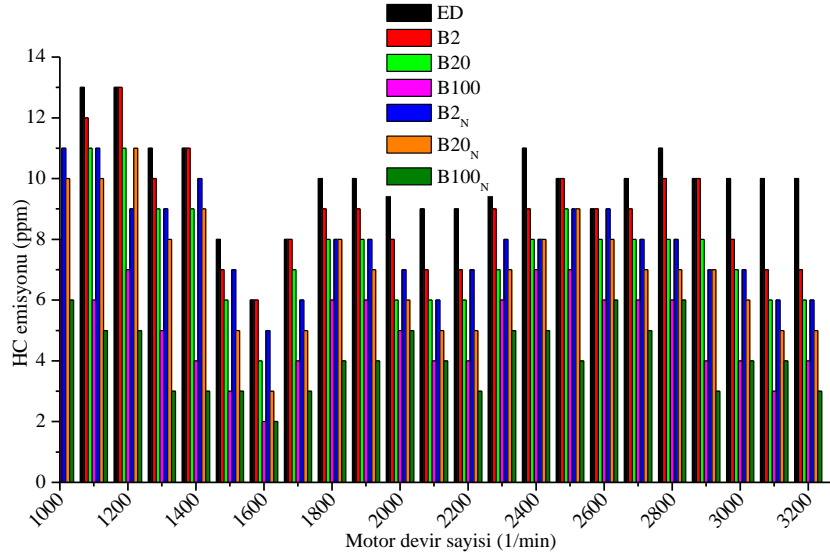
Yapılan testler sonucunda maksimum CO<sub>2</sub> tüm test yakıtları için düzgün bir salınım yapmış ve 1400 1/min motor hızında maksimum 2300 1/min'de ise minimum değere ulaşmıştır (Şekil 4.7). Tam yanmanın bir göstergesi olan CO<sub>2</sub> emisyonu hidrokarbon içerikli yakıtların yanması sonucu açığa çıkan ve atmosferde yarattığı sera etkisi ile küresel ısınmaya neden olan bir gazdır.



Şekil 4.7 CO<sub>2</sub> Emisyonunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi

### 4.3.4 HC Emisyonu

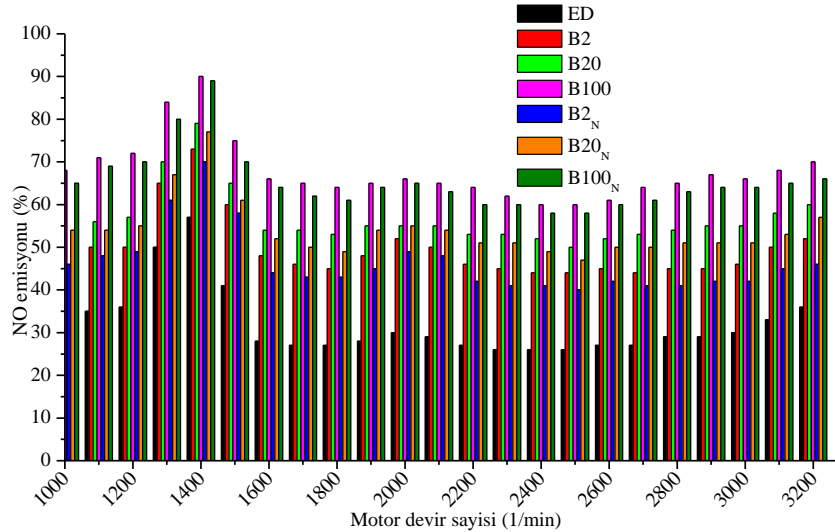
Yapılan testler sonucunda maksimum HC emisyonu düşük motor hızlarında minimum HC emisyonu ise 1600 1/min'de meydana gelmiştir (Şekil 4.8). Yakıtın tam olarak yanamaması, yanma sıcaklığının düşmesi ve oksijenin yetersiz olması gibi nedenler HC emisyonunun oluşmasına sebep olmaktadır.



**Şekil 4.8** HC Emisyonunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi

#### 4.3.5 NO Emisyon

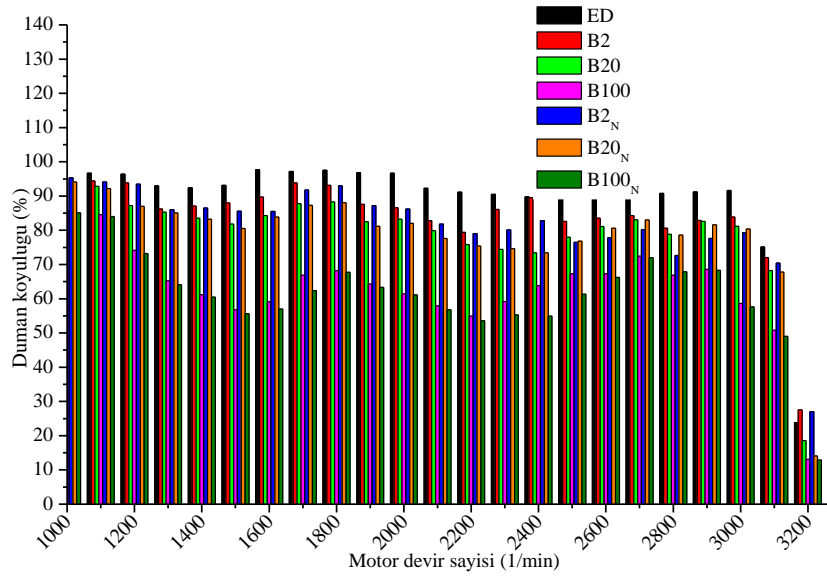
Yapılan testler sonucunda maksimum NO emisyonlarını 1400 1/min motor hızında elde edilmiştir (Şekil 4.9). Normal şartlarda reaksiyona girmeyen N ve O atomları yüksek sıcaklıklarda tepkimeye girerek çeşitli azot oksit bileşiklerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu oluşan bileşikler atmosfere atıldıktan sonra asit yağmurlarının oluşmasına sebep olmaktadır.



