

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

Yüksek Lisans Tezi

**ATIK KIZARTMA–NÖTRALİZE ATIK KIZARTMA
YAĞINDAN BİYODİZEL ÜRETİMİNİN
OPTİMİZASYONU VE YAKIT ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Burak METİN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Tanzer ERYILMAZ**

YOZGAT 2018

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

Yüksek Lisans Tezi

**ATIK KIZARTMA–NÖTRALİZE ATIK KIZARTMA
YAĞINDAN BİYODİZEL ÜRETİMİNİN
OPTİMİZASYONU VE YAKIT ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Burak METİN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Tanzer ERYILMAZ

YOZGAT 2018

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı 70112515005 numaralı öğrencisi Burak METİN'nin hazırladığı “**Atık Kızartma-Nötralize Atık Kızartma Yağından Biyodizel Üretiminin Optimizasyonu ve Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi**” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 25/06/2018 Pazartesi günü saat 14:00'da yapılmış, tezin onayına oy birliği ile karar verilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi İlker ÖRS



Jüri Üyesi (Danışman) : Dr. Öğr. Üyesi Tanzer ERYILMAZ



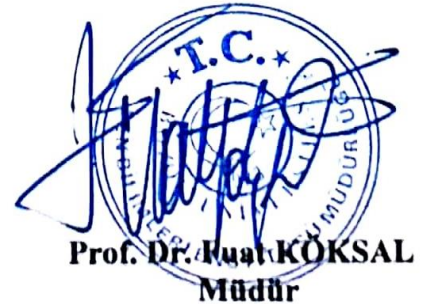
Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 27.../07.../18. tarih ve 28. sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

08.../8.../2018



Prof. Dr. Hıvat KOKSAL
Müdür

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	v
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
TABLolar LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerji	3
1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	5
1.3. Atık Kızartma Yağları.....	7
1.4. Bitkisel Atık Yağların Çevresel Etkileri	7
1.5. Türkiye'nin Atık Kızartma Yağı Potansiyeli	8
1.6. Bitkisel Yağlara Ait Yakıt Özelliklerinin İyileştirmesi Metodları.....	9
1.6.1. Seyreltme Yöntemi	10
1.6.2. Mikroemülsiyon Oluşturma Yöntemi	11
1.6.3. Piroliz (Ayrıştırma) Yöntemi	11
1.6.4. Süperkritik Yöntem.....	12
1.6.5. Transesterifikasyon (Yeniden Esterleştirme) Yöntemi.....	12
1.7. Transesterifikasyon Yöntemine Etki Eden Faktörler	14
1.7.1. Serbest Yağ Asitliği ve Su Muhtevasının Etkisi	15
1.7.2. Alkol ve Molar Oranın Etkisi.....	15

1.7.3. Reaksiyon Sıcaklığının Etkisi	16
1.7.4. Reaksiyon Süresinin Etkisi	16
1.7.5. Katalizör Türünün Etkisi.....	17
1.7.5.1. Baz (Alkali) Katalizörler.....	17
1.7.5.2. Asit Katalizörler	18
1.7.5.3. Enzim Katalizörler	19
1.8. Yakıt Olarak Dizel	20
1.9. Yakıt Olarak Biyodizel	21
1.10. Biyodizel Yakıtının Özellikleri	21
1.10.1. Yoğunluk.....	22
1.10.2. Viskozite	22
1.10.3. Setan Sayısı	23
1.10.4. İyot Sayısı	24
1.10.5. Isıl Değer.....	24
1.10.6. Yağlayıcılık.....	24
1.10.7. Karbon Artığı	25
1.10.8. Kükürt (S) İçeriği	25
1.10.9. Oksidasyon Kararlılığı	26
1.10.10. Su Muhtevası.....	26
1.10.11. Yağlama Yağının Seyrelmesi.....	27
1.10.12. Su ve Tortu Maddeleri	27
1.10.13. Kül Miktarı.....	27
1.10.14. Parlama Noktası	28
1.10.15. Soğuk Akış Özellikleri.....	28
1.10.15.1. Bulutlanma Noktası (BN, CP)	29

1.10.15.2. Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN, CFPP)	30
1.10.15.3. Akma Noktası (AN, PP).....	30
1.10.15.4. Donma Noktası (DN, FP).....	31
1.10.16. Asit Sayısı	31
1.10.17. Biyobozunabilirlik	31
1.10.18. Biyodizelin Depolanması.....	32
1.10.19. Toksik Etki.....	32
1.10.20. Bakır Çubuk Korozyonu Tayini.....	32
1.10.21. Ester İçeriği Ölçümü	33
1.11. Biyodizel Standartları.....	33
1.12. Biyodizel Emisyonları.....	36
1.13. Biyodizelin Malzeme Uyumu	37
1.14. Biyodizelin Tarıma Olan Katkıları.....	37
1.15. Biyodizelin Çevresel Özellikleri.....	39
1.16. Biyodizel Avantajları	40
1.17. Biyodizelin Dezavantajları.....	41
1.18. Türkiye’de Biyodizel	43
1.18.1. Türkiye’de Biyodizel İşleme Lisansına Sahip Firmalar	47
1.19. Dünyada Biyodizel.....	48
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	51
3. MATERYAL METOD	64
3.1. Materyal	64
3.2. Araştırmada Kullanılan Cihazlar.....	64
3.2.1. Yoğunluk Tayini Cihazı.....	64
3.2.2. Kinematik Viskozite Tayin Cihazı.....	65

3.2.3. Parlama Noktası Ölçüm Cihazı.....	65
3.2.4. Su İçeriği Ölçüm (Karl-Fischer Titrasyon) Cihazı	66
3.2.5. Kalori Tayin Cihazı.....	67
3.2.6. BN, SFTN, AN, DN Tayin Cihazı.....	67
3.2.7. Laboratuvar Tipi Karıştırıcı	68
3.2.8. Homojenizatör.....	69
3.2.9. Hassas Terazî	69
3.2.10. Sıcaklık Kontrollü Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı	70
3.2.11. Etüv	71
3.2.12. Renk Ölçüm Cihazı.....	71
3.2.13. Kronometre	72
3.2.14. Termometre.....	72
3.3. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler	73
3.3.1. Metil Alkol.....	73
3.3.2. Sodyum Hidroksit (NaOH)	74
3.3.3. Fosforik Asit (H ₃ PO ₄)	74
3.3.4. Etil Alkol.....	75
3.3.5. Fenolftalein	75
3.3.6. Potasyum Hidroksit.....	76
3.3.7. Dietil Eter.....	76
3.3.8. Ağartma Toprağı	77
3.4. Yöntem.....	78
3.4.1. Atık Bitkisel Kızartma Yağı Asitlik Değeri Ölçümü.....	78
3.4.2. Atık Kızartma Yağı Nötralizasyonu	79
3.4.3. Transesterifikasyon Reaksiyonu ve Optimizasyon	83

3.4.3.1. Katalizör Konsantrasyonunun Optimizasyonu	83
3.4.3.2. Metil Alkol Oranı Optimizasyonu	84
3.4.3.3. Reaksiyon Sıcaklığının Optimizasyonu	85
3.4.3.4. Reaksiyon Süresinin Optimizasyonu	86
3.4.4. AKY ve NAKY'den Biyodizel Üretimi.....	86
4. BULGULAR	90
4.1. DeneYlerde Kullanılan Yağ ve Yakıtlarının Analizleri.....	90
4.1.2. Serbest Yağ Asitliği Tayini.....	90
4.1.3. Farklı Sıcaklıklarda Yakıtlarda ki Kinematik Viskozitenin Değişimi	91
4.2.2. Farklı Sıcaklıklarda Yakıtların Yoğunluk, Özgöl Yoğunluk (t/4) ve Özgöl Yoğunluk (t/t) Değerlerinin Belirlenmesi	92
4.2.3. AKY, NAKY ve Yakıtların Renk Tayini.....	95
4.2.4. AKY, NAKY ve Yakıtların Soğuk Filtre Tıkanma Noktası Tayini	95
4.2.5. AKY ve NAKY'na Uygulanan Optimizasyon Çalışmaları	96
4.2.5.1. Katalizör Konsantrasyonu Optimizasyonu	96
4.2.5.2. Alkol Oranının Optimizasyonu	97
4.2.5.3. Reaksiyon Sıcaklığının Optimizasyonu	98
4.2.5.3. Reaksiyon Süresinin Optimizasyonu	99
5. SONUÇ VE TARTIşMA.....	101
KAYNAKLAR	105
EKLER.....	113
6.1. A. Türkiye'de Biyodizel İşleme Lisansına Sahip Firmaların Bilgileri	113
ÖZGEÇMİş.....	122

**ATIK KIZARTMA-NÖTRALİZE ATIK KIZARTMA YAĞINDAN
BİYODİZEL ÜRETİMİNİN OPTİMİZASYONU VE YAKIT
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Burak METİN

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

2018; Sayfa: 122

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Tanzer ERYILMAZ

ÖZET

Bu çalışmada, atık kızartma yağına (AKY) nötralizasyon işlemi uygulanarak nötralize atık kızartma yağı (NAKY) elde edilmiştir. Bu yağlardan transesterifikasyon yöntemi ile üretim parametrelerini (katalizör miktarı, alkol oranı, sıcaklık ve zaman) değiştirerek optimizasyon uygulanmış, atık kızartma yağı biyodizeli (AKYB) ve nötralize atık kızartma yağı biyodizeli (NAKYB) üretimleri gerçekleştirilmiştir. AKYB ve NAKYB üretim parametrelerinde katalizör miktarı; 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 gr olarak denenmiştir. Alkol miktarı; 10, 15, 20 25 ve 30 gr, sıcaklık değerleri; 30, 40, 50, 60, 70°C ve zaman için 30, 45, 60, 75, 90dk olarak denenmiştir. AKYB için optimizasyon değerleri; katalizör miktarı 0.75 gr, alkol miktarı 20 gr, sıcaklık değeri 50⁰C, reaksiyon süresi 60dk ve reaksiyonun verimi %95.0182 olarak ölçülmüştür. NAKYB için optimizasyon değerleri; katalizör miktarı 0.50 gr, alkol miktarı 20 gr, sıcaklık değeri 60⁰C, reaksiyon süresi 60dk ve reaksiyon verimi %97.172 olarak ölçülmüştür. Yakıt özellikleri için; tüm yakıtların su içeriği değerleri, standart değerlerin biraz üzerinde çıkmıştır. AKYB ve NAKYB için viskozite, yoğunluk, parlama noktası değerleri standart değerler içerisinde çıkmıştır. AKYB üretimi ile AKY'nin viskozitesi %88.5, yoğunluğu ise %4.42 düşmüştür. NAKYB üretimi ile NAKY'nin viskozitesi %88.7, yoğunluk değeri ise %4.42 düşmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, transesterifikasyon, atık kızartma yağı, nötralizasyon, optimizasyon

OPTIMIZATION OF BIODIESEL PRODUCTION FROM WASTE FRYING- NEUTRALIZED WASTE FRYING OIL AND DETERMINATION OF FUEL PROPERTIES

Burak METİN

**Yozgat Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering
Master of Science Thesis**

2018; Page: 122

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Tanzer ERYILMAZ

ABSTRACT

In this study, neutralized waste frying oil (NWFO) was obtained by neutralization of waste frying oil (WFO). The production of waste frying oil biodiesel (WFOB) and neutralized waste frying oil biodiesel (NWFOB) were performed by changing the production parameters (catalyst amount, alcohol ratio, temperature and time) by using transesterification method. The amount of catalyst in the production parameters; 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 g. Alcohol amount; 10, 15, 20, 25 and 30 g, temperature values; 30, 40, 50, 60, 70°C and 30, 45, 60, 75, 90min for the time. Optimization values for WFOB; the catalyst amount was 0.75 g, the alcohol, amount was 20 g, the temperature was 50°C, the reaction time was 60min and the reaction yield was %95.0182. Optimization values for NWFOB; the amount of catalyst was 0.50 g, the alcohol amount was 20 g, the temperature was 60°C, the reaction time was 60min and the reaction yield was %97.172. For fuel properties; all fuels were slightly above of the standard values in water content values. For WFOB and NWFOB, viscosity, density and flash point values are within the standard values. With WFOB production, the viscosity of WFO decreased by 88.5% and density by 4.42%. With NWFOB production, the viscosity of NWFO decreased by 88.7% and density value by 4.42%.

Key Words: Biodiesel, transesterification, waste frying oil, neutralization, optimization

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının oluşumunda büyük pay sahibi olan, bana çok büyük destek veren ve bilgi donanımı ile beni aydınlatan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tanzer ERYILMAZ'a, laboratuvar çalışmalarında görüşleriyle ve yardımlarıyla çalışmama yön veren Dr. Öğr. Üyesi Murat Kadir YEŞİLYURT'a, tezin şekillenmesi için göstermiş olduğu katkılardan dolayı Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI'ya, tez süresince bir an olsun bilgi ve manevi anlamda destek sağlamaktan çekinmeyen Makina Mühendisliği Bölümü Arş. Gör. Volkan ASLAN' a teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam esnasında ve hayatımın her anında desteğini üzerimden eksik etmeyen aileme teşekkür ederim.

Büyük bir sabır ile çalışmalarım ve normal hayatımda, elinden gelen tüm çabayı sevgiyle sarf eden Zeynep KAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım boyunca yardımlarıyla bana güç sağlayan ve fikir alışverişleri yaptığım, Ramazan IRGIN' a ayrıca teşekkür ederim.

Atık kızırtma yağını temin ettiğim Malatya'da bulunan Dergâh Tatlıcısına teşekkür ederim.

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Enerjinin Sınıflandırılması[8]	4
Tablo 1.2. Biyodizel Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması [24]	10
Tablo 1.3. Alkollerin Kritik Sıcaklık ve Kritik Basınç Değerleri[28]	12
Tablo 1.4. Baz Katalizörlü ve Lipaz Katalizörlü Transesterifikasyonların Karşılaştırılması [43].....	19
Tablo1.6. TS EN 14214:2012+A1:2014 Standardı [29]	34
Tablo 1.7. TS EN 590:2013+A1 Standardı [30]	35
Tablo 1.8. ASTM D6751 Standardı [76]	36
Tablo 1.9. B20 ve B100 Emisyon Değerlerinin Dizel Yakıtı ile Karşılaştırılması [77]	36
Tablo 1.10. Biyodizelin Maliyeti	38
Tablo 1.11. Emisyon Bileşenlerinin İnsan Sağlığına Etkileri [81]	40
Tablo 1.12. 2017 Yılı Ekim Ayı Sektör Raporu [90].....	47
Tablo 1.13. 2017 Yılı Kasım Ayı Sektör Raporu [91].....	48
Tablo 4.1. Deneylerde Kullanılan Yakıtların Analiz Sonuçları.....	90
Tablo 4.2. Yağ ve Yakıtların Serbest Yağ Asidi Değerleri.....	90
Tablo 4.3. Yakıtların Değişik Sıcaklıklardaki Kinematik Viskozite Değerleri	91
Tablo 4.4. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Sıcaklığa Bağlı Yoğunluk Değerleri.....	93
Tablo 4.5. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluk (t/4) Değerleri.....	94
Tablo 4.6. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Sıcaklığa Bağlı Olarak Özgül Yoğunluk (t/t) Değerleri.....	95
Tablo 4.7. AKY, NAKY ve Yakıtların Renk ASTM Renk Değerleri	95

Tablo 4.8. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Bulutlanma, Soğuk Filtre Tıkanma, Akma ve Donma Noktası.....	96
Tablo 5.1. TS EN 14214:2012+A1:2014 ve TS EN 590 Standartları Parlama Noktası Değerleri [29,30].....	101
Tablo 5.2. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Parlama Noktaları.....	101
Tablo 5.3. TS EN 14214:2012+A1:2014 ve TS EN 590 Standartları Viskozite Değerleri [29,30].....	102
Tablo 5.4. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Viskozite Değerleri.....	102
Tablo 5.5. TS EN 14214:2012+A1:2014 ve TS EN 590 Standartları Yoğunluk Değerleri [29,30].....	102
Tablo 5.6. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Yoğunluk Değerleri.....	102
Tablo 5.7. TS EN 14214:2012+A1:2014 ve TS EN 590 Standartları Su İçeriği Değerleri [29,30].....	103
Tablo 5.8. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Su İçeriği Değerleri	103

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Türkiye’de Toplam Yenilenebilir Üretim (Mtep) [12]	6
Şekil 1.2. 2005-2014 Ülkemizde Toplanan Kullanılmış Kızartma Yağ Miktarı [20] .	9
Şekil 1.3. Transesterifikasyon Reaksiyonu [31]	13
Şekil 1.4. 1934 Yılında “Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı” [84]...	44
Şekil 1.5. Türkiye’de Biyodizel ve Akaryakıt [88].....	46
Şekil 1.6. Türkiye Biyodizel İşleme Lisansına Sahip Firmaların Haritası [89].....	47
Şekil 3.1. Yoğunluk Tayin Cihazı.....	64
Şekil 3.2. Kinematik Viskozite Tayin Cihazı	65
Şekil 3.3. Parlama Noktası Ölçüm Cihazı.....	66
Şekil 3.4. Su İçeriği Ölçüm Cihazı	66
Şekil 3.5. Kalori Tayin Cihazı.....	67
Şekil 3.6. BN, SFTN, AN, DN Tayin Cihazı.....	68
Şekil 3.7. Mekanik Karıştırıcı	68
Şekil 3.8. Homojenizatör.....	69
Şekil 3.9. Hassas Terazi	70
Şekil 3.10. Sıcaklık Kontrollü Isıtıcıli Manyetik Karıştırıcı	70
Şekil 3.11. Etüv	71
Şekil 3.12. Renk Ölçüm Cihazı.....	71
Şekil 3.13. Kronometre	72
Şekil 3.14. Termometre.....	73
Şekil 3.15. Metil Alkol.....	73
Şekil 3.16. Sodyum Hidroksit (NaOH)	74
Şekil 3.17. Fosforik Asit (H ₃ PO ₄)	74
Şekil 3.18. Etil Alkol (C ₂ H ₆ O).....	75

Şekil 3.19. Fenolftalein	75
Şekil 3.20. Potasyum Hidroksit (KOH)	76
Şekil 3.21. Dietil Eter.....	77
Şekil 3.22. Ağartma Toprağı.....	77
Şekil 3.23. Serbest Yağ Asitliği Tayini.....	78
Şekil 3.24. AKY	79
Şekil 3.25. Nötralizasyon İşlemine Hazırlanan AKY	80
Şekil 3.26. Fosforik Asit, NaOH ve Saf Su Karışımı AKY	80
Şekil 3.27. Fosfor Bileşikleri ve Atıkları Dibe Çökmüş AKY	81
Şekil 3.28. Yıkama İşlemi Sonrası Bekletilmiş AKY	81
Şekil 3.29. Ağartma Toprağı Eklenmiş AKY	82
Şekil 3.30. NAKY	83
Şekil 3.31. Biyodizel Üretim Şeması	89
Şekil 4.1. AKYB Dönüşüm Verimliliğinin Üzerinde Katalizör Konsantrasyonunun Etkisi: 20 gr Metanol Miktarı, 60°C Sıcaklıkta, Reaksiyon Süresi 60dk ve 600d/d Karıştırma Hızı.....	96
Şekil 4.2. NAKYB Dönüşüm Verimliliğinin Üzerinde Katalizör Konsantrasyonunun Etkisi: 20 gr Metanol Miktarı, 60°C Sıcaklıkta, Reaksiyon Süresi 60dk ve 600d/d Karıştırma Hızı.....	97
Şekil 4.3. AKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Metanol Miktarının Etkisi, 0.75 gr Katalizör Miktarı, 60°C Sıcaklıkta, Reaksiyon Süresi 60dk ve 600d/d Karıştırma Hızı	97
Şekil 4.4. NAKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Metanol Miktarının Etkisi, 0.5 gr Katalizör Miktarı, 60°C Sıcaklıkta, Reaksiyon Süresi 60dk ve 600d/d Karıştırma Hızı	98

Şekil 4.5. AKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Reaksiyon Sıcaklığı Etkisi, 0.75 gr Katalizör Miktarı, Reaksiyon Süresi 60dk, Reaksiyon Sıcaklığı 50°C ve 600d/d Karıştırma Hızı.....	98
Şekil 4.6. NAKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Reaksiyon Sıcaklığı Etkisi, 0.5 gr Katalizör Miktarı, Reaksiyon Süresi 60dk, Reaksiyon Sıcaklığı 60°C ve 600d/d Karıştırma Hızı.....	99
Şekil 4.7. AKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Reaksiyon Süresi Etkisi, 0.75 gr Katalizör Miktarı, Reaksiyon Süresi 60dk, Reaksiyon Sıcaklığı 50°C ve 600d/d Karıştırma Hızı.....	100
Şekil 4.8. NAKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Reaksiyon Süresi Etkisi, 0.5 gr Katalizör Miktarı, Reaksiyon Süresi 60dk, Reaksiyon Sıcaklığı 60°C ve 600d/d Karıştırma Hızı.....	100

SİMGELER VE KISALTMALAR

AKY	: Atık Kızartma Yağı
AKYB	: Atık Kızartma Yağı Biyodizeli
AN	: Akma Noktası
AOÇ	: Atatürk Orman Çiftliği
ASTM	: American Society for Testing and Material
B20	: Hacimsel Olarak %20 Biyodizel
B100	: Hacimsel Olarak %100 Biyodizel
BN	: Bulutlanma Noktası
CEN	: Committee for European Normalisation
CFPP	: Cold Filter Plug Point
CH₄	: Metan
CO	: Karbon monoksit
CO₂	: Karbon Dioksit
DIN	: Deutsches Institut für Normung
DMC	: Dimetil Karbonat
ED	: Euro Dizel
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
DN	: Donma Noktası
FAME	: Fatty Acid Methyl Esters
FAO	: Food and Agriculture Organization
H₂SO₄	: Sülfirik Asit
HC	: Hidrokarbon
HCl	: Hidroklorik Asit
HF	: Hidroflorik Asit

H₃PO₄	: Fosforik Asit
IRENA	: The International Renewable Energy Agency
ISO	: International Organization for Standardization (Uluslararası Standart Teşkilatı)
KOH	: Potasyum Hidroksit
m/m	: Kütleli Oran
Mpa	: Megapaskal
MTPE	: Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
NAKY	: Nötralize Atık Kızartma Yağı
NAKYB	: Nötralize Atık Kızartma Yağı Biyodizeli
NO_x	: Azot oksit
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NaOMe	: Sodyum Metoksit
PAH	: Poliaromatik Hidrokarbon
REN	: Renewable Energy
RFS₂	: Renewable Fuel Standart
SFTN	: Soğuk Filtre Tıkanma Noktası
SO₂	: Kükürtdioksit
SO₃	: Kükürt Trioksit
SO_x	: Kükürtoksit
SYA	: Serbest Yağ Asitliği
v/v	: Hacimsel Oran
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
YAME	: Yağ Asidi Metil Esteri

1. GİRİŞ

Günlük yaşantımız içerisinde enerji oldukça önemli bir yer tutmaktadır ve tüm ülkelerin sosyo ekonomik gelişimlerinde de aynı derecede önem arz etmektedir. Hızla artan nüfus sayısı, sanayide gelişme ve kentleşme olguları, küreselleşmenin sonucunda artmakta olan ticaret olanakları, doğal kaynaklara ve enerjiye olan isteği sürekli olarak artırmaktadır. Güvenilebilir, daha ucuz ve daha temiz enerji arzı günümüzde en büyük sorun haline gelmiş bulunmaktadır. Türkiye'nin de içerisinde yer aldığı birçok ülkede, sosyal ve ekonomik anlamda kalkınabilmenin temel girdilerinden olan enerjiye, her geçen gün daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır [1]. Dolayısı ile hidrolik, termik, nükleer santraller ve kömür veya petrol aracılığı ile yakıtlara olan ihtiyacın karşılanamayan bir duruma gelecek olması kaçınılmaz bir gerçektir. Özellikle kömür ve petrol rezervlerinin yeryüzünde kısıtlı oluşu ve muhakkak tükenecek oluşu, doğal olarak tüm Dünya'da enerji açığı oluşturmaktadır. Enerji yokluğunda bir endüstri, endüstri olmayışında ise refah, mutlu bir toplum veya bağımsızlığını koruyabilme yetisi olmayacağından, enerjisiz bir ülke siyaseti asla düşünülemez.

Dünya üzerinde, enerji kaynaklarının paylaşılması ve kullanımıyla ilgili sorunlar, insanlık barışını ciddi anlamda tehdit etmektedir. Özellikle de fosil kökenli ve nükleer enerji rezervlerinin, Dünyanın sadece belirli alanlarında bulunması, bu durumu daha da önemli bir hale taşımaktadır. Bu nedenle; dünya petrol rezervlerinin %66'lık kısmına sahip durumda olan Ortadoğu bölgesi, senelerdir belirsizliğe ve savaşlara birinci tanık olmakta, bu savaşlar ise burada yaşayan insanların acı çekmesine sebep olmaktadır [2].

Daha 1970'li yılların ortalarına doğru meydana gelen petrol krizi sonucunda, petrol ürünleri piyasadan geri çekilmiş ve buna paralel olarak da petrol fiyatlarının artmasına sebep olmuştur. Petrol kaynaklarıyla ilgili yaşanılan olumsuzluklar, alternatif yakıtlara olan yönelişi hızlandırmıştır. Bu anlamda yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında bulunan biyokütle enerjisi, teknik anlamda en büyük potansiyele sahip olan enerji seçeneğidir [3].

Fosil kaynaklı yakıtların hava kirliliğine sebep oluşu ve rezervlerindeki hızlı tükenme araştırmacıları alternatif yakıt arayışlarına yöneltmektedir. Petrole olan bağımlılığı azaltabilmek amacıyla biyodizel gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilebilmesi oldukça önem arz etmektedir [4].

Son dönemlerde farklı türde yağlar (bitkisel, hayvansal ve atık yağlar) ve yöntemler kullanılmakta olup, biyodizelin üretimleri gerçekleştirilmekte, dizel motorlarında saf bir şekilde veya normal dizel yakıtına belirli oranlarda karıştırılması sağlanarak yakıt olarak kullanılabilir. Biyodizelin dizel motorlarda kullanımını cazip kılan birçok neden bulunmaktadır. Örnek olarak atık yağlar bahsi geçen özelliklere sahip hammaddelerdir. Biyodizelin üretilmesinde kullanılan yağlı tohum bitkilerinin yetiştirilmesi için ekim alanlarının sınırlı oluşu ve bitkisel yağların gıda amacıyla kullanılması, atık yağların önemini giderek arttırmıştır [5].

Ülkemizde akaryakıt kullanımlarına ve buna istinaden gereksinim duyulan yenilenebilir enerji konusunda dikkat çeken Mustafa Acar; yıllık ortalama göz önüne alındığında 16 milyon tona ulaşan motorin ve 3 milyon tonu aşan benzin tüketimi gerçekleştiğini belirtmiştir. Ayrıca biyoyakıtın elde edilebilmesi için, senelik 0,48 milyon ton bitkisel yağa gereksinim olacağına dikkat çekilmiştir. Türkiye'nin yıllık bitkisel yağ üretimi göz önünde bulundurulunca bu rakam 0.6 milyon tondur. Ülkemiz bu şekilde maalesef doğrudan ithalatçı durumuna düşmektedir. Ülkemizde en fazla döviz petrolden sonra bitkisel yağlar için ödenmektedir [6].

Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği Başkanı Tahir BÜYÜKHELVACIGİL, "Yağlı Tohumlu Bitkiler & Bitkisel Yağlar Konferansı 2017" adlı konferansta bitkisel yağlar ve ülkemizin durumu hakkında bilgiler vermiştir. 2016 yılında Türkiye'nin yağlı tohum üretimi yaklaşık 2.7 milyon tondur. Konferansta Türkiye'nin bitkisel yağ sanayinde hammadde yönünden %75 oranında ithalatçı bir ülke konumunda olduğu belirtilmiştir. Ülkemizin rafineri kapasitesi yıllık 4 milyon ton ve 100 tesisimizin 2016 yılı kapasite kullanım oranı ise %70'dir. Yağlı tohum işleme kapasitemiz yıllık 8 milyon ton olmasına rağmen, 110 tesisimizin 2016 yılı kapasite kullanım oranı sadece %55 seviyelerinde kalmıştır.

2016 yılının ilk 7 ayında yağlı tohum ve türevlerinin ithalatı 416 bin ton olurken 2017'nin ilk 7 ayında bu rakam 525 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde 2016 yılında tarım ürünleri ithalatı 11 milyar dolar, yağlı tohum ve türevleri 3.5 milyar dolar ile dünyada ilk sıralarda yerini almıştır. Gıda amaçlı yağlı tohum ve ham yağ ithalatı için 2.2 milyar dolar ödeme yapan ülkemizin, tarım ürünleri ihracatında dış ticaret açığı olmadığı halde, yağlı tohum ve türevlerinde 2.5 milyar doların üzerinde dış ticaret açığı bulunmaktadır. 2016 yılında Türkiye yaklaşık 3 milyon ton yağ arzının sadece 751 bin tonunu yerli üretimle karşılamış ve hammadde ihtiyacının %75'ini ise ithalatla karşılamıştır. Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği Başkanı HELVACIGİL, mevcut yağ açığı ve yapılan yüksek ödemeler için yağlı tohum üretiminin artırılmasının stratejik bir önem taşıdığını vurgulamış ve sektörün hammaddede dışa olan bağımlılıktan kurtulabilmek için doğru destekleme politikalarının geliştirilmesi ve uygulanmasını önermiştir [7].

Bu çalışmada, temin edilen atık kızartma yağına nötralizasyon işlemi uygulanarak, atık kızartma yağından ve nötralize edilmiş atık kızartma yağından transesterifikasyon yöntemi ile optimizasyon yapılarak biyodizel üretilmiştir. Üretilen biyodizeller ile standart dizel yakıtının fiziksel ve kimyasal yakıt özellikleri incelenmiştir.

1.1. Enerji

Enerji kaynaklarını kategorilerine ayırmak gerektiğinde ikili bir ayırım yapmak mümkündür. Bu ayırmda enerji kaynaklarının birinci türü kullanılabilir enerji kaynaklarıken, ikincisi dönüştürülebilir enerji kaynaklarıdır. Kullanılabilir kaynaklar yenilenme ve yenilenememe ayırımına tabi tutularak ikiye ayrılırken, dönüştürülebilir kaynaklar ise birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji kaynakları şeklinde yeniden iki ayrı bölüme ayrılır. Enerjinin sınıflandırılması Tablo 1.1'de verilmiştir [8].

Tablo 1.1. Enerjinin Sınıflandırılması[8]

KULLANILABİLİRLİKLERİNE GÖRE	DÖNÜŞTÜRÜLEBİLMELERİNE GÖRE
<i>A) YENİLENEMEYEN (TÜKENEN)</i>	<i>A) BİRİNCİL (PRİMER)</i>
a) Fosil kaynaklı - Kömür - Doğalgaz - Petrol b) Çekirdek Kaynaklı - Uranyum - Toryum	- Kömür - Petrol - Doğal gaz - Nükleer - Biyokütle - Hidrolik - Güneş - Rüzgâr - Deniz Kökenli Enerjiler
<i>B) YENİLENEBİLEN (TÜKENMEYEN)</i>	<i>B) İKİNCİL (SEKONDER)</i>
-Güneş - Rüzgâr - Jeotermal - Hidrolik - Hidrojen - Biyokütle - Deniz Kökenli Enerjiler	- Elektrik, Benzin, Motorin - İkincil Kömür - Kok, Petro Kök - Hava Gazı - Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Evrensel birincil enerji kaynaklarının tüketimi 2015 yılına oranla 2016 yılında %1'lik bir artış göstererek ve 13276 milyon ton petrole eşdeğere (Mtpe) ulaşmıştır. 2016 yılında evrensel birincil enerji kaynaklarının tüketiminin en çok olan ülke olarak, 3053 Mtpe ile Çin ilk sırada yer alırken, 2272 Mtpe'lik tüketim ile ABD ikinci sırada yerini almaktadır. Bu sayısal verilerle birlikte birincil enerji kaynaklarının tüketiminde, Çin'de 2016 yılında %1.3 oranında artış olmasına rağmen, 16 yıldır dünyanın en büyük enerji büyümesi gösteren ülkesi olarak kalmıştır. Çin, dünya genelindeki enerjinin %23'ünü kullanarak ilk sırada yer almaktadır. 2016 yılında her ne kadar %0.4 oranında bir azalış gösterse de, ABD %17'lik oranıyla birincil enerji kaynaklarının tüketilmesinde Çin'i ikinci sırada takip etmektedir.

2016 yılında birincil enerji kaynaklarındaki tüketim miktarında Türkiye'de %4.2 oranında artış sağlandı. Bu verilere bakıldığında Türkiye, evrensel birincil enerji

kaynaklarının sadece %1'ini tüketiyor. 2016 yılında Türkiye'de toplamda 138 Mtpce birincil enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Türkiye bu tüketimin ise 41.2 Mtpce'ni petrol, 38.4 Mtpce kömür, 37.9 Mtpce doğalgaz, 15.2 Mtpce hidroelektrik ve 5.2 Mtpce yenilenebilir enerjiden karşılamıştır. Bunların yanı sıra dünyada bulunan enerjinin %1'ini kullanan Türkiye'de 2016 yılında doğalgaz tüketiminde azalma meydana geldi ancak kömür, petrol ve yenilenebilir enerji tüketiminde bir artış oldu.

