



**BÜYÜKBAŞ HAYVAN BÖBREK İÇ
YAĞLARINDAN VE KOLZA YAĞINDAN
BİYODİZEL ÜRETİMİ VE KOLZA İÇİN
FARKLI YAĞ EKSTRAKSİYON
YÖNTEMLERİNİN BİYODİZEL
KALİTESİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Aslıhan YILMAZ



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜKBAŞ HAYVAN BÖBREK İÇ
YAĞLARINDAN VE KOLZA YAĞINDAN
BİYODİZEL ÜRETİMİ VE KOLZA İÇİN FARKLI
YAĞ EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN
BİYODİZEL KALİTESİNE ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ**

ASLIHAN YILMAZ

PROF. DR. KAMİL ALİBAŞ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2017

TEZ ONAYI

Aslıhan YILMAZ tarafından hazırlanan "BÜYÜKBAŞ HAYVAN BÖBREK İÇ YAĞLARINDAN VE KOLZA YAĞINDAN BİYODİZEL ÜRETİMİ VE KOLZA İÇİN FARKLI YAĞ EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN BİYODİZEL KALİTESİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/ ~~oy çokluğu~~ ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ/DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ

Başkan: Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ
Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye: Prof. Dr. Hidayet OĞUZ
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

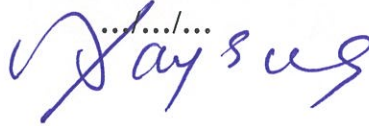


Üye: Doç. Dr. Nazmi İZLİ
Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onayları

Prof. Dr. Ali BAYRAM



U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

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

beyan ederim.

23/08/2017

Aslıhan YILMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BÜYÜKBAŞ HAYVAN BÖBREK İÇ YAĞLARINDAN VE KOLZA YAĞINDAN BİYODİZEL ÜRETİMİ VE KOLZA İÇİN FARKLI YAĞ EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN BİYODİZEL KALİTESİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Aslıhan YILMAZ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ

Nüfusun her geçen gün artmasına rağmen kullanılan fosil yakıtların gün geçtikçe azalması dünyamız için alternatif enerji kullanımını daha da önemli hale getirmektedir. Ulaşım sektörünün giderek büyümesi ve çevresel kirlenme gibi faktörler biyoyakıt kullanımını ve bu konu hakkındaki çalışmalarını çarpıcı kılmaktadır. Günümüzde biyodizelin yağlı tohumlardan elde edilmesinin yanı sıra yağlı organik atıklardan da elde edileceği bilinmektedir.

Yapılan çalışmada kanola ve büyük baş hayvan böbrek iç yağlarından biyodizel elde edilmiştir. Literatür incelemelerinde hiçbir şekilde kullanımı olmayan tamamen atık niteliğindeki büyük baş hayvan böbrek iç yağlarının biyodizel şeklinde değerlendirilmesine dair bir çalışma ya da projeye rastlanmamıştır. Elde edilen biyodizellerin çeşitli teknik özelliklerine bakılmıştır. Bakılan teknik özelliklerden yoğunluk, pH, viskozite, bakır çubuk korozyonu, parlama noktası ve ısı değer sonuçları her iki materyalden üretilen biyodizellerin istenilen standartlarda olduğunu göstermiştir. Kanoladan elde edilen biyodizelin maksimum verimi %100 iken büyük baş hayvan böbrek iç yağından elde edilen biyodizelin maksimum verimi %95,83 olarak hesaplanmıştır. Her iki materyalden elde edilen biyodizellerin bulutlanma, akma ve donma noktalarının biyodizel için istenen standartların üstünde olduğu ve bu değerlerin düşürülmesi için donma noktası düşürücü kimyasallar kullanılması gerektiği ya da üretilen biyodizellerin ülkemizdeki sıcak bölgelerde kullanılması gerektiği saptanmıştır.