**Şekil 4.9** NO Emisyonunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi

#### 4.3.6 Duman Koyuluğu

Yapılan testler sonucunda maksimum duman koyuluğu düşük devir sayılarında görölmektedir (Şekil 4.10). Bunun nedeni ise yanma esnasında oksijenin yetersiz olması, hidrokarbon bileşikli yakıtın çok bulunduğu kısımda katı halde karbon parçacıklarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle emilen hava miktarı ve yakıt içerisinde bulunan oksijen miktarı duman koyuluğunu etkileyen en önemli parametrelerdir.



Şekil 4.10 Duman Koyuluğunun Motor Devir Sayısına Bağlı Olarak Değişimi

Sonuç olarak, biyodizel üretiminin gıda niteliği olmayan yağlardan üretilmesi biyodizel üretim maliyetlerini önemli ölçüde azaltacak ve ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Biyodizel üretiminin sürdürülebilir olması için biyodizel hammaddelerinin gıda harici yağlardan seçilmesi öncelik taşımaktadır. Bu yönüyle atık kızartma yağı ülkemiz için uygun bir hammadde kaynağıdır.

Nötralize edilmiş ve edilmemiş atık kızartma yağlarından elde edilen biyodizellerin ve karışımlarının motor gücü ve moment değerleri ED'e göre daha düşük çıkmıştır. Fakat egzoz emisyonları karşılaştırıldığında biyodizel yakıtlarının daha çevreci olduğu, CO, HC ve duman yoğunluğu emisyonlarının daha düşük; NO ve CO<sub>2</sub> değerleri bir miktar yüksek çıkmıştır.

Toplam verime bakıldığında ED yakıtının en yüksek olduğu, kızartma yağına nötralizasyon işlemi uygulandığında verimin atık kızartma yağı biyodizelinden daha düşük olduğu görülmüştür. Atık kızartma yağına nötralizasyon işlemi uygulandığında sadece egzoz emisyon değerlerinde iyileşme olduğu görülmüştür. Bu da NAKYME 'nin AKYME'ne göre daha çevreci bir yakıt olduğunu göstermektedir.

Bu tez çalışmasında, atık kızartma yağı ve nötralize atık kızartma yağı biyodizele dönüştürülmüş ve tek silindirli dizel bir motorda, gerek saf gerekse karışımlar halinde herhangi bir modifikasyona ihtiyaç duyulmadan başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Atık kızartma yağı ve nötralize atık kızartma yağı biyodizeli ve karışımları, sahip olduğu özellikler bakımından dizel motorlara oldukça uygun bir yakıttır.

## KAYNAKLAR

1. Yaşar, B. Türkiye’de biyodizel üretim maliyeti ve yaşanan sorunlar. VII. Ulusal Temiz Enerji Senpozyumu, UTES’2008, İstanbul, 17-19 Aralık, s.197-204,2008.
2. Behçet, R., Aydın, S. ve Çakmak, A. Bitkisel ve hayvansal atık yağlardan üretilen biyodizellerin tek silindirli bir dizel motorda yakıt olarak kullanılması. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(4):56-62, 2012.
3. Şahin, S. Keten Yağı Biyodizelinin ve Motorinle Karışımlarının Motor Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Konya, Temmuz 2013.
4. Acar, M. EPDK’nın biyoyakıt harmanlama kararları. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs, s.189-193, Samsun, 2014.
5. Anonim. 2013. Petrol Piyasası Sektör Raporu. EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) [http://www.epdk.gov.tr/documents/petrol/rapor\\_yayin/2013\\_Petrol\\_Piyasasi\\_Sektor\\_Raporu.pdf](http://www.epdk.gov.tr/documents/petrol/rapor_yayin/2013_Petrol_Piyasasi_Sektor_Raporu.pdf), 2013.
6. Oğuz, H., Öğüt, H., Eryılmaz, T., Mengeş, H. O. Yağ Tutuculardan Elde Edilen Yağlardan Biyodizel Eldesi ve Kalitesi, ALBİYOBİR, 6 Nisan, Ankara, 2007.
7. Yaşar, B., Türkiye’de Bitkisel Hayvansal Atık Yağlar Sorunu Ve Biyodizel Üretimi, Tarım Ve Mühendislik, Sayı: 78-79, 2006.
8. Anonim, Bitkisel Atık Yağların Yönetimi, T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Nisan, Ankara, 2010.
9. Eryılmaz, T., Hardal Yağı Biyodizelinde Farklı Karışım Oranlarının Dizel Motorlarda Performansa Etkisi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya, 2009.
10. Anonim, Türkiye’de Bazı Yağ Bitkilerinden Biyodizel Üretimi Prosesleri ve Dizel Motorlarında Kullanımının Tarım, Çevre, Gıda, Kimya ve Teknolojik Boyutlarıyla Araştırılması, 2005.
11. Çılgın, E., Menengiç (Pistacia Terenbinthus L.) Yağının Bir Dizel Motorunda Kullanılabilirliğinin Deneysel Araştırılması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 2011.
12. Şen, S., Hayvansal Yağlardan Biyodizel Üretimi Ve Dizel Motor Performans Ve Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 2012.
13. Karabaş, H., Tütün Tohumu Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılma İmkânlarının Araştırılması, Sakarya

- Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Sakarya, 2009.
14. Kaya, A., Kızartma Atığı Yağlarından Süperkritik Alkol Transesterifikasyon Yöntemi ile Biyodizel Elde Edilmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2007.
  15. Demirbaş, A., Biodiesel From Vegetable Oils Via Transesterification In Supercritical Methanol, Energy Conversion And Management, 43:2349-2356, 2002.
  16. Karaosmanoğlu, F., Aksoy, H.A., , Kullanılmış Kızartma Atık Yağının Seyreltme Yöntem İle Alternatif Yakıt Olarak Değerlendirilmesi. Sayfa No: 461 Türkiye Enerji Kongresi. İzmir, 17–22 Ekim, 1994.
  17. Altuntaş, A., Hardal Yağı Biyodizelinde Depolama Süresi Ve Şartlarının Yakıt Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2006
  18. Karaosmanoğlu, F., Cıgızoğlu, K. B., Tüter, M., Biyomotorin Uygulamaları. Mühendis ve Makine Dergisi. İstanbul , Cilt 36 Sayı 431 S 35–39, 1995.
  19. Acaroğlu, M., Oğuz, H., Energy Farming And Standardization of Using Biomass-Biofuel Proceedings Of the 8th International Congress On Mechanization And Energy In Agriculture, Oct.15-17, Kuşadası Turkey, 2002
  20. Tyson, K.S. Biodiesel Handling And Use Guidelines. National Renewable Energy Laboratory NREL/TP 580-30004, September 2001.
  21. Hertz, P. B. Extending Diesel Engine Life And Fuel Economy With Canola Based Fuel Additives. Mechanical Engineering Dept University Of Saskatchewan, Saskatoon SK Canada, 1998.
  22. Savcı, S., Eryılmaz, T., Yeşilyurt, M.K., The effects of biodiesel on the environment. Journal of Selcuk University Natural and Applied Science, ICOEST Conference Part 2, 635-646, 2014.
  23. ENCİNAR, JM., GONZALES, JF., RODRİGUEZ, JJ. and TEJEDOR, A. Biodiesel fuels from vegetable oils, Energy and Fuels, 16, s: 443-450, 2001
  24. TOMASEVIC, A.V., MARINKOVIC, S.S., Methanolysis of used frying oil, Fuel processing technology, 81, s: 1-6, 2003.
  25. Ulusoy, Y., Tekin, Y., Çetinkaya, M., Karaosmanoğlu, F., The Engine Tests Of Biodiesel From Used Frying Oil, Energy Sources, 26:927-932, 2004.



26. Çanakçı, M., Özsezen, A. N., Evaluating Waste Cooking Oils As Alternative Diesel Fuel, Gazi University Journal Of Science, 18(1):81-91 2005.
27. ERGEN, G., KARABEKTAŞ, M., Pamuk yağından üretilen biyodizel yakıtının bir dizel motorda kullanımı, 9.Yanma Sempozyumu, s:51-59 Kırıkkale, 2006.
28. Karadirek, E., Demircan, N., Yalçındağ, S., Biyodizel Ve Çevre, Enerji Bitkileri ve Yeşil Yakıtlar Sempozyumu Ege Üniversitesi, İZMİR. s. 159-166, . 14-15.Aralık 2006
29. KESKİN, A., EKŞİ, KA., The effect of using corn oil biodiesel on performance and emissions of diesel engine, C.B.U., Journal of Science s, 49 -55, 2006
30. Marangoz, D., Kahya, L., Atalay, F.S., 2006. Biyodizel ve Gelecek için Önemi, 2006. Biyodizel Ve Çevre, Enerji Bitkileri ve Yeşil Yakıtlar Sempozyumu Ege Üniversitesi, İZMİR. s. 221-226. 14-15 Aralık 2006
31. Ögüt , H., Oğuz, H., Mengeş , H.O., Eryılmaz, T. Türkiye’de Biyodizel İçin Yerel Üretim Modelinin Uygulanma İmkanları, Enerji Bitkileri ve Yeşil Yakıtlar Sempozyumu. Ege Üniversitesi, İZMİR, 14-15 Aralık .s. 33-40, 2006.
32. Çildir, O., Çanakçı, M., Çeşitli bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör ve Alkol Miktarının Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Kocaeli, Mayıs 2006.
33. Özsezen, A. N., Çanakçı, M., Sayın, C., Atık Kızartma Yağı Kökenli Biyodizelin Ön Yanma Odalı Bir Dizel Motorun Emisyonları Üzerine Etkisi. Biyoyakıt (Biyodizel-Biyoetanol) Sempozyumu, s.41-50, Bursa, 2006.
34. Özsezen, A. N., Çanakçı, M., Atık Kızartma Yağından Elde Edilen Metil Esterin Ön Yanma Odalı Bir Dizel Motorda Kullanımının Performans Ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No 2, 395-404.2008.
35. BULUT, C.. Atık Bitkisel Yağ Metil Esteri Kullanılan Dizel Motorunda Aşırı Doldurma Uygulamasının Motor Performansına Etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Sakarya, 2008.
36. Sekmen, Y., Aktaş, A., Soya Yağı Metil Esterinin Dizel Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkileri. Politeknik Dergisi, Cilt:11, Sayı:3, s.249-254, 2008.
37. Özsezen, A. N., Çanakçı, M., Biyodizel ve Karışımlarının Kullanıldığı bir Dizel Motorda Performans ve Emisyon Analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 15, Sayı 2, s.173.180, 2009.
38. Behçet, R. Aydın, S. İlkılıç, C. Aydın, H. Çakmak, A. V. Atık Kızartma Yağı Metil Esterinin Bir Dizel Motorunda, Motor Performansı ve Egzoz

- Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, 6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu Elazığ, 16-18 Mayıs 2011.
39. Karabaş H., Restoran Atığı Yağların Dizel Motor Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi, 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Samsun s. 453-457 , 5-7 Eylül 2012.
  40. Behçet, R., Aydın, S., Çakmak, A., Bitkisel Ve Hayvansal Atık Yağlardan Üretilen Biyodizellerin Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(4):55-62, 2012.
  41. El-Kassaby, M.,Nemit-Allah, M.,Studyingtheeffect of compressionratio on an engine fueledwithwasteoilproduced biodiesel/dieselfuel. AlexandriaEngineeringJournal, 52:1-11,2013.
  42. Ramakrishan, R.,Jash, T., Optimization of Biodiesel ProductionfromUsedVegetableOilbased on itsKinematicViscosity. International Journal of EngineeringResearch&Technology (IJERT), Vol. 3, Issue 1, pp.1544-1549, January, ISSN:2278-0181, 2014.
  43. Yimer, S.,Sahu, O., Optimization of Biodiesel ProductionfromWaste Cooking Oil. SustainableEnergy, Vol. 2, No.3, 81-84, 2014.
  44. El-Gendy, N. Sh.,Deriase, S. F., Hamdy, A., TheOptimization of Biodiesel ProductionfromWasteFryingCornOil Using Snailshells as a Catalyst. EnergySources, PartA, 36:623-637. ISSN:1556-7036, 2014.
  45. Eryılmaz, T., Ögüt, H., Oğuz, H., Bacak, S., Investigation Of ThePerformanceAndEmissionValues Of Non-StandardFuels At DieselEngines, Journal Of AgriculturalMachineryScience, 6(1), 45-53, 2010.
  46. Aksoy, F., Aksoy, L., Bayrakçeken, H., Eryılmaz, T., Nötralize Atık Kızartma Yağından Metil Ester Üretim Sürecinin Optimizasyonu ve Motor Performans Testleri, 12.Uluslararası Yanma Sempozyumu, s. 361-366, 24-26 Mayıs, Kocaeli, 2012.
  47. Anonymous. TS 1231. İçten Yanmalı Motorlar-Muayene ve Deney Esasları.Ankara, 1991.

## EKLER

### A. Motor Performans Deney Sonuçları

Yakıt Adı: ED				
Motor Devir Sayısı (1/min)	Motor Momenti (Nm)	Güç (kW)	Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)	Toplam Verim % ( $\mu T$ )
1000	31.946	3.3454	183.353	41.375
1100	32.827	3.7815	186.066	40.771
1200	32.888	4.1330	209.526	36.206
1300	32.908	4.4801	207.389	36.579
1400	33.136	4.8582	196.817	38.544
1500	32.811	5.1541	196.017	38.701
1600	31.204	5.2284	207.036	36.642
1700	30.599	5.4476	208.640	36.360
1800	30.415	5.7333	201.389	37.669
1900	29.951	5.9595	199.801	37.968
2000	30.112	6.3069	208.818	36.329
2100	30.860	6.7868	207.345	36.587
2200	30.487	7.0240	208.047	36.464
2300	30.340	7.3077	207.377	36.581
2400	29.930	7.5224	206.255	36.780
2500	28.955	7.5807	216.568	35.029
2600	28.935	7.8785	217.542	34.872
2700	28.307	8.0038	216.389	35.058
2800	27.125	7.9538	229.091	33.114
2900	26.686	8.1045	231.509	32.768
3000	25.004	7.8555	248.034	30.585
3100	24.324	7.8966	260.450	29.127
3200	18.763	6.2877	344.314	22.033

---

**Yakıtın Adı: AKYME B100**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>Motor Momenti (Nm)</b>	<b>Güç (kW)</b>	<b>Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)</b>	<b>Toplam Verim % (<math>\mu</math>T)</b>
<b>1000</b>	31.154	3.2625	317.153	27.862
<b>1100</b>	32.005	3.6868	313.843	28.156
<b>1200</b>	31.991	4.0203	306.599	28.821
<b>1300</b>	31.791	4.3280	321.829	27.457
<b>1400</b>	31.943	4.6832	327.366	26.993
<b>1500</b>	31.104	4.8860	317.468	27.834
<b>1600</b>	29.577	4.9558	323.198	27.341
<b>1700</b>	28.390	5.0542	322.390	27.409
<b>1800</b>	28.276	5.3300	324.942	27.194
<b>1900</b>	28.271	5.6252	319.475	27.660
<b>2000</b>	28.970	6.0677	303.142	29.150
<b>2100</b>	28.382	6.2417	306.702	28.811
<b>2200</b>	28.691	6.6102	296.613	29.791
<b>2300</b>	27.897	6.7194	300.212	29.434
<b>2400</b>	27.310	6.8640	301.174	29.340
<b>2500</b>	27.445	7.1852	302.986	29.165
<b>2600</b>	27.078	7.3729	310.335	28.474
<b>2700</b>	25.976	7.3449	316.041	27.960
<b>2800</b>	25.153	7.3755	321.250	27.507
<b>2900</b>	23.547	7.1512	340.578	25.946
<b>3000</b>	22.956	7.2120	347.712	25.413
<b>3100</b>	19.720	6.4020	400.159	22.083
<b>3200</b>	13.866	4.6466	566.866	15.588