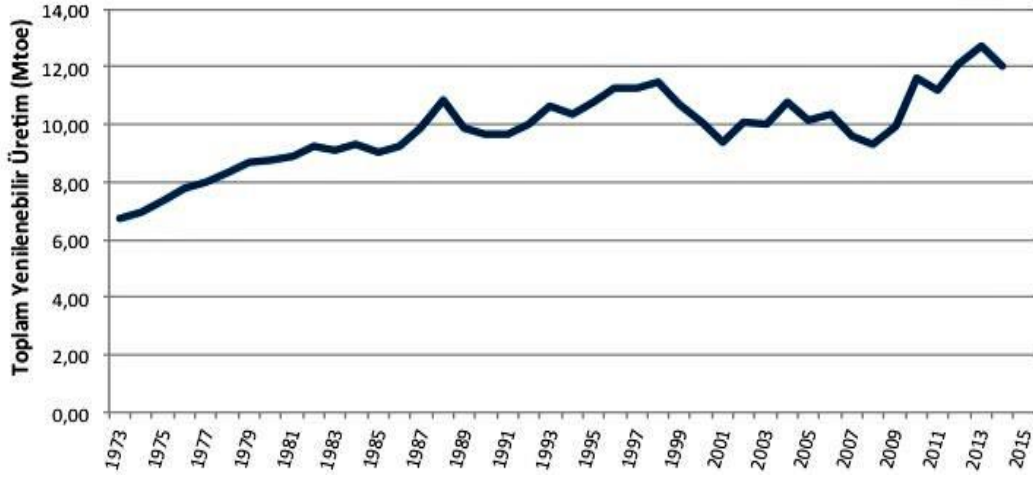
Evrensel birincil enerji tüketiminde %85 oranında fosil yakıtlar kullanılırken, evrensel enerji tüketiminin %33'ü petrol, %28'i kömür, %24'ü doğalgaz olarak sıralanmıştır [9].

1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Bu tür enerji kaynakları, doğanın kendi olağan düzeni dahilinde bulunan ve kullanıldıktan sonraki bir zamanda tekrar bulunarak kullanılması mümkün olan kaynaklardır. Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, doğada bulunan bitki artıkları, hidro, biokütle, denizlerin hareketlerinden kaynaklanan dalga ve ayrıca gelgit bu tür enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilir [10].

Ülkemiz, 26 Ocak 2009'da Almanya'nın Bonn şehrinde gerçekleştirilen konferans sonucunda karşılıklı imzaları atılan anlaşma ile yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine verdiği değerin bir ifadesi olarak, Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) kurucu bir üyesi olarak yerini almıştır [11].

Ülkemizde 1973 yılından 1988 yılına kadar çoğunlukla artış gösteren enerji üretiminin, 1994, 1999, 2001 ve 2009 yılları ekonomik krizlerinde düşüşe geçtiği Şekil 1.1'de görülmektedir. Bu tesis alanlarının maliyetinde ki yükseklik, uygulama alanlarının azlığı ve özellikle küçük işletmelerle sınırlı kalmış olmasından kaynaklanmış olabilir. Ancak 2015 yılında toplam yenilenebilir kaynaklarından enerji üretiminin arttığı ve 12 Mtep'a ulaştığı görülmektedir [12].



Şekil 1.1. Türkiye’de Toplam Yenilenebilir Üretim (Mtep) [12]

Dünya geneline bakıldığında yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi 2016 yılında 2015 yılına kıyasla %14.1’lik bir artış göstermiş ve 419 Mtpе ulaşmıştır.

2016 yılında yenilenebilir enerji kullanarak en fazla elektrik elde eden ülke 86 Mtpе ile Çin ilk sırada yer alırken, 83 Mtpе üretim miktarı ile ABD ikinci sırada ve Çin yakınında yerini almaktadır.

2016 yılında yenilenebilir enerji kullanarak en fazla elektrik elde eden bölge 145 Mtpе ile Asya-Pasifik ilk sırada yerini alırken, 144 Mtpе’lik üretim miktarı ile Avrupa ve Avrasya çok yakın üretim miktarları ile Asya-Pasifik’i takip etmektedir.

2016 yılında yenilenebilir enerji kullanarak elde edilen elektrik üretimini 2015 yılına oranla en çok artıran ülke, %580 gibi yüksek bir oranla Kuveyt olurken, %190’lık oranı ile ikinci ülke olarak Cezayir takip etmektedir. Görülen bu değerler petrol ve doğalgazda zengin olan ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan eğilimlerini göstermektedir.

Türkiye, evrensel yenilenebilir enerjiden elektrik elde edilmesinde %1.2’lik pay sahibidir. Öte yandan Türkiye 2015 yılına 7.85 Mtpе enerji üretimi gerçekleştirirken 2016 yılında %33.8’lik düşüş ile 5.2 Mtpе enerji üretimi sağlanmıştır [9].

1.3. Atık Kızartma Yağları

Kızartma adı verilen işlem, gıda ürünlerinin 150 ile 190°C sıcaklıktaki yağın içerisine daldırılması ile yağ, gıda ve hava arasında aynı anda meydana gelen ısı ve kütle iletiminin sonunda, gıdanın istenilen renk, doku ve lezzete ulaşarak kısa sürede pişmesini sağlayan bir işlemdir. Kızartma işlemi esnasında bir su giderme yani dehidrasyon işlemidir. Bu işlem sonucu kızartılan madde içerisindeki su buharlaşır ve onun yerine yağ emilimi gerçekleşir.

Kızartma işlemi esnasında yağda üç temel reaksiyon gerçekleşir. Bunlar;

- a) Gıdanın içeriğinde bulunan nemden kaynaklı hidroliz (reaksiyonun sonunda serbest yağ asitleri, mono- ve diglisitlerin oluşumu gerçekleşir),
- b) Hava ile temas sebebiyle meydana gelen oksidasyon ve termal bozunma (reaksiyonun sonunda oksitlenmiş monomerik, dimerik ve oligomerik triglisitler ve aldehit, keton, alkol benzeri uçucu maddelerin oluşumu gerçekleşir),
- c) Bu reaksiyonların sonucunda meydana gelen ve yüksek sıcaklığın sebep olduğu polimerizasyondur (reaksiyonun sonucunda halkalı yapıda dimerik, polimerik triglisitler ürünler olarak oluşur).

Bu reaksiyonların sonucunda yağ içerisinde bazı fiziksel ve kimyasal değişimler oluşmaktadır. Örnek olarak, yağın viskozitesinde artış olur, köpürme başlar, renk giderek koyulaşır, dumanlanma noktasında azalma görülürken, serbest yağ asidi içeriği, polar ve polimer maddelerde artış olur, lezzet kalitesi ile gıdaya ait besleyici değerleri azalmaktadır [13].

1.4. Bitkisel Atık Yağların Çevresel Etkileri

Atık yağların çevreye olan olumsuz etkileri tartışılmaz bir gerçek olup, sadece 1 litrelik atık yağ; 1 milyon litrelik devasa ölçülerde ki içme suyuna kolaylıkla etki edip kirletebilmektedir. Bitkisel kaynaklı atık yağlar; mutfak atıklarından meydana gelen su kirliliğinin % 25'i gibi büyük bir kısmına sahiplik yapmaktadır [14].

Kullanılmış kızartma yağları lavaboya ve kanalizasyon sistemlerine boşaltıldığında; bu atıklar kanalizasyon içerisinde borulara yapışmakta ve borularda ki akış hızını engelleyerek kanalizasyon şebekelerini kullanılmaz hale getirmektedir. Öte yandan atık su arıtma işlemlerinde toplam kirlilik yükünde artışa neden olur ve atıkların ulaştığı toprak, su gibi bu alıcı ortamlarda oksijen alış verişine engel olarak kirliliklere sebebiyet vermektedir [15].

Bitkisel ve hayvansal atık yağlarının çöp içerisine atılması ya da dökülmesi yangın riskine sebebiyet oluşturduğu için yasaklanmış durumdadır. Bunun yanı sıra, atık yağlar gıda amaçlı olarak kesinlikle tüketilmemelidir.

Bu yağlar yapısında heterosiklik organik bileşikler olan yani halkalarında ki bir ya da birkaç karbon atomu yerine başka element atomlarının bağlandığı furan (C_4H_4O) ve dioksin ($C_4H_4O_2$) benzeri maddeler içermektedir. Bu nedenle, 2005 yılı itibariyle yürürlükte yer almış olan 'Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği' gereğince, hayvan yemlerinin üretilmesinde kullanılmış atık kızartma yağlarının kullanılması da yasaklanmıştır [16].

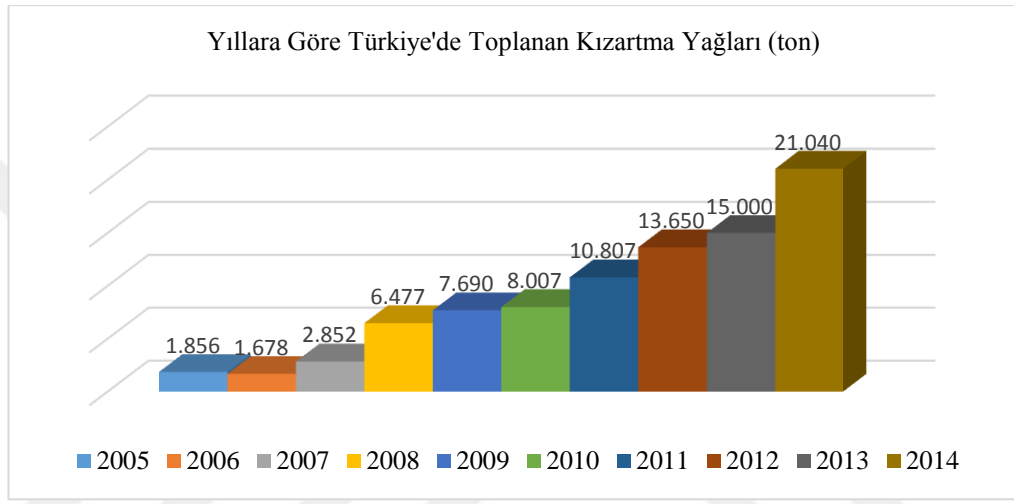
1.5. Türkiye'nin Atık Kızartma Yağı Potansiyeli

Türkiye'de atık yağ toplanmasının başlangıç tarihi 2005 yılıdır. Bu yıldan itibaren işyerlerinden toplanmaya başlayan atık bitkisel yağlar, 2008 yılından sonra da evlerden temin edilme yoluna gidilmektedir. 2008 yılında belediyelerin başlatmış olduğu evlerden atık kızartma yağları toplama faaliyetleri ile atık yağların toplanma rakamlarında bir artış olduğu görülmüştür [17].

Ülkemizin yağ tüketimi giderek artmakta olup, yıllık ortalama olarak 1.7 milyon ton bitkisel yağ tüketimi gerçekleşmektedir. Tüketilen bu bitkisel yağların, 950 bin tonu sıvı, 550 bin tonu margarin, 200 bin tonu yem, boya ve sabun sanayi ihtiyacı olduğu bilinmektedir. Ülkemizin bitkisel sıvı yağ tüketiminde ayçiçeği yağı %70'e varan oranla büyük bir pay sahibidir. Ülkemizde yıllık kişi başına bitkisel yağ tüketimi 21 kg olup, mutfaklarda tüketilen bitkisel yağın miktarı 1.5 milyon tonu bulmaktadır [18].

Bütün dünya genelinde ve Türkiye’de biyodizel üretimi için kullanılacak olan yağları tedarik etmek zordur. Bu nedenle de biyodizel üretimi gerçekleştirilirken, daha geniş tedarik zinciri oluşturabilmek için, gıda sektörü dışında kullanılan bitkisel yağlar ile atık yağlar giderek ön planda kendini göstermektedir [19].

2005-2014 yılları arasındaki verilere göre ülkemizde toplanan kullanılmış kızartma yağ miktarı Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2. 2005-2014 Ülkemizde Toplanan Kullanılmış Kızartma Yağ Miktarı [20]

1.6. Bitkisel Yağlara Ait Yakıt Özelliklerinin İyileştirilmesi Metodları

Bitkisel yağları dizel motorlarda yakıt halinde doğrudan kullanmaya negatif şekilde etki eden temel faktör, bitkisel yağlarının dizel yakıtına oranla 10 kat daha fazla viskoziteye sahip olmasıdır. Yeni model dizel motorlarında kullanılan enjeksiyon sistemleri, viskozitede meydana gelen değişimlere karşı hassas bir tavır sergiler. Viskozitenin yüksek oluşu, yakıtın damlacık boyutlarında büyümeye sebep olacağı için, yanma odasındaki atomizasyonun bozulmasına neden olur, bu bozulma ile yanma verimi azalmaktadır. Tamamlanmamış olan yanma işlemiyle yanma odalarında kurum oluşumu ile enjektörlerde kokuşma ve tıkanmalara, ayrıca yağlama yağına bulaşarak yağlama yağının kalınlaşmasına ve jelleşmesine neden olmaktadır [21].

Bitkisel yağların viskozitelerini azaltabilmek için, ısı ve kimyasal yöntem olarak iki yöntem uygulanmaktadır [22].

Enjektör tıkanmaları, yağlama yağı kalınlaşması, jelleşme gibi sorunların ortadan kaldırılabilmesi için üretilecek olan biyodizelin viskozite değerlerini dizel yakıtına en yakın değerlere indirmek gerekmektedir. Meydana gelen sorunları gidermek amacıyla kullanılan yöntemler; seyreltme, mikroemülsiyon oluşturma, piroliz, transesterifikasyon ve süper kritik yöntemleridir [23].

Sorunları gidermek amacıyla kullanılan yöntemlerin avantaj ve dezavantajları tablo 1.2’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 1.2. Biyodizel Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması [24]

Teknolojileri	Avantajları	Dezavantajları
Seyreltme	Yenilenebilirdir, kullanıma hazırdır, portatiftir, natürel sıvı	Viskozitenin yüksekliği, düşük uçuculuk, doymamış hidrokarbon zincirlerin reaktifliği
Piroliz	Basit işlemler, petrol türevi yakıtlar, benzin ve dizel yakıtları ile kimyasal benzerlik	Yüksek enerji sebebiyle maliyetin yüksek oluşu
Transesterifikasyon	Yakıt özellikleri dizel yakıtıyla benzer özellikler gösterir, dönüşüm sonucu verimlilik yüksektir, maliyeti düşüktür, sanayileşmiş üretim için uygun bir metottur	Serbest yağ asidi miktarı düşük olmalıdır ve su (baz katalizörlü) gereklidir, Ürünleri nötralize olmalı ve saf su ile yıkanmalıdır. Çünkü elde edilen ürün içerisinde gliserol ve suyun ayrıştırılması zor olmaktadır.
Mikroemülsiyon	Katalizör türü fark etmez, reaksiyon süresi kısadır, yüksek dönüşüm oranlarına sahiptir, uyumu iyi sağlamaktadır	Setan sayısı ve enerji düşüktür

Biyodizel üretim teknolojilerinin avantaj ve dezavantajlarına bakıldığında, transesterifikasyon yöntemi, maliyetin düşük olması, verimin yüksek oluşu ve dizel yakıtına daha yakın özelliklere sahip biyodizel elde edilebildiği için, dezavantajları bulunsa da en makul seçenek olarak görülmektedir.

1.6.1. Seyreltme Yöntemi

Bu yöntem kullanımında, uygun bitkisel yağlar dizel yakıtlarıyla belirli oranlarda karıştırılarak yağın viskozitesinin düşürülmesi sağlanmaktadır [3].

Uygulamaya geçildiğinde en yaygın olarak kullanılan B20 yakıtıdır. B20 ise dizel yakıtının içine %20 oranında bitkisel yağ ilave edilerek elde edilmektedir. Bu yöntemle oluşturulan, yeni ortaya çıkan yakıtın performansı dizel yakıtına yakın bir seviyede olmasına rağmen, maliyeti dizel yakıtına göre daha düşük seviyede olmaktadır. Dizel yakıtının dışında başka seyreltme maddeleri de bitkisel yağların viskozitesini azaltabilmek için kullanılabilir. Bitkisel yağlar normal bütanol, aseton ve etanol ile çeşitli karışım oranlarında karıştırılabilir. Motor testleri sonucunda ise karışımların yine dizel yakıtı ile benzer motor performanslarına sahip oldukları görülmüştür [25].

1.6.2. Mikroemülsiyon Oluşturma Yöntemi

Bu yöntem kısa zincir yapısında bulunan alkoller olan, etanol veya metanoller yardımı ile yağı mikrometre çapı olarak küçük boyutlara getirme işlemidir. Bu yöntem ile düşük seviyede olan viskozite değeri yüksek seviyeye çıkartılmış olmaktadır. Mikroemülsiyon oluşturmada meydana gelen karışımlar ayrışma durumunda olurlar. Bunun nedeni kullanılan alkollerin setan sayılarının düşük seviyede olmasıdır [26].

1.6.3. Piroliz (Ayrıştırma) Yöntemi

Tam anlamıyla tanımlanacak olursa piroliz, oksijensiz ortamda bir taneciğin ısı aracılığıyla veya hem ısı hem de katalizör aracılığıyla kimyasal bağlarının daha küçük moleküller oluşturarak bölünüp, başka bir taneciğe dönüşmesi işlemidir. Pirolitik kimyanın karakterize edilmesi, oluşan reaksiyonlardan üretilmiş olan reaksiyon ürünlerinin çeşitliliği ve reaksiyon basamaklarının çeşitli oluşundan dolayı zordur. Hayvansal yağların piroliz işleminin özellikle Dünya üzerindeki petrol rezervlerinin az bulunduğu bölgelerde yüz yıldan fazla süredir araştırılması sürmektedir.

Bitkisel yağlarının ilk pirolizi bitkisel yağlardan petrol sentezi girişimine yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci Dünya Savaşından bu yana birçok araştırmacı daha uygun bir yakıt elde edebilmek için bitkisel yağların pirolizi işlemine yönelik çalışmalarda bulunmuştur [27].

1.6.4. Süperkritik Yöntem

Süperkritik yöntem, katalizör kullanıma gerek olmadan 249.85°C benzeri yüksek sıcaklık değerlerinde, 4 dakika gibi az zaman içerisinde gerçekleşir. Süperkritik yönteminde transesterifikasyon yöntemi için kullanılacak alkole ait kritik sıcaklık ve kritik basınç önem arz etmektedir. Yöntemde kullanılabilen bazı alkollerin kritik sıcaklık ve kritik basınç değerleri Tablo 1.3'te verilmiştir [28].

Tablo 1.3. Alkollerin Kritik Sıcaklık ve Kritik Basınç Değerleri[28]

Alkol	Kritik Sıcaklık Değeri (°C)	Kritik Basınç (Mpa) Değeri
Metanol	239.05	8.1
Etanol	243.05	6.4
1-Propanol	264.05	5.1
1-Bütanol	287.05	4.9

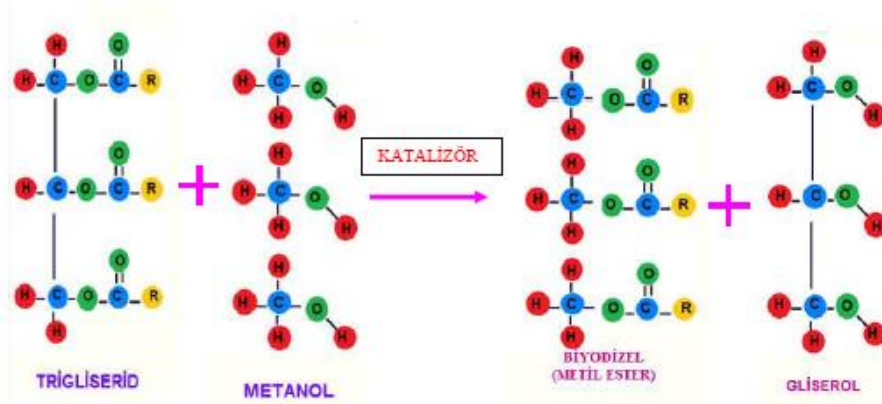
1.6.5. Transesterifikasyon (Yeniden Esterleştirme) Yöntemi

Transesterifikasyon yeni bulunmuş bir işlem değildir. İlk olarak 1853 yılı başlarında E. Duffy ve J. Patrick transesterifikasyonu tanımlamıştır [29].

Transesterifikasyon reaksiyonu tanımlanacak olursa, bir trigliserit molekülünün bir alkol ve katalizör birlikteliğinde reaksiyona girmesiyle, gliserin ve yağ esterleri oluşturması süreci şeklinde tanımlanabilir. Bitkisel yağların dizel motorlarında kullanımına engel teşkil eden en büyük sebeplerden biri şüphesiz viskozitedir. Transesterifikasyon yöntemi ile kullanılan bitkisel yağın viskozitesi üretilen biyodizel sonucunda yaklaşık olarak 10 kat azalmış olur. Yoğunluk ise biraz daha düşmüş olur. Bunlar ile birlikte molekül ağırlığında, yağın sahip olduğu molekül ağırlığının üçte ikisi kadar düşme gerçekleşir. Uçuculuk özelliğinde de kısmen iyileşme gözlenmiş olur ve bu şekilde bitkisel yağların sahip olduğu özellikler dizel yakıtı özelliklerine daha çok yakınlaşmış olacaktır [30].

Transesterifikasyon reaksiyonunda, trigliseridler kademe kademe digliseritlere, monogliseride ve sonuncu adımda da dipte çökmüş olan gliserole ve biyodizel yakıtına dönüşür. Gliserol çok değerli yan ürün olup, ısıtma amaçlı yakıt olarak ya da kozmetik sanayinde hammadde olarak kullanılabilir [31].

Şekil 1.3’de Transesterifikasyon reaksiyonu verilmiştir.



Şekil 1.3. Transesterifikasyon Reaksiyonu [31]

Transesterifikasyon reaksiyonlarında; metanol, etanol, propanol, bütanol ve pentanol gibi alkoller kullanılabilir. Fakat özellikle kolay bulunabilmesi ve ucuz olması sebebiyle tercih edilenler arasında ilk sırada yer alan alkolün metanol olduğu belirtilmektedir.

Transesterifikasyon reaksiyonu alkali katalizörlü, asit katalizörlü veya enzim katalizörlü olarak gerçekleştirilebilir. Reaksiyon sırasında katalizör reaksiyonun hızını ve verimini artırabilmek için kullanılır. Baz katalizör adına sodyum hidroksit, potasyum hidroksit, karbonatlar ve sodyum ya da potasyum alkoksitler kullanılabilir. Asit katalizör adına ise genellikle sülfürik asit, sülfonik asit ve hidroklorik asit tercih edilir. Lipaz enzimi ise biyokatalizör olarak kullanılabilir [32].

Son zamanlarda transesterifikasyon reaksiyonlarında metanol ve etanol yerine kullanılacak alternatif çözümler araştırılmaya başlanmıştır. Asetik asit metil esteri ve dimetil karbonat ile bitkisel yağlar reaksiyona sokulduğunda içeriğinde yan üründe gliserin bulunmayan biyoyakıtlar elde edilmektedir. Asetik asit metil esteri ile gerçekleştirilen bu reaksiyon sonucu elde edilen ürüne literatürde gliserol (metil asetat) adı verilmektedir. Gliserol bir mol trigliseridin üç mol asetik asit metil esteri ile reaksiyona girmesi ile gerçekleşir ve yan ürün olarak elde edilen gliserol triasetat ise yakıt takviyesi olarak kullanılabilir. Gliserol triasetat, kullanıldığı araçlarda vuruntu ve egzoz borularında ki emisyonu engellemektedir.

Bitkisel yağların dimetil karbonatla reaksiyona girmesi ile yan ürün içeriğinde gliserin bulunmayan biyoyakıt karışımı üretilmiş olur. Bu işlem literatürde DMC-Biyodizel üretme ya da transtetilleme reaksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Yan ürün içeriğinde gliserin yerine, yağ asidi gliserol karbonat ve gliserol dikarbonat oluşmaktadır. Bu bileşikler, yüksek seviyede oksijen içermesi sebebiyle yakıt katkı malzemesi olarak da kullanılabilir. İyi bir çözücü şeklinde kullanılan dimetil karbonatın çevre dostu olan üretim birimlerinde üretimi, reaksiyonun basit ve ılımlı şartlarda gerçekleşmesi, elde edilen ürünlerin setan sayısı yüksekliği ve dizel yakıt standartlarını karşılaması, transesterifikasyon reaksiyonundan daha ekonomik olması sebebiyle yakın dönemlerde tercih edilen bir yöntem olmuştur. Transtetilleme reaksiyonunun farklı türde ki katalizörler ile uyumlu oluşu (homojen katalizörler, heterojen katalizörler, enzim katalizörler) da bu yöntemi daha uygulanabilir ve cazip hale getirmektedir [33].

1.7. Transesterifikasyon Yöntemine Etki Eden Faktörler

Biyodizel üretiminde kullanılan yöntemler arasında Transesterifikasyon yönteminin ekonomik oluşu, reaksiyon süresi ve verimlilik anlamında en uygun yöntem olduğu yapılan birçok araştırma ve çalışmada vurgulanmıştır.

Transesterifikasyon reaksiyonun üretim ve kalite standartlarında başarılı olabilmesine birden fazla faktör etki etmektedir. Deneysel çalışmalar ile belirtilen bu etkiler şöyledir:

Serbest yağ asitliği ve su muhtevasının etkisi

Alkol ve molar oranının etkisi

Reaksiyon sıcaklığının etkisi

Reaksiyon süresinin etkisi

Katalizör türünün etkisi, olarak toplam 5 başlıkta incelenebilir [34].

1.7.1. Serbest Yağ Asitliği ve Su Muhtevasının Etkisi

Serbest yağ asidi ve su, kullanılmamış yağlara oranla kullanılmış yağların içeriğinde daha yüksek oranlarda bulunmaktadır. Bu durum ise transesterifikasyon reaksiyonunda daima olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Reaksiyon sürecinde su muhtevası, serbest yağ asidinin muhtevasından çok daha büyük olumsuz etki göstermektedir.

Yağların yüksek serbest yağ asidi ve su içermesi ile reaksiyonda sabunlaşmaya sebep olur ve katalizörün reaksiyonda ki etkisini azaltır. Atık yağları nötr hale getirebilmek için katalizör kullanımı gereklidir. Bu etkenler ise mutfaktaki atık yağların transesterifikasyon reaksiyonunda diğer reaksiyonlara oranla daha yüksek ölçülerde katalizör ihtiyacına, daha uzun reaksiyon sürelerine ve üretilen üründe azalmalara neden olmaktadır [35].

1.7.2. Alkol ve Molar Oranın Etkisi

Biyodizel üretimi sırasında genel olarak 1-8 C atomunu barındıran monohidrik alifatik alkoller kullanılır. En çok tercih edilen alkoller ise etanol ve metanoldür. Fiyatının düşük oluşu, kolay temin edilebilmesi, fiziksel ve kimyasal (kısa zincirli yapısı olması ve polar oluşu) nedenleri ile metanol daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca metanol trigliseritler ile çabucak reaksiyona girer ve NaOH metanol içerisinde hızlı ve basit bir şekilde çözünmektedir. Transesterifikasyon reaksiyonunun tersinir olması sebebiyle dengenin ürünler tarafına kayabilmesi için daha fazla alkol kullanımı gerekmektedir. Literatür araştırmalarına göz atıldığında elde edilen sonuçların genelinde, ham yağların metanolizi işleminde 6:1 alkolün yağa molar oranıyla en yüksek ürünü vermiştir ve en uygun değer şeklinde kabul edilmiştir. Alkolün yağ/molar oranının artması ile birlikte üründe bir artış gerçekleşmemektedir.

Alkol oranıyla reaksiyonda kullanılacak katalizör bağdaştırılabilir. Reaksiyonda kullanılacak olan alkali katalizörler ile alkol arasında alkoksit anyonları oluşturulur. Polar olmayan yağın, etanol içindeki çözünebilirliği metanolden daha yüksektir. Bu durumun nedeni, yağın sahip olduğu polaritenin metanole kıyasla düşük oluşudur.

Birbirinden farklı olan bu iki alkolün özelliklerinden faydalanabilmek adına metanol/etanol karışımları da kullanılabilir [36].

1.7.3. Reaksiyon Sıcaklığının Etkisi

Transesterifikasyon reaksiyonuna etki eden en mühim parametrelerden biri de sıcaklıktır. Transesterifikasyon reaksiyonu kullanılan yağın türüne göre değişik sıcaklıklarda oluşabilmektedir. Transesterifikasyon reaksiyonunun oda sıcaklığında oluşabilmesi için reaksiyonda yeterli olacak zamanın geçmesi gerekmektedir. Bu reaksiyonda olması gereken sıcaklık seviyesi oda sıcaklığı şartı altında alkolün kaynaması için gerekli olan sıcaklık noktası ve bu sıcaklıktan daha yüksek bir sıcaklık seviyesinde gerçekleşebilmektedir. Reaksiyonda kullanılan alkolün kaynama noktasına eşdeğer sıcaklıklara kadar diğer parametreler sabit tutulduğu sürece sıcaklık, biyodizel verimine olumlu bir şekilde etki etmektedir [37].

1.7.4. Reaksiyon Süresinin Etkisi

Transesterifikasyon reaksiyon süresi uzadıkça reaksiyonun sonucunu etkiler çünkü reaksiyon verimi ile zaman doğru orantılıdır. Eğer reaksiyon süresi yeterince uzun tutulmazsa kullanılan yağın bir kısmı reaksiyona girmeyecektir ve buna bağlı olarak ester verimi düşük olacaktır [38].

Transesterifikasyon reaksiyonunun süresi uzadıkça ester dönüşümünde artış olmasıyla birlikte yağ asidi alkil esterleri ve gliserol üretilmiş olur. Gliserol bir tabaka halinde reaksiyonun gerçekleştiği kabın tabanına çöker. Digliseritler ve monogliseritler ise işlem esnasında ara ürün olarak çıkar.

Mekanizmalı reaksiyon geri dönüşümlüdür ve reaksiyonun dengesini ester oluşumu yönünde kaydırabilmek üzere alkolün fazlası alınmaktadır. Fazla alkolün mevcudiyetinde ileri yönde gerçekleşen reaksiyon sahte birincil derecedendir ve gerideki reaksiyonun ikinci dereceden gerçekleştiği keşfedilmiştir. Transesterifikasyonda bazik katalizörler kullanıldığı zaman reaksiyonun daha hızlıca tamamlandığı görülmüştür [39].

1.7.5. Katalizör Türünün Etkisi

Reaksiyonların mümkün oldukça hızlı gerçekleşmeleri istenilen bir durum olduğu için reaksiyonlarda katalizörler kullanılmaktadır. Transesterifikasyon reaksiyonunu hızlandırabilmek amacıyla asit, baz ya da enzimatik katalizörler kullanılmaktadır. Baz katalizör için sodyum hidroksit, potasyum hidroksit, sodyum metoksit, sodyum propoksit veya sodyum butoksit kullanımı öncelikli olarak seçilir. Transesterifikasyon reaksiyonunda kolayca temin edilebilmesi ve ucuz oluşundan dolayı en çok tercih edilen alkali katalizör sodyum hidroksittir (NaOH). Genel anlamda bir inceleme yapıldığında alkali katalizörler transesterifikasyon reaksiyonunu asit katalizörlere kıyasla daha hızlı gerçekleştirilir. Bu fark ta önemli bir tercih sebebidir. Alkali katalizör kullanılan transesterifikasyonda, gliserollerin ve alkollerin su içermemesi istenir; çünkü suyun varlığı sabunlaşma reaksiyonuna sebebiyet verir. Sabun oluşması ile ester miktarında azalma olur, ester ve gliserolün birbirinden ayrılması zorlaşır.

Transesterifikasyonda tercih edilen asit katalizörler ise H_2SO_4 , H_3PO_4 , HCl ve organik sulfonik asitlerdir. Alkali katalizör ile gerçekleşen reaksiyonlara kıyasla daha yavaş gelişmelerine rağmen, asit katalizörlü reaksiyonlar da su ve serbest yağ asidi içeren trigliseritlerin transesterifikasyonu için uygundur [40].

Rafine işlemi yapılmış olan ve ham durumda olan yağlarda baz katalizörler tercih edilmektedir. Buna karşılık mutfaklardan elde edilen atık yağlara transesterifikasyon uygulanması sırasında ise baz katalizör yerine asidik olan katalizör kullanılmaktadır. Bu işlemde asidik katalizör ile ön iyileştirme işlemi yapılmaktadır. Bu ön iyileştirme işleminden sonra baz katalizör kullanılmaktadır [34].

1.7.5.1. Baz (Alkali) Katalizörler

Alkali katalizörler tercih edildiği zaman transesterifikasyon reaksiyonu çok daha hızlı gerçekleşir ve bu alkali katalizörlerin tercih edilme sebebidir.

Alkali katalizörlerin kullanımı ile gerçekleşen transesterifikasyon reaksiyonu:

- 60-65°C gibi düşük sıcaklık değerlerinde ve düşük basınçta gerçekleşmesi,

- Diğer katalizörlere oranla daha kısa sürede gerçekleşen reaksiyon ve %90'dan daha yüksek seviyede ürün verimi elde edilebilirliği,
- Reaksiyonun gerçekleşmesi için pahalı ve ender olarak kullanılan yapı malzemelerine ihtiyacın olmayışı gibi sebepler dolayısı ile asit katalizörlere kıyasla ekonomik anlamda daha üstündür [41].

Transesterifikasyon reaksiyonunda kullanılan alkali katalizörlere; NaOH, KOH, karbonatlar, sodyum metoksit, sodyum etoksit, sodyum propoksit, sodyum butoksit örnek olarak gösterilebilir.

Baz katalizörler kullanılan transesterifikasyon reaksiyonları asit katalizli reaksiyonlara kıyasla 4000 kat daha hızlı gerçekleşir ve korozif etkisi daha azdır. Baz katalizör kullanılarak biyodizel elde edilmesinde kullanılacak olan yağ ve alkol su içermemelidir. Çünkü ortamda su bulunduğu zaman serbest yağ asitleri ile birleşerek sabun oluşmasına neden olur. Sabun oluşumu katalizörün etkisini kaybetmesine ve gliserolün ayrılma güçlüğüne neden olmaktadır [42].