Çalışmada bakılan teknik özelliklerin birbiriyle olan ilişkileri de kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. İncelenen teknik özelliklerin birbirleriyle anlamlı pozitif ve negatif, doğrusal ya da doğrusal olmayan pek çok ilişkisinin olduğu görülmüştür. Yapılan literatür araştırmalarında teknik özelliklerin arasındaki ilişkilerin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, transesterifikasyon yöntemi, kanola yağı, böbrek iç yağı

2017, X + 100 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

BIODIESEL PRODUCTION FROM KIDNEY TALLOW of LARGE RUMINANTS AND OIL OF RAPESEED, AND DETERMINATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT OIL EXTRACTION METHODS ON BIODIESEL QUALITY FOR RAPESEED

Ashhan YILMAZ

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ

Although the population is increasing day by day, the ever-decreasing fossil fuels make the use of alternative energy much more important for our world. Factors such as the growing transport sector and environmental pollution have made biofuel usage important today. It is known that biodiesel from the most important biofuels can be obtained from fatty seeds as well as from fatty organic wastes.

In the study, biodiesel was obtained from rapeseed and large ruminant kidney oil. Large ruminant oil is a completely environmental waste, and there is no literature on the use of these oils as biodiesel.

In this study, various technical properties of biodiesel obtained from both kidney oil and rapeseed oil were examined. Depending on the density, pH, viscosity, copper rod corrosion, flash point and thermal index results, it was determined that biodiesel obtained from both kidney and rapeseed oil was in compliance with the standards. The maximum yield of biodiesel obtained from rapeseed was 100%, while the maximum yield of biodiesel obtained from large ruminant kidney oil was calculated as 95.83%. It has been determined that the cloudy, flow and freezing point values of biodiesel obtained from large ruminant kidney oil are not in accordance with biodiesel standards. The use of biodiesel produced from kidney oils in hot regions and warm seasons in our country is another solution for making this fuel available.

Within the scope of this study, the linear and nonlinear relationships of the specifications with each other are also studied extensively. Among the technical features examined, it was found that there were many positive and negative aspects, linear or non-linear, at many significant levels. In the scientific literature, another study examining the relations between technical properties was not found.

Key words: Biodiesel, transesterification method, rapeseed oil, kidney oil

2017, X + 100 pages.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca her konuda yanımda yer alan başta Sayın Danışman Hocam Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ'a, tez baőlangıcından sonuna kadar her türlü deőteđini benden esirgemeyen Dr. İlknur ALİBAŞ'a, biyodizel analizlerinin yapılmasında bana kılavuzluk eden ve her türlü altyapı olanaklarını kullanmamı sağlayan Sayın Prof. Dr. Hidayet OĞUZ ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Tarım Makinaları ve Sistemleri Mühendisliği Bölümü tüm öğretim üyesi ve öğretim elemanlarına, kanola tohumlarını yapılan çalışma için ücretsiz temin ettiğimiz Dekalp firmasına, böbrek iç yağlarını bize ücretsiz veren Örnek Et Kasabına, her konuda maddi ve manevi deőteđini benden esirgemeyen aileme ve Üniversitemiz Bilimsel Araőtırma Projeleri Birimi'ne HDP(Z)-2016/32 nolu "Kanola Tohumu ve Böbrek İç Yağlarından Biyodizel Elde Edilmesi" baőlıklı Hızlı Destek projesi için teőekkürlerimi sunarım.