---

---

**Yakıtın Adı: AKYME B100<sub>N</sub>**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>Motor Momenti (Nm)</b>	<b>Güç (kW)</b>	<b>Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)</b>	<b>Toplam Verim % (<math>\mu</math>T)</b>
<b>1000</b>	31.452	3.2937	376.939	23.325
<b>1100</b>	32.285	3.7191	377.090	23.316
<b>1200</b>	32.166	4.0422	355.565	24.727
<b>1300</b>	32.455	4.4185	347.320	25.314
<b>1400</b>	32.603	4.7800	342.735	25.653
<b>1500</b>	32.044	5.0336	340.598	25.814
<b>1600</b>	30.221	5.0637	345.970	25.413
<b>1700</b>	29.034	5.1689	346.428	25.379
<b>1800</b>	28.755	5.4204	352.390	24.950
<b>1900</b>	28.453	5.6613	351.024	25.047
<b>2000</b>	29.467	6.1718	328.984	26.725
<b>2100</b>	29.067	6.3925	328.503	26.764
<b>2200</b>	29.266	6.7425	317.341	27.705
<b>2300</b>	28.686	6.9093	317.150	27.722
<b>2400</b>	28.130	7.0701	324.518	27.093
<b>2500</b>	28.083	7.3524	318.969	27.564
<b>2600</b>	27.233	7.4150	343.512	25.595
<b>2700</b>	26.813	7.5814	340.346	25.833
<b>2800</b>	25.808	7.5677	345.082	25.478
<b>2900</b>	24.710	7.5043	352.024	24.976
<b>3000</b>	24.051	7.5561	361.722	24.306
<b>3100</b>	20.568	6.6773	413.385	21.268
<b>3200</b>	14.527	4.8682	600.354	14.645

---

---

**Yakıt Adı: AKYME B20**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>Motor Momenti (Nm)</b>	<b>Güç (kW)</b>	<b>Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)</b>	<b>Toplam Verim (μT)</b>
<b>1000</b>	31.487	3.2975	228.155	34.385
<b>1100</b>	32.345	3.7260	245.324	31.979
<b>1200</b>	32.268	4.0550	256.933	30.534
<b>1300</b>	32.546	4.4308	255.504	30.705
<b>1400</b>	32.637	4.7849	250.732	31.289
<b>1500</b>	32.157	5.0513	242.867	32.302
<b>1600</b>	30.324	5.0810	252.099	31.120
<b>1700</b>	29.364	5.2277	251.926	31.141
<b>1800</b>	28.893	5.4463	255.064	30.758
<b>1900</b>	28.856	5.7416	253.732	30.919
<b>2000</b>	29.491	6.1767	249.437	31.452
<b>2100</b>	29.635	6.5173	250.657	31.299
<b>2200</b>	29.411	6.7761	243.557	32.211
<b>2300</b>	28.999	6.9848	241.976	32.421
<b>2400</b>	28.658	7.2027	239.198	32.798
<b>2500</b>	28.141	7.3675	251.787	31.158
<b>2600</b>	27.397	7.4596	252.379	31.085
<b>2700</b>	26.971	7.6261	254.837	30.785
<b>2800</b>	25.845	7.5785	260.734	30.089
<b>2900</b>	24.845	7.5454	266.961	29.387
<b>3000</b>	24.054	7.5570	287.606	27.278
<b>3100</b>	21.940	7.1226	317.582	24.703
<b>3200</b>	15.178	5.0863	460.283	17.044

---

---

**Yakıt Adı: AKYME B20<sub>N</sub>**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>Motor Momenti (Nm)</b>	<b>Güç (kW)</b>	<b>Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)</b>	<b>Toplam Verim % (<math>\mu</math>T)</b>
<b>1000</b>	31.507	3.2995	300.298	25.947
<b>1100</b>	32.454	3.7385	294.346	26.472
<b>1200</b>	32.475	4.0811	294.780	26.433
<b>1300</b>	32.611	4.4396	301.727	25.824
<b>1400</b>	32.700	4.7942	306.450	25.426
<b>1500</b>	32.279	5.0706	298.427	26.110
<b>1600</b>	30.458	5.1034	303.108	25.707
<b>1700</b>	29.460	5.2447	303.595	25.665
<b>1800</b>	29.172	5.4989	311.769	24.992
<b>1900</b>	28.867	5.7438	311.681	24.999
<b>2000</b>	29.569	6.1930	293.332	26.563
<b>2100</b>	29.289	6.4412	290.823	26.793
<b>2200</b>	29.642	6.8292	282.668	27.565
<b>2300</b>	29.558	7.1194	278.516	27.976
<b>2400</b>	29.279	7.3589	276.429	28.188
<b>2500</b>	28.375	7.4289	288.992	26.962
<b>2600</b>	27.465	7.4781	300.358	25.942
<b>2700</b>	27.124	7.6693	298.752	26.081
<b>2800</b>	26.003	7.6248	305.225	25.528
<b>2900</b>	24.923	7.5690	312.243	24.955
<b>3000</b>	24.060	7.5589	319.821	24.363
<b>3100</b>	22.446	7.2870	349.084	22.321
<b>3200</b>	16.052	5.3793	486.299	16.023