1.7.5.2. Asit Katalizörler

Yağ asidi miktarı biyodizel üretimine daha başlamadan kontrollerinin sağlanması gereken bir ölçüdür. Çünkü bitkisel veya hayvansal yağların içeriğinde ki serbest yağ asitliği miktarı 1% den daha yüksek ise biyodizel üretimini sağlayabilmek adına asit katalizör kullanarak ön işlem uygulanması tercih edilir. Transesterifikasyon reaksiyonlarında asidik katalizörler için hidroklorik asit, sülfürik asit, sülfonik asit gibi bronsted asitleri kullanılmaktadır. Asit katalizörlerin kullanıldığında serbest yağ asitlerini ve trigliseritleri YAME'ye dönüştürülebilmektedir, çünkü eş zamanda esterifikasyon ve transesterifikasyon reaksiyonu verebilmektedir. Dolayısı ile asitlik değeri yüksek olan SYA'dan YAME oluşturabilmek için asit katalizörlerin tercih edilmesi daha uygun olmaktadır.

Biyodizel üretimi, geri dönüştürülebilir, ikinci dereceden bir reaksiyondur. Esterleşme sırasında suyun oluşması reaksiyonun ters hidroliz yönüne doğru kaymasına neden olur. Transesterifikasyon reaksiyonda su bulunması ayrıca, reaksiyon sürecinde çözünme ile meydana gelen hidronyum yüzünden, asit

katalizörün aktifliğini yitirmesinde yardımcı rolü alır. Dolayısı ile reaksiyonda yavaşlama meydana gelir [43].

1.7.5.3. Enzim Katalizörler

Enzim katalizör kullanılarak gerçekleştirilen transesterifikasyon reaksiyonunda lipazlar tercih edilmektedir. Enzim katalizörleri kullanılan reaksiyonlar, 30-40°C gibi düşük sıcaklık değerlerinde gerçekleştirilebilmektedir. Enzimler yapısında bir bozulma oluşmadan, bu düşük sıcaklıklarda reaksiyonda etkisini gösterebilmektedir. Lipazlar (E.C.3.1.1.3), su-lipid ara yüzeyinde lipidlerin hidrolizine katalize etki eden trigliserit hidrolazlardır. Katalizör olarak lipazlar kullanıldığında reaksiyon bitişinde kimyasal artık ürün oluşturmadığı için bu yöntem çevre dostu sayılmaktadırlar.

Lipazların kullanımına başlamasında, kimyasal selektiflik, bölgesel selektiflik ve çift yönlü selektiflik gösteriyor olmaları, mantar ve bakteri gibi mikroorganizmalarca yüksek verimler ile üretiliyor olmaları ve kristal formlarının bilinirliği sayesinde deney tasarımını kolaylaştırması gibi özellikler etkili olmuştur. Baz katalizörlü transesterifikasyon ve lipaz katalizörlü transesterifikasyon reaksiyonlarında karşılaştırma yapılmış ve Tablo 1.4'de verilmiştir [43].

Tablo 1.4. Baz Katalizörlü ve Lipaz Katalizörlü Transesterifikasyonların Karşılaştırılması [43]

Özellikler	Baz Katalizörlü Yöntem	Lipaz Katalizörlü Yöntem
Reaksiyon sıcaklığı	60-70°C	30-40°C
Serbest yağ asidi muhtevası	Sabunlaşma ürünleri	Metil ester
Su muhtevası	Reaksiyonu bozar	Suyun oluşundan etkilenmez
Metil ester verimliliği	Normal	Yüksek
Gliserinin uzaklaştırılması	Zor	Kolay
Metil esterin saflaştırılabilmesi	Yinelemeli yıkama	Saflaştırma yapılmıyor
Üretimdeki maliyet	Ucuz	Pahalı

Baz katalizörlü metod ile gerçekleştirilen transesterifikasyon reaksiyonu esnasında kullanılan gereçler ve kimyevi ürünlerin ucuzluğu maliyeti azaltmaktadır. Lipazlar enzim yapısındadırlar ve bu enzim mikro organizmalardan yalıtılmak mecburiyetindedir. Enzim katalizli transesterifikasyon reaksiyonlarının zorluğu ve maliyeti kullanılan metodunun negatif yönüdür. Ancak lipaz enzimleri reaksiyon

sonucunda reaksiyon konumundan yalıtılabilmektedir ve yeniden kullanılabilirler. Bu nedenler dolayısıyla yöntemler arasında bir kıyaslama yapıldığında, baz katalizörlü yöntem olumlu yönleri sebebiyle en çok tercih edilen yöntemdir [43].

1.8. Yakıt Olarak Dizel

Patenti Rudolf Diesel'e ait olan dizel motorlar için, ilk olarak Fransız Mühendis Nicolas Léonard Sadi Carnot 1824 yılında yaptığı çalışmalar ile dizel motorların temel ilkelerini oluşturmuştur. Herbert Akroyd Stuart ise 1885-90 arasındaki çalışmaları ile Carnot'un yaptığı motoru incelemiş ve geliştirilmiştir. Capitaine'nin 1890 yılında yapmış olduğu çalışmalar sonucunda Akroyd'un motoruna benzer bir motor yaparak patentini aldı ve yarım dizel motoru meydana gelmiş oldu. 1892 yılında Alman Mühendis Rudolf Diesel, diesel motorunu icat etti ve 23 Şubat 1893'te dizel motorun patentini aldı ve bulunuşundan, geliştirilmesine kadar geçen bu sürece dizel çevrimi adı verilmektedir. Rudolf Diesel'in dizel motorlar üzerinde çalışmasının sebebi, Almanya'nın petrole olan bağımlılığını azaltabilme düşüncesidir. Almanya'da zengin sayılabilecek kömür yatakları bulunmaktaydı, Diesel, yapacağı motorla bu kaynakları kullanıp petrole olan ihtiyacı gidermek istemiştir. Bu amaç yanan kömür tozlarından çıkan küllerinin sorun oluşturması ile gerçekleştirilememiş, motor yakıtı olarak kömür külü kullanımından vazgeçilmiştir. Bu gelişme üzerine motor yakıtı olarak kömürün yerine başka yakıtlar düşünülmüş ve 1900 yılında gerçekleştirilen Dünya Fuarında yerfıstığı yağının (Biyodizel) yakıt olarak kullanıldığı motorun tanıtımı yapılmıştır.

Dizel; ham petrolü damıtarak (bileşenlerine ayırarak) üretilen ve kaynama sıcaklığı yüksek olan rafineri ürünü akaryakıttır. Türkiye'de kara taşıtlarının büyük bir yüzdesinde ve deniz taşıtlarında dizel motorlar kullanılmakta. Öte yandan endüstri alanında jeneratörler için de yüksek miktarlarda dizel yakıtı kullanılmaktadır. Ülkemizde petrol tüketimimizin sadece %15'i yerli üretim ile elde edilebilmektedir. Petrol ürünleri tüketimimiz içerisinde ise en büyük pay %34 ile dizel yakıtına aittir [44].

1.9. Yakıt Olarak Biyodizel

Biyodizelin tanımını yapmak gerekirse; kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi tohumu yağlı olan bitkilerden temin edilen yağların ya da hayvansal yağların bir katalizatörün vasıtası ile kısa zincirli yapıda ki alkol ile (CH_3OH ya da $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) reaksiyon vermesi sonunda meydana gelen ve yakıt şeklinde kullanılabilen yenilenebilir bir üründür. Biyodizel üretiminde hammadde olarak mutfak kızartma yağları ve hayvansal yağlar da kullanılabilir [8].

Kimyasal olarak tanımlanacak olursa, uzun zincirli yağ asidi mono alkil esteri olarak tanımlanabilir. ‘Biyo’ kökeni biyodizelin biyolojik kökenli oluşunu, ‘dizel’ kelimesi ise dizel yakıtı oluşunu göstermektedir [45].

Biyodizel standart dizel yakıtlarına karıştırılarak kullanılabilir gibi, saf haliyle de kullanılabilir. Biyodizelin dizel yakıtı ile karışımları B5, B20, B50, B80, B100 ifadeleriyle isimlendirilmektedir. B harfinin sonrasında kullanılan rakam, biyodizelin karışım yakıtı içeriğindeki yüzdesini ifade etmektedir.

B100 - Saf olarak biyodizel

B80 - %80 biyodizel ile %20 dizel yakıtı karışımı

B50 - %50 biyodizel ile %50 dizel yakıtı karışımı

B20 - %20 biyodizel ile %80 dizel yakıtı karışımı

B5 - %5 biyodizel ile %95 dizel yakıtı karışımı [46].

1.10. Biyodizel Yakıtının Özellikleri

Biyodizel yakıtı orta uzunlukta C16-C18 yağ asidi zincirlerini içerisinde bulunduran metil veya etil ester türü yakıt olup içeriğinde zehirli atıklar bulunmaz ve şeker misali doğada çabucak çözünür. Dizel yakıtına oranla biyodizelin ozon tabakasına olan olumsuz etkileri yarı yarıya azdır [47].

Biyodizel ile standart dizel yakıtları arasında %1 ile %3 oranında değişen performans farkı olduğu birçok ölçüm sonunda gözlenmiştir. Ancak aradaki bu performans farkı,

biyodizel kullanmayı amaçlayan kişilerde bir yanlgı oluşturmamalıdır. Çünkü biyodizel yakıtı saf dizel yakıtıyla kıyaslanırsa dizel motorunda ömrünü uzatıcı etkiler göstermektedir.

Biyodizelin kullanıldığı araçlar incelenince, motorunun ilk çalışma anında ki vuruntunun saf dizel yakıtına kıyasla daha az olduğu görölmüştür. Bununla birlikte doğal bir yağ asidi olması sebebi ile motorun sürekli olarak yağlı kalmasına yani motor elemanlarında oluşan aşınmaların azalmasına yardımcı olmaktadır. Biyodizelde kurum oluşumu saf dizel yakıtına oranla daha az olmaktadır ve bu anlamda da yıllar sonrasında araç motorunun daha temiz kalmasına yardımcı olmaktadır.

Biyodizelin taşınması ve depolanması diğer yakıt türlerine göre güvenilirliği daha yüksek olduğu için daha ekonomiktir [48].

Standart şartları sağlayan biyodizelin geri kalan özellikleri aşağıda ki gibi ifade edilebilir;

1.10.1. Yoğunluk

Biyodizelin yoğunluğu, standart dizel yakıtlara nazaran daha yüksektir. Hidrokarbon zincirinin uzamasıyla yoğunluk azalır, çift bağ sayısının artmasıyla yoğunluk artar. Yoğunluk yakıt tüketimi sarfiyatında ve yanma ısısına etki göstermektedir [29].

Biyodizelin yoğunluğu, kullanılan yağın türüne göre değişiklik gösterebilir. Biyodizel yüksek yoğunluğa sahip olmasına rağmen, hacimsel enerji içeriği anlamında standart dizel yakıtından %5 ile %6 oranında daha düşüktür.

Biyodizelin yoğunluğu motor performansına ve yakıt tüketimine doğrudan etki etmektedir. Bu durumun en büyük nedeni ise yakıt pompasında ki püskürtme miktarının yakıtın kütleline değil, hacmine göre ayarlanmış olmasıdır [49].

1.10.2. Viskozite

Dizel motorların enjeksiyon ve yakıt besleme sistemlerinde etkili bir unsur olan viskozite, akışkan olan sıvıların akma eylemine karşı göstermiş oldukları dirençtir.

Viskozite akışkanlık özelliğine sahip maddelerin akmaya karşı sergilediği dirençtir ve dizel motorlarında yakıt besleme ve enjeksiyon sistemleri için çok etkin bir değişkendir. Viskozite yüksek olduğunda atomizasyon, negatif yönde etki altında kalmaktadır. Viskozite değeri azaldıkça borularda oluşan akışa karşı gösterilen direnç azalır, püskürtmeyle meydana gelen yakıt demeti içeriğindeki yakıtın damlacıklarının çapları küçülür. Bu sebeple yanma iyileşir ve yanmamış karbon tanecikleri miktarında, duman emisyonlarında azalma olur. Bunun yanı sıra enjeksiyon sistemlerinde ana elemanlar yakıt ile yağlandığı için viskozite değerinin belirli bir seviyenin altına inmemesi istenir. Bununla birlikte viskozite değeri çok düşükse püskürtme sisteminde kaçaklar olmasını arttıracaktır. Sıcaklık viskoziteye önemli düzeyde etki ettiği için, viskozite her zaman sıcaklıkla birlikte verilmelidir [50].

1.10.3. Setan Sayısı

Dizel motorda kullanılacak yakıtlarının tutuşma özelliği setan sayısı olarak ifade edilir. Dizel yakıtlarının tutuşma kalitesi, setan sayısı ile ölçülür. Setan sayısı dizel motorların performansı ve egzoz gazı emisyon değerleri ile çevreye verilen gürültü seviyesi için ciddi bir yapısal özelliktir. Yakıtın setan sayısı ne kadar yüksek olursa tutuşma gecikme süresi daha da kısalmıştır. Yakıtın tutuşma gecikmesinin kısılması ile ani yanma sırasında gerçekleşen basıncın artma oranı azalmıştır. Öte yandan, tutuşma gecikmesinin azalması ile hava-yakıt karışımının gerçekleşmesi için daha kısa bir zaman yeterlidir ve yakıt yanma odası içinde iyi dağılmadığında yanma hızında bir azalma olur.

Yüksek setan sayısı tutuşma gecikmesi süresini azaltır, soğukta çalışmayı kolaylaştırır, gürültüyü azaltır ve motorun ömrünü uzatır. Setan sayısı normalin çok üzerinde olduğunda tutuşma gecikmesinde daha fazla kısılma oluşur ve bu defa yakıt yanma odası içinde iyi bir dağılma gösteremez ve dumanlı bir yanmaya sebebiyet verir [51].

1.10.4. İyot Sayısı

İyot sayısı biyodizel yakıtına has bir özelliktir. Yakıtın doymamışlık derecesinin bir ifadesi olan bu kavram, biyodizel elde edilen bitkisel yağlara ait özelliğine ve içerdikleri çift bağ sayılarına bağımlı bir şekilde değişiklik göstermektedir. Doymamışlık, tortu ve depolama konularında kararlılık meydana getirmektedir [52].

Çok yüksek iyot sayısına sahip olan yakıtlar, enjektör deliklerinde tıkanmalara ya da yanma odalarında hasar oluşumuna neden olur [53].

1.10.5. Isıl Değer

Isıl değer, yanma sonucunda oluşan ürünlerin içeriğindeki suyun bulunduğu faza bağlıdır. Böylelikle yanma sonucunda oluşan ürünlerin içeriğindeki su sıvı fazında ise üst ısıl değer (HHV), yanma sonucunda oluşan ürünlerin içeriğindeki su buhar fazında ise alt ısıl değer (LHV) şeklinde adlandırılır [54].

EN 14214 ve ASTM standartlarında yakıt amacıyla kullanılacak olan biyodizel için limit değerleri belirtilmemiş ise de, ısıl değerinin yüksek oluşu yakıt sarfiyatını düşüreceği için biyodizelde ısıl değerinin yüksek olması tercih edilir.

Biyodizelin içeriğinde ki doymuş hidrokarbonların zincir uzunluğunda ne kadar artış olursa ısıl değeri de o kadar artmış olur, doymamışlık ne kadar artarsa yani hidrojen sayısı ne kadar azalursa ısıl değer o kadar azalır. Yapısında bulunan oksijen içeriği nedeniyle biyodizelin ısıl değeri dizel yakıtına oranla %10 daha düşüktür. Isıl değerinin düşüklüğü ise motor gücü ve torkunda bir miktar düşüşe sebep olur. Fakat biyodizelin yoğunluğunun yüksek olması sebebiyle, motorda ısıl değere bağımlı olarak ortaya çıkabilecek yüksek orandaki güç kaybı kısmen azalmaktadır [55].

1.10.6. Yağlayıcılık

Yağlayıcılık; motordaki hareketli olan parçaların temas yüzeylerinin arasındaki aşınmayı azaltmak veya katı yüzeyler arasındaki sürtünmeyi azaltma yeteneği olarak ifade edilmektedir. Motor teknolojilerinde ise yağlayıcılık tanımı “sürtünmelerden meydana gelen motor aşınmasını azaltma becerisi” olarak ifade edilmektedir [56].

Motor birimlerinde sürtünme ve korozyon sorunlarının giderilebilmesi amacıyla yağlanmaya gereksinim duyulur. Günümüzde kullandığımız standart dizel yakıtları içeriğindeki kükürt miktarı bir hayli azaltılmıştır. Kükürt miktarı azaltılmış olan dizel yakıtları için yağlama özelliğini artırabilmek adına katkı maddeleri kullanılmaktadır. Fakat katkı madde miktarı artışı ile yakıt besleme parçalarında tortular meydana gelmektedir. Biyodizelin ise yağlayıcılık özelliği dizel yakıtına nazaran çok daha iyidir [57].

1.10.7. Karbon Artığı

Karbon artığı, petrol kaynaklı ürünlerin ısıl ayrıştırılmaya tabi tutulunca oluşan uçucu gazlardan geriye kalan karbon artıklarını göstermektedir. Karbon artığı ifadesi, standartlarda alınan örneklerin buharlaşması ve termal bozunma sırasında meydana gelen karbonlu artıkları tanımlamakta kullanılmaktadır.

Karbon artığı ölçüsü, biyodizelin yakıt kalitesini ifade etmektedir. Yakıtın gliseritlerden, sabunlardan ve diğer organik kalıntılardan ne kadar arınıp arınmadığını gösterir. Bu artıklar ne derece yüksek olursa yakıttaki temizlik o kadar az anlamına gelmektedir ve motorda oluşan aşınma aynı oranda artar [58].

1.10.8. Kükürt (S) İçeriği

Kükürt, silindir gömlekleri ve piston segmanları arasında bulunan yüzeylerin aşınmalarını hızlandırışı, piston eteklerinde karbon artıkları ve karterde çamura benzer yapıda bir madde meydana getirmesi sebebiyle, dizel yakıtlarının içeriğinde olması istenmez. Bu sebeple yakıtların ierebilecekleri kükürt miktarına bir kısıt getirilmiştir.

İçeriğinde %5'ten daha az kükürt ihtiva eden yakıtlarla çalıştırılınca, motor silindirlerinde çok az birikintiler ortaya çıkmaktadır. şayet kükürt miktarı %5 değerinin üzerine çıkar ise pistonların gitgide kirlendiği, segman yuvalarının ise karbon artıkları ile dolmaya başladığı görülecektir. Kükürt miktarının %1'den fazla olduğu durumlarda, segmanların yuvalarında tutması veya takozlaşması olayı başlamaktadır.

Kükürt atmosferde yakıldığında kükürt dioksit meydana gelir. Bunun yanı sıra yakıt içindeki kütürtün bir kısmı, yanma esnasında kükürt trioksidi meydana getirir. Kükürt trioksit (SO_3) ise bir yandan yanma asitlerini meydana getirirken diğer yandan da aşınmalarda artışa ve çamur oluşumuna sebebiyet verir [59].

1.10.9. Oksidasyon Kararlılığı

Oksidasyon kararlılığı yakıtların havada bulunan oksijen ile temas ettiği an, yakıtta oluşan değişimleri ifade etmektedir. Kimyevi yapıları gereği biyodizelin oksidasyon kararlılığı petrol kaynaklı dizel yakıtına oranla düşüktür. Doymuş yağ asitlerinin oksidasyon kararlılığı yüksektir. Ancak çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyon kararlılığı düşüktür. Öte yandan oksidasyon kararlılığı ham yağın tokoferol ve karoten (antioksidan) içeriğine de bağıntılıdır [60].

Depolama anlamında oksidasyon kararlılığı çokça önem sahibidir. Dizel ve biyodizel yakıtları bakımından oksidasyon kararlılığı endüstriyel anlamda önemli bir sorundur. Biyodizel yakıtında oksidasyonun zamanı, oksijen miktarına, sıcaklığa ve malzeme özelliklerine bağlı bir şekilde değişiklik gösterebilmektedir. Yağın kimyasal yapısı da elbette biyodizelin oksidasyonuna etki etmektedir. Yakıtın oksidasyon kararlılığı zayıf olursa viskoziteyi etkiler ve filtreleri tıkayabilecek yapışkanlar ile tortularda artışa sebep olur dolayısı ile de fazlasıyla yüksek asitliğe neden olabilir.

Oksidasyon kararlılığı biyodizel kalitesine etki eder. Oksidasyon kararlılığının yükseltilmesi biyodizelin uzun süreçlerde kullanımı ve depolanması açısından gereklidir. Oksidasyona etki eden parametreler hava, sıcaklık, ışık, antioksidanların oluşu, hidroperoksit gibi pro-oksidanların varlığı ve metal kalitesidir [52].

1.10.10. Su Muhtevası

Bitkisel yağlar özünde su barındırmazlar. Fakat bitkisel yağlar üretilirken ve depolanmaları sırasında içerisine suyun karışması mümkündür. Aslında yakıtların belirli bir seviyede su ihtiva etmeleri motor açısından bir sorun teşkil etmez. Su/yakıt emülsiyon oranı orantılı olduğu halde yanma sıcaklığı ve azot oksit emisyonlarını düşürebilir. Fakat yüksek basınca sahip enjeksiyon sistemleri içinde su yakıttan koparak enjektör sistemi içinde bazı bölgelerde çürümelere sebebiyet verebilir [61].

1.10.11. Yağlama Yağının Seyrelmesi

Dizel motorlarında biyodizel kullanıldığı zaman meydana gelen istenmeyen durumlardan biri de yağlama yağının seyrelmesi durumudur. [62].

Yağlama yağının seyrelmesi motorun ne kadar eski olduğu ya da motorun çalıştığı sürecin fazla oluşu ile artış göstermektedir. Pistonlar ve silindirler arasında oluşan aşınma ve yağ boşluğundaki artış ile yağlama yağına fazlaca yakıt karışmaya başlar ve sonuç olarak yağda bozulmaya sebep olur. Motorda dizel yakıtı kullanıldığında, yağlama yağına karışan yakıtın büyük bir bölümü kısa zamanda buharlaşmaya uğrarken, biyodizel kullanıldığında ise, yakıtı meydana getiren ester moleküllerinin kaynama sıcaklıkları birbirlerine yakın olduğundan buharlaşma meydana gelmez ve motor yağı kısa zamanda bozulmuş olur [63].

1.10.12. Su ve Tortu Maddeleri

Su ve tortu maddeleri birlikte değerlendirmeye alınır. Bahsi geçen tortu; taş, toprak, kum vb. maddelerden oluşmaktadır. Bunların yanı sıra sludge (pis artık yağ) adı verilen tortu maddesi vardır ki; bu tortu maddeleri yakıt ve yağların içeriğinde var olan hidrokarbonların oksidasyonu sonucunda meydana gelen kimyasal bileşiklerdir ve organik yapıda olan tortulardır [64].

Su ve tortu, yakıt temizliğini ifade eden önemli bir parametredir. Yakıt içerisindeki su ve tortu, motor içerisindeki bazı elemanların işleyişine negatif yönde etki ederek motor performansında düşüşe neden olurlar. Yakıt içerisindeki su, enjeksiyon sisteminde aşınmaya ve paslanmalara sebebiyet verdiği için, yakıtların içeriğinde su bulunması istenmeyen bir durumdur. Tortu maddeleri ise, filtrelerde tıkanmalara, enjeksiyon sistemlerinde birikip tortulaşmalara ve daha başka motorda arızalara sebep olabilmektedir [58].

1.10.13. Kül Miktarı

Kül miktarı, bir yakıt örneğinin içerisinde var olan korozif etkili katı maddeleri, katalizör kalıntıları ve çözünebilen metal sabunlarının derişimini ifade eder [55].

Yanma işlemi sonunda ortaya çıkan atıklar segman yuvalarında ve supap tablası sapında birikir. Bu anlamda dizel yakıtlarının en önemli sorunlarından biride mühim seviyede karbon ve kül içermeleridir. Setan sayısı belirli bir seviyeye kadar, yanma işlemini iyileştirmeye yardım ederek yanma sonucunda artık miktarını azaltır. Ancak bu belirlenen değerden sonrasında is oluşumunda olumsuz yönde etki etmektedir. Bu sebeple herhangi bir madde standart dizel yakıtına ilaveten kullanılmadan önce bahsi geçen özelliklere dikkat edilmelidir [65].

1.10.14. Parlama Noktası

Parlama noktası risk düzeyinde çok büyük bir önem sahibidir ve yakıtın alevle yaklaştırıldığında buhar oluşturarak parlama meydana getiren en az seviyede ki sıcaklık derecesi olarak ifade edilmektedir. Depolanabilme ve yangın tehlikesi anlamında incelendiğinde, biyodizel dizel yakıtına kıyasla çok daha güvenilirdir. Bu özelliği biyodizelin depolanması, taşımadaki pratikliği ve güvenli oluşunu olumlu yönde etkilemektedir. B100 biyodizel numunelerinin parlama noktası belirlenmiş olan limitlerden çok daha yüksek değerdedir. Örneğin, saf kanola metil esteri için parlama noktası 170°C'dir. İçerikte bulunan alkol miktarı artışıyla parlama noktası hızla düşüşe geçmektedir.

B100 saf biyodizelin parlama noktası dizel yakıtına göre oldukça yüksektir ki, bu şu anlama gelmektedir; üretici üretim prosesinde kullandığı metanolün arta kalan miktarını çok büyük ölçüde uzaklaştırmıştır. Yakıt içinde bulunan fazla metanol elbette güvenliği tehdit etmektedir. Sebebi ise düşük miktarlarda da olsa arta kalan metanol parlama noktasını düşürür. Biyodizel içeriğinde eğer azda olsa metanol bulunuyorsa, parlama noktasının standartlardan ayrı oluşu, yakıt pompası, sızdırmazlık birimlerine negatif yönde etki edebilir ve yanma kalitesinde düşmeye sebep olabilir [66].

1.10.15. Soğuk Akış Özellikleri

Hem biyodizel hem de standart dizel yakıtı için soğuk akış özellikleri, çok özel bir önem arz etmektedir. Her iki yakıt türünde de sıcaklık değerinde düşme oldukça

jelleşme ve donma başlar. Eğer bu iki yakıtta da jelleşme meydana gelirse, yakıt filtresinde tıkanmalar oluşabilir ya da yakıtlar, yakıt pompasına yapışabilir.

Biyodizel genel özellikleri itibariyle soğuk iklim şartlarında olumsuz olarak etkilenebilmekte ve jel kıvamına gelebilmektedir. Bu fiziksel durum; doğal olarak biyodizelin kullanımında zorluklara neden olmakta ve üzerinde yoğun çalışmaların yapıldığı özelliklerinin başında gelmektedir.

Biyodizelin soğuk akış özellikleri:

- Bulutlanma noktası (CP, BN),
- Akma noktası (PP, AN) ve
- Soğuk filtre tıkanma noktası (CFPP, SFTN) kavramlarıyla ifade edilmektedir.

Belirtilmiş olan özellikler dizel yakıtı içinde geçerlidir. Fakat bu özellikler yapısı itibariyle biyodizelde dizel yakıtına göre daha çok önem teşkil eder. Çünkü dizel yakıtında standart olan bu özellikler; biyodizel üretilirken kullanılacak olan yağın özelliklerine ve kullanılan alkolün türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir [67].

1.10.15.1. Bulutlanma Noktası (BN, CP)

Bulutlanma noktası, sıvıların soğutulması ile parafin kristal bulutunun görülmeye başladığı sıcaklıktır. Yakıtın sıcaklık değeri bulutlanma noktası sıcaklığının altına inmeye devam ettiğinde yakıtta jelleşme başlayarak adım adım artık akış durma noktasına gelmektedir [67].

Biyodizel üretilirken hammadde olarak doymuş yağ asidi oranı yüksek olan yağlar kullanıldığında, elde edilen biyodizele ait bulutlanma noktası da yüksek olur. Bu önemli özellik, yakıtların soğuk iklim şartlarından etkilenip donmalarına, depolanmaları ve kullanımları sırasında sorunlar oluşmasına sebep olmaktadır. Kısacası soğuk iklim şartlarında yakıtın çalışma özellikleri kötüleşmektedir. Bu problemi ortadan kaldırmak adına yakıtın içine özel katkı maddeleri eklenebilir.

Bir yöntem olarak biyodizelin elde edilmesi sırasında, kullanılacak olan yüksek doymuş yağ asitliğine sahip yağlara, düşük yağ asitliğine sahip yağlar karıştırılarak da asitlik değeri düşürülebilir [60].

1.10.15.2. Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN, CFPP)

20 ml'lik numunenin 1 dakikalık süre içinde filtreden güvenle geçebileceği sıcaklık değeri olarak tanımlanan SFTN, bulutlanma noktasında meydana gelen wax kristallerinin sıcaklık değerinin giderek düşmesiyle kümeleşme gösterdiği noktadır. Tam da bu noktada yakıt filtresi tıkanır.

Soğuk filtre tıkanma noktası bulutlanma noktasına kıyasla kullanılacak olan dizel yakıtının soğukta akış özelliklerini daha iyi karakterize etmektedir.

Burada ilk alternatif biyodizeli saf olarak kullanmak yerine dizel yakıtı ile karışım yaparak kullanmak akla gelen ilk yöntemdir. Başka bir alternatif ise biyodizelin soğuk şartlarda kullanımını kolaylaştırabilmek için geliştirilmiş olan katkı maddeleri kullanmaktır. Katkı maddesi, yakıtın kristalleşme ve filtre tıkanma noktasına pozitif yönde etki edecektir [67].

Yakıtın akışkanlığındaki azalmaya sebep olan bu durum, sıcaklığın azalmasından kaynaklanır. Yüksek SFTN değerleri, yakıt akışının motor yönünde olmasını ve motorun çalışmasını engeller. Doymuş yağların transesterifikasyonunun yüksek SFTN değerlerine sebep olması beklenir. Düşük sıcaklıklarda, özellikle yakıt filtrelerinin tıkanması, yetersiz yanma, yakıt akışının kesilmesi gibi durumlarda, motor çalışmasındaki sorunlarının çözülmesi için birçok çalışma yayınlanmıştır. [68]

Soğuk hava şartları, filtrelerin tıkanma noktasında önemli bir rol aldığı için, soğuk havalarda filtre kontrollerine özen gösterilmelidir [69].

1.10.15.3. Akma Noktası (AN, PP)

Soğuk akış özellikleri biyodizel için çok büyük bir önem sahibidir. Soğuk akış özelliklerinden akma noktası ise; yakıtların belirlenen standart şartlar esasında soğutulurken akıcılığına devam edebildiği en alt sıcaklık değeri olarak ifade

edilmektedir. Başka bir ifade ile yakıtın hiç kristalleşme meydana gelmeden akmaya devam edebildiği en düşük sıcaklık değeridir [52].

Akma noktasına etki eden biyodizelin yapısal özellikleri, doymamışlık ve karbon zinciri uzunluğudur. Çoklu doymamış yağ asidi zincirleri (iç yağı, hidrojenlenmiş soya yağı, palm yağı), epey yüksek sıcaklık değerlerinde katılaşma eğilimi gösterirler. Kolza ve kanola metil esterinin bulutlanma ve akma noktası, soya yağı metil esterinden daha düşük seviyededir. Biyodizel üretilirken alkol olarak metanol yerine etanol kullanılırsa bulutlanma ve akma noktaları birkaç derece kadar azaltılmış olacaktır. Biyodizel-dizel karışımlarının bulutlanma ve akma noktaları, karışımların içeriğindeki biyodizel oranında değişim yaparak modifikasyonu sağlanmaktadır [70].

1.10.15.4. Donma Noktası (DN, FP)

Donma noktası, yakıtın tamamen katı hale geldiği ya da donduğu sıcaklık derecesini tanımlar. Bu durum ise yakıtın soğuk havada kullanılabilirlik ölçüsünü göstermektedir. Özellikle dizel yakıtı soğuk hava şartlarında kristalleşip donabilir.

Yüksek oranlı biyodizel-dizel karışımları, çoğunlukla daha yüksek akma noktasına sahip olmaktadır. B5 veya düşük oranlı biyodizel karışımları, dizel yakıtı ile karşılaştırılabilir özelliklere sahiptir [70].

1.10.16. Asit Sayısı

Asit sayısı biyodizelin içeriğinde ihtiva ettiği serbest yağ asidinin bir ölçüsüdür. Asit sayısının yüksek olması, yakıt hattında ve enjektörlerde aşınmalara ve bozulmalara sebep olur. Atık yağların asitlik değeri, ham veya rafineri yağlara göre daha yüksektir [57].

1.10.17. Biyobozunabilirlik

Biyodizeli meydana getiren C16 - C18 metil esterleri doğada rahatlıkla ve hızlıca parçalanır. Metil esterleri 10 g/l'ye kadar negatif mikrobiyolojik tesir oluşturmazlar. Suyu döküldüğünde veya karıştırıldığında biyodizelin 28 gün gibi kısa bir sürede

%95'i, dizelin ise sadece %40'ı bozunmaktadır. Biyodizelin tabiatta gösterdiği bu bozunma özelliği dekstrozla benzerlik göstermektedir [71].

1.10.18. Biyodizelin Depolanması

Dizel yakıtı için belirlenmiş olan depolama metodu ve standartları biyodizel için de geçerlilik sağlamaktadır. Biyodizel temizdir ve depolanacağı ortam kuru, karanlık olmalı ve aşırı sıcaklıklardan uzak durulmalıdır. Yakıt depolamada kullanılacak olan tankın yapı malzemesinde yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen tercih edilebilir. Yakıtların depolanmasında, taşınmasında ve motor donanımlarında bazı elastomerler, natürel ve butil kauçuklar kullanılması tehlikeli olabilmektedir. Bunun sebebi ise biyodizelin bahsi geçen malzemeleri parçalamasıdır. Buna benzer durumlarla karşılaşmamak için biyodizelle uyumluluk sağlayan Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanılması önerilmektedir [72].