---

---

**Yakıt Adı: AKYME B2**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>Motor Momenti (Nm)</b>	<b>Güç (kW)</b>	<b>Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)</b>	<b>Toplam Verim (μT)</b>
<b>1000</b>	31.686	3.3182	190.294	40.348
<b>1100</b>	32.468	3.7401	197.770	38.823
<b>1200</b>	32.489	4.0828	220.942	34.751
<b>1300</b>	32.705	4.4524	216.376	35.485
<b>1400</b>	32.829	4.8131	200.535	38.288
<b>1500</b>	32.292	5.0726	206.280	37.221
<b>1600</b>	30.496	5.1099	218.898	35.076
<b>1700</b>	29.582	5.2664	218.546	35.132
<b>1800</b>	29.286	5.5204	218.959	35.066
<b>1900</b>	29.118	5.7937	214.860	35.735
<b>2000</b>	29.595	6.1986	218.289	35.174
<b>2100</b>	29.666	6.5240	221.227	34.707
<b>2200</b>	29.687	6.8396	216.295	35.498
<b>2300</b>	29.800	7.1777	213.646	35.938
<b>2400</b>	29.402	7.3898	217.278	35.337
<b>2500</b>	28.500	7.4614	221.480	34.667
<b>2600</b>	27.539	7.4982	233.385	32.899
<b>2700</b>	27.166	7.6812	232.524	33.020
<b>2800</b>	26.241	7.6944	243.067	31.588
<b>2900</b>	25.005	7.5941	247.665	31.002
<b>3000</b>	24.071	7.5625	264.802	28.995
<b>3100</b>	23.057	7.4851	281.999	27.227
<b>3200</b>	16.179	5.4218	409.283	18.760

---



---

**Yakıt Adı: AKYME B<sub>2N</sub>**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>Motor Momenti Nm</b>	<b>Güç (kW)</b>	<b>Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)</b>	<b>Verim % (μT)</b>
<b>1000</b>	31.771	3.3271	207.038	36.877
<b>1100</b>	32.538	3.7483	235.846	32.372
<b>1200</b>	32.657	4.1039	237.387	32.162
<b>1300</b>	32.784	4.4631	246.576	30.964
<b>1400</b>	33.029	4.8424	242.165	31.528
<b>1500</b>	32.767	5.1471	236.811	32.240
<b>1600</b>	30.847	5.1687	240.259	31.778
<b>1700</b>	29.626	5.2744	239.436	31.887
<b>1800</b>	29.414	5.5445	245.667	31.078
<b>1900</b>	29.317	5.8334	245.209	31.136
<b>2000</b>	29.800	6.2415	239.912	31.824
<b>2100</b>	30.139	6.6282	240.205	31.785
<b>2200</b>	29.857	6.8788	236.044	32.345
<b>2300</b>	30.238	7.2832	229.661	33.244
<b>2400</b>	29.431	7.3971	230.074	33.184
<b>2500</b>	28.631	7.4957	243.091	31.407
<b>2600</b>	28.471	7.7520	237.383	32.163
<b>2700</b>	27.220	7.6964	246.130	31.020
<b>2800</b>	26.674	7.8216	247.572	30.839
<b>2900</b>	25.247	7.6675	258.821	29.499
<b>3000</b>	24.696	7.7588	274.378	27.826
<b>3100</b>	23.147	7.5146	298.900	25.543
<b>3200</b>	16.513	5.5337	418.529	18.242

---

## B. Egzoz Emisyon Değerlerinin Sonuçları

Yakıt Adı: ED					
Motor Devir Sayısı (1/min)	İs (%) (Duman)	CO (%)	CO <sub>2</sub> (%)	HC (ppm)	NO (%)
1000	97.50	0.127	0.350	14	41
1100	96.70	0.089	0.390	13	41
1200	96.40	0.086	0.440	13	36
1300	93.00	0.093	0.580	11	37
1400	92.40	0.094	0.730	11	39
1500	93.10	0.063	0.510	8	39
1600	97.70	0.027	0.340	6	37
1700	97.20	0.027	0.320	8	36
1800	97.50	0.026	0.300	10	38
1900	96.80	0.018	0.300	10	38
2000	96.70	0.015	0.220	10	36
2100	92.30	0.011	0.180	9	37
2200	91.10	0.010	0.140	9	36
2300	90.50	0.010	0.140	10	37
2400	89.80	0.012	0.150	11	37
2500	89.20	0.011	0.170	10	35
2600	89.10	0.014	0.190	9	35
2700	91.20	0.021	0.260	10	35
2800	90.80	0.025	0.350	11	33
2900	91.20	0.027	0.330	10	33
3000	91.60	0.029	0.320	10	31
3100	75.10	0.019	0.360	10	29
3200	23.80	0.010	0.420	10	22

---

**Yakıt Adı: AKYME B100**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>İs (%) (Duman)</b>	<b>CO(%)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO (%)</b>
<b>1000</b>	85.70	0.081	0.480	8	68
<b>1100</b>	84.60	0.069	0.590	6	71
<b>1200</b>	74.10	0.045	0.630	7	72
<b>1300</b>	65.30	0.052	0.740	5	84
<b>1400</b>	61.20	0.061	0.880	4	90
<b>1500</b>	56.80	0.037	0.710	3	75
<b>1600</b>	59.10	0.014	0.660	2	66
<b>1700</b>	66.90	0.013	0.620	4	65
<b>1800</b>	68.20	0.011	0.570	6	64
<b>1900</b>	64.30	0.010	0.530	6	65
<b>2000</b>	61.40	0.009	0.450	5	66
<b>2100</b>	57.90	0.006	0.400	4	65
<b>2200</b>	54.90	0.005	0.350	4	64
<b>2300</b>	59.20	0.006	0.310	6	62
<b>2400</b>	63.80	0.007	0.360	7	60
<b>2500</b>	67.30	0.007	0.370	7	60
<b>2600</b>	67.30	0.008	0.380	6	61
<b>2700</b>	72.40	0.010	0.450	6	64
<b>2800</b>	66.90	0.015	0.480	6	65
<b>2900</b>	68.60	0.012	0.430	4	67
<b>3000</b>	58.60	0.016	0.500	4	66
<b>3100</b>	50.80	0.009	0.580	3	68
<b>3200</b>	13.10	0.003	0.640	4	70

---

---

**Yakıt Adı: NAKYME B100<sub>N</sub>**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>İs (%) (Duman)</b>	<b>CO (%)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO (%)</b>
<b>1000</b>	85.10	0.080	0.400	6	65
<b>1100</b>	84.00	0.063	0.560	5	69
<b>1200</b>	73.20	0.042	0.610	5	70
<b>1300</b>	64.10	0.046	0.710	3	80
<b>1400</b>	60.50	0.056	0.850	3	89
<b>1500</b>	55.60	0.030	0.680	3	70
<b>1600</b>	57.00	0.010	0.620	2	64
<b>1700</b>	62.40	0.010	0.590	3	62
<b>1800</b>	67.70	0.010	0.530	4	61
<b>1900</b>	63.30	0.008	0.510	4	64
<b>2000</b>	61.10	0.008	0.420	5	65
<b>2100</b>	56.80	0.006	0.370	4	63
<b>2200</b>	53.60	0.005	0.340	3	60
<b>2300</b>	55.30	0.006	0.270	5	60
<b>2400</b>	54.90	0.006	0.340	5	58
<b>2500</b>	61.30	0.006	0.350	4	58
<b>2600</b>	66.20	0.007	0.370	6	60
<b>2700</b>	72.00	0.010	0.420	5	61
<b>2800</b>	67.90	0.011	0.460	6	63
<b>2900</b>	68.30	0.010	0.420	3	64
<b>3000</b>	57.60	0.014	0.470	4	64
<b>3100</b>	49.00	0.007	0.550	4	65
<b>3200</b>	12.90	0.003	0.580	3	66

---

---

**Yakıt Adı: AKYME B20**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>İs (%) (Duman)</b>	<b>CO (%)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO (%)</b>
<b>1000</b>	94.6	0.121	0.440	11	55
<b>1100</b>	92.8	0.080	0.550	11	56
<b>1200</b>	87.2	0.074	0.580	11	57
<b>1300</b>	85.3	0.087	0.690	9	70
<b>1400</b>	83.5	0.085	0.800	9	79
<b>1500</b>	81.8	0.055	0.610	6	65
<b>1600</b>	84.3	0.020	0.450	4	54
<b>1700</b>	87.8	0.019	0.400	7	54
<b>1800</b>	88.3	0.017	0.390	8	53
<b>1900</b>	82.5	0.017	0.360	8	55
<b>2000</b>	83.2	0.012	0.310	6	55
<b>2100</b>	79.9	0.008	0.270	6	55
<b>2200</b>	75.8	0.008	0.240	6	53
<b>2300</b>	74.4	0.009	0.200	7	53
<b>2400</b>	73.4	0.010	0.210	8	52
<b>2500</b>	78.0	0.009	0.260	9	50
<b>2600</b>	81.1	0.011	0.270	8	52
<b>2700</b>	83.1	0.015	0.320	8	53
<b>2800</b>	78.8	0.021	0.390	8	54
<b>2900</b>	82.6	0.021	0.370	8	55
<b>3000</b>	81.2	0.027	0.400	7	55
<b>3100</b>	68.2	0.015	0.480	6	58
<b>3200</b>	18.6	0.008	0.540	6	60