1.10.19. Toksik Etki

Biyodizele ait bilinen negatif bir toksik etki yoktur. Biyodizelin ağız yoluyla alınmasında öldürücü etkili doz 17.4 gr biyodizel/kg vücut ağırlığıdır.. Sofralarımızda kullanmakta olduğumuz tuza ait öldürücü doz miktarı 1.75 gr tuz/kg vücut ağırlığıdır ve görüldüğü üzere tuzun öldürücü etkisi biyodizele kıyasla 10 kat daha fazladır.

İnsanlar üzerinde gerçekleştirilen el ile temasın testleri sonuçlarına göre biyodizel ciltte %4 oranında sabun solüsyonundan daha düşük toksik etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Biyodizel toksik değildir fakat biyodizel ile biyodizel-dizel karışımları kullanım durumunda, dizel yakıtına zorunlu kılınan standart şartların (göz koruyucular, havalandırma sistemleri gibi) kullanımı tavsiye edilmektedir [73].

1.10.20. Bakır Çubuk Korozyonu Tayini

Bakır çubuk korozyon tayini, yakıtların metaller ve metal alaşımları üzerindeki korozyon etkileşimini ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Yakıtın korozyon etkileşiminin yüksek oluşu, yakıtın depolanmasında ve yakıt sisteminde sorunlara neden olabilir. Dizel motorları ve yakıt sistemleri oldukça duyarlı çalıştıkları için bu

korozyon etkisi istenilmeyen sonuçlara yol açacaktır. Yakıt pompasına ait elemanlar mikronluk derecede hassasiyet ile çalışmaktadırlar. Bu yakıt elemanlarında ki deformasyonlar, yakıt püskürtme basıncında doğrudan etkili olacağı gibi, farklı türdeki sorunlara da neden olur. Yakıtlara ait korozif etkinin ölçülmesi için bakırdan bir çubuk yakıtın içinde belli bir sıcaklık değerinde ve belirli bir süre bekletilmesi sonucunda, bakır çubuk üstündeki görülen değişim standartlaştırılmıştır [74].

1.10.21. Ester İçeriği Ölçümü

Biyodizel yakıtının ester içeriği üretildiği hammaddeye göre değişkenlik gösterir. Bazı yağlardan üretilen biyodizelin doymamış esterleri yüksek ölçülerde iken, bazılarında ise düşüktür. Biyodizel eldesinde en önemli basamak esterleşme reaksiyonunun tamamlanmasıdır. Ester içeriği ölçümü, standartta bulunan en önemli ve biyodizelde saflığı niteleyen testtir ve ester içeriği tayini reaksiyonun verimini belirler. Gaz kromatografisi cihazı ile metil heptadekanoat çözeltisi standart alınarak biyodizel örneğinin ester içeriği belirlenir [67].

1.11. Biyodizel Standartları

Uluslararası Standart Teşkilatı (ISO)'nın “ *Belirli bir çalışmanın, o çalışma ile ilgili çevrelerin ve özellikle ekonominin yararına yapılabilmesi için tüm tarafların, katkı ve işbirliği ile belirli kurallar koyma ve bu kuralları uygulama işlemi*” şeklinde ifade ettiği standartlaştırma farklı alanlar içerisinde olduğu gibi biyodizel alanında da gereksinim şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu maksatla Avrupa Standardizasyon Teşkilatı CEN (Committeefor European Normalisation) 1997 yılı içinde Yağ Asidi Metil Esterlerin yakıt olarak dizel motorlarda kullanılması adına standart geliştirmiştir. Bu alanda yapılan öneriler, biyodizel ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalara destek olmak ve biyodizelin kullanıldığı motor elemanlarının garantisini sağlayabilmeye yöneliktir. Biyodizel ile ilgili standartlaştırma projeleri, çevreyle ilgili hususiyetin yakıt özelliklerine sık sık etki etmesinden meydana gelmiş ve yakıt özelliklerini düzenli ve sabitleştirebilme alanlarında olmuştur.

Biyodizel yakıtının dizel yakıtlarına bir seçenek olmasının koşulu, nitelik değerlerine bakıldığında dizel yakıtıyla yakın özellikler göstermesidir. Biyodizelin iyi bir üretim prosesi ile üretimi sağlanabilirse, dizel yakıtına benzer değerlere sahip olacaktır.

Biyodizel kullanımlarının giderek yaygın hale gelmesi alakalı standartları da birlikte taşımıştır. Birden fazla ülke biyodizele dair standartlarını çoktan hazır durumda tutmaktadır. Ülkemizin biyodizel ile alakalı standardı; TS EN 14214:2012+A1:2014'tür (Tablo 1.6). 18.06.2018'de kabul gören güncel standart şu anda iptal durumda olan TS EN 14213 standardının da yerini almış bulunmaktadır. Dizel yakıtlarıyla karışımları ile alakalı olan standart ise 18.06.2014 tarihinde kabul edilen TS EN 590:2013+A1 (Tablo 1.7) standardı kullanılmaktadır [28].

Tablo1.6. TS EN 14214:2012+A1:2014 Standardı [29]

Kriterler	Birimi	EN 14214:2012+A1:2014
Yoğunluk 15°C	g/m ³	0.86–0.9
Viskozite 40°C	mm ² / s	3.5-5
Parlama Noktası	°C	> 101
Setan Sayısı		>51
Kükürt İçeriği	mg/kg	< 10
Sülfatlanmış Kül İçeriği	% m/m	0.02
Su İçeriği	mg/kg	< 500
Karbon Kalıntısı (%10 damıtma kalıntısında)	% m/m	< 0.30
Toplam Kirlilik	mg/kg	< 24
Bakır Çubuk Korozyonu, (50°C' ta, 3 h)	Derece	Sımf 1
Oksidasyon Kararlılığı, 110°C' ta	h	>8
Asit Sayısı	mg KOH/g	<0.50
İyot Sayısı	g iyot/100 g	<120
Linoleik Asit Metil Esteri İçeriği	% kütle	<12
Çoklu doymamış (>=4 çift bağ) Metil esterleri	% kütle	<1
Metanol İçeriği	% kütle	< 0.2
Ester İçeriği	% kütle	> 96.5
Monogliseritler	% kütle	< 0.7
Digliseritler	% kütle	< 0.2
Trigliseritler	% kütle	< 0.2
Serbest Gliserol	% kütle	< 0.02
Toplam Kirlilik	mg/kg	< 24
Fosfor	mg/kg	< 4
Alkali Metaller (Na, K)	mg/kg	< 5
Toprak Alkali Metaller (Ca, Mg)	mg/kg	<5

Tablo 1.7. TS EN 590:2013+A1 Standardı [30]

Kriterler	Birim	TS EN 590:2013+A1
Setan Sayısı		>51
Setan İndisi		>46
Yoğunluk 15°C	g/m ³	0.82–0.845
Viskozite, 40°C'ta	mm ² / s	2-4.5
Parlama Noktası	°C	> 55
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	% m/m	<8
Kükürt İçeriği	mg/kg	<10
Kül İçeriği	% m/m	0.01
Su İçeriği	mg/kg	< 200
Karbon Kalıntısı (%10 damıtma kalıntısında)	% m/m	< 0.30
Toplam Kirlilik	mg/kg	< 24
Oksidasyon Kararlılığı	g/ m ³	<25
Bakır Çubuk Korozyonu (3 saat, 50°C'ta)	°C	Sınıf 1
Yağlama Özelliği, Düzeltilmiş Aşınma İzi Çapı (wsd1.4) 60°C' ta	µm	<460
Damıtma 250°C' ta Elde Edilen %(V/V)	%(v/v)	<65
250 °C' ta Elde Edilen %(V/V)	%(v/v)	>85
%95'in Elde Edildiği Sıcaklık	°C	<360
Yağ Asidi Metil Esteri	%(v/v)	<7
Filtre Engelleme Eğilimi		<2.52

Tablo 1.8. ASTM D6751 Standardı [76]

Kriterler	Birim	ASTM D6751
Setan Sayısı	-	>47
Kalsiyum ve magnezyum içeriği	ppm	<5
Parlama Noktası	°C	>93
Su ve Kalıntı	Hacimsel %	<0.05
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	1.9-6
Sülfatlanmış Kül İçeriği	Kütleli %	<0.02
Bakır Çubuk Korozyonu	-	No:3
Donma Noktası	°C	-
Karbon İçeriği	Kütleli %	<0.05
Asit Sayısı	mg KOH/g	<0.5
Serbest Gliserin	Kütleli %	0.02
Toplam Gliserin	Kütleli %	0.240
Fosfor İçeriği	Kütleli %	0.001
Damıtma	°C	<360
Sodyum ve Potasyum Muhtevası	ppm	<5
Oksidasyon Kararlılığı	h	>3

1.12. Biyodizel Emisyonları

Biyodizel emisyon değerleri Tablo 1.9’da B100 ve B20 hayat döngüsü emisyonlarına ait dizel emisyonları ile kıyaslamaları verilmiştir. Biyodizel ile dizel - biyodizel karışımı kullanımında CO, PM, HF, SO_x ve CH₄ emisyonlarında düşme, NO_x, HCl ve HC emisyonlarında ise artış görülmektedir.

Tablo 1.9. B20 ve B100 Emisyon Değerlerinin Dizel Yakıtı ile Karşılaştırılması [77]

Emisyonlar	B20(%)	B100(%)
Karbon monoksit	-6.90%	-34.50%
Partikül Madde	-6.48%	-32.41%
Hidroflorik Asit	-3.10%	-15.51%
Kükürt Oksitler	-1.61%	-8.03%
Metan	-0.51%	-2.57%
Azot Oksitler	2.67%	13.35%
Hidroklorik Asit	2.71%	13.54
Hidrokarbonlar	7.19%	35.96%

Hidroklorik asit ve hidroflorik asit emisyonları tabiat adına asit tehlikesi doğurmazlar. Biyodizel yakıtının hidrokarbon emisyonu, dizel yakıtından daha yüksek seviyededir. Bu değerlerin yüksek oluşu biyodizelin üretimi sırasında yağlı

tohumlu bitkilerin kullanılması kaynaklıdır. Fakat biyodizelin, dizele kıyasla hidrokarbon egzoz gazı emisyon değerleri daha düşüktür. Egzoz gazı emisyonları için inceleme yapıldığında karbon monoksit, hidrokarbon, kükürt oksit, partikül madde emisyonlarının dizel yakıtından daha düşük, azot oksit emisyonları ise daha fazladır. Azot oksit emisyonları katalitik dönüştürücülerin kullanılmasıyla düşürülebilir [77].

1.13. Biyodizelin Malzeme Uyumu

Dizel yakıtı için gereken dağıtımın, depolamanın metot ve standardı biyodizel yakıtı için de esastır. Biyodizel temizlenmiş, nemden uzak, ışık olmayan bir ortam içinde depolanmalı, çok yüksek sıcaklıklardan sakınılmalıdır. Depo tanklarında yapı elemanları için yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen tercih edilebilir. Yakıtı depolamak, taşımak için ve motor elemanlarında kullanılmak üzere bakır, kurşun, çinko tercih edilmemesi tavsiye edilmektedir.

Biyodizel yakıtının alevlenme noktası dizel yakıtına oranla daha yüksek değerdedir. Bu sebeple taşınabilirliği ve depolanabilmesi daha güvenilir olan yakıt türüdür. Biyodizel, dizel yakıtla çalışan bir motorda teknik bir değişikliğe gerek kalmadan ya da ufak birkaç değişiklikler uygulanarak da kullanılabilir. Fakat biyodizel, 1996 yılından önce üretilmiş olan bazı araçlarda kullanılan doğal kauçuk ile uyum sağlamaz. Şu nedenle ki; biyodizel, doğal kauçuktan üretilen hortumları ve contaları korozyona uğratar. Fakat bu sorunlar B20 yakıtı ile daha düşük oranlarda ki karışımları ile görülmemektedir. Bunun yanı sıra, biyodizelin çözücü özelliği sahip olması sebebiyle dizel yakıtlarının depolanmalarından kaynaklı yakıt deposu duvarları ve borularındaki artıkları ve tortulara çözücü etki etmesi sebebiyle filtrelerin tıkanmasını engellemeye yönelik tedbirler alınması gerekmektedir. Öte yandan akaryakıt istasyonlarında ve araç tamirhaneleri için de bir değişikliğe ihtiyaç duyulmaz [78].

1.14. Biyodizelin Tarıma Olan Katkıları

Bir tarım ülkesi olduğumuz göz önüne alınınca, bizler için biyodizel öncelikli bir alternatiftir. Kırsal kesimde ekonomik yönünün güçlenebilmesi ve iş istihdamının

beraberinde yan sanayilerinde gelişimine katkıları sağlayacaktır. Öte yandan, biyodizelin günümüzde bulunduğu konuma bakıldığında ülkeler için önemi kesinlikle göz ardı edilemez bir gerçektir [79].

Biyodizel sonuç olarak bir tarımsal ürün türevidir. Biyodizelin üretimindeki en büyük maliyet payını hammadde yani tarımsal ürünler oluşturduğu için tarımla bütünleşmiştir denilebilir. Biyodizel üretim maliyetinin %84'ünü hammadde yani tarımsal üretim oluşturmaktadır. Tablo 1.10'da biyodizelin maliyet yapısı gösterilmiştir.

Tablo 1.10. Biyodizelin Maliyeti

Biyodizelin Maliyeti (%)	
Hammaddesi	84
Kullanılan Kimyasallar	7
Su / Elektrik	4
Sabit Gider	5
Toplam	100

Biyodizelin tarıma olan katkıları şöyle ifade edilebilir;

- Tarımsal üretimin ürün yelpazesinde genişleme sağlayarak çevre bilimine olumlu katkılarda bulunur ve sürdürülebilir tarımda iyileştirme yapıları oluşturur,
- Kırsal kalkınmaya sağlayarak istihdam artışına destek olur,
- Yağ bitkileri tarımında yaygınlaşma sağlayarak ülkemizde büyük bir sorun olan gıdadaki yağ açığının kapatılmasına yardımcı olur,
- Ekim nöbetinin yaygınlaştırılması ile toprağın verimi artırılır ve çoklu kültür tarıma olanak sağlamaktadır,
- Çiftçilerin masraflı olan enerji gereksinimini kendisinin üretebilmesi ve “Enerji Tarımı” kültürünü meydana getirmektedir,
- Yağlı tohumların yağlık çekirdekleri dışında kalan bölgesi ve biyodizel üretiminden arta kalan organik yapıları atıkların hayvan yemi şeklinde kullanılması ile hayvancılıkta gelişim gerçekleştirir [80].

1.15. Biyodizelin Çevresel Özellikleri

Dizel yakıtına alternatif olan biyodizel çevre ile uyum içindedir. Biyodizel çok kısa zamanda doğada %99.5 gibi çok büyük bir oranda parçalanabilen yakıttır.

Dizel ve biyodizel karışımları kullanıldığında partikül madde, hidroflorik asit, kükürt oksit, metan ve karbonmonoksit emisyonları için azalış olurken; hidroklorik asit, C_xH_y ve azot oksit emisyonlarında artma meydana gelmektedir. Biyodizel, karbon döngüsü içerisinde fotosentezin yardımı ile karbon dioksiti dönüşüme uğratar. Biyodizel egzoz gazlarının sera etkisini arttıran bir özelliği olmadığı için karbon döngüsünü hızlandırır. Biyodizel kükürt içermediği için sülfür oluşturmaz ve asit yağmurlarına sebep olmaz. Biyodizel yakıtların toplam kirli hava meydana getirme kapasitesi dizel yakıtına oranla %50 daha düşüktür.

Amerikan Çevre Koruma Ajansı'nın programı içerisinde geliştirilen biyodizel yakıtının incelenmesi ile yapılan değerlendirme şu şekilde sıralanmıştır:

- Kirli hava kütleindeki toplam miktar dizel yakıtlara oranla %50 daha azdır. SO_2 emisyonuna bağlı olarak meydana gelen asit yağmurları gözlenmemiştir.
- CO, PM ve yanmamış hidrokarbonlar N14 Dizel motorunda teste tabi tutularak miktarlarında ciddi ölçüde azalmalar olduğu görülmüştür.
- NO_x emisyonu motor özelliğine bağlı olarak artmakta ya da azalmaktadır. Yapılan analizlerin sonucunda biyodizelin NO_x emisyon miktarı %13-14 arasında artış göstermiştir. Ancak biyodizel yakıtlarında kükürt bulunmadığından dolayı egzoz emisyonunu azaltma teknolojileri biyodizel yakıtlarına kolayca uygulanabilmektedir. Bu sayede NO_x miktarlarını kontrol altına almak kolaylaşmıştır.
- Biyodizel yakıtı, insan sağlığına olumsuz yönde etki eden birçok çevresel etkeni bertaraf edecektir. Dizel yakıtları içerisindeki hidrokarbon türevlerinin emisyonları ortalama olarak %80-90 civarında azalmıştır. Bu durumun da gösterdiği gibi biyodizel çevre dostu bir yakıttır. Tablo 1.11'de emisyon maddelerinin insan sağlığına olan etkileri gösterilmiştir [81].

Tablo 1.11. Emisyon Bileşenlerinin İnsan Sağlığına Etkileri [81]

Emisyon Bileşenleri	Etkileri
CO	Kalp rahatsızlıkları, Metabolizmada yavaşlama
CO ₂	Akut astım ve nefes hastalıkları
SO _x	Akut nefes yetmezliği
Pb _x O _x	Alyuvar Kanseri, Kemik iliği kanseri
Hidrokarbonlar	Kanser

1.16. Biyodizel Avantajları

Biyodizelin çevre dostu oluşu dizel motorlarda yakıt olarak tercih edilmesindeki en mühim nedenlerden biridir. Biyodizel dizel yakıtına oranla daha az atık oluşturur.

- Türkiye gibi benzin ve dizel yakıt fiyatlarının yüksek olduğu ülkelerde alternatif yakıt olarak kullanılarak dışarıya olan petrole bağımlılığı düşürür.
- Yenilenebilir hammaddelerden üretilebilen bir yakıt türüdür.
- Yok denilecek kadar az toksik etkiye sahiptir.
- Hayvansal, bitkisel ve atık yağlardan elde edilebilir.
- Kanserojen maddeler ve kükürt ihtiva etmez. Dizel yakıtlarının sebep olduğu kanserojen etkileri %95 oranlarında azaltmaktadır.
- Biyodizel yakıtını meydana getiren metil esterler tabiatta çabuk ve basit bir şekilde bozunurlar. Böylelikle biyodizel biyolojik anlamda basit ve çabuk bozunabilen yakıt tipidir. Biyodizel suya bırakıldığı zaman 30 gün içerisinde %95'i bozunabilmektedir ve bu değer dizel yakıtında %40 civarındadır.
- Biyodizel bitkisel veya hayvansal yağların kullanımı ile üretildiği için motorun yağlanması katkıda bulunur ve bu sayede motor elemanları daha rahat hareket eder.
- Biyodizel, motorun içinde oluşan tortuları bir çözücü gibi hareket ederek çözer ve tıkanmalara neden olabilecek tortuları, artıkları giderir. Bu sayede motorun ömrünü uzatmış olur.

- Biyodizel motorine %1 oranında dahi karıştırılırsa, yakıtın yağ film tabakası oluşturma kabiliyetini %65'e çıkarır.
- Biyodizelin parlama sıcaklığı yüksek olduğu için kolay bir şekilde depo edilebilir, taşınabilir ve kullanılabilir özelliktedir.
- Sera gazlarının neden olduğu zararlı emisyonları azaltmaya yardımcı olur.
- Sadece yakıt olarak değil, jeneratörlerde ve tüm ısıtma sistemlerinde rahatlıkla kullanılabilir.
- Mevcut bulunan günümüz dizel motorlarında herhangi bir tasarım değişikliğine gitmeye gerek kalmadan kullanılabilir.
- Hammadde olarak kullanımından dolayı yağlı tohum tarımının gelişmesine büyük katkı sağlar.
- Gün geçtikçe tükenme yolunda ilerleyen enerji kaynaklarına alternatif olarak kullanılacak bir enerji türüdür. Motorin ile kıyaslandığında biyodizel daha güvenilir bir yakıttır. Yanma sıcaklığı yüksek olduğu için ortaya çıkabilecek yanma riski taşıyan kazaları azaltır. Bu da motor hareketine kolaylık sağlar [82].
- Bunun yanı sıra biyodizelin parlama noktası dizel yakıtından daha yüksektir. Bu durum doğal olarak yanmaya direk etkisini göstermez ancak, biyodizel yakıtını depolanabilirlik ve taşınabilirlik anlamında daha güvenilir bir yakıt konumuna getirmektedir [83].

1.17. Biyodizelin Dezavantajları

- Biyodizelin akma noktası motorine göre daha yüksektir. Bitkisel yağların direk dizel yakıtı olarak kullanılmalara negatif yönde etki eden temel faktör, sahip oldukları viskozite yüksekliğidir. Günümüz dizel motorlarındaki enjeksiyon sistemleri viskozitede ki değişimlere hassas yapıdadırlar. Viskozitenin yüksek oluşu, yanma odası içerisindeki yakıtın atomizasyonuna engel olmakta ve damlacık boyutlarında büyümeye sebep olarak tam yanmaya engel olmaktadır. Yanma işlemi tam anlamıyla gerçekleşmemiş ise yanma odası içinde birikimlere,

enjektörlerde koklaşmaya ve tıkanmaya bunların yanı sıra yağlama yağına bulaşmasına sebebiyet vermekte ve yağlama yağının kalınlaşmasına sebep olarak jelleşme oluşturmaktadır. Bitkisel yağların yakıt amaçlı kullanılmasında başka bir sorun ise içeriğinde bulundurdukları doymamış bağlardan kaynaklıdır. Doymamış yapıların yağlama yağına karışması ve bu alanda polimerizasyona uğraması, motorda aşınmalara neden olacak viskozite artışlarına sebep olmaktadır.

- Biyodizel soğuk hava şartlarından dizel yakıtına kıyasla daha hızlı etkilenir. Soğuk hava şartlarında biyodizelin bulutlanma noktası dizel yakıtına oranla daha yüksektir. Biyodizel yakıtları yüksek oranlarda doymuş yağ asidi içerdiği için, kış ayları içerisinde yakıt filtresinde ve yakıt hattı borularında tıkanmalara neden olabilmektedir. Bu etki ise biyodizelin soğuk iklim bölgelerinde kullanılmasında sınırlandırıcı bir faktör olmaktadır. Bahsi geçen sınırlamadan kurtulabilmek için yakıtların karışım halinde kullanım şekli tercih sebebi olmaktadır ve ön ısıtma işlemi sayesinde giderilebilir.
- Biyodizelin ısı değeri dizel yakıtı ile kıyaslandığında %10 civarında daha alt değerdedir. Biyodizelin bu özelliği ise motor içerisindeki yanma işlemi sonunda güç düşüşüne sebebiyet vermektedir.
- Biyodizelin jelleşme noktası yüksektir. B100 için 0°C iken B20 için -26°C'dir.
- Biyodizelin bir başka dezavantajı da göstermiş olduğu oksitlenme eğilimidir. Biyodizel hava ile temas ettiği zaman, özellikle de yüksek sıcaklık değerlerinde hızlıca oksitlenmeye başlar.
- Biyodizelin doğal ve butil kauçukları parçalaması sebebiyle uzun süre depolanması öngörülmez. Saf biyodizel kullanıldığı zaman ise motor elemanlarında özellikle ise yakıt donanımında bulunan elemanların uygun parçalar ile değiştirilmesi gerekebilir.
- Biyodizelin azot oksit (NO_x) emisyonları dizel yakıtına oranla bir miktar daha yüksektir.
- Yakıt tüketimi konusu biyodizelde hacimsel olarak %11, ağırlık anlamında ise %5-6 oranlarında dizel yakıtına göre daha fazla olmaktadır.
- Biyodizel yağlama yağının seyrelmesine sebebiyet vermektedir.

- Biyodizel, 1996 yılı öncesinde üretilen araçlarda kullanıldığında motorun bazı plastik kısımlarına etki edebilir.
- Biyodizeli araçlarda yakıt olarak kullanmadan önce araç depoları iyice temizlenmelidir [83].

1.18. Türkiye’de Biyodizel

Biyoyakıt konusu ülkemizde ilk kez 1931 yılı gerçekleştirilen ve Ankara’da yürütülen Birinci Ziraat Kongresi’nde incelemeye tabi tutulmuştur. Temel gayesi, “An’anevi Ziraattan Rasyonel Ziraata” olan bahsi geçen Kongrede, Türkiye’nin tarımsal üretiminin kalitatif ve kantitatif olarak artırılması, dünya pazarında rekabet gücünün daha da iyileştirilerek tarımsal ihracat seviyemizin yükseltilmesi en önemli amaç olarak belirtilmiştir.

Takribi olarak 50 alt başlıktan meydana gelen Kongre’ye ait olan uzmanlık raporlarında; ülkemizde yetişebilen farklı türdeki zirai ürünlere ait kapsamlı incelemeler yapılmıştır. Kongredeki başlıklardan birisi olan, “Ziraat Aletleri” kısmında, zirai ürünleri üretmenin artırılabilmesinde tarımsal alet ve makinelerin ne kadar önemli olduğuna yer verilmiş, bahsi geçen makineleri ve bu makinelerde kullanılacak olan yakıtı dış kaynaklardan almaktan ise yerel kaynaklar ile üretiminin yararlarından söz edilmiştir.

Bütün bu olanlar gösteriyor ki, o dönemlerde ki ismi biyoyakıtlar değilse de ülkemizde ilk kez Birinci Ziraat Kongresi’nde, yerli kaynakların kullanılmasıyla üretilecek olan yakıtın milli ekonomimiz için ne kadar çok yararlı olduğu vurgulanmış ve biyoyakıt üretiminin önemi farklı açılardan incelemeye alınmıştır.

Bunlara ek olarak, Atatürk’ün verdiği talimatlar ile o zaman ki milletvekilleri ve alakalı birimlerin yetkililerinin 1934’te imzalamış olduğu belge, ülkemizde biyoyakıtlarla ilgili ilk resmi belge olması adına önemlidir. Şekil 1.4.’te yer almış olan ve bahsi geçen belge, Atatürk Orman Çiftliği’nde “Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı” adlı çalışmaların devletin isteği üzerine başlatıldığına işaret etmektedir [84].

TARİHTEN BİR NOT

Yıl: 1934
Yer: Atatürk Orman Çiftliği
Faliyet: TARIM TRAKTÖRLERİNDE
BİTKİSEL YAĞIN YAKIT OLARAK
KULLANIMASI

Gerekçe: "Her memleket harp veya buna mümasil fevkal'ade bir vaziyet karşısında haricin yardımından kurtularak mümkün mertebe kendi hudutları dahilindeki membaalardan elde edebileceği madde-i müşteilerle ihtiyacını temin etmek lüzumunu ehemmiyetle hissetmiştir.

Tecrübe Heyet-i Umumiyesi: Jüri Heyetinin Faal Teknik
Tecrübe Heyeti:

İzmir Mebusu Rahmi Bf. Reis
Bursa Mebusu
Tahsin Bf. Reisvekili
Yozgat Mebusu Tahsin Bf.
Ziraat Bankası
Fen Müşaviri Hikmet Bf.
Aydın Mebusu Mithat Bf.
Manisa Mebusu Yaşar Bf.
Şurayı Devlet
Azasından Süreyya Bf.
Konya Mebusu Hamdi Bf.
Eskişehir Mebusu
Ticaret Müsteşarı Şakir Bf.
Ziraat Bankası Umum Müdürü
Şükfi Bf.

İktisat Vekaleti Ziraat Umum
Müdürü Naki Bey, Reis
Mühendis Refik İsmail Bey
Milli Müdafaa Vekaleti
Fen Ş. Yüzbaşı Nefi Bey
Motor Mütehasısı
Mr. Hugo Hirsch
Sabık Halkalı Müderrisi
Reşat Rakım Bey
İktisat Vekaleti Ziraat
Makineleri Laboratuvarı
sefi Esat Ahmet Bey

Şekil 1.4. 1934 Yılında "Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı" [84]

Söz konusu olan bu çalışma sayesinde Atatürk Orman Çiftliği'nde tarımsal üretimde kullanılan traktörlerde bitkisel yağlar yakıt olarak kullanılmıştır. Bu sayede, o dönemki adı bitkisel yağ olan biyodizelin dizel motorlarında kullanılması sağlanmıştır. Bahsi geçen resmi belge ve bu alanda yapılan çalışmalar, ülkemizde kullanılmış ilk biyoyakıtın biyodizel oluşunu göstermiştir.

2000'li yılların başlarında dünyada başlayan gelişmelerle aynı zaman içinde gelişen biyoyakıtlar Türkiye'de alakalı kurum ve kuruluşlar tarafından yeniden incelenmeye başlanmıştır. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının koordinatörlüğünde alakalı kurum ve kuruluşların da yardımlarıyla 2005'te oluşturulan Türkiye Biyoyakıt (Biyodizel-Biyoetanol) raporu ile Türkiye'nin biyoyakıtlar üzerinde izleyeceği harita şeması planlanmaya çalışılmıştır. Fakat bahsi geçen rapora siyasi yönetim tarafından gerektiği kadar sahip çıkılmamış ve kamuoyu ile paylaşımı söz konusu olmamıştır.

Bu durum raporla ilgi çalışmalara adım atılmamasına sebebiyet verirken, uygulamaya ait çalışmalarda özel sektör firmalarının devlet kurumlarınca yn verilmesine negatif yönde etki etmiştir. Sonuç olarak, Türkiye’de biyoyakıtların üretilmesi ve kullanılması bir strateji eşliğinde sağlanamamış, piyasadaki üretim firmaları özensiz, birbirlerine bağlılığı olmadan ve başıboş bir şekilde projeleri faaliyete geçirmişlerdir.

Biyometanoln retilimi için firmalar biyodizel üretim firmalarına kıyasla daha ileri teknolojilere ihtiyaç duyduğu için biyometanol üretim tesislerinin az sayıda kurulmalarına sebep olmuştur.

Ülkemizde biyodizel ve biyometanoln üretim ve tüketim rakamları günümüzün gerektirdiği seviyelere ulaşamamıştır. Geçmiş dönemlerde biyoyakıtlara zorunlu harmanlama oranı getirilmemesi biyoyakıt üretim ve tüketim seviyemizin dşklğndeki en önemli etkenlerdendir. Yasal düzenlemelerin vaktinde yapılmayışı ve sektörü hareketlendirecek destek projelerinin çalışmaya geirilemeyişi biyoyakıt sektöründe ki gelişime negatif doğrultuda etki etmiştir. Yüksek beklentiler ile sektöre giriş yapan çokça biyodizel ve biyometanol üretim firması şu an işlevsiz durumda kalmıştır [84].

EPDK dizel yakıtına, en az binde 5 biyodizel harmanlamasını şartını 2018 yılı itibarı ile zorunluluk haline getirmiştir. Bu sayede sıvı yakıt sektöründe 200 litrelik dizelin, minimum 1 litre biyodizel içeriğine sahip olması sağlanmış olacak. Biyodizelin piyasaya sunumunda bir sorun yaşanması ya da biyodizelin fiyat belirlenmesinde çekişmeyi bozacak bir durum oluşması sonucunda, EPDK harman oranında tekrardan belirleme yapabilecek.

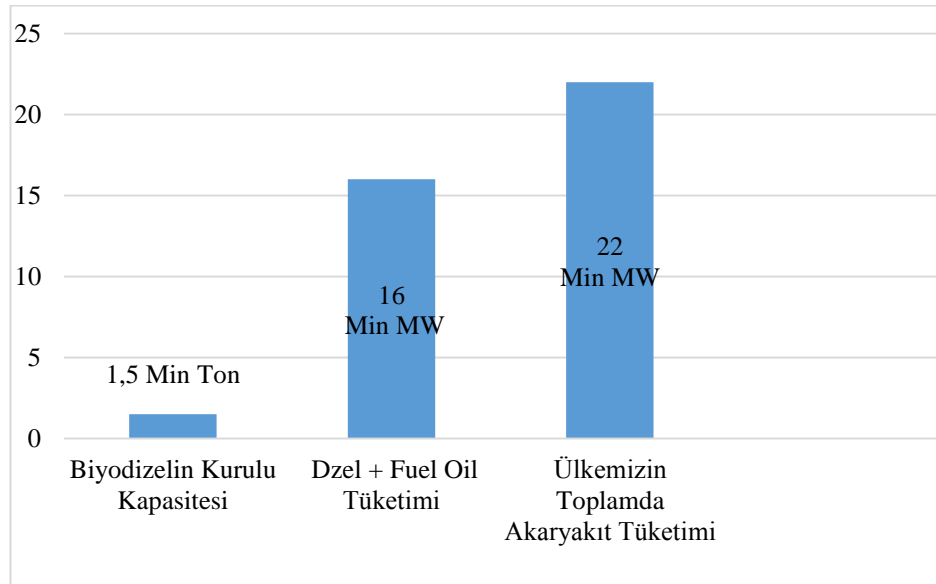
Biyodizel retimlerinin gıda güvenirliğine tehdit oluşturmayacak biçimde artırılması gerektiğine dikkat eden EPDK, yeniden düzenleme ile birlikte biyodizel yakıtı üretim miktarının etkili bir şekilde kullanılmasını, bu konuyla ilgili yeni yatırımlara teşvik verilmesini, yerli tarıma destek sunulmasını ve bitkisel atık yağların toplayıcılığına teşvikler sunulmasını amaçlıyor.

Uygulanacak olan harmanlama zorunluluğu senelik 0.5 milyar liranın üzerine çıkan biyodizel satışına denk gelirken, biyodizelin dizel ile harmanlanmasıyla ÖTV’de belirli ölçülerde muafiyet sağlamış oluyor [85].

2005 yılında ülkemizde biyodizel üretiminden söz dahi edilmezken, 2006 yılında biyodizel üretimi günlük olarak 400 varil düzeylerinde gerçekleşmiştir. Biyodizel üretimi 2006-2009 yılları arasında ani bir düşüşe uğrayarak günlük 400 varil düzeyinden günlük 100 varil düzeyine kadar gerilemiştir. Biyodizel üretimi 2009-2011 yılları arasında ise tekrar bir artış göstererek günlük 100 varil düzeyinden günlük 450 varil düzeyine ulaşmıştır. 2011-2012 yıllarında tekrar düşüş yaşayarak 2012’de günlük 360 varil düzeyine inen Türkiye’nin biyodizel üretimi 2012 yılı sonrasında tekrar yükselişe geçmeye başlamıştır [86].

2014 yılında Türkiye’nin biyodizel üretim miktarı 32.240 ton/yıl ‘a ulaşmıştır (EPDK) [87].

OECD-FAO istatistiklerine göre Türkiye’de 2015 yılında biyodizel üretimi 0.15 milyar litre, 15 bin litre ithalat, 6 bin litre ihracat ve 0.15 milyar litre tüketimi olmuştur. Ülkemizde biyodizelin kurulu kapasitesi ve akaryakıt tüketimlerimiz Şekil 1.5’te gösterilmektedir [88].



Şekil 1.5. Türkiye’de Biyodizel ve Akaryakıt [88]

Tablo 1.13. 2017 Yılı Kasım Ayı Sektör Raporu [91]

Firma Ünvanı	Harmanlanan Ürünler	Teslim Türü
		Dağıtıcıya Teslim
DB TARIMSAL ENERJİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	Biodizel	2.378.880
TBE BİYODİZEL TARIMSAL ENERJİ ÜRETİMİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	Biodizel	1.213.983
Toplam		3.592.863 (ton)

1.19. Dünyada Biyodizel

İlk dizel motoru 1890'lı yıllarda Rudolf Christian Karl Diesel tarafından icat edilmiştir. Üretilen dizel motorunda, farklı türde yakıtlar ve hatta doğrudan bitkisel yağlar dahi kullanılmıştır. 1900 yılında gerçekleştirilen Paris Dünya Fuarında dizel motorunda yer fıstığı yağı kullanmıştır. Fakat o dönemde, petrol yakıtlarının ticareti günümüze kıyasla oldukça kolay olduğu için alternatif yakıtlara olan rağbet oldukça düşük olmuştur. 1930'lu yıllarda petrol kaynaklı dizellere benzeyen alternatif ürünler elde edebilmek için bitkisel yağlardan üretilen yağ asitlerini gliserolden ayırabilmek adına yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. 1937 yılında palmye yağı etil esteri patenti G. Chavanne tarafından alınmıştır. 1938 yılında palmye yağıyla etil ester ile çalışan yolcu otobüsü Belçika şehirleri olan Bürüksel ve Leuven arasında bir sefer yapmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Petrol kaynakları İkinci Dünya Savaşı sırasında (1939-1945) azalmaya başlamış ve buna paralel olarak petrol yakıtlarında fiyat artışı olmuştur. Başlayan bu sorun ile dizel yakıtına alternatif olarak bitkisel yağlar Brezilya, Arjantin, Şili, Hindistan ve Japonya tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Fakat savaş sona erdikten sonra petrol kaynaklarına erişim yeniden kolaylaşmış ve artmıştır. Bu nedenle petrol kaynakları fiyatları tekrar ucuzlamaya başlamış ve bitkisel yakıtlar yeniden arka planda kalmıştır. Daha ileriki yıllarda, özellikle de 1970'li yıllarda bazı ülkelere petrol ambargosu uygulanmış ve bu nedenle bitkisel kaynakların yakıt olarak kullanımı yeniden önem kazanmıştır. Avusturya, Amerika Birleşik Devletleri, Güney Afrika ve diğer ülkelerdeki bilim insanları bitkisel yağların dizel motorlarında doğrudan yakıt olarak kullanılabileceğini tekrardan keşfetmişlerdir. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında, kalite olarak dizel yakıtından

daha düşük olan bu yakıtlar, sahip oldukları yüksek viskozite sebebiyle, püskürtülme ile motora zarar vermektedir. Bu sebeple, bilim adamları viskoziteyi düşürebilmek amacıyla daha sonradan bitkisel yağın biyodizele dönüştürülebilmesi için incelemelere başlamıştır. İlk biyodizel üretim fabrikası Avusturya'da 1985 yılında tarım okulunda kurulmuştur ve 1992 yılı itibariyle biyodizel bütün Avrupa'da ticari olarak üretilmeye başlamıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise biyodizel 1991 yılında Kansas Şehri'nde üretilmeye başlanmıştır [32].

2017 yılı REN raporuna göre küresel biyodizel üretimin yıllık kapasitesi 30.8 milyar litredir. Net kapasitelerine göre 2016 yılında dünyanın en büyük biyodizel üretici ülkeleri sırasıyla ABD ve Brezilya'dır. Bu ülkelerin hemen arkasından Arjantin, Almanya ve Endonezya birbirine yakın değerler ile birbirlerini takip etmektedir.

2016 yılında küresel biyoyakıt üretimi, 2015'e kıyasla yaklaşık %2 oranında artarak 135 milyar litreye ulaştı. Bu artış elbette büyük ölçüde 2015 yılında yaşanan bir düşüş sonrasında biyodizel üretiminde bir toparlanmaya bağlıydı. Birleşik Devletler ve Brezilya bugüne kadar %70 gibi büyük bir oranla dünyanın en büyük biyoyakıt üreticileri olarak kaldılar. Bu iki ülkeyi hemen arkalarından Almanya, Arjantin, Çin ve Endonezya izledi.

Biyo-yakıt üretiminin tahmini olarak %72'si (enerji açısından) yakıt etanol, %23'ü biyodizel ve %4'ü ise hidrojene edilmiş bitkisel yağlardan oluşmaktadır.

Biyodizel üretimi, coğrafi olarak yani insan çevre ilişkisi anlamında etanolden daha farklıdır, birçok ülke arasında üretimi yaygınlaşmıştır. Yağ asidi metil esteri (FAME) üretimi için önde gelen ülkeler; küresel üretimin %18'i ile Amerika Birleşik Devletleri, %12 ile Brezilya ve her biri %10'luk üretim ile Endonezya, Almanya ve Arjantin'dir.

2015 yılında yaşanan düşüşün ardından, biyodizel üretimi %6.5'lik azalma 28.7 milyar litreye düşmüş ancak 2016 yılında %7.5 artarak küresel üretim 30.8 milyar litreye ulaşmıştır. Artış esas olarak, geri kazanılan üretim seviyelerine bağlıydı. Endonezya ve Arjantin'de ve Kuzey Amerika'da önemli artışlar gerçekleşti. ABD biyodizel üretimi 2016 yılında %15 artarak ulaşması, RFS₂ (Renewable Fuel

Standard) içerisinde dizel için geliştirilmiş fırsatlara yanıt olarak 5.5 milyar litre seviyesine ulaşmıştır.

Kanada'da biyodizel üretimi %19 artarak 0.4 milyar litreye yükseldi. Buna karşılık, Brezilya'daki biyodizel üretimi verilen harmanlama talimatına rağmen %3 düşerek 3.8 milyar litreye geriledi. Muhtemelen bu düşüş ise azalan ticari faaliyet seviyesine bağlı olarak dizel yakıtı tüketim talebindeki düşme sonucu gerçekleşmiştir.

Arjantin'de 2015 yılında bir düşüşle başlayan biyodizel üretimi, %43'lük bir artış göstererek 3.0 milyar litreye ulaştı. Bu artış iç talebin artmasını (üretim yaklaşık %45'ini oluşturur) ve ABD ve Peru'da daha iyi pazar beklentilerinin yükselmesini tetiklendi.

Avrupa biyodizel üretimi %5 gerileyerek 10.7 milyar litreye geriledi. Buna rağmen Almanya 3.0 milyar litre üretim ile yine en büyük Avrupa üreticisi oldu, bunu ise 1.5 milyar litre üretim ile Fransa izledi. Bu ülkelerden her ikisinde de üretim %11 düştü ancak İspanya'da 1.1 milyar litre yani %1 artış, Polonya'da %8 artışla 0.9 milyar litre arttı [92].

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Atmanlı 2013 [1], çalışmasında, Euro dizel yakıtı ile karışım oluşturmak için n-bütanol ve bitkisel yağ bileşeni olarak da nötr pamuk yağı kullanmıştır. Titrasyon yöntemi ile bileşenlerin farklı sıcaklıklarda birbirleri ile çözünürlük ilişkileri incelenmiş. Seçilen 7 farklı konsantrasyon ile deney yakıtları hazırlanmış ve motor devri maksimum moment devri 2200d/d'da ki deney sonuçları esas alınarak belirlenen motor performansı ve egzoz emisyon parametrelerine göre optimizasyon yapılmıştır. Çalışma sonucunda, çıktı parametrelerini istenilen hedef değerler aralığında sağlayan %65.5 euro dizel yakıtı, %23.1 n-bütanol ve %11,4 nötr pamuk yağı konsantrasyonuna sahip üçlü yakıt karışımı tespit edilmiştir. Bu yakıt karışımının yakıt özellikleri incelenmiş ve standartlarda belirtilen yakıt özelliklerinin yanında özellikle soğuk akış parametrelerinin çok iyi seviyede olduğu belirlenmiştir.

Ölçüm 2006 [3], çalışmasında, Dünya ve Türkiye'de enerji, biyokütle enerjisi ve biyodizel konularında bilgi vermiştir. Biyodizelin tarıma olan katkılarından, çevresel etkilerinden, avantaj ve dezavantajlarından bahsetmiştir. Biyodizel üretimi hakkında bilgileri aktarıp biyodizelin; zehirsiz bir enerji kaynağı olduğunu, NO_x dışındaki egzoz emisyonlarının düşüklüğünü, setan sayısının yüksekliği ve güvenilir bir yakıt olduğunu vurgulamıştır.

Özgür 2016 [4], çalışmasında, transesterifikasyon metodu ile çeşitli katalizör ve alkol miktarları değerlerinde NaOH ve KOH kullanımı ile kanola biyodizeli üretmeyi amaçlamıştır. Elde edilen biyodizel numunelerinin dönüşüm oranları, viskozite, yoğunluk ve soğuk akış özellikleri ölçmüş ve karşılaştırma yapmıştır. Sonuçta ise en yüksek verim ve en düşük soğuk akış özelliği; sodyum hidroksit kullanımında elde edilen biyodizel de %0.75 katalizör miktarı ve 6:1 alkol/yağ mol oranında; potasyum hidroksit kullanımında elde edilen biyodizel için %1 katalizör miktarı ve 9:1 alkol/yağ mol oranıyla elde etmiştir.

Behçet ve ark. 2012 [5], yaptıkları çalışmada, hammadde olarak atık kızartma yağı kullanarak biyodizel elde etmişler ve standart dizel yakıtıyla %25, %50 ve %80 oranlarında karışımlar oluşturarak dizel motorda test etmişlerdir. Ürettikleri biyodizelin karışımlarını farklı biyodizel üretimleriyle kıyaslayıp benzer özelliklere

sahip oluğunu belirlemişlerdir. Elde edilen biyodizel ve karışımlarının, tork ve efektif motor gücü standart dizel yakıtına oranla daha düşük, yakıt tüketiminin daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Yaptıkları emisyon testlerinde ise, azot oksit ve oksijenin, biyodizel ve biyodizel dizel karışımlarında, dizel yakıtına oranla daha fazla olduğunu, hidrokarbon, karbondioksit ve karbonmonoksit, emisyonlarının biyodizel karışımlarında daha az değerlerde olduğunu belirtmişlerdir.

Yılmaz 2015 [8], bu çalışmada, Dünya’da ve ülkemizde yenilenebilir enerji kullanılabilirliğinin yaygın hale getirilmesi için yapılan teşvik ve destek sistemlerini ve bu destek sistemlerinin enerji üretimi miktarlarında ve ülke ekonomisinde oluşan etkileri incelemeyi amaçlamıştır. Sonuçta yerel, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımların gün geçtikçe artırılması gerektiğine, devletin 2005 yılından bu yana faaliyete geçirdiği kanunların geliştirilmesi, düzgün planlamaların doğrultusunda sunulması gerektiğini vurgulamıştır.

Güner ve ark. 2017 [12], yaptıkları çalışmalarında, küresel iklim değişikliği sorununu ve bu sorunun yönetimi için yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının yaygınlaştırılmasının önemi ortaya koymayı amaçlamışlardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzının sağlanmasındaki katkısının yükseltilmesinin; çevreye duyarlılığı, sürdürülebilirliği ve dışarıya olan bağılılığın azaltılabilmesine büyük ölçüde katkısının olacağına değinmiştir. Enerjinin temin edilmesinde kaynak çeşitliliğinde ithalat sebebiyle ortaya çıkan risklerin azaltılabilmesinde ki önemini vurgulamıştır. İklim ve enerji politikalarının birlikte oluşturulmasının köklü çözümler üretilebilmesi için önemini, iklim değişiklikleriyle mücadele edebilmek amacıyla yatırım politikaları ve Bakanlık kalkınma politikalarının birbiriyle uyum içinde olmasının öneminden bahsetmiştir.

Şanlı 2014 [13], bu çalışmada, 7 farklı sektörden 70 farklı atık kızartma yağı örneği toplamış ve toplanan bu yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. Laboratuvar ölçekli transesterifikasyon reaksiyonlarında metanoliz için en iyi sonuçlar KOH ile elde edilmiş ve %97.18’lik ürün eldesi sağlanırken etanoliz için ise CH₃ONa ile %99.08’lik ürün eldesi sağlanmıştır. Optimize edilen reaksiyon şartları ile pilot ölçekli üretim gerçekleştirildiğinde ürün eldesi bir miktar düşmekle birlikte (metanoliz için %94.5 ve etanoliz için %91) üretilen biyodizellerin yakıt özellikleri

standart değerleri karşılamıştır. Egzoz emisyonlarında ise etil esterin daha dūřuk egzoz emisyonlarına neden olduğunu belirtmiştir.

Taşkaya Top 2010 [17], çalışmasında, bitkisel atık yağlar hakkında genel bilgiler vermiş, çevreye olan etkileri, Őlkemizdeki ve dŐnyadaki durumu, kullanım alanları hakkında veriler aktarmıştır. Őlkemizde bitkisel atık yağları yeniden kazanabilmenin oranlarını yŐkseltmek amacıyla; kontrol ve denetimlerin yapılmasına, atık yağların risk analizlerinin yapılmasına, tesis işletmeci ve personellere yŐnetmelikler hakkında eğitimler verilmesine ve geri kazanıma teşvik verilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Yalılı Kılıç ve ark. 2017 [18], Bu çalışmada, bitkisel atık yağlar hakkında bilgi verilmiş ve çevreye olan zararlarını en aza indirebilmek için alınabilecek Őnlemler kapsamlı bir Şekilde açıklanmıştır. İlave olarak, Bursa bölgesi için bitkisel atık yağların değerlendirilme potansiyelleri hesaplanarak, ekonomik analizi yapılmıştır.

Karabaş 2012 [19], bu çalışmada restoran ve mutfak atık yağlarının, yağ asidi esterlerine dŐnŐřŐmŐnŐ sağlayarak petrol kökenli dizel yakıtına alternatif Şeklinde dizel motorlarda kullanılmasının, doğa için ve insan sağlığı açısından mŐhim bir avantaj oluşturduğunu belirtmiştir. Biyodizel Őretimi için kaynak olarak restoran atığı yağlar kullanılmıştır. Katalizör olarak potasyum hidroksit tercih edilmiştir, transesterifikasyon metodu ile biyodizel Őretimi sağlamış ester dŐnŐřŐmŐnde ki en Őst verim değerini %98 tespit etmiştir. Elde ettiği biyodizele ait yakıt Özelliklerini belirlemiş ve EN 14214 biyodizel standartları ile kıyaslamış, elde ettiği biyodizelin standartlara uygunluk sağlaması ile dizel motorlarında doğrudan kullanılmasının bir sorun oluşturmadığını belirtmiştir.

Okant 2012 [23], çalışmasında biyokŐtle enerjisi ve biyodizel hakkında genel nitelikte bilgiler vermiştir. şanlıurfa ilinin biyodizel Őretim potansiyeli incelenmiş ve Őnerilerde bulunmuştur. Mevzuatta ki ağır yŐkŐmlŐlŐklerin sektŐrde faaliyet gösteren firmaları ve sektŐrŐn olumsuz gelişimini etkilediğini belirtmiştir.

Fidan ve ark. 2014 [24], bu çalışmalarında, biyodizelin enerji kaynaklarına bir alternatif olarak birçok konuda veri araştırmaları ve incelenmesini amaçlamıştır. Sonuç olarak biyodizel Őretiminde kullanılan hammadde açığını giderebilmek için

gerekli altyapının sağlanması gerektiğini ve ileriye dönük planların geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Kalafat 2013 [27], çalışmada yağların içeriğindeki su ve serbest yağ asitlerinin ayçiçeği yağında biyodizel üretimine olan etkisini incelemiştir. İçeriğinde %7.08'e kadar çokça su barından ayçiçeği yağı dahil, serbest yağ asidi içermemesi kaydıyla potasyum hidroksit eşliğinde transesterifikasyon metodu kullanılarak biyodizel üretimi gerçekleştirilebileceğini belirtmiştir. Serbest yağ asidi miktarı %4 civarında olan ayçiçeği yağı kullanarak nem içermemesi şartı ile potasyum hidroksit eşliğinde transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretilebileceğini vurgulamıştır. Atık yemeklik yağların hem çok miktarda su hem de serbest yağ asidi içerebildiği için bu çalışmaya devam niteliğinde hem su hem de serbest yağ asidini birlikte içeren yağ örneklerinin transesterifikasyonu üzerine çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

Özgün 2014 [28], çalışmada, temin edilen atık kızartma yağına nötralizasyon uygulayarak atık kızartma ile nötralize atık kızartma yağlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemiştir. Bu yağlara transesterifikasyon metoduyla AKYB ve NAKYB üretimini gerçekleştirmiştir. Yapılan deneyler sonunda elde edilen ve üretilmiş olan tüm yakıt türlerinin motor performanslarının petrol kökenli dizel yakıtını karşılaştırmış ve özelliklerinin benzerlik gösterdiğini ifade etmiştir. Ölçülen emisyon değerlerinin tüm yakıt türlerinde euro dizele kıyasla belli devir aralıklarında yükselişe ve azalışa geçtiğini belirtmiştir.

Alpgiray 2006 [31], yaptığı çalışmada, yeniden yapılan esterleşme metodunun kanola yağına uygulanmasının bitkisel yağlarda viskozite değerlerinde düşüş sağladığını, kalori değerinde artış olduğunu ve özgül ağırlıklarında azalmaların meydana geldiğini belirterek, belirlenen özelliklerle kanola yağı biyodizelinin standart dizel yakıtına daha benzer özellikler gösterdiğini vurgulamıştır.

Ela 2009 [32], çalışmada, biyodizelin üretim kaynakları ve üretim metotlarını incelemiş, yağlı tohumların Dünyadaki ve Türkiye'deki durumu belirlemiştir. Biyodizelin kullanım alanları, çevresel etkileri, ekonomiye katkılarını araştırmıştır. Devlet Hava Meydanları İşletmesinde kullanılan genel ve özel amaçlı taşıtlarda dizel

yerine biyodizel kullanımının avantaj ve dezavantajları incelemiştir. Sonuç olarak, alternatif yakıt kaynağı biyodizelin kullanımı tarımsal alanların geliştirilmesine, yakıtta bağımlılığın kaldırılıp ülkesel kaynaklarla üretimine, çevre kirliliğinin azalmasına yönelik önemli bir adım olacağını belirtmiştir.

Mesut 2011 [36], yaptığı çalışmasında atık ayçiçeği yağı kullanarak transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel yakıtı elde etmiş, fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemiş, karışımlar ile B50 numunelik yakıtlar oluşturmuştur. 40°C'deki dizel yakıtı viskozitesini tespit etmiş ve bulunan değeri referans olarak B100 ve B50 yakıtlarına ön ısıtma işlemi uygulamıştır. Dizel yakıtına 40°C'de, B50 yakıtına 40°C ve 50°C'de, B100 yakıtına 40°C, 50°C ve 60°C'de ön ısıtma uygulanarak motor performans ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Biyodizelde ön ısıtma işleminin uygulanması ile 60°C'deki B50 yakıtına ait viskozite değerinin 40°C'deki dizel yakıtının viskozite değeri ile aynı olduğunu tespit etmiştir. B50 ve B100 yakıtlarına ön ısıtma işlemi uygulandığında dizel yakıtıyla kıyaslanınca, motor tork ve gücünde azalma olduğu, özgül yakıt tüketiminin ise arttığını belirtmiştir.

Çanakçı ve ark. 2005 [37], yaptıkları çalışmada, atık mutfak yağı kullanarak transesterifikasyon metodu ile biyodizel üretimi gerçekleştirmiştir. Asidik katalizör ile ön iyileştirme sonrasında bazik katalizör eşliğinde gerçekleştirdikleri reaksiyon sonunda elde edilen biyodizelin özelliklerini incelemiş ve çevresel anlamda çok büyük sorunlara sebep olan atık yağların bu şekilde bertarafının ne kadar olumlu sonuçlar vereceğini belirtmiştir. Biyodizel üretimine etki eden parametreleri incelemiş ve dizel yakıtına yeni bir alternatif olup olmayacağı konusunda araştırmalar yapmışlardır.

Gondra 2010 [40], çalışmasında biyodizel üretiminde kimya ve kimyasal işlemler hakkında az bilgiye sahip kişilerin kullanabileceği basit bir prosedür uygulamak ve harici yani dış ısı kullanmadan bu üretimin bir yolunu geliştirmeyi amaçlamıştır. Biyodizelin, düşük bir bütçeyle ve kısa süreç içerisinde sınırlı denetime ihtiyaç duymadan herhangi bir endüstriyel sistem kullanmaksızın, kişinin kendi başına kolaylıkla üretebileceğini belirtmiştir. Üretimdeki parametrelerde değişiklikler

uygulayarak, biyodizelin hem alkali hem de asit katalizör ile dış ısıya gerek kalmadan başarılı bir şekilde üretilebileceğini kanıtlamıştır. Hem su ile yıkama hem de kurulama işlemi ile biyodizelde azalma olduğunu ancak yabancı maddelerin ortamdaki uzaklaştırılabileceğini belirtmiştir.

Kafadar 2010 [41], çalışmasında ülkemizde yetişmekte olan bitkilerin yağlarından ve atık yağlardan transesterifikasyon metodu ile biyodizel üretmeyi amaçlamıştır. Transesterifikasyon metodu ile farklı bitkisel yağlardan, optimum değerleri belirleyebilmek için biyodizel üretimine etki eden parametreleri incelemiştir. Elde edilen biyodizel numunelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirleyip kıyaslamalarda bulunmuştur.

Ataç 2005 [42], çalışmasında hem atık kızartma yağının hem de bu yağdan elde edilen biyodizelin magnezyum silikat ile adsorpsiyonunu inceleyerek, bu işleme sıcaklık ve adsorblayıcı miktarının etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Rafinasyon işleminin mutlaka 100°C'nin altındaki sıcaklık değerlerinde gerçekleştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu durumda adsorblayıcı maddenin arttıkça, SYA ile polar madde miktarının da arttığını gözlemiştir. Sonuçta magnezyum silikat ile adsorpsiyon işleminin, hem kızartma yağının hem de biyodizelin saflaştırılmasında kullanılabilecek etkin bir saflaştırma yöntemi olduğunu vurgulamıştır.

Najafov 2016 [43], Bu çalışmasında, katalizör olarak Marn yani pekmez toprağı kullanmıştır ve transesterifikasyon reaksiyonundaki aktivitesinin, 55-80°C sıcaklık aralığında, farklı karıştırma hızında 400-600 rpm molar oranlar (Metanol/Atık yağı=6/1) incelemiştir. Çalışmada farklı katalizör miktarlarının (%0,05-0,5-1) trigliserid dönüşümüne etkisi incelenmiştir. En yüksek dönüşüme (%99) yağın ağırlıkça %1'i kadar NaOH ve Marn katalizör kullanıldığında, metanol/atık yağ molar oranı 6/1 olduğu durumda, karıştırma hızı 600 rpm'de ve 55°C reaksiyon sıcaklığında ulaştığını gözlemiştir.

Topal 2014 [44], çalışmasında, atık kızartma yağından homojenizatör ve ultrasonik temizleyici kullanımı ile biyodizel elde etmiş ve tek silindirli, hava soğutmalı, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda sabit devirde ve değişik yükler altında teste tabi

tutulmuştur. Dizel ile biyodizel karışımları arasında yapılan test sonuçları kıyaslanmıştır. Sonuçta ise karışımdaki biyodizel oranının artmasıyla dizel yakıtta oranla özgül yakıt tüketiminde de artış gerçekleştiğini belirtmiştir. Öte yandan, karbon monoksit, hidrokarbon ve is emisyonlarında azalma meydana gelirken, azot oksit emisyonlarında ise bir artışın söz konusu olduğunu ifade etmiştir.

Aksoy 2010 [45], yaptığı çalışmada biyodizel üretiminde kullanılan yöntemlerden söz etmiştir. Uygun fiyat ve reaksiyonda gösterdikleri yüksek verimlerden dolayı sodyum hidroksit ve potasyum hidroksit katalizörlerinin en çok tercih edilen katalizörler olduğunu belirtmiştir. Sonuçta ise alternatif kaynaklarına bir umut vadeden biyodizelin, reaksiyon sonunda üretilen yan ürün miktarı ile saflaştırmada ortaya çıkan sorunların azaltılıp üretim maliyetlerinin düşürülüp ticarileştirilmesi konusunda çalışma ve araştırmalar yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

Erel 2014 [48], bu çalışmada biyodizel ve biyodizel üretiminde yağlı tohum kullanımına alternatif olarak yemeklik atık yağların kullanımı ve atık yağların geri dönüşümünde uygulanan tersine lojistik uygulamaları incelenmiştir. Farklı kaynaklardan elde edilen veriler ile yağlı tohumlar ve ham yağın ülkemizdeki durumu, biyodizel, atık yağların toplanması ve bunlarla ilgi mevzuatlar, dünyadaki uygulamaları incelemiştir. Atık yağların toplanması aşamasında halkın bilinçlendirilmesi ve gönüllü grupların atık yağ toplanması sürecinde yer almasının atık yağların daha etkin bir şekilde toplanmasına yardımcı oldukları kanısına varmıştır.

Çevik 2012 [51], çalışmada atık kızartma yağı biyodizelinin, standart dizel yakıtı ile karışımlarının ve ön ısıtmalı mısır yağı kullanımının etkisini deneysel olarak incelemiştir. Yapılan deneyler sonucunda atık kızartma yağı biyodizeli kullanımı ile egzoz emisyonlarında azalma olurken, motor performansının da azaldığı görülmüştür. Mısır yağının kullanıldığı deneylerde, mısır yağının yüksek viskozitesi nedeniyle emisyonların artmasına sebep olduğu, ön ısıtma ile emisyonların bir miktar azalmasına rağmen petrol dizeline kıyasla yine de yüksek olduğunu belirtmiştir.

Peker 2000 [52], çalışmada, benzin ve dizel motorlarda kullanılan yakıtların özelliklerinden ve elde edilişlerinden bahsetmiştir. Yakıt katkı maddelerinin kullanım

amaçları ve özellikleri sınıflandırılmıştır. Sonuçta ise kullanılan katkı maddelerinin motor performansını ve egzoz emisyon değerlerini iyi yönde etkilediğini belirtmiştir. Kullanılacak olan katkı maddesinin verebileceği zararlara karşılık sağlayacağı faydaları optimize ederek karışım oranlarını ve kullanım yerlerini doğru belirlemek gerektiğini vurgulamıştır.

Reşitoğlu 2010 [56], çalışmasında yağ tutuculardan elde ettiği ve yüksek miktarda serbest yağ asidi içeriğine sahip atık yağlardan elde edilmiş biyodizelin motor performansını ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemiştir. Tek silindirli dizel motorda tam yük altında test yapılarak performans, emisyon ve özgül yakıt tüketimi değerlerini belirlemiştir. Çalışmasının sonunda karışım yakıtların ile standart dizel yakıtının performans anlamında benzeri değerler verdiğini gözlemlemiştir. Biyodizelde özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtına kıyasla daha yüksek olduğunu, egzoz emisyon değerlerinin ise mühim seviyede daha düşük olduğunu vurgulamıştır.

Aygün 2009 [57], çalışmasında, metil ve etil alkol kullanarak alkoliz reaksiyonuyla hint yağından biyodizel üretmiş ve en cazip reaksiyon koşullarını araştırmıştır. Mikrodalga kullanarak ısıtmada en yüksek verim ve dönüşümü potasyum hidroksitle elde etmiştir. 6:1 metanol: yağ oranında, ağırlıkça %1 KOH kullanılarak, 40°C'de, 3 dk sonucunda sağlamıştır. Bu koşullar altında, biyodizel verimi ve dönüşümü sırayla %91.2 ve %97.8 olarak ölçülmüştür. Klasik ısıtma ile 25°C'de gerçekleştirilen reaksiyonlarda, metanolün etanole kıyasla daha reaktif olduğunu gözlemlemiştir. 25°C'de uygun reaksiyon şartları, 6:1 metanol: yağ oranında, %1 KOH kullanıldığı zaman sağlanmıştır. Bu şartlar eşliğinde, 4 dk üzerinde biyodizel veriminin %90,0'ın üzerine çıktığı, dönüşümünün ise uluslararası biyodizel standartları ile uyumlu olduğunu belirtmiştir.

Gülüm 2014 [59], Yaptığı çalışma iki bölümden meydana gelmektedir. İlk adımda, mahalli ürün olarak sayılabilen mısır ve fındık yağından, transesterifikasyon reaksiyonu ile elde edilebilecek minimum viskoziteye sahip olan biyodizellerin en uygun değerdeki üretim değişkenleri belirlenmeyi hedeflemiştir. Bu amaç doğrultusunda, transesterifikasyona etkili olan parametreler sırayla katalizör miktarı %0.25-1.50, reaksiyon sıcaklığı 40-70°C, reaksiyon süresi 30-120 dakika ve alkol/yağ molar oranı 3:1-12:1 aralığında değişim yapılarak, değişimler ile elde edilen

biyodizel yakıtlarının dinamik ve kinematik viskozitelerine olan etkileri araştırılmıştır. İkinci adımda ise, bütün yağ ve katalizör türleri için, en kaliteli ve verimi en yüksek biyodizellere, %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında standart dizel yakıtı harmanlanmıştır. Harmanlama ile oluşturulan yeni karışımların 10, 20, 30 ve 40°C sıcaklık değerlerinde ki dinamik ve kinematik viskoziteleriyle yoğunlukları ölçmüştür; ardından en küçük kareler metoduyla viskozite ve yoğunlukların, sıcaklık ve karışımdaki biyodizel oranına göre değişimleri için bir ve iki boyutlu fonksiyonlar uyumlanmıştır.

Kaya 2007 [63], çalışmasında, biyodizel olarak kullanılabilen metil esterleri kızartma atığı yağından elde edilmiştir. Laboratuvar şartlarında transesterifikasyon ve süperkritik alkol transesterifikasyon metodu kullanılarak katalizör ve alkol miktarlarının reaksiyon üzerine olan etkisini incelemiştir. Üretilen biyodizelin dönüşüm oranları, fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Sonuçta süperkritik metanol ile 563K sıcaklıkta, reaksiyonun onuncu dakikasında %92.6 biyodizel verimi elde etmiştir. Alkali katalizör kullandığında ise %5 katalizör ile 630K ve yağ metanol oranı 1/1'de biyodizel verimi %100 olarak elde etmiştir.

Altınoy 2007 [64], bu çalışmasında, biyodizelin üretimi, biyodizelin özellikleri, dizel motorlara bir alternatif şeklinde kullanımı, biyodizelin tüm Dünya ve ülkemizdeki durumunu incelemiştir. Özellikle, biyodizelin yüksek fiyatlı olması sebebiyle atık yağların hammadde şeklinde kullanılabilirliğini incelemiştir. Atık yağlardan biyodizel üretimi yöntemlerine, atık yağlardan elde edilen biyodizelin motor performansı ve emisyonlarına olan etkileri ve atık yağların ülkemizde ki durumuna değinmiştir. Stratejik nemi bulunan biyodizelin ekonomik bir şekilde doğrudan üretilebilmesi için doğrudan devlet desteğine ihtiyaç olduğu belirtmiş ve atık yağlardan biyodizel üretimi için ÖTV vergi indirimi uygulanması gerektiğini ifade etmiştir.

Örs 2016 [67], çalışmasında tek silindirli direkt püskürtmeli dizel motorda; biyodizel ve biyodizel-bütanol harmanlamasının motor performansı ve emisyonlarına olan etkilerinin deneyler ile incelemesini yapmıştır. Biyodizele %5, %10 ve %15 oranlarında bütanol karıştırılması ile karışım yakıtlar elde edilmiştir. Deneyler sabit bir hızda ve farklı yükler altında gerçekleştirilmiştir. Petrol kökenli dizel yakıtına

%15'lik bütanol ilave edilmesi ile azot oksit, is ve karbonmonoksit emisyonlarında sırayla %16, %24 ve %49 oranlarında azalışlar olduğunu gözlemlemiştir. Bütanol kullanımıyla hidrokarbon emisyonu artmıştır. Biyodizel %15 bütanol eklenmesi ile özgül yakıt tüketiminde %10 civarında artışın olduğunu belirtmiştir.