---

---

**Yakıt Adı: NAKYME B20<sub>N</sub>**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>İs (%) (Duman)</b>	<b>CO (%)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO (%)</b>
<b>1000</b>	94.10	0.112	0.430	10	54
<b>1100</b>	92.20	0.079	0.530	10	54
<b>1200</b>	87.00	0.071	0.540	11	55
<b>1300</b>	85.10	0.076	0.660	8	67
<b>1400</b>	83.20	0.072	0.790	9	77
<b>1500</b>	80.50	0.050	0.560	5	61
<b>1600</b>	83.90	0.018	0.390	3	52
<b>1700</b>	87.30	0.019	0.370	5	50
<b>1800</b>	88.10	0.016	0.370	8	49
<b>1900</b>	81.20	0.016	0.350	7	54
<b>2000</b>	82.00	0.010	0.270	6	55
<b>2100</b>	77.60	0.008	0.250	5	54
<b>2200</b>	75.40	0.007	0.220	5	51
<b>2300</b>	74.60	0.007	0.170	7	51
<b>2400</b>	73.40	0.008	0.180	8	49
<b>2500</b>	76.80	0.008	0.230	9	47
<b>2600</b>	80.60	0.009	0.250	8	50
<b>2700</b>	83.00	0.013	0.310	7	50
<b>2800</b>	78.60	0.019	0.380	7	51
<b>2900</b>	81.60	0.019	0.360	7	51
<b>3000</b>	80.40	0.025	0.380	6	51
<b>3100</b>	67.80	0.015	0.460	5	53
<b>3200</b>	14.10	0.006	0.490	5	57

---

---

**Yakıt Adı: AKYME B2**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>İs (%) (Duman)</b>	<b>CO (%)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO (%)</b>
<b>1000</b>	95.4	0.126	0.410	13	48
<b>1100</b>	94.4	0.086	0.520	12	50
<b>1200</b>	93.8	0.080	0.560	13	50
<b>1300</b>	86.2	0.090	0.650	10	65
<b>1400</b>	87.1	0.091	0.770	11	73
<b>1500</b>	88	0.061	0.550	7	60
<b>1600</b>	89.7	0.026	0.420	6	48
<b>1700</b>	93.8	0.025	0.380	8	46
<b>1800</b>	93.1	0.023	0.350	9	45
<b>1900</b>	87.6	0.018	0.340	9	48
<b>2000</b>	86.6	0.013	0.260	8	52
<b>2100</b>	82.8	0.010	0.240	7	50
<b>2200</b>	79.4	0.010	0.190	7	46
<b>2300</b>	86.1	0.011	0.150	9	45
<b>2400</b>	89.5	0.011	0.160	9	44
<b>2500</b>	82.6	0.010	0.180	10	44
<b>2600</b>	83.5	0.014	0.190	9	45
<b>2700</b>	84.3	0.019	0.300	9	44
<b>2800</b>	80.6	0.025	0.380	10	45
<b>2900</b>	82.9	0.026	0.350	10	45
<b>3000</b>	83.9	0.029	0.370	8	46
<b>3100</b>	72	0.018	0.450	7	50
<b>3200</b>	27.5	0.009	0.470	7	52

---

---

**Yakıt Adı: NAKYME B2<sub>N</sub>**

---

<b>Motor Devir Sayısı (1/min)</b>	<b>İs (%) (Duman)</b>	<b>CO (%)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>NO (%)</b>
<b>1000</b>	95.30	0.124	0.400	11	65
<b>1100</b>	94.10	0.084	0.510	11	69
<b>1200</b>	93.50	0.077	0.520	9	70
<b>1300</b>	86.00	0.088	0.630	9	80
<b>1400</b>	86.50	0.086	0.750	10	89
<b>1500</b>	85.60	0.060	0.540	7	70
<b>1600</b>	85.50	0.022	0.380	5	64
<b>1700</b>	91.80	0.020	0.360	6	62
<b>1800</b>	93.00	0.018	0.330	8	61
<b>1900</b>	87.20	0.017	0.320	8	64
<b>2000</b>	86.20	0.011	0.250	7	65
<b>2100</b>	81.80	0.009	0.200	6	63
<b>2200</b>	79.00	0.008	0.150	7	60
<b>2300</b>	80.10	0.010	0.140	8	60
<b>2400</b>	82.80	0.009	0.150	8	58
<b>2500</b>	76.50	0.010	0.180	9	58
<b>2600</b>	77.80	0.010	0.190	9	60
<b>2700</b>	80.20	0.017	0.290	8	61
<b>2800</b>	72.60	0.022	0.360	8	63
<b>2900</b>	77.60	0.023	0.330	7	64
<b>3000</b>	79.30	0.029	0.340	7	64
<b>3100</b>	70.40	0.018	0.390	6	65
<b>3200</b>	27.00	0.007	0.440	6	66

---



## ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Ankara’da doğan Ali Koray ÖZGÜN, ilk, orta ve lise öğrenimini sırayla Süleyman Sami Kepenek İ.Ö.O, Ayhan Erkan İ.Ö.O, Sivas Selçuk Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2005 yılında kazandığı Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümünü 2010 yılında başarıyla bitirmiştir.

2012 yılında yüksek lisans eğitimine Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Anabilim Dalında başlamıştır. Yrd. Doç.Dr. Tanzer ERYILMAZ danışmanlığında hazırladığı “Atık Kızartma Yağı ve Nötralize Atık Kızartma Yağından üretilen Biyodizel ve Karışımlarının Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarının Karşılaştırılması” başlıklı seminer sunumunu 2013 yılında yapmış ve tez dönemine başlamıştır.

Mart 2011 tarihinden beri Sürmeli Gaz Doğalgaz Dağıtım A.ş de Altyapı Sorumlu Makine Mühendisi olarak çalışmaktadır.

### İletişim Bilgileri

Adres: 1. Bölge TOKİ

D15 Blok No:7 YOZGAT / Merkez

66050 YOZGAT

GSM: 0542 532 5800

E-posta: korayozgun@gmail.com