Yüce 2008 [68] çalışmasında biyodizel ve üretimi hakkında bilgilere yer vermiş, dizel ve biyodizel yakıtı özellikleri üzerinde durulmuş, motor parçalarına olan etkilerinden söz etmiştir. Transesterifikasyon reaksiyonuna etki eden parametreleri incelemiş, biyodizelin Türkiye ve Almanya'daki durumundan bahsedip üretim potansiyeli olan yağ bitkilerinin 2015 yılı üretim hedeflerinden söz etmiştir. Devletin üretilecek yağ bitkilerine destek vermesi gerektiğini, üretilecek yağın alım garantisi olması gerektiğini ve belediyeler ile iş birliği içerisinde atık yemek yağlarının toplanmasının organize edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Karadirek 2008 [71], çalışmasında bitkisel atık yağlardan biyodizel üretilmesini araştırmıştır. Bir saatlik reaksiyon süresi ile optimum sıcaklık, metanol ve katalizör miktarı tespit edilerek, üretilen biyodizeli %5, %10, %15 oranlarında dizel yakıtı ile karıştırarak egzoz gazı duman koyuluğunu incelemiştir. Elde edilen sonuçlarda, asitlik değeri %0.31(m/m) olan bitkisel atık yağ numunesi için optimum sıcaklık 60°C, standartları sağlayan biyodizel eldesi için optimum katalizör miktarı %1 NaOH ve optimum metanol miktarı %35 olarak tespit edilmiştir. Yapılan egzoz gazı duman koyuluğu tespitinde petrol dizeli için 2.49 m^{-1} olan değer, biyodizelin petrol dizeliyle %10, %15 ve %20 oranında harmanlanması durumunda sırasıyla 0.86 m^{-1} , 0.69 m^{-1} ve 0.66 m^{-1} olarak tespit etmiştir.

Koç 2011 [72], çalışmasında ideal biyodizel üretimi gerçekleştirebilmek için bitkilerde bulunması istenilen fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemiş ve bu özellikler doğrultusunda ülkemizdeki biyodizelde kullanılacak bitkileri saptamıştır. Türkiye'de kanola üretiminin çok düşük olması sebebiyle, yerli ürünler olan pamuk, soya, aspir, ayçiçeği ve mısırdan biyodizel üretiminin uygun olmayacağını, dolayısı ile kolza için sağlanan tarımsal desteklerin yeniden kontrol edilmesi gerektiğini, biyodizel üretimi için tüm yağların kullanılabilmesi için imkân sağlayacak olan yasal ortamın hazırlanması gerektiğini vurgulamıştır.

Şeker 2007 [73], yaptığı çalışmada, ayçiçeği yağı-palm yağı karışımından transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel elde etmiş ve organik katkı maddeleri olan ve ticari olarak kullanılan DND'nin (donma noktası düşürücü), BHT'nin (oksidasyon kararlılığı düzenleyici) ve Winflow M-05'in (SFTN düşürücü) yakıt özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. NaOH katalizörlüğünde biyodizel üretimindeki reaksiyon koşulları, $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ reaksiyon sıcaklığı, kütlece %30 alkol/yağ oranı ve 1 saat reaksiyon süresi olarak belirlemiştir. Ayrıca deneylerde karşılaştırma yapabilmek için kanola yağı-soya yağı karışımından elde edilen biyodizel üzerine BHT'nin ve Winflow M-05'in etkilerini de incelemiş ve ayçiçeği yağı-palm yağı biyodizeline göre daha iyi sonuçlar elde etmiştir. Deneysel çalışmasında, kütlece %0.15 oranında DND katkı maddesi içeren ayçiçeği yağı-palm yağı biyodizelinin akma noktasının -27°C 'a kadar düştüğünü tespit etmiştir.

Deniz 2013 [74], yaptığı çalışmada Ayçiçek yağı, kanola yağı, fındık yağı ve mısır yağı kullanarak 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 ve %90 oranlarda biyodizel dizel karışımlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. Aynı şartlarda gerçekleştirilen testlerde biyodizelin miktarın artırıldıkça viskozite, yoğunluk, akma noktası, bulutlanma noktası ve alevlenme noktasında bir artış, kalori değerinin azaldığını gözlemlemiştir. Optimum parametreleri ise 50°C sıcaklık, 60dk reaksiyon süresi, 1/5 yağ/alkol oranı, %1'lik katalizör oranı, g/100ml yağ ve 400 devir/dakika karıştırma hızı şeklinde veriler alınmıştır.

Şen 2012 [75], çalışmasında hammadde olarak atık balık yağı, alkol olarak metil alkol ve katalizör olarak NaOH kullanarak biyodizel üretmiştir. Üretilen biyodizeli B5, B20, B50 ve B100 formlarında kullanarak motor performansı ve egzoz emisyonları incelemesini yapmıştır. Balık yağı metil esterinin dizel yakıtı ile benzer özellikler göstermesi nedeniyle alternatif bir yakıt olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir. CO ve HC emisyonlarında azalma olduğunu ancak NO_x emisyonlarında artış olduğunu görmüştür.

Tütüncü 2013 [77], çalışmasında içeriğinde yüksek seviyede serbest yağ asidi var olan balık yağından biyodizel üretmeyi amaçlamıştır. Balık yağının asitlik değerini düşürebilmek için ilk olarak transesterifikasyon uygulanmıştır. Çeşitli alkol ve asidik katalizörlerin konsantrasyonlarını deneyerek maksimum verimi elde etmeye

çalışmıştır. %1 katalizör ve %40 alkol konsantrasyonunda %93 verim ile üretim sağlanmıştır. Üretilen ürün değişik alkol ve alkali katalizörün konsantrasyonunda reaksiyon sıcaklığı ve reaksiyon süreleri değiştirilerek transesterifikasyon uygulanmıştır. Bu adımda %20 alkol, %0.5 katalizör konsantrasyonunda, 60°C sıcaklıkta ve 2 saatlik reaksiyon süresinde %89.44 verim ile YAME üretilmiştir.

Yıldız 2008 [79], yaptığı tez çalışmasında 3 farklı metot kullanarak biyodizel üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu metotlar tek basamaklı alkali reaksiyon, çift basamaklı alkali reaksiyon ve çift basamaklı asit-baz reaksiyonlarıdır. Her metot ko-solvent kullanımı ile tekrar edilmiştir. Araştırma sonucunda, atık yağın serbest yağ asitliği değerine göre en uygun olan metodun ve ko-solvent kullanılmasının reaksiyona olan etkilerini gözlemlenmiştir. Atık yağlar ile elde edilen biyodizelin saflaştırılmasında da 3 ayrı metot kullanmıştır. Metotlar; su ile yıkama, magnezol ile yıkama ve iyon değiştirici reçine kullanılmasıdır. Gerçekleştirilen bu çalışmada magnezol ile yıkama ve iyon değiştirici reçine kullanılması sulu yıkama metoduna kıyasla daha uygun sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Köksal ve ark. 2009 [80], çalışmalarında dizel araçta biyodizelin kullanılan, yakıt sistemindeki plastik ve metal parçalarda oluşturduğu etkiler araştırmışlardır. Biyodizele %1'den %5'e kadar metil alkol %1'den %5'e kadar gliserin ilave edilerek karışımlar elde edilmiştir. Biyodizel içerisine farklı oranlarda katılan metil alkol ve gliserin ile hazırlanmış karışımlarda 2 yıl süreyle beklemeye bırakılan numunelerin düzenli olarak aylık özelliklerini denetlemek şartıyla oluşabilecek bozunmalar ve özelliklerde meydana gelen kayıpları dikkatle incelenmiştir. Her ay yapılan incelemelerin neticesinde plastik parçalarda sertlik değişimi (yumuşama) ve plastiğin özelliğini kaybetmesi gibi durumlarla karşılaşılmaştır. Metal malzemelerde korozyon ya da yüzey bozunması benzeri etkileşimler ve özelliklerinde kayıplar olmamıştır.

Özdemir ve ark. 2016 [83], yaptıkları çalışmada, biyodizel üretim yöntemlerini açıklamak ve biyodizelin çevresel etkileri, avantajları-dezavantajları hakkında bilgi vermeyi amaçlamışlardır. Biyodizelin tarımsal ekonominin ve bitkisel yağ sanayinin gelişimine büyük katkı sağlayacağını, dizel motorlarda kullanabilmek için herhangi

bir modifikasyona gerek kalmadan kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Enerji ihtiyacının karşılanması ve ekonomik refah düzeyine çıkılabilmesi için Biyodizel Yakıtlara gereken önemin verilmesi gerekliliğini vurgulamıştır.

Şahin 2015 [84], Bu çalışmada, haşhaş yağı ve metanolden biyodizel eldesini gerçekleştirmek amacıyla mermer atıkları katalizör tercih edilerek, transesterifikasyon reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Biyodizel üretim sırasında reaksiyona metanol-yağ molar oranı, katalizör miktarı, reaksiyon süresi ve sıcaklık parametrelerinin etkilerini incelemiştir. Çalışmalar sonucunda alınan verilere göre en uygun koşullar için, metanol: yağ oranı 6:1, katalizör miktarı %1, sıcaklık 65°C ve reaksiyon süresi ise 120dk olarak belirlenmiştir.

Saraçoğlu 2017 [88], çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir konumda bulunan biyokütlenin potansiyelini ve biyoyakıtların mevcut durumunu dünya ve Türkiye bağlamında değerlendirmiştir. Tarımsal üreticinin sosyo ekonomik düzeyinin artırılması gerektiğini, üretiminde kullanılan tarımsal hammaddeyi yetiştiren üreticilerin muhtemel gelir kayıplarının önlenmesi amacıyla destekleme taban fiyatı vb. uygulamalar yürürlüğe konulmasının gerekliliğini vurgulamıştır.

3. MATERYAL METOD

3.1. Materyal

Yapılan çalışma içerisinde hammadde olarak atık bitkisel kızartma yağı kullanılmış ve bu yağın temini Malatya’da bulunan Dergâh Tatlıcısı’ndan sağlanmıştır. Atık kızartma yağlarına uygulanan nötralizasyon, transesterifikasyon metodu ile biyodizel üretimlerinin yapılması, Yozgat Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyoyakıt Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Euro dizel (ED) yakıtı referans kabul edilerek, üretimi gerçekleştirilen yakıtlara optimizasyonlar uygulanmıştır. Bu çalışmada ED yakıtı BP firmasından temin edilmiştir.

3.2. Araştırmada Kullanılan Cihazlar

3.2.1. Yoğunluk Tayini Cihazı

Yakıtlara ait yoğunlukların ölçülebilmesi için, Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan Kem Kyoto marka DA-645 model cihaz kullanılmıştır. Cihazın teknik özelliklerinde ölçüm aralığı 0.00000 ile 3.00000 g/cm³, ölçüm sıcaklık aralığı 0 ile 93°C ve hassasiyeti ±0.00005 g/cm³’tür. Cihaz ASTM D 1250 ve ISO 12185 standartlarına uygun yoğunluk ölçümleri gerçekleştirmektedir. Yapılan testlerde sonuçlar g/cm³ elde edilmektedir. Yoğunluk tayini cihazı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Yoğunluk Tayin Cihazı

3.2.2. Kinematik Viskozite Tayin Cihazı

Viskozite değerlerinin belirlenebilmesi için Biyoyakıt Laboratuvarındaki Polyscience marka 7306A12E model cihaz kullanılmıştır. Kullanılan bu cihaz ASTM D445 standardına göre ölçümleri gerçekleştirmektedir. Cihazın alışma sıcaklık değerleri 5-150°C, lmde ki sıcaklığın duyarlılığı $\pm 0.05^\circ\text{C}$ ve okuma doğruluk payı $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 'dir. Viskozite değerlerinin belirlenmesi için yapılan yakıt test ve deneyleri için ölçümler 25 ila 100°C sıcaklık aralığında yapılmıştır. Viskozite tayini yapılan cihaz şekil 3.2'de gösterilmiştir.



şekil 3.2. Kinematik Viskozite Tayin Cihazı

3.2.3. Parlama Noktası lm Cihazı

Yakıtlara ait parlama noktalarını tayin edebilmek için, Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan -30 ile 300°C sıcaklık değerleri aralığında ölçümleri gerçekleştirebilen Rapid Tester markalı RT-1 modeli cihaz kullanılmıştır. ASTM D3243, 3278, 3828, IP303 ve ISO 3679, 3680 standartları gereği parlama noktası ölçümü gerçekleştirebilmektedir. Parlama noktası ölçümleri yapılan cihaz şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Parlama Noktası Ölçüm Cihazı

3.2.4. Su İçeriği Ölçüm (Karl-Fischer Titrasyon) Cihazı

Yakıt içerisinde bulunan su içeriği değerlerini ölçmek için, Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan Kem Kyoto Electronics markaya ait MKC-520 modeli cihaz kullanılmıştır. Cihaza ait ölçüm 10 ile 100 mikrogram su değerleri arasındadır. 5-35°C aralığında ölçüm sıcaklığına ve 16 karakter LCD ekrana sahiptir. Su içeriği ölçümleri yapılan cihaz Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Su İçeriği Ölçüm Cihazı

3.2.5. Kalori Tayin Cihazı

Yakıtlara ait alt ısıl değerlerinin tespiti için Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan IKA markalı, 40.000 Joule'e kadar ölçüm yapabilen kalori tayin cihazı kullanılmıştır. Kullanılan cihaz EN 61010, EN 50082, EN 55014 ve EN 60555 standartlarına uygun ölçümler yapmaktadır. Kalori tayini yapılan cihaz Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Kalori Tayin Cihazı

3.2.6. BN, SFTN, AN, DN Tayin Cihazı

Yağlar ve yakıtlara ait soğuk akış özelliklerinin belirlenmesinde Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan LAB-KITS Marka PT-SYD-510F1 Model, ASTM D97 ve ASTM D2500 test standartlarında ölçüm yapabilen, -70°C'ye kadar kontrol edilebilen BN, SFTN, AN ve DN tayin cihazı kullanılmıştır. Cihaz şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. BN, SFTN, AN, DN Tayin Cihazı

3.2.7. Laboratuvar Tipi Karıştırıcı

Yakıtlar deneyler için hazırlanırken, Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan VELP Scientifica markalı DLS F20100155 modeli laboratuvar tipi karıştırıcı kullanılmıştır. 40 litre (su baz alındığında) kapasiteli bir karıştırıcıdır. Cihaz dakikada 50 ile 2000 devir aralıklarında çalışma gerçekleştirip, 0-40°C ortam sıcaklıklarında kullanılabilir. Cihaz bütün parçaları ile tamamen set halindedir. Deneylerde kullanılan laboratuvar tipi karıştırıcı Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Mekanik Karıştırıcı

3.2.8. Homojenizatör

Karışım yakıtlarda homojenlik sağlanması amacıyla, Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan IKA ULTRA-TURRAX marka T25 digital model 24000 1/min'e kadar karıştırma devir sayısına sahip homojenizatör kullanılmıştır. Deneylede kullanılan homojenizatör Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Homojenizatör

3.2.9. Hassas Terazi

Hazırlanacak olan yakıt numunelerini tartmak için, Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan Denver Instrument markalı TP-214 modeli hassas terazi kullanılmıştır. 210 gr kapasitesi bulunan, 0.1 mg hassasiyete sahip ve 10-30°C ortam sıcaklığı değerlerinde işlevini gerçekleştirebilen bir cihazdır. Deneylede kullanılan hassas terazi Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Hassas Terazi

3.2.10. Sıcaklık Kontrollü Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı

Atık kızartma yağına nötralizasyon uygulanmasında, AKY ve NAKY kullanılarak biyodizel üretimlerinde karıştırma, ısıtma, kurutma işlemlerinde Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan IKA markalı C-MAG HS7 modeli sıcaklık kontrolüne sahip olan ısıtıcılı manyetik karıştırıcı kullanılmıştır. Kullanılan cihaz 100-1500 devir aralıklarına sahiptir. Kullanılan sıcaklık kontrolüne sahip ısıtıcılı karıştırıcı Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Sıcaklık Kontrollü Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı

3.2.11. Etüv

Çokça kullanılan cam gereçlerin kurutulması işleminde Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan Elektro-mag markaya ait M6040P modeli etüv kullanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan etüv 0-300°C aralıklarında sıcaklık değerlerine sahiptir. Kullanılan etüv Şekil 3.11’de gösterilmiştir



Şekil 3.11. Etüv

3.2.12. Renk Ölçüm Cihazı

AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED için renk ölçümleri için Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan LOVIBOND marka PFX-i Series model renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Renk ölçüm cihazı Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Renk Ölçüm Cihazı

3.2.13. Kronometre

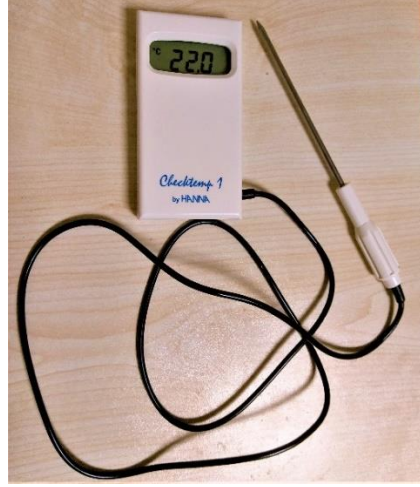
Kinematik viskozite hesaplamalarında ihtiyaç duyulan zaman ölçümlerinde HiTRAX RUN markalı, 40 dakikaya kadar kapasitesi bulunan, 0.01 saniye hassasiyete sahip kronometre kullanılmıştır. Test ve deneylerde kullanılan kronometre cihazı Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Kronometre

3.2.14. Termometre

Çalışmalarda en önemli hususlardan biri olan sıcaklık değerlerini ölçmek için dijital termometre kullanılmıştır. Dijital termometre Hanna Checktemp markalı 0.1°C hassasiyete sahip, -50 ile +150°C sıcaklık değerleri arasında ölçüm gerçekleştirebilen kablolu problu tip termometredir. Test ve deneylerde kullanılan termometre cihazı Şekil 3.14'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Termometre

3.3. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

Bu başlık altında, yapılan deneylerde kullanılan kimyasal maddeler anlatılmış ve gösterilmiştir.

3.3.1. Metil Alkol

AKY ve NAKY ile biyodizel üretimlerini gerçekleştirmek için uygulamada tercih edilen metil alkol CH_3OH kimyasal formülüne sahip Merck markalıdır. Kullanılan metil alkol 20°C 'de 0.791- 0.793 g/ml yoğunluğa sahiptir ve 32.04 g/mol moleküler ağırlığındadır. Reaksiyonda kullanılan metil alkol Şekil 3.15'te gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Metil Alkol

3.3.2. Sodyum Hidroksit (NaOH)

Biyodizel üretimlerinde katalizör olarak Merck markalı ve 40.00 g/mol moleküler ağırlığa sahip, saflık ölçüsü %97 den büyük olan sodyum hidroksit kullanılmıştır. Deneyleerde kullanılan sodyum hidroksit Şekil 3.16’da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Sodyum Hidroksit (NaOH)

3.3.3. Fosforik Asit (H₃PO₄)

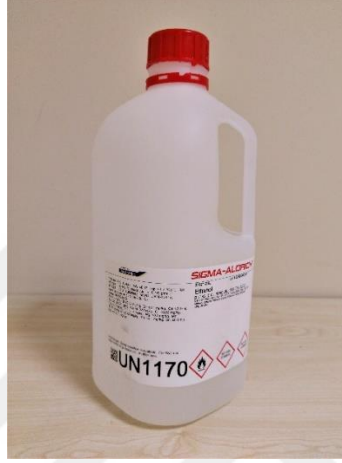
Deneyleerde gerçekleştirilen nötralizasyon uygulamalarında Koray Kimya markalı ve saflık derecesi %85 den büyük olan fosforik asit kullanılmıştır. Deneyleerde kullanılan fosforik asit Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Fosforik Asit (H₃PO₄)

3.3.4. Etil Alkol

Atık kızırtma ve nötrale atık kızırtma yağlarının serbest yağ asitliğini ölçmek için, çalışmada kullanılan etil alkol C_2H_6O kimyasal formüle sahip Sigma Aldrich markadır. Etil alkolün 25 °C deki yoğunluğu 0.789 g/ml ve moleküler ağırlığı 46.07 g/mol dür. Deneylede kullanılan etil alkol Şekil 3.18’de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Etil Alkol (C_2H_6O)

3.3.5. Fenolftalein

Atık kızırtma ve nötrale atık kızırtma yağlarının serbest yağ asitliğini ölçmek için, çalışmada kullanılan Fenaolftalein %1 solüsyon değerine sahip Norateks Markadır. Deneylede kullanılan fenolftalein Şekil 3.19’da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Fenolftalein

3.3.6. Potasyum Hidroksit

Atık kızırtma ve nötrale atık kızırtma yağlarının serbest yağ asitliğini ölçmek için, çalışmada kullanılan Potasyum Hidroksit, KOH formüle ve 0.1 molariteye sahip Norateks markadır. Deneylede kullanılan potasyum hidroksit Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Potasyum Hidroksit (KOH)

3.3.7. Dietil Eter

Atık kızırtma ve nötrale atık kızırtma yağlarının serbest yağ asitliğini ölçmek için, çalışmada kullanılan di etil eter, $C_4H_{10}O$ formülüne sahip VWR Chemicals markadır. Dietil eterin moleküler ağırlığı 74.12 g/mol ve yoğunluğu işe 0.71 g/l’dir. Deneylede kullanılan dietil eter Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Dietil Eter

3.3.8. Ağartma Toprağı

Ağartma ifadesi renk açma işleminden gelmektedir. Sıvıların içerisinde bulunması istenilmeyen renkli maddelerin absorpsiyon ile uzaklaştırma işlemlerinde yüksek özgül yüzeye sahip killerin yeri oldukça önemlidir. Dünya genelinde her yerde binlerce yağ fabrikalarında ağartma toprağı kullanılmaktadır. Biyodizel üretimine geçmeden önce atık kızartma yağında Mohen marka Grade F160 isimli ağartma toprağı istenilmeyen parçacıkların dibe çöktürülmesi işlemlerinde kullanılmıştır. Deneylede kullanılan ağartma toprağı Şekil 3.22’de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Ağartma Toprağı

3.4. Yöntem

Yapılan araştırma çalışması için öncelikle AKY fiziksel temizlik yapılarak, yağ içerisinde bulunan atık kızartma parçacıklarından temizlenmiştir. Sonrasında ise nötralizasyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen AKY ve NAKY'ye optimizasyonlar uygulanarak biyodizel üretimi gerçekleştirilerek fiziksel ve kimyasal yakıt özellikleri belirlenmiştir. Yapılan işlemler başlıklar halinde aşağıda açıklanmıştır.

3.4.1. Atık Bitkisel Kızartma Yağı Asitlik Değeri Ölçümü

Öncelikle atık bitkisel kızartma yağına fiziki bir temizleme uygulanarak içinde bulunabilecek atık kızartmadan kalma parçacıklar gibi maddelerden temizlenmiştir. Atık bitkisel kızartma yağının serbest yağ asitliği değeri ölçülmüştür. Ölçüm işlemi için 5.0487 gr yağ alınmış, 25 ml etil alkol, 25 ml di etil eter ve 3 damla fenolftalein karıştırılarak elde edilen çözelti yağa eklenmiştir. Bu karışım manyetik karıştırıcıya alınıp karıştırılmaya başlanmıştır, bu sırada büyük damlalığa alınan KOH damla damla karışım renginde pembeleşme oluncaya kadar eklenmeye devam edildi. (Şekil 3.23.)



Şekil 3.23. Serbest Yağ Asitliği Tayini

Pembeleşme noktası ile damlalıktaki ilk nokta arasında ki POH farkı alındı ve bu fark 1.2 olarak ölçüldü. Asitlik değeri aşağıda verilen denklem uygulanarak elde edilmiştir.

$$\text{Asitlik Değeri} = \left(\frac{\text{Damlalıktaki Fark}}{\text{Alınan Yağın Ağırlığı}} \right) \times 5.6 \quad (3.1)$$

Serbest yağ asidi miktarı ise denklem sonucu asitlik değerinin yarısı alınarak elde edildi.

3.4.2. Atık Kızartma Yağı Nötralizasyonu

Öncelikle atık bitkisel kızartma yağı bir kap içerisine alınarak sıcaklık kontrolü olan ısıtıcıli manyetik karıştırıcıya alınıp 120°C'ye kadar ısıtılmış, bu sıcaklıkta 2 saat beklenilmiştir ve daha sonra kullanımı dolayısıyla yağ içinde meydana gelen fazla su uzaklaştırılmıştır. Kullanılan atık bitkisel kızartma yağı Şekil 3.24'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24. AKY

Atık bitkisel yağ içerisindeki su uzaklaştırma işlemleri tamamlandıktan sonra yağ sıcaklığının 85°C'ye düşmesi için beklenmiştir.



Şekil 3.25. Nötralizasyon İşlemine Hazırlanan AKY

Sıcaklık değeri 85°C de sabitleştirilerek karıştırıcı çalıştırılmış ve nötralizasyon işlemi başlatılmıştır. Nötralizasyonun uygulanması için toplam yağın %0.2'si kadar (7 ml) fosforik asit eklenmiş ve 10 dakika boyunca yüksek devirlerde karıştırılmaya devam edilmiştir. Karıştırma işlemi devam ederken toplam yağın %20'si oranında saf su ve saf suyun 1/3 oranında NaOH karışımı, atık bitkisel kızartma yağına ilave edilmiş ve 5 dakika kadar karıştırma işlemi devam etmiştir.



Şekil 3.26. Fosforik Asit, NaOH ve Saf Su Karışımı AKY

Ardından karıştırıcı kapatılarak fosfor bileşiklerinin çökmesi için 5 litrelik behere alınmış, 12 saat kadar beklenmiş ve fosfor bileşikleri yağın içerisinde alınmıştır. (Şekil 3.27)



Şekil 3.27. Fosfor Bileşikleri ve Atıkları Dibe Çökmüş AKY

Beher dibinde oluşan çökeltinin üzerinde kalan fosfordan arınmış yağ başka behere alınmıştır. AKY yeniden 85°C'ye kadar ısıtılıp duşlama metodu ile 85°C sıcaklıkta yağın %20'si oranında saf su ile yıkama işlemi yapılmıştır. Atık su çökmesi için 3 saat beklenilmiş ve yeniden %20'lik oranda saf su ile ikinci kez yıkama işlemi yapıp tekrar beklenmiştir. (Şekil 3.28)



Şekil 3.28. Yıkama İşlemi Sonrası Bekletilmiş AKY

Tekrar 3 saatlik bekleme süresi sonrasında ayırma hunisi kullanarak su alınmıştır. Yıkama işlemi sonrasında yağ içerisinde kalan fazla suyun uzaklaştırılması için 120°C'de 2 saatlik kurutma işlemi yapılmıştır. 2 saatlik bekleme sonrasında AKY sıcaklığı 85°C'ye düşüncüye kadar beklenilip, öncelikle düşük devirde mekanik karıştırma işlemine başlanmış, daha sonra karıştırıcı 1000d/d'ya ayarlanıp ve içine yağın %2'si oranında ağartma toprağı eklenmiş ve 45 dakika boyunca 85°C'de karıştırma işlemine devam edilmiştir. (Şekil 3.29)



Şekil 3.29. Ağartma Toprağı Eklenmiş AKY

Ağartma toprağı ekleme işlemi sona erince karıştırıcı kapatılmıştır. Ağartma toprağının çökmesi için 12 saat bekletilmiştir. 12 saatlik bekleme süresi sonunda çöken ağartma toprağı alınmıştır ve nötralize atık kızartma yağı elde edilmiştir. (Şekil 3.30)



Şekil 3.30. NAKY

3.4.3. Transesterifikasyon Reaksiyonu ve Optimizasyon

Biyoyakıt Laboratuvarında gerçekleştirilen AKY ve NAKY transesterifikasyon reaksiyonlarında katalizör için sodyum hidroksit, alkol olarak ise metil alkol tercih edilmiş ve kullanılmıştır. Tüm deneylerde 100 gr yağ kullanılmıştır. Reaksiyonlar için optimizasyonlar uygulanmış olup aşağıda belirtilmiştir.

- Katalizör Konsantrasyonunun Optimizasyonu
- Metil Alkol Oranı Optimizasyonu
- Reaksiyon Sıcaklığı Optimizasyonu
- Reaksiyon Süresi Optimizasyonu

3.4.3.1. Katalizör Konsantrasyonunun Optimizasyonu

En uygun katalizör konsantrasyonunu belirleyebilmek için:

- AKY'den biyodizel üretiminde optimizasyon için katalizör miktarı; 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 gr olacak şekilde 5 farklı ölçüm yapılmıştır. Bu katalizör miktarları üzerine 20 gr metanol eklenerek vida kapaklı şişe içerisine eklenip çalkalanarak karıştırılmıştır.

- NAKY'den biyodizel üretiminde optimizasyon için katalizör miktarı; 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 gr olacak şekilde 5 farklı ölçüm yapılmıştır. Bu katalizör miktarları üzerine 20 gr metanol eklenerek vida kapaklı şişe içerisine eklenip çalkalanarak karıştırılmıştır.

AKY ve NAKY için ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda bulunan ve 60°C'ye ısıtılmış 100 gr yağ numunesi üzerine hazırlanan metoksit ilave edilerek her biri 600d/d sabit şekilde karıştırılarak 60°C de 60dk boyunca beklenerek biyodizel üretilmiştir. Daha sonrasında cihaz durdurulmuş, biyodizel ayırma hunisine alınarak gliserolün dibe çökmesi için 12 saat beklenmiştir ve gliserol alınmıştır. Biyodizel ısıtıcılı manyetik karıştırıcıya alınarak sıcaklığı 75°C'ye getirilmiş ve içerisinde bulunan metil alkolün uzaklaştırılması sağlanmıştır. Biyodizel sıcaklığı 50°C'ye düşürülerek, sıcaklığı 50°C'ye getirilen saf ile %20 oranında yıkanarak ayırma hunisine alınmıştır. 8 saat bekleme sonunda yıkama atık suyu alınmıştır ve 120°C'de 2 saat kurutma işlemi yapılmıştır.

- AKY için en uygun katalizör miktarı 0.75 gr olarak bulunmuştur.
- NAKY için en uygun katalizör miktarı 0.50 gr olarak bulunmuştur.

3.4.3.2. Metil Alkol Oranı Optimizasyonu

En uygun metil alkol oranını belirleyebilmek için;

- AKY'den biyodizel üretiminde optimizasyon için alkol miktarı; 10, 15, 20, 25 ve 30 gr olacak şekilde 5 farklı ölçüm yapılmıştır. Bu metanol miktarları 0.75 gr katalizör üzerine eklenerek vida kapaklı şişe içerisine eklenip çalkalanarak karıştırılmıştır.
- NAKY'den biyodizel üretiminde optimizasyon için alkol miktarı; 10, 15, 20, 25 ve 30 gr olacak şekilde 5 farklı ölçüm yapılmıştır. Bu metanol miktarları 0.50 gr katalizör üzerine eklenerek vida kapaklı şişe içerisine eklenip çalkalanarak karıştırılmıştır.

AKY ve NAKY için ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda bulunan ve 60°C'ye ısıtılmış 100 gr yağ numunesi üzerine hazırlanan metoksit ilave edilerek her biri 600d/d sabit şekilde karıştırılarak 60°C de 60dk boyunca beklenerek biyodizel üretilmiştir. Daha

sonrasında cihaz durdurulmuş, biyodizel ayırma hunisine alınarak gliserolün dibe çökmesi için 12 saat beklenmiştir ve gliserol alınmıştır. Biyodizel ısıtıcılı manyetik karıştırıcıya alınarak sıcaklığı 75°C'ye getirilmiş ve içerisinde bulunan metil alkolün uzaklaştırılması sağlanmıştır. Biyodizel sıcaklığı 50°C'ye düşürülerek, sıcaklığı 50°C'ye getirilen saf ile %20 oranında yıkanarak ayırma hunisine alınmıştır. 8 saat bekleme sonunda yıkama atık suyu alınmıştır ve 120°C'de 2 saat kurutma işlemi yapılmıştır.

- AKY için en uygun alkol miktarı 20 gr olarak bulunmuştur.
- NAKY için en uygun alkol miktarı 20 gr olarak bulunmuştur.

3.4.3.3. Reaksiyon Sıcaklığının Optimizasyonu

En uygun reaksiyon sıcaklığını netleştirebilmek için:

- AKY'den biyodizel üretiminde optimizasyon için reaksiyon sıcaklığı; 30, 40, 50, 60 ve 70°C olarak 5 ayrı ölçüm gerçekleştirilmiştir. 0.75 gr katalizörün üstüne 20 gr metil alkol ilave edilerek vida kapaklı şişe içerisine eklenip çalkalanarak karıştırılmıştır.
- NAKY'den biyodizel üretiminde optimizasyon için reaksiyon sıcaklığı; 30, 40, 50, 60 ve 70°C de olarak 5 ayrı ölçüm gerçekleştirilmiştir. 0.50 gr katalizörün üstüne 20 gr metil alkol ilave edilerek vida kapaklı şişe içerisine eklenip çalkalanarak karıştırılmıştır.

AKY ve NAKY için ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda bulunan ve 30, 40, 50, 60 ve 70°C sıcaklık değerlerine getirilen 100 gr yağ numunesi üzerine hazırlanan metoksit ilave edilerek, her biri 600d/d sabit şekilde karıştırılarak 60dk boyunca beklenerek biyodizel üretilmiştir. Daha sonrasında cihaz durdurulmuş, biyodizel ayırma hunisine alınarak gliserolün dibe çökmesi için 12 saat beklenmiştir ve gliserol alınmıştır. Biyodizel ısıtıcılı manyetik karıştırıcıya alınarak sıcaklığı 75°C'ye getirilmiş ve içerisinde bulunan metil alkolün uzaklaştırılması sağlanmıştır. Biyodizel sıcaklığı 50°C'ye düşürülerek, sıcaklığı 50°C'ye getirilen saf ile %20 oranında yıkanarak ayırma hunisine alınmıştır. 8 saat bekleme sonunda yıkama atık suyu alınmıştır ve 120°C'de 2 saat kurutma işlemi yapılmıştır.

- AKY için en uygun reaksiyon sıcaklığı 50°C olarak bulunmuştur.
- NAKY için en uygun reaksiyon sıcaklığı 60°C olarak bulunmuştur.

3.4.3.4. Reaksiyon Süresinin Optimizasyonu

En uygun reaksiyon süresini belirleyebilmek için:

- AKY'den biyodizel üretiminde optimizasyon için reaksiyon süresi; 30, 45, 60, 75 ve 90 dakika olarak 5 ayrı ölçüm gerçekleştirilmiştir. 0.75 gr katalizörün üstüne 20 gr metil alkol ilave edilerek vida kapaklı şişe içerisine eklenip çalkalanarak karıştırılmıştır.
- NAKY'den biyodizel üretiminde optimizasyon için reaksiyon süresi; 30, 45, 60, 75 ve 90 dakika olarak 5 ayrı ölçüm gerçekleştirilmiştir. 0.50 gr katalizörün üstüne 20 gr metil alkol ilave edilerek vida kapaklı şişe içerisine eklenip çalkalanarak karıştırılmıştır.

AKY için 50°C ve NAKY için 60°C'de ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda bulunan 100 gr yağ numunesi üzerine, hazırlanan metoksitler ilave edilerek her biri 600d/d'da sabit şekilde karıştırılarak 30, 45, 60, 75 ve 90 dakika boyunca sırasıyla beklenerek biyodizel üretilmiştir. Daha sonrasında cihaz durdurulmuş, biyodizel ayırma hunisine alınarak gliserolün dibe çökmesi için 12 saat beklenmiştir ve gliserol alınmıştır. Biyodizel ısıtıcılı manyetik karıştırıcıya alınarak sıcaklığı 75°C'ye getirilmiş ve içerisinde bulunan metil alkolün uzaklaştırılması sağlanmıştır. Biyodizel sıcaklığı 50°C'ye düşürülerek, sıcaklığı 50°C'ye getirilen saf su ile %20 oranında yıkanarak ayırma hunisine alınmıştır. 8 saat bekleme sonunda yıkama atık suyu alınmıştır ve 120°C'de 2 saat kurutma işlemi yapılmıştır.

- AKY için en uygun reaksiyon süresi 60 dakika olarak bulunmuştur.
- NAKY için en uygun reaksiyon süresi 60 dakika olarak bulunmuştur.

3.4.4. AKY ve NAKY'den Biyodizel Üretimi

Yapılan araştırma çalışmasında, biyodizel üretimlerinde transesterifikasyon yöntemi uygulanmıştır. Üretim yöntemi detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

AKY'den biyodizel üretimi yapmak için boş 250ml beherin darası alınmış ve 100 gr yağ eklemiştir. Vida kapaklı şişe içerisinde, yağın hacminin 20 gr metil alkol, bir litre yağ için 7.5 gr (100 gr yağ için 0.75 gr) NaOH ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda metoksit üretilmiştir. Üretilen metoksit 50°C'de ve karıştırılmakta olan yağın üstüne ilave edilmiştir. Karıştırma işlemi sırasında ısıtıcılı manyetik karıştırıcının devri 600d/d'ye getirilmiş ve 60 dakika boyunca karıştırılmaya bırakılmıştır.

NAKY'den biyodizel üretimi yapmak için boş 250 ml beherin darası alınmış ve 100 gr yağ eklemiştir. Vida kapaklı şişe içerisinde, yağın hacminin 20 gr metil alkol, bir litre yağ için 5 gr (100 gr yağ için 0.5 gr) NaOH ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda metoksit üretilmiştir. Üretilen metoksit 60°C'de ve karıştırılmakta olan yağın üstüne ilave edilmiştir. Karıştırma işlemi sırasında ısıtıcılı manyetik karıştırıcının devri 600d/d'ya getirilmiş ve 60 dakika boyunca karıştırılmaya bırakılmıştır.

AKY ve NAKY'den biyodizel üretimi için yukarıda belirtilen işlemler tamamlandıktan sonra aşağıda verilen işlemler AKY ve NAKY için, sırasıyla tamamlanmıştır.

60 dk'lık bekleme süresi sonrasında cihaz durdurulmuş ve yakıtlar ayırma hunisine alınmıştır. Gliserolün dibe çökmesi için 12 saat beklenmiştir ve gliserol alınmıştır. Biyodizel yeniden ısıtıcılı manyetik karıştırıcıya alınarak sıcaklığı 75°C'ye getirilmiş ve içerisinde bulunan metil alkolün uzaklaştırılması sağlanmıştır. Toplam yağın %20'si oranında saf su kullanarak biyodizel duşlama metodu ile yıkanma işlemi yapılmıştır. Biyodizeli yıkamanın gereği, biyodizel içinde reaksiyona girmemiş olan alkol, kalan yağ asitleri, Na⁺, K⁺ iyonları, katalizör maddesi ve ufak miktarda da olsa yakıt içerisinde kalmış olma ihtimali olan gliserolü uzaklaştırabilmektir. Yıkama esnasında üretilen yakıtların sıcaklığı 50°C ve yıkama işleminde kullanılacak saf suyun sıcaklığı da 50°C'ye ayarlanarak yıkama işlemi yapılmıştır. Bu adımların ardından suyun da dibe çökmesi için ayırma hunisine alınan yakıt 8 saat bekletilmiştir. Çöken su, ayırma hunisinin vanası açılarak alınmıştır. Biyodizel içerisinde suyu uzaklaştırmak için kurutma işlemine geçilmiş ve yıkanmış olan biyodizel yeniden ısıtıcılı manyetik karıştırıcıya alınarak 120°C'ye kadar ısıtılmaya devam edilmiştir. Suyun kaynama noktası aşıldığı için yakıt içerisinde kalan su bu sayede uzaklaştırılmış olmaktadır. Biyodizel 120°C sıcaklıkta 2 saat boyunca

bekletilerek kurutma tamamlanmıştır. Bu adımlar sırasıyla izlenilerek AKY'den biyodizel üretimi sağlanmıştır. Biyodizel üretim şeması Şekil 3.31'de gösterilmiştir. Üretilen biyodizel yakıtının, yakıt analizleri Biyoyakıt Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

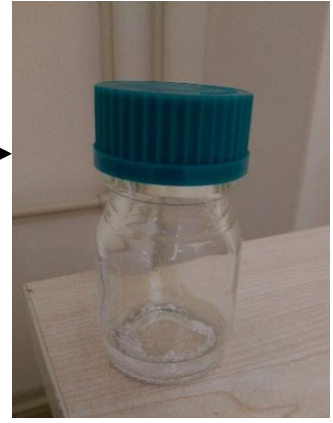




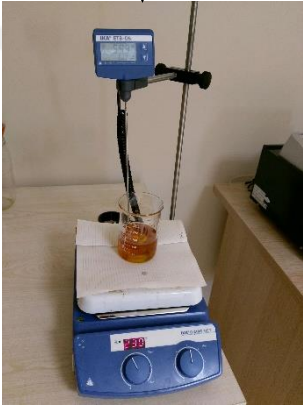
Beher Darası Ölçüldü



Vida Kapaklı Şişenin Darası Ölçüldü



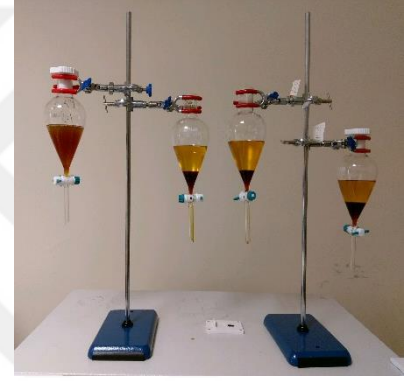
Metoksit Elde Edildi



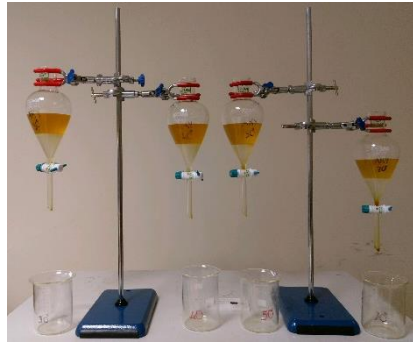
Yağ Isıtılarak Karıştırıldı



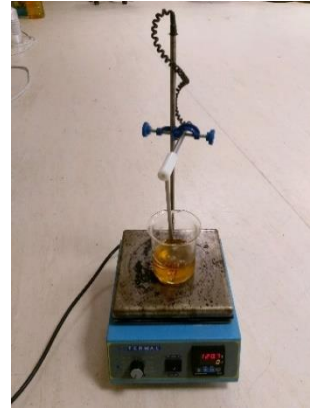
Yağa Metoksit Eklendi



Gliserol Çökmesi Beklendi



Biyodizel Saf Su İle Yıkandı



120°C de 2 Saat Kurumaya Bırakıldı

Şekil 3.31. Biyodizel Üretim Şeması

4. BULGULAR

Bu bölümde yapılan araştırma neticesinde elde edilen sonuçlar başlıklar halinde verilerek tartışma yapılmıştır.

4.1. Deneylerde Kullanılan Yağ ve Yakıtlarının Analizleri

Atık kızartma ve nötrale atık kızartma yağları ile yakıtların analizleri Biyoyakıt Laboratuvarında yapılmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 4.1’de görülmektedir.

Tablo 4.1. Deneylerde Kullanılan Yakıtların Analiz Sonuçları

Özellik	Yoğunluk 15°C (g/cm ³)	Kinematik Viskozite 40°C (mm ² /s)	Parlama Noktası (°C)	Su İçeriği (ppm)	Kalori Değeri (MJ/kg)	Bakır Çubuk Korozyonu
ED	824.66	2.629	60	36.619	43.074	1a
AKY	924.02	38.791	228	689.35	38.865	1a
AKYB	883.22	4.474	165	607.52	39.689	1a
NAKY	923.33	39.761	236	575.44	38.926	1a
NAKYB	882.55	4.492	161	539.92	39.564	1a

AKY, NAKY, AKYB, NAKYB’ye ait yakıt özellikleri TS EN 14214:2012+A1:2014, dizel yakıtına ait yakıt özellikleriyse EN 590:2013’e göre karşılaştırılarak, yakıtların uygunluk durumları değerlendirilmiştir.

4.1.2. Serbest Yağ Asitliği Tayini

Bu çalışmada hazırda bulunan AKY, üretilen NAKY, AKYB ve NAKYB’nin serbest yağ asidi miktarı değerleri ölçülmüştür. Alınan sonuçlar ise tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Yağ ve Yakıtların Serbest Yağ Asidi Değerleri

	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB
SYA	0.665	0.279	0.330	0.220

Yakıtlar ve yağlar karşılaştırıldığında atık bitkisel kızartma yağına uygulanan nötralizasyon işleminin yağ asidi miktarını azaltmada etkili olduğu görülmektedir.

İki yağ türünden de üretilen biyodizel yakıtlarının SYA miktarının azalmış olduğu görülmüştür. Yani nötralizasyon ile üretilen biyodizelin SYA değerinin daha düşük olması yapılan işlemin doğru bir adım olduğunu göstermektedir.

4.1.3. Farklı Sıcaklıklarda Yakıtlarda ki Kinematik Viskozitenin Değişimi

Öncelikle ölçümlere başlamadan önce cihaz ölçümün yapılacağı sıcaklık değerine ayarlanıp ısıtma işlemi başlatılmıştır. Bu sırada tayin işlemlerine başlamadan, cihazın içerisinde daha önceden yakıt-yağ kalıntısı olabilme ihtimaline karşılık cihaz içerisine daldırılmış olan cam ölçüm tüpü içine, toluen-aseton-metanol karışımı hazırlanarak temizleme işlemi yapılmıştır. Temizlik işleminin ardından cam tüpler etüv içerisine alınarak temiz, kuru bir hava akımı uygulanmış kurutma işlemi tamamlanmıştır. Viskozite ölçümü yapılacak yakıt cam ölçüm tüpünün içine şırınga yardımı ile doldurularak yakıt sıcaklığının ölçülmesi gereken sıcaklığa ulaşması için 10 dakika kadar beklenilmiştir. Cam ölçüm tüpünün üstünde bir hacim (balon) bulunmaktadır. Puar yardımı ile balon içerisine yakıt doldurulup ters akış için bırakılmış ve bir kronometre yardımı ile ölçüm çizgileri aralıklarında ki akma süresi ölçülüp not edildikten sonra cam ölçüm tüplerinin kendilerine ait katsayıları ile çarpılmış ve yakıtlara ait viskozite değerleri bulunmuştur. Yakıtlara ait kinematik viskozitelerinin ölçümleri için 20-100°C sıcaklık değerlerinde işlem yapılmıştır. Ölçülen kinematik viskozite değerleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Yakıtların Değişik Sıcaklıklardaki Kinematik Viskozite Değerleri

Kinematik Viskozite (mm ² /s)					
Sıcaklık°C	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB	BP
20	77.913	74.496	6.695	6.727	3.925
30	56.179	53.957	5.623	5.647	3.198
40	38.791	39.761	4.474	4.492	2.629
50	27.77	27.046	3.636	3.754	2.184
60	20.8	20.347	3.038	3.154	1.861
70	16.091	15.844	2.823	2.651	1.665
80	12.855	12.156	2.268	2.3	1.401
90	10.425	10.3	1.964	2.011	1.276
100	8.671	8.549	1.736	1.791	1.141

Kinematik viskozite sıcaklıkla ters orantılı olduğu için sıcaklık arttıkça kinematik viskozite değerlerinde bir düşüş gözlemlenmiştir. AKYB elde edilmesinde AKY'ye

oranla viskozite değerinde %88.47, NAKYB elde edilişinde ise NAKY'ye oranla %88.7 düşüş meydana gelmiştir.

4.2.2. Farklı Sıcaklıklarda Yakıtların Yoğunluk, Özgöl Yoğunluk (t/4) ve Özgöl Yoğunluk (t/t) Değerlerinin Belirlenmesi

Ölçme işlemlerine başlamadan önce cihaz içinde daha önceden kalmış olan yakıtların giderilmesi için etanol veya aseton ile cihaz içerisinde ki yakıt kanalında temizlik yapılmıştır. Etanol veya asetonu kurutmak için kuru ve temiz hava akımı uygulanmıştır. Ölçümlere başlamadan hemen önce 2 ml'lik yakıt numunesi cihaz içerisine şırınga yardımıyla gönderilmiş ve cihaz yakıtla doldurulmuştur. Sonradan ise 5°C aralıklar ile ölçüm işlemleri tekrarlanarak devam ettirilmiştir. Cihaz yoğunluk değerini, özgöl ağırlığı (t/4= suyun 4°C'deki özgöl ağırlığına göre) ve özgöl ağırlığı (t/t= suyun aynı sıcaklıktaki özgöl ağırlığına göre) ölçerek, ASTM D 1250 ve ISO 12185 standartlarına uygun bir biçimde sonuçları vermektedir.

AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve dizel yakıtlarının 0-93°C sıcaklık değerleri arasında ki yoğunluklar Tablo 4.4; özgöl yoğunluk (t/4) değerleri Tablo 4.5; özgöl yoğunluk (t/t) değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir.

Sıcaklıkla yoğunluk ters orantılı olduğundan bütün yakıtlarda sıcaklık değeri arttıkça yoğunluk, özgöl yoğunluk (t/4) ve özgöl yoğunluk (t/t) değerlerinde düşüş gözlenmiştir. AKY'nin yoğunluğu AKYB üretimi ile %4.42 azalmıştır. NAKY'den biyodizel edilmesinde ise nötralize atık kızartma yağına oranla yoğunluk %4.42 azalmıştır. AKYB'nin yoğunluğu dizel yakıtından %6.63, NAKYB'nin yoğunluğu ise dizel yakıtı kıyasla %6.56 daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 4.4. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Sıcaklığa Bağlı Yoğunluk Değerleri

Sıcaklık °C	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB	ED
0	0.93472	0.9337	0.89441	0.89396	0.8352
5	0.93120	0.93052	0.8908	0.89012	0.83179
10	0.92757	0.92691	0.887	0.88633	0.82824
15	0.92402	0.92333	0.88322	0.88255	0.82466
20	0.92042	0.91976	0.87946	0.87876	0.82108
25	0.91688	0.91622	0.87567	0.875	0.8175
30	0.91338	0.9127	0.87193	0.87124	0.81393
35	0.90988	0.9092	0.86815	0.86749	0.81035
40	0.90643	0.90574	0.86441	0.86375	0.8068
45	0.90299	0.90229	0.8607	0.86001	0.80323
50	0.89954	0.89885	0.85696	0.85627	0.79965
55	0.89614	0.88542	0.85323	0.85255	0.79609
60	0.89274	0.89202	0.84961	0.84881	0.79255
65	0.88936	0.88862	0.84604	0.8451	0.78896
70	0.88598	0.88524	0.84239	0.84193	0.78538
75	0.88264	0.88187	0.83873	0.83768	0.78181
80	0.87927	0.87852	0.83505	0.83392	0.77823
85	0.87592	0.87515	0.83144	0.83025	0.77464
90	0.87259	0.8718	0.82765	0.82653	0.77103
93	0.87056	0.86978	0.82534	0.82427	0.76886

Tablo 4.5. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Sıcaklığa Bağlı Özgül Yoğunluk (t/4) Değerleri

Sıcaklık °C	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB	ED
0	0.93475	0.93373	0.89444	0.89399	0.83523
5	0.93123	0.93055	0.89082	0.89015	0.83181
10	0.9276	0.92694	0.88703	0.88636	0.82926
15	0.92405	0.92336	0.88325	0.88257	0.82468
20	0.92045	0.91978	0.87949	0.87879	0.8218
25	0.91691	0.91625	0.8757	0.875033	0.81752
30	0.9134	0.91273	0.87196	0.87127	0.81395
35	0.90991	0.90923	0.86818	0.86752	0.81037
40	0.90646	0.90577	0.86444	0.86378	0.80682
45	0.90301	0.90232	0.86073	0.86004	0.80325
50	0.89957	0.89888	0.85699	0.8563	0.79967
55	0.89616	0.89545	0.85325	0.85258	0.79611
60	0.89277	0.89205	0.84964	0.84884	0.79257
65	0.88939	0.88865	0.84607	0.84513	0.78897
70	0.88601	0.88527	0.84237	0.84142	0.7854
75	0.88266	0.8819	0.83876	0.83771	0.78183
80	0.8793	0.87855	0.83508	0.83396	0.77825
85	0.87595	0.87518	0.83146	0.83027	0.77466
90	0.87262	0.87183	0.82767	0.82655	0.77105
93	0.87059	0.86981	0.82536	0.82424	0.76887

Tablo 4.6. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Sıcaklığa Bağlı Olarak Özgül Yoğunluk (t/t) Değerleri

Sıcaklık°C	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB	ED
0	0.93487	0.93386	0.89456	0.8941	0.83533
5	0.93123	0.93055	0.89082	0.89015	0.83181
10	0.92785	0.92719	0.88727	0.8866	0.82849
15	0.92484	0.92416	0.88402	0.88335	0.8254
20	0.92207	0.92141	0.88104	0.88034	0.82256
25	0.91959	0.91893	0.87827	0.87759	0.81993
30	0.91736	0.91668	0.87574	0.87505	0.81749
35	0.91553	0.91466	0.87336	0.8727	0.81522
40	0.91353	0.91284	0.87119	0.87052	0.81313
45	0.91191	0.91121	0.86921	0.86851	0.81117
50	0.91043	0.90973	0.86733	0.86663	0.80933
55	0.90914	0.90842	0.86561	0.86493	0.80765
60	0.90799	0.90726	0.86413	0.86331	0.80609
65	0.90699	0.90625	0.86282	0.86186	0.8046
70	0.90613	0.90538	0.86149	0.86053	0.80324
75	0.90541	0.90463	0.86037	0.85929	0.80199
80	0.90479	0.90402	0.85929	0.85814	0.80081
85	0.90431	0.90351	0.85838	0.85715	0.79974
90	0.90394	0.90313	0.85739	0.85622	0.79874
93	0.90374	0.90295	0.8568	0.8557	0.79817

4.2.3. AKY, NAKY ve Yakıtların Renk Tayini

Mevcut bulunan yağ ile üretilen tüm yağ ve yakıtların ASTM renk ölçümleri yapılmış olup sonuçları Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. AKY, NAKY ve Yakıtların Renk ASTM Renk Değerleri

	AKY	NAKY	AKYBD	NAKYB	ED
ASTM	2.6	1.4	1.5	1.1	0.3
Off Hue	3	1	4	1	1

4.2.4. AKY, NAKY ve Yakıtların Soğuk Filtre Tıkanma Noktası Tayini

Deney tüpünün dibinde gözlenen bir sisin (wax kristallerinden oluşan bulutun) oluşturduğu sıcaklık, bulutlanma noktası olarak belirlenmiştir. Sonra soğutmaya devam edilip, akıcılığını devam ettirdiği en düşük sıcaklık ve kristal kümeleşmenin daha da büyüdüğü nokta da akma noktasıdır. 20 ml'lik yakıt numunesinin 60

saniyelik sürede filtreden güvenle geçebildiği sıcaklık değeri soğuk filtre tıkanma noktası olarak tespit edilmiştir. Atık kızartma yağı, nötralize atık kızartma yağı ve yakıtların bulutlanma, soğuk filtre tıkanma, akma ve donma noktaları Tablo 4.8’de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED’nin Bulutlanma, Soğuk Filtre Tıkanma, Akma ve Donma Noktası

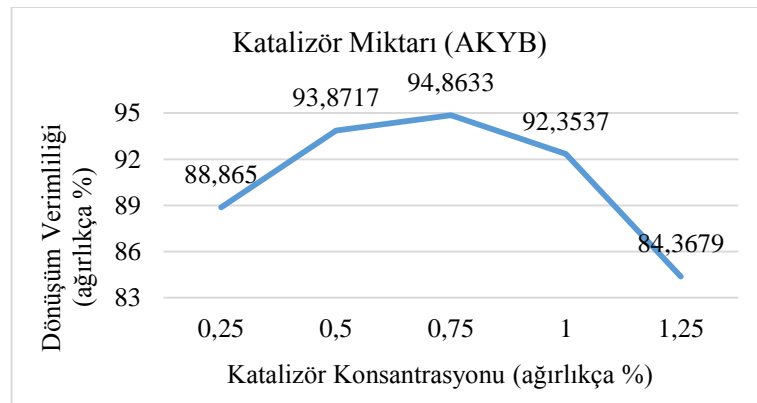
Özellik	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB	ED
Bulutlanma	-3	-5,5	3,5	2	-5
CFPP (SFTN)	0	-7	0	0	-20
Akma	-10	-10,5	-4	-6	-35
Donma	-12	-14	-6	-9	-38

4.2.5. AKY ve NAKY’na Uygulanan Optimizasyon Çalışmaları

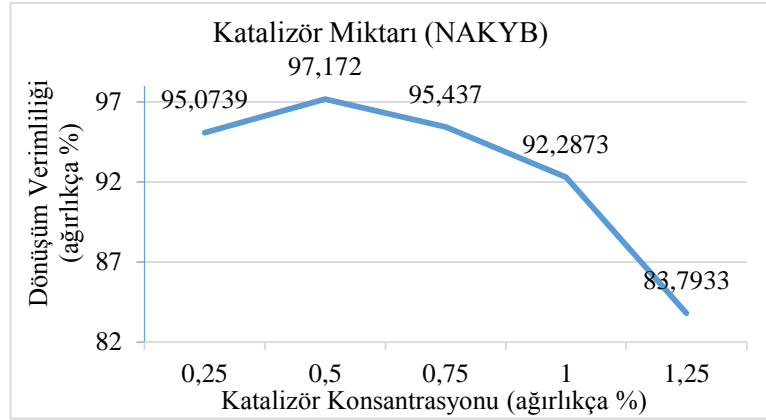
Atık kızartma yağı ve nötralize atık kızartma yağlarına optimizasyon uygulanarak transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel yakıtları üretilmiştir. Yapılan optimizasyonlar ile elde edilen verim değerleri hakkında bilgiler verilmiştir.

4.2.5.1. Katalizör Konsantrasyonu Optimizasyonu

En uygun katalizör konsantrasyonunu belirleyebilmek için, AKY ve NAKY’de 0.25, 0.5, 0.75, 1 ve 1.25 gr katalizör kullanılmıştır. Gerçekleşen reaksiyonların verimleri; AKYB için Şekil 4.1 ve NAKYB için ise Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. AKYB Dönüşüm Verimliliğinin Üzerinde Katalizör Konsantrasyonunun Etkisi: 20 gr Metanol Miktarı, 60°C Sıcaklıkta, Reaksiyon Süresi 60dk ve 600d/d Karıştırma Hızı

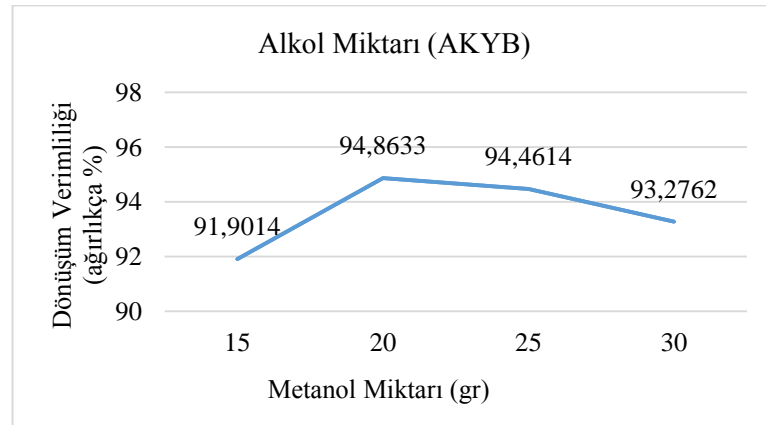


Şekil 4.2. NAKYB Dönüşüm Verimliliğinin Üzerinde Katalizör Konsantrasyonunun Etkisi: 20 gr Metanol Miktarı, 60°C Sıcaklıkta, Reaksiyon Süresi 60dk ve 600d/d Karıştırma Hızı

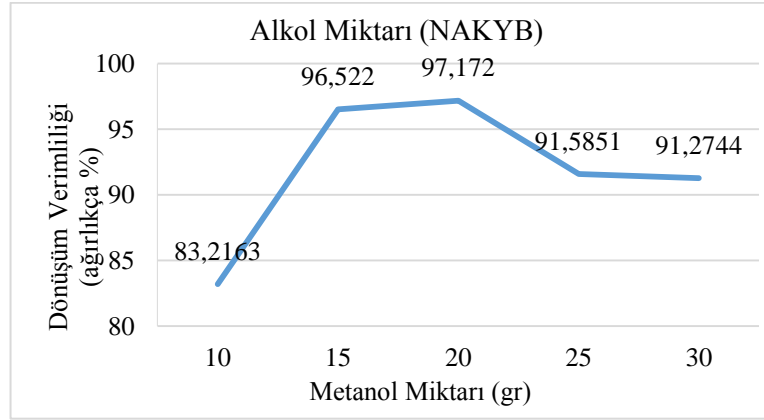
Katalizör optimizasyonunda, en uygun değerler; AKYB’de %94.8633’lük verim ile 0.75 gr katalizör, NAKYB’de ise %97.172’lik verim ile 0.50 gr olarak elde edilmiştir.

4.2.5.2. Alkol Oranının Optimizasyonu

Reaksiyon verimine etki eden en uygun metil alkol miktarını belirleyebilmek için, AKY için 0.75 gr, NAKY için 0.50 gr katalizör içerisinde sırayla 10, 15, 20, 25 ve 30 gr metil alkol kullanılmıştır. Gerçekleşen reaksiyonların verimleri; AKYB için Şekil 4.3 ve NAKYB için ise Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. AKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Metanol Miktarının Etkisi, 0.75 gr Katalizör Miktarı, 60°C Sıcaklıkta, Reaksiyon Süresi 60dk ve 600d/d Karıştırma Hızı

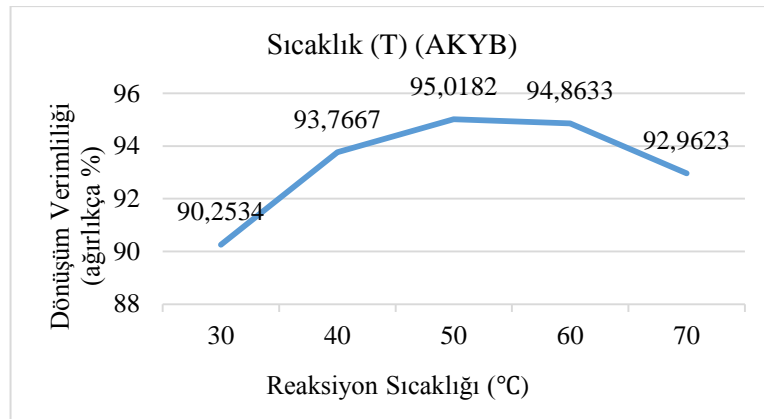


Şekil 4.4. NAKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Metanol Miktarının Etkisi, 0.5 gr Katalizör Miktarı, 60°C Sıcaklıkta, Reaksiyon Süresi 60dk ve 600d/d Karıştırma Hızı

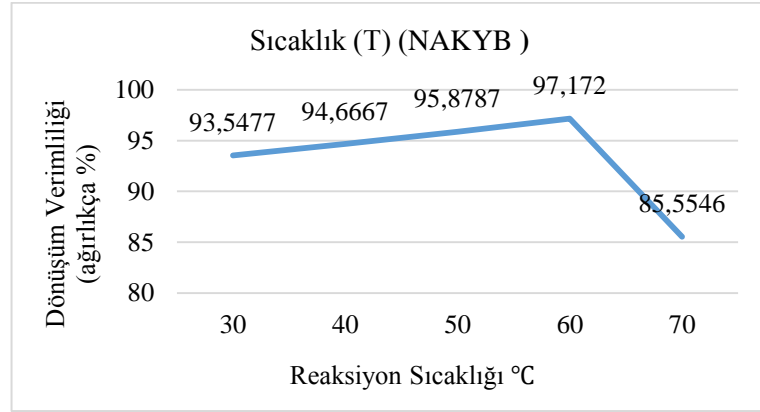
Alkol miktarı optimizasyonunda en uygun değerler; AKYB’de %94.8633’lük verim ile 20 gr alkol oranı, NAKYB’de ise %97.172’lik verim ile 20 gr alkol oranı olarak elde edilmiştir.

4.2.5.3. Reaksiyon Sıcaklığının Optimizasyonu

Alkali katalizör ile yapılan transesterifikasyon reaksiyonunda en uygun sıcaklık değerleri için, AKY’de 0.75 gr katalizör ve 20 gr metil alkol, NAKY’de 0.50 gr katalizör ve 20 gr metil alkol kullanarak sırasıyla, 30, 40, 50, 60 ve 70°C’de deneyler yapılmıştır. Bu şartlar altında tamamlanan reaksiyonların verimi AKYB için Şekil 4.5’te, NAKYB için ise Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.5. AKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Reaksiyon Sıcaklığı Etkisi, 0.75 gr Katalizör Miktarı, Reaksiyon Süresi 60dk, Reaksiyon Sıcaklığı 50°C ve 600d/d Karıştırma Hızı

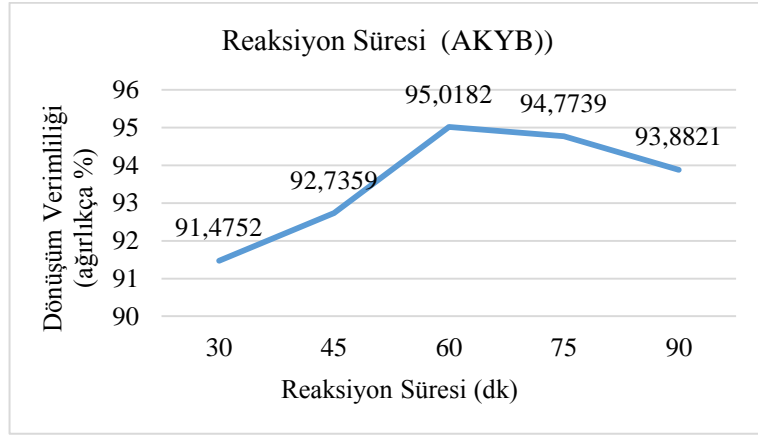


Şekil 4.6. NAKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Reaksiyon Sıcaklığı Etkisi, 0.5 gr Katalizör Miktarı, Reaksiyon Süresi 60dk, Reaksiyon Sıcaklığı 60°C ve 600d/d Karıştırma Hızı

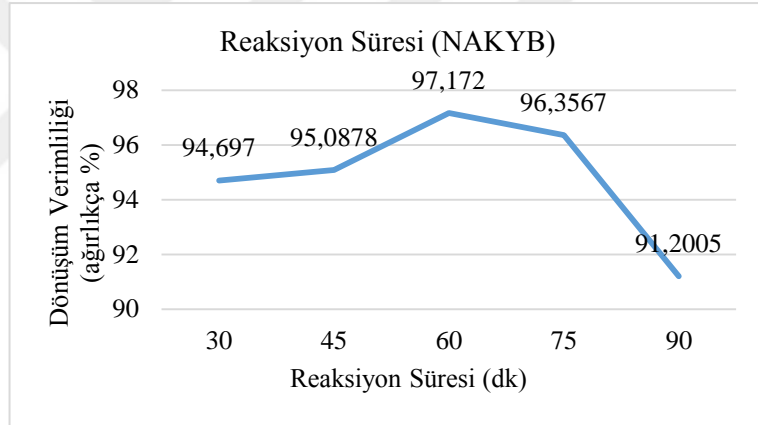
Sıcaklık değeri optimizasyonunda en uygun değerler; AKYB’de %95.0152’lik verim ile 50°C sıcaklık değeri, NAKYB’de %97.172’lik verim ile 60°C sıcaklık değeri olarak elde edilmiştir.

4.2.5.3. Reaksiyon Süresinin Optimizasyonu

En uygun reaksiyon süresini belirleyebilmek için; AKY’de 0.75 gr katalizör ve 20 gr metil alkol ve 50°C reaksiyon sıcaklığı, NAKY’de 0.50 gr katalizör ve 20 gr metil alkol ve 60°C reaksiyon sıcaklığı ile sırasıyla 30, 45, 60, 75 ve 90 dakika reaksiyon süreleri uygulanmıştır. Bu şartlar altında tamamlanan reaksiyonların verimi AKYB için Şekil 4.7’de, NAKYB için ise Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.7. AKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Reaksiyon Süresi Etkisi, 0.75 gr Katalizör Miktarı, Reaksiyon Süresi 60dk, Reaksiyon Sıcaklığı 50°C ve 600d/d Karıştırma Hızı



Şekil 4.8. NAKYB Dönüşüm Verimliliği Üzerinde Reaksiyon Süresi Etkisi, 0.5 gr Katalizör Miktarı, Reaksiyon Süresi 60dk, Reaksiyon Sıcaklığı 60°C ve 600d/d Karıştırma Hızı

Reaksiyon süresi optimizasyonunda en uygun değerler; AKYB’de %95.0182’lik verim ile 60dk reaksiyon süresi ve NAKYB’de %97.172’lik verim ile 60dk sıcaklık değeri olarak elde edilmiştir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Sonuç olarak bakıldığında:

- AKYB için en yüksek verim %95.0182 olarak;
0.75 gr katalizör miktarı, 20 gr alkol miktarı, 50°C reaksiyon sıcaklığı ve 60dk'lık reaksiyon süresi şartlarında elde edilmiştir.
NAKYB için ise en yüksek verim %97.172 olarak;
0.50 gr katalizör miktarı, 20 gr alkol miktarı, 60°C reaksiyon sıcaklığı ve 60dk'lık reaksiyon süresi şartlarında elde edilmiştir.

Nötralizasyon işlemi biyodizel üretimine olumlu etki ederek, %2.1538'lik oranda daha fazla verim alınmasını sağlamıştır.

- Parlama noktaları AKY 228°C, NAKY 236°C, AKYB 165°C, NAKYB 161°C ve ED 60°C olarak ölçülmüştür. EN 14214:2012+A1:2014 ve TS EN 590 standartlarında bulunan parlama noktası değerleri Tablo 5.1'de ve AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'ye ait parlama noktası değerleri Tablo 5.2'de verilerek karşılaştırmıştır.

Tablo 5.1. TS EN 14214:2012+A1:2014 ve TS EN 590 Standartları Parlama Noktası Değerleri [29,30]

Standartlar	TS EN 14214:2012+A1:2014	TS EN 590
Parlama Noktası °C	> 101°C	>55°C

Tablo 5.2. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Parlama Noktaları

Yağ ve Yakıtlar	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB	ED
Parlama Noktası °C	228°C	236°C	165°C	161°C	60°C

Elde edilen değerler sonucunda, bütün yakıtların parlama noktası değerleri standart değerlere uygun çıkmıştır.

- AKY'ye ait 0.665 olan serbest yağ asitliği, NAKY'de 0.279 olarak ölçülmüştür. Biyodizel üretimi ile serbest yağ asitliği AKYB için 0.330 iken, NAKYB için 0.220 olarak belirlenmiştir. Yani nötralizasyon işlemi ve biyodizel yakıtlarının üretimi, serbest yağ asitliğine olumlu etki ederek değerlerde düşüş gerçekleşmiştir.
- Sıvı yakıtlar için en önemli parametrelerden biri olan viskozite ise;

Tablo 5.3. TS EN 14214:2012+A1:2014 ve TS EN 590 Standartları Viskozite Değerleri [29,30]

Standartlar	TS EN 14214:2012+A1:2014	TS EN 590
Viskozite 40°C	3.5-5mm ² /s	2-4.5 mm ² /s

Tablo 5.4. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Viskozite Değerleri

Yağ ve Yakıtlar	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB	ED
Viskozite 40°C(mm ² /s)	38.791	39.761	4.474	4.492	2.629

Elde edilen değerlerde AKY ve NAKY'ye ait viskozite değerleri yüksek çıkmıştır (15°C'de 880-920g/cm³.)Ancak biyodizel üretimleri ile Tablo 5.4'te görüldüğü gibi, AKYB ile AKY karşılaştırıldığında biyodizel üretimi ile viskozite değerlerinde %88.47 düşüş gerçekleşmiştir. NAKYB ile NAKY karşılaştırıldığında ise biyodizel üretimi ile viskozite değerlerinde %88.7 düşüş gerçekleşmiştir. Sonuç olarak ise elde edilen AKYB, NAKYB ve ED Tablo 5.3'te verilen standart değerlere uygun bulunmuştur.

- Yağ ve yakıtlara ait yoğunluk değerlerinde ise;

Tablo 5.5. TS EN 14214:2012+A1:2014 ve TS EN 590 Standartları Yoğunluk Değerleri [29,30]

Standartlar	TS EN 14214:2012+A1:2014	TS EN 590
Yoğunluk 15°C(g/cm ³)	0.86-0.9	0.82-0.845

Tablo 5.6. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED'nin Yoğunluk Değerleri

Yağ ve Yakıtlar	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB	ED
Yoğunluk 15°C(g/cm ³)	924.02	923.33	883.22	882.55	824.66

Biyodizel üretimleri ile Tablo 5.6’da görüldüğü gibi yoğunluk değerleri, AKYB ile AKY karşılaştırıldığında biyodizel üretimi ile yoğunluk değerlerinde %4.42 düşüş gerçekleşmiştir. NAKYB ile NAKY karşılaştırıldığında ise biyodizel üretimi ile yoğunluk değerlerinde %4.42 düşüş gerçekleşmiştir. AKYB’nin yoğunluğu dizel yakıtından %6.63, NAKYB’nin yoğunluğu ise dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında %6.56 daha yüksek çıkmıştır. Sonuç olarak ise, biyodizel üretimleri yoğunluğun azaltılmasında olumlu etki göstermiş, elde edilen AKYB, NAKYB ve ED Tablo 5.5’te verilen standart değerlere uygun bulunmuştur.

- Su içeriğinde;

Tablo 5.7. TS EN 14214:2012+A1:2014 ve TS EN 590 Standartları Su İçeriği Değerleri [29,30]

Standartlar	TS EN 14214:2012+A1:2014	TS EN 590
Su İçeriği(ppm)	<500	<200

Tablo 5.8. AKY, NAKY, AKYB, NAKYB ve ED’nin Su İçeriği Değerleri

Yağ ve Yakıtlar	AKY	NAKY	AKYB	NAKYB	ED
Su İçeriği(ppm)	689.35	575.44	607.52	539.92	36.619

Biyodizel üretimleri ve nötralizasyon ile su içeriği değerlerinde düşüş sağlanmıştır. Ancak Tablo 5.7’de verilen standart değerler ile karşılaştırıldığında, üretilen yakıtlar su içeriği standardını sağlamamıştır.

Bu tez çalışmasında hammadde olarak atık kızartma yağı kullanılarak, hem biyodizel üretim maliyetini düşürmek hem de kullanılmayacak olan atık yağların çevreye verdiği zararlarını azaltabilmek için biyodizel üretiminin faydalı olup olmayacağı araştırılmış ve biyodizel üretim verimine bakılarak kesinlikle faydalı olacağı düşünülmektedir. En büyük sorunlardan biri olan biyodizel üretimi için hammadde temin edilmesi ve maliyet sorunu, atık yağların kullanılmasıyla önemli ölçülerde giderilebilir.

Belediyeler ile iş birliği içerisinde atık yağların toplanması daha kolay olacaktır.

Çok büyük maliyetlere sebep olan alt yapı sorunları, atık yağların toplanmasıyla bir miktar daha düşürülmüş olacaktır.

Ülkemizde yakıt fiyatları yüksek olduğu için, biyodizel üretimlerinin artırılması, ülke ekonomisine ve ülkemizi yeni teknolojilerde atağa geçirmek adına yararlı olacaktır.

Biyodizel üretimlerinin artması için mutlaka devlet destekleri alınması daha faydalı olacaktır. Devletin biyodizel üretim tesisleri için girişimcilere, ÖTV indirimleri uygulamalı ve zaten pahalı olan petrol kökenli yakıtların ülke ekonomimiz üzerinde ki negatif baskısını azaltmak için biyodizel üretimini artıracak yönde çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Atmanlı A., Dizel Motorunda Dizel Yakıtı - Alkol - Bitkisel Yağ Karışımları Kullanımının Motor Karakteristiklerine Etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, 2013.
2. Özer S., Bütanol Kullanımının Dizel Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2010.
3. Ölçüm T., Biyodizel Teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2006.
4. Özgür C., Alkol ve Katalizör Miktarlarının Farklı Katalizörlerle Üretilen Kanola Biyodizelinin Dönüşüm Oranı ve Yakıt Özellikleri Üzerindeki Etkisi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1), 337-344, Haziran 2016.
5. 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.
6. Anonim., Enerji Enstitüsü, <http://enerjienstitusu.com/2012/11/21/akaryakitta-biyoyakit-zorunlulugu-bitkisel-yag-fiyatlarini-arttirabilir/> 06.04.2017.
7. Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği., BÜYÜKHELVACIGİL T., Yağlı Tohumlu Bitkiler & Bitkisel Yağlar Konferansı 2017., <http://bysd.org.tr/uploads/BYSDSunumlar/baskan%20konusmas%C4%B1.pptx>. 17.7.2018
8. Yılmaz O., Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 2015.
9. Dalmış Ö., Tespam, 2017 Yılı Bp Dünya Enerji İstatistikleri, <https://www.tespam.org/2017-bp-dunya-enerji-istatistikleri-raporu/> 17.01.2018.
10. Anonim., <http://www.ibb.gov.tr/sites/aydinlatmaenerji/pages/enerjikaynaklari.aspx> 03.05.2017
11. Anonim. Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa 23.03.2017
12. Güner D.E., Turan E. S., Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Küresel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 3(1), 47-55, 2017.

13. Şanlı H., Atık Kızartma Yağlarının Karakterizasyonu ve Biyodizel Üretiminde Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 2014.
14. Anonim., <http://habitatgeridonusum.com.tr/home-application/atik-yag/> 20.03.2017
15. Anonim., İBB(İstanbul Büyükşehir Belediyesi) Çevre Koruma Müdürlüğü, <http://cevrekoruma.ibb.gov.tr/AtikYag/Sayfalar/18/GenelBilgiler> 20.03.2017
16. Tunç M., Atık Yağlardan Metanol Ekstraksiyonu İle Serbest Yağ Asitlerinin Giderilmesinde Elde Edilen Ekstrakt Fazından Metanol Geri Kazanımı İçin Alternatif Proses Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009.
17. Top Taşkaya B., Bitkisel Atık Yağlar, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Sayı 11, Nüsha 18, 2010.
18. Yalılı Kılıç M., KILIÇ İ., Bursa Bölgesindeki Bitkisel Atık Yağların Değerlendirilme Potansiyellerinin Belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Ek Sayı), 1159-164, 2017.
19. Karabaş H., Restoran Atığı Yağların Dizel Motor Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi, 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Samsun, 5-7 Eylül, 2012.
20. Anonim., Bitkisel Atık Yağların Yönetimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, http://www.rewistanbul.com/files/sunumlar/2016/Bitkisel_Atik_Yaglarin_Yonetimi_Volkan_Yanmaz.pdf 25.12.2017
21. Özçelik E.A., Aspir Biyodizelinin Ve Motorin Karışımlarının Tek Silindirli Bir Dziel Motorda Yağlama Yağına Etkilerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2011.
22. Şahin S., Keten Yağı Biyodizelinin ve Motorinle Karışımlarının Motor Performansına Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2013.
23. Okant M., Şanlıurfa İlinin Biyodizel Üretim Potansiyeli, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(4), 11-7, 2012.
24. Fidan M.S., Alkan E., Bitkisel Hammaddelerden Elde Edilen Biyodizelin Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Kullanılması, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ormancılık Ve Çevre Bilimleri ABD, 4(2), 144-160, 2014.
25. Mutlu E., Dizel Yakıtı, Kanola Ve Fındık Yağı Metil Esterlerinin Dizel Motor Performansına ve Emisyonlarına Etkilerinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2010.

26. Düzgün Ö., Balık Yağından Biyodizel Üretimi ve Motorlarda Test Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2015.
27. Kalafat Y., Fazla Miktarda Su ve Yağ Asidi İçeren Yağlardan Biyodizel Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2013.
28. Özgün A.K., Atık Kızartma Yağı ve Nötralize Atık Kızartma Yağından Üretilen Biyodizel Ve Karışımlarının Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarının Karşılaştırılması Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Yozgat, 2014.
29. Anonim., TS EN 14214:2012+A1:2014. Sıvı Petrol Ürünleri – Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME/Biyodizel) – Dizel Motorlarda ve Isıtma Uygulamalarında Kullanılan – Özellikler ve Deney Yöntemleri. Ankara. 2014.
30. Anonim., TS EN 590:2013+A1. Otomotiv Yakıtları – Dizel (Motorin) İçin - Özellikler ve Deney Yöntemleri. Ankara. 2017.
31. Alpgiray B., Kanola Yağının Diesel Motorunun Performansına ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2006.
32. Ela Ç., Devlet Hava Meydanlarına Ait Motorlu Taşıtlarda Biyodizel Kullanımının Ekonomik ve Çevresel Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 2009.
33. Çiçek F., Fungal Lipid Üretimi: Optimizasyon Çalışmaları ve Biyodizel Üretiminde Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Giresun, 2012.
34. Soydemir G., Atık Su Ortamında Yetiştirilen Mikroalglerin Yağının Karakterizasyonu ve Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, 2016.
35. Kösekul Y., Kanola Yağından DMC-Biyodizel Üretimi İçin Katalizör Tasarımı ve Kinetik Çalışmalar, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2017.
36. Mesut E., Atık Ayçiçeği Yağından Biyodizel Üretimi ve Ön Isıtma Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2011.
37. Çanakçı M., Özsezen A.N., Atık Mutfak Yağlarının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 18(1), 81-91, 2005.
38. Kiani S., Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretimde Yüzey Aktif Maddelerin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2014.

39. Ertuğrul Karatay S., Mikrobiyel Lipitlerin Biyodizel Üretiminde Kullanım Kapasitelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2010.
40. Gondra A.Z., Study Of Factors Influencing The Quality And Yield Of Biodiesel Produced By Transesterification Of Vegetable Oils, Master's Thesis, University Of Gävle, Sweden, 2010.
41. Kafadar A.B., Yağlardan Biyodizel Eldesine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2010.
42. ATAÇ Ö., Kızartma Yağının Ve Biyodizelin Adsorpsiyon Yöntemi İle Saflaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2005.
43. Najafov B., Hidrotermal Şartlarda Marn Kullanımı İle Biyodizel Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2016.
44. TOPAL S., Atık Kızartma Yağından Ultrasonik Yöntemle Biyodizel Üretimi ve Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2014.
45. Aksoy L., Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Biyodizel ve Üretim Prosesleri, Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2(3), 45-52, 2010.
46. Çengelci E., Bayrakçeken H., Aksoy F., Hayvansal ve Bitkisel Yağlardan Elde Edilen Biyodizelin Dizel Yakıtı İle Karşılaştırılması, Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3(1), 41-53, 2011.
47. Anonim., <http://ekstrebilgi.com/bilim/biyodizel-biodizel-yakit-nedir-tarihcesi/> 16.8.2017
48. Erel F.P., Biyodizel Üretiminde Ters Lojistik Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 2014.
49. Anonim., <https://ipfs.io/ipfs/QmT5NvUtoM5nWFfrQdVrFtvGfKfMg7AHE8P34isapyhCxX/wiki/Biodizel.html>, 18.08.2017
50. Anonim., <https://www.messmatic.com/biyodizel-nedir/>, 18.08.2017
51. Çevik K., Tek Silindirli Bir Dizel Motorunda Atık Kızartma Yağı Metil Esterinin, Petrol Dizeli İle Karışımının ve Ön Isıtmalı Mısır Yağı Kullanımının Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2012.
52. Peker A., Benzin ve Dizel Motorlarının Performansına Alternatif Yakıtların ve Katkı Maddelerinin Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2000.

53. Oral M., Farklı Yakıtlarla Dizel Motorun Performans ve İS Emisyon Karakteristiklerinin Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.
54. Onurbaş Avcıoğlu, A., Demirel Atasoy Z., Türker U., Koçtürk D., Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler Biyoyakıtlar, s. 519, Nobel Akademik Yayıncılık, 2011.
55. Anonim., <https://biodizel.tr.gg/Biodizel.htm>, 25.12.2017
56. Reşitoğlu İ. A., Atık Yağlardan Üretilmiş Biyodizelin Dizel Motor Performans ve Emisyonuna Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, 2010.
57. Aygün A., Hint Yağından Biyodizel Eldesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009.
58. Koç Önem E., Biyodizel Yakıtların Yağlayıcılık Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2009.
59. Gülüm M., Çeşitli Üretim Parametrelerinin Mısır ve Fındık Yağından Üretilen Biyodizellerin Önemli Yakıt Özelliklerine Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2014.
60. Yılmaz S., Süperkritik Metanol Kullanarak Yağlardan Biyodizel Elde Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2008.
61. Gök C., Biyodizel Olarak Çeşitli Bitkisel Yağların Etil Ester Metoduyla Üretilerek Karakteristiklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 2008.
62. Çıtak M., Bir Biyodizel Motorunda Mtbe Katkılı Biyodizel Kullanımının Deneysel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2014.
63. Kaya A., Kızartma Atık Yağlardan Süperkritik Alkol Transesterikasyon Yöntemi İle Biyodizel Elde Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi Selçuk Üniversitesi, Konya, 2007.
64. Altınsoy A.S., Biyodizel Üretimi, Motorlarda Kullanımı ve Türkiye'deki Kaynakların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2007.
65. Şahin A., Hardal Yağından Elde Edilen Biyodizelin Motor Performansına Etkileri ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 2014.
66. Acaroğlu, M., Alternatif Enerji Kaynakları, 609s, Nobel Yayın Dağıtım, 2007

67. Örs A., Biyodizel Bütanol Karışımlarının Motor Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2016.
68. Yüce İ., Alternatif Yakıt Olarak Biyodizelin Türkiye'deki ve Almanya'daki Durumu İle Taşıtlarda Kullanımının İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.
69. Eryılmaz T., Hardal Yağı Biyodizelinde Farklı Karışım Oranlarının Dizel Motorlarda Performansa Etkisi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2009.
70. Da Silva W.L.G., Salomão A. A., De Souza P. T., Ansolin M., Tubino M., Binary Blends of Biodiesel from Macauba (*Acromia Aculeata*) Kernel Oil with Other Biodiesels, *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 29(2), 240-247, 2018.
71. Karadirek E. İ., Bitkisel Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 2008.
72. Koç M., Biyodizel Üretimine Uygun Türkiye'de Yetişen ve Yetiştirilecek Bitkilerin ve Biyodizel Teknolojilerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2011.
73. Şeker S., Biyodizel Üretimi Ve Katkı Maddelerinin Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007.
74. Deniz Ç., Biyodizel Dizel Karışımlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Biyodizel Oranı İle Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2013.
75. Şen S., Hayvansal Yağlardan Biyodizel Üretimi Ve Dizel Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2012.
76. Altuntaş A., Hardal Yağı Biyodizelinde Depolama Süresi ve Şartlarının Yakıt Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2006.
77. Tütüncü H., Transesterifikasyonla Balık Yağı Metil Esteri Sentezinin Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 2013.
78. Aydoğan B., Biyodizel Kullanılan Dizel Motorlarda No_x Emisyonlarının ve No_x Emisyonları Azaltma Yöntemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2008.
79. Yıldız M., Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 2008.

80. Köksal S. N., Yavuz M., Biyodizel Kullanımının Otomobil Yakıt Sistemindeki Parçalara Etkisinin İncelenmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, 13-15 Mayıs, 2009.
81. Alptekin E., Çanakçı M., Hayvansal Kökenli Yağlardan Biyodizel Üretimi, VI. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (YEKS'2011), Kayseri, 21-22 Ekim, 2011.
82. Anonim., <http://www.albiyobir.org.tr/biyodizel.htm>, 18.09.2017
83. Özdemir Ö.Z., Mutlubaş H., Biyodizel Üretim Yöntemleri .ve Çevresel Etkileri, Kırklareli University Journal of Engineering and Science, 2, 129-143, 2016.
84. Şahin S.N., Mermer Atıkları Katalizörlüğünde Haşhaş Yağından Biyodizel Eldesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 2015.
85. Yaşar F., Yosun Yağından Biyodizel Üretimi ve Bir Dizel Motorunda Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması, Doktora Tezi, Batman Üniversitesi, Batman, 2016.
86. Hatunoğlu, E. E., Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri, DPT Uzmanlık Tezleri, 2010. http://www.surdurulebilirlikalkinma.gov.tr/wp-content/uploads/2016/06/Biyoyakit_Politikalarinin_Tarim_Sektorune_Etkileri.pdf
87. Anonim., <http://www.hurriyet.com.tr/dizel-icin-flas-karar-zorunlu-oluyor-40479791> 22.12.2017
88. Saraçoğlu S., Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Biyokütle Üretimiminin Dünyada ve Türkiye'de Durumu, Fiscaeconomia, 1(3), 126-155, 2017.
89. Anonim., Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FT%3%9CRK%C4%B0YE%27DE+B%C4%B0YOD%C4%B0ZEL+VE+B%C4%B0YOETANOLDE+G%C3%9CNCEL+DURUMU.pdf> 18.11.2017
90. Anonim., Türkiye İhracatçılar Meclisi Tarım Raporu 2016, www.tim.org.tr/files/downloads/Raporlar/Tarim_Raporu_2017.pdf 18.11.2017
91. Anonim., Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://bepa.yegm.gov.tr/adresinden> 27,08,2017
92. Anonim., 2017. Petrol Piyasası Sektör Raporu. EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/8954> 28.01.2018.
93. Anonim., 2017. Petrol Piyasası Sektör Raporu. EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/8990> 28.01.2018.

94. Anonim., 2017 REN Raporu http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf
28.01.2018.



EKLER

6.1. A. Türkiye’de Biyodizel İşleme Lisansına Sahip Firmaların Bilgileri

1-Ünvan: KOLZA BİODİZEL YAKIT VE PETROL ÜRÜNLERİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş

Lisans No: İŞL/3572-2/30375

Başlangıç Tarihi: 22.12.2011

Bitiş Tarihi: 22.12.2023

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: İSTANBUL

Tesis İlçesi: TUZLA

Tesis Adresi: İSTANBUL TUZLA KİMYA SANAYİCİLERİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ MELEK ARAS BULVARI AROMATİK CADDESİ NO:31

2- Ünvan: PİTEKS PETROL İNŞAAT TEKSTİL GIDA KİMYA SANAYİ VE TİC.LTD.ŞTİ.

Lisans No: İŞL/1115-9/21528

Başlangıç Tarihi: 01.03.2007

Bitiş Tarihi: 01.03.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: İSTANBUL

Tesis İlçesi: TUZLA

Tesis Adresi: ORHANLI, TEPEÖREN YOLU AKTEPE SANAYİ SİTESİ NO:4

3- Ünvan: EGE BİYOTEKNOLOJİ SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1152-2/21818

Başlangıç Tarihi: 04.04.2007

Bitiş Tarihi: 04.04.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: İZMİR

Tesis İlçesi: KINIK

Tesis Adresi: Poyracık Beldesi Akpınar Mevkii

4- Ünvan: DB TARIMSAL ENERJİ SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1317-1/22996

Başlangıç Tarihi: 20.09.2007

Bitiş Tarihi: 20.09.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: İZMİR

Tesis İlçesi: TORBALI

Tesis Adresi: PHİLSA CADDESİ NO:30

5- Ünvan: BİOPET ALTERNATİF YAKITLAR PETROL İNŞAAT TARIM
ÜRÜNLERİ SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKET

Lisans No: İŞL/904-5/14826

Başlangıç Tarihi: 31.08.2006

Bitiş Tarihi: 31.08.2018

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: ANKARA

Tesis İlçesi: POLATLI

Tesis Adresi: ATATÜRK BULVARI 25. CADDE BAŞKENT OSB MALİKÖY
TEMELLİ

6- Ünvan: MUHAMMED İPEKTEN BİYODİZEL PAZARLAMA SAN. TİC. LTD.ŞTİ

Lisans No: İŞL/1239-4/22434

Başlangıç Tarihi: 27.06.2007

Bitiş Tarihi: 27.06.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: KONYA

Tesis İlçesi: AKŞEHİR

Tesis Adresi: ILGIN-AKŞEHİR KARAYOLU 20.KM. REİS MEVKİİ

7- Ünvan: DİZTAŞ İNŞAAT MALZEMELERİ PETROL ÜRÜNLERİ OTOMOTİV VE TEKSTİL SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1772-1/25069

Başlangıç Tarihi: 24.09.2008

Bitiş Tarihi: 24.09.2020

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: TEKİRDAĞ

Tesis İlçesi: HAYRABOLU

Tesis Adresi: ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ

8- Ünvan: AYPET AYHANLAR PETROL ÜRÜNLERİ MADENCİLİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş.

Lisans No: İŞL/1226-6/22379

Başlangıç Tarihi: 14.06.2007

Bitiş Tarihi: 14.06.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: KOCAELİ

Tesis İlçesi: GEBZE

Tesis Adresi: BURGAZALTI VE SERENLİKUYU MEVKİİ MUALLİM KÖY SAPAĞI DİLOVASI ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ

9- Ünvan: BİYONER YAĞ VE KİMYA ÜRÜNLERİ SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1802-2/25140

Başlangıç Tarihi: 16.10.2008

Bitiş Tarihi: 16.10.2020

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: KOCAELİ

Tesis İlçesi: GEBZE

Tesis Adresi: GOSB 1500.SOK NO.1504 41480

10- Ünvan: EZİCİ YAĞ ENERJİ VE BİODİZEL ÜRETİMİ LABORATUAR HİZMETLERİ İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/4131-16/31806

Başlangıç Tarihi: 22.11.2012

Bitiş Tarihi: 13.11.2017

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: KOCAELİ

Tesis İlçesi: DİLOVASI

Tesis Adresi: DİLOVASI ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ 1.KISIM DİCLE CADDESİ NO:2

11- Ünvan: BOLACALAR UN YEM YAĞ GIDA SANAYİ VE TİC.A.Ş.

Lisans No: İŞL/1567-1/24172

Başlangıç Tarihi: 10.04.2008

Bitiş Tarihi: 10.04.2020

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: BURSA

Tesis İlçesi: YENİŞEHİR

Tesis Adresi: BURSA CAD.NO.45/1

12- Ünvan: YIL-TAŞ PETRO KİMYA SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKET

Lisans No: İŞL/1212-6/22193

Başlangıç Tarihi: 29.05.2007

Bitiş Tarihi: 29.05.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: AFYONKARAHİSAR

Tesis İlçesi:

Tesis Adresi: ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ 1. CAD. 7. SOK. NO:2

13- Ünvan: SER-PORT YAĞ BİODİZEL SANAYİ VE DEPOLAMA TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1206-7/22143

Başlangıç Tarihi: 25.05.2007

Bitiş Tarihi: 25.05.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: MERSİN

Tesis İlçesi: KAZANLI

Tesis Adresi: YENİ MAHALLE 1040.SOK NO.4 KAZANLI

14- Ünvan: ÇUKOBİRLİK BİODİZEL İŞLETMELERİ LİMİTED ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/2602/27873

Başlangıç Tarihi: 17.06.2010

Bitiş Tarihi: 17.06.2022

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: ADANA

Tesis İlçesi: SEYHAN

Tesis Adresi: TURHAN CEMAL BERİKER BULVARI GÖKÇELER MAHALLESİ NO.703

15- Ünvan: ÖZMİR BİYODİZEL ALTERNATİF ENERJİ TARIMSAL ÜRÜN SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1073-9/21239

Başlangıç Tarihi: 25.01.2007

Bitiş Tarihi: 25.01.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: HATAY

Tesis İlçesi:

Tesis Adresi: SERİNYOL BELDESİ İSKENDERUN YOLU ÜZERİ 18.KM. SERİNYOL

16- Ünvan: GEC KİMYA GIDA TURİZM VE TARIM ÜRÜNLERİ SAN.TİC.A.Ş

Lisans No: İŞL/1101-9/21417

Başlangıç Tarihi: 15.02.2007

Bitiş Tarihi: 15.02.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: GAZİANTEP

Tesis İlçesi: ŞEHİTKAMİL

Tesis Adresi: 2. ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ HACI SANİ KONUKOĞLU BULVARI NO:12

17- Ünvan: İRFAN KILINÇ GIDA TEKSTİL AMBALAJ İNŞAAT ENERJİ SAN. VE TİC.LTD.ŞTİ.

Lisans No: İŞL/1073-7/21237

Başlangıç Tarihi: 25.01.2007

Bitiş Tarihi: 25.01.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: GAZİANTEP

Tesis İlçesi: ŞEHİTKAMİL

Tesis Adresi: 3. ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ MEHMET BATALLI BULVARI 19 NOLU CADDE NO:4

18- Ünvan: ASPET BİOKİMYA SANAYİ ANONİM ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1239-5/22435

Başlangıç Tarihi: 27.06.2007

Bitiş Tarihi: 27.06.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: GAZİANTEP

Tesis İlçesi: ŞEHİTKAMİL

Tesis Adresi: ARABAN YOLU ÜZERİ 2.KM.(RİTAŞ TESİSLERİ İÇİ) PAFTA
98, ADA 1175, PARSEL 4

19- Ünvan: ÇEVREM ALTERNATİF ENERJİ BİODİZEL VE PETROL
ÜRÜNLERİ GIDA SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1101-8/21416

Başlangıç Tarihi: 15.02.2007

Bitiş Tarihi: 15.02.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: GAZİANTEP

Tesis İlçesi: NURDAĞI

Tesis Adresi: KAHRAMANMARAŞ YOLU ÜZERİ 3. KM.

20- Ünvan: ÖZRENK BOYA KİMYA TEKSTİL SANAYİ VE TİCARET
LİMİTED ŞİRKET

Lisans No: İŞL/1206-6/22142

Başlangıç Tarihi: 25.05.2007

Bitiş Tarihi: 25.05.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: GAZİANTEP

Tesis İlçesi: ŞEHİTKAMİL

Tesis Adresi: 2. ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ GENERAL DURSUN BAK
BULVARI 12 NOLU SOKAK NO:4

21- Ünvan: MAKS BİO KİMYA SAN. VE TİC.ANONİM ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1200-6/22084

Başlangıç Tarihi: 17.05.2007

Bitiş Tarihi: 17.05.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: KİLİS

Tesis İlçesi:

Tesis Adresi: ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ 102 ADA 6 NOLU PARSEL

22- Ünvan: ÖMER BUCAK İNŞAAT TAAHHÜT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1108-5/21443

Başlangıç Tarihi: 22.02.2007

Bitiş Tarihi: 22.02.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: ŞANLIURFA

Tesis İlçesi:

Tesis Adresi: ŞANLIURFA ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ 20. CADDE

23- Ünvan: ÖZCOŞKUN YAKIT TEKSTİL GIDA NAKLİYAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1130-3/21647

Başlangıç Tarihi: 15.03.2007

Bitiş Tarihi: 15.03.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: ADIYAMAN

Tesis İlçesi: BESNİ

Tesis Adresi: BESNİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ,

24- Ünvan: ATALAY İNŞAAT ELEKTRİK NAKLİYE TAAHHÜT VE PETROL
ÜRÜNLERİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Lisans No: İŞL/1376-1/23297

Başlangıç Tarihi: 13.11.2007

Bitiş Tarihi: 13.11.2019

Yakıt Türü: BİYODİZEL

Tesis İli: DİYARBAKIR

Tesis İlçesi:

Tesis Adresi: DİYARBAKIR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ERGANİ YOLU
22. KM 1.ETAP 129 ADA 4-N.P

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Malatya’da doğan Burak METİN ilk ve orta öğrenimini Atatürk İ.Ö.O.’da, lise öğrenimini Şehit Kemal Özalper Anadolu Teknik Lisesinde tamamlamıştır. 2011 yılında kazandığı Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünü 2015 yılında başarıyla bitirmiştir.

2015 yılında yüksek lisans eğitimine Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında başlamıştır. Dr. Öğr. Üyesi Tanzer ERYILMAZ danışmanlığında hazırladığı “Atık Kızartma-Nötralize Atık Kızartma Yağından Biyodizel Üretiminin Optimizasyonu ve Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı teziyle 2018 yılında eğitimini tamamlamıştır.

İletişim Bilgileri

Adres: Tecde Mahallesi Heybetli Sokak Mihrimah Yapı Günaypark Sitesi No:6
Zemin Kat Yeşilyurt/MALATYA

44090 MALATYA

Telefon: (542) 504 52 42

E-posta: burakmetin44@gmail.com