Aslıhan YILMAZ

23/08/2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
SİMGE ve KISALTMALAR.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	8
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	24
3.1. Materyal.....	24
3.1.1. Biyodizel üretiminde kullanılan materyaller.....	24
3.1.2. Kullanılan ölçü aletleri, cihazlar ve kimyasal malzemeler.....	25
3.2. Yöntem.....	33
3.2.1. Böbrek iç yağlarının transesterifikasyon işlemine hazırlanması yöntemi...	33
3.2.2. Kanola tohumlarından yağ ekstraksiyon yöntemi.....	34
3.2.3. Transesterifikasyon yöntemi.....	35
3.2.4. Elde edilen biyodizellerin testleri.....	39
3.2.5. Uygulanan deneme deseni ve veri analizi.....	42
4.BULGULAR ve TARTIŞMA.....	43
4.1. Kanola Yağından (KY) Elde Edilen Biyodizelin Bazı Teknik Özellikleri...	43
4.2. Büyük Baş Hayvan Böbrek İç Yağından Elde Edilen Biyodizelin Bazı Teknik Özellikleri.....	59
4.3. Kanola ve Büyük Baş Hayvan Böbrek İç yağlarından Elde Edilen Biyodizellerin Bazı Teknik Özellikleri.....	81
5. SONUÇ.....	94
KAYNAKLAR.....	96
ÖZGEÇMİŞ.....	99

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

*	İstatiksel Olarak %5 Düzeyinde Anlamlı İlişki
**	İstatiksel Olarak %1 Düzeyinde Anlamlı İlişki
±	Standart Hata
γ	Özgül Ağırlık
V_k	Viskozite
μ	Verim
R^2	Kararlılık Katsayısı

Kısaltmalar

Açıklama

K1	200 ml metanol 1,85 g NaOH kullanılan denemeler
K2	150 ml metanol 1,85 g NaOH kullanılan denemeler
K3	200 ml metanol 1,5 g NaOH kullanılan denemeler
K4	150 ml metanol 1,5 g NaOH kullanılan denemeler
B1	200 ml metanol 1,85 g KOH kullanılan denemeler
B2	150 ml metanol 1,85 g KOH kullanılan denemeler
B3	200 ml metanol 1,5 g KOH kullanılan denemeler
B4	150 ml metanol 1,5 g KOH kullanılan denemeler
pH	Asitlik- Bazlık Oranı
SM	Su Muhtevası
ID	Isıl Değer
BN	Bulutlanma Noktası
AN	Akma Noktası
DN	Donma Noktası
Brix	Materyal İçeriğindeki Katı Madde Miktarı
nD	Materyalin Kırılma İndisi
nD20	Materyalin Kırılma İndisinin 20°C'de Sodyum Sarı Işığındaki Değeri
KY	Kanola Yağı
BBH	Büyük Baş Hayvan
NaOH	Sodyum Hidroksit
KOH	Potasyum Hidroksit
CO	Karbon Monoksit
HC	Hidrokarbon

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.a.	Katalizör olarak %9,5 oranında NaOH kullanılan denemenin, ekstraksiyon ve biyodizel veriminin karıştırma işlemi süresi ve ultrasonikasyon işlemiyle olan ilişkileri.....	21
Şekil 2.1.b.	Katalizör olarak %7,5 oranında NaOH kullanılan denemenin, ekstraksiyon ve biyodizel veriminin karıştırma işlemi süresi ve ultrasonikasyon işlemiyle olan ilişkileri.....	21
Şekil 3.1.	Kanola Tohumu.....	24
Şekil 3.2.	Büyük Baş Hayvan Böbrek İç Yağı.....	25
Şekil 3.3.	Isıtcılı Manyetik Karıştırıcı.....	25
Şekil 3.4.	Hassas Teraziler.....	25
Şekil 3.5.	Kinematik Viskozite Ölçüm Cihazı.....	26
Şekil 3.6.	ph metre.....	26
Şekil 3.7.	Ayırma Hunisi.....	27
Şekil 3.8.	Havan.....	27
Şekil 3.9.	Santrifüj Cihazı.....	27
Şekil 3.10.	Daldırmalı Tip Dijital Termometre.....	27
Şekil 3.11.	Metanol.....	28
Şekil 3.12.	Potasyum Hidroksit (KOH).....	28
Şekil 3.13.	Sodyum Hidroksit (NaOH).....	28
Şekil 3.14.	Derin Dondurucu.....	28
Şekil 3.15.	Mekanik Vidalı Pres.....	28
Şekil 3.16.	Dijital Refraktometre.....	29
Şekil 3.17.	Rotary Evaporatör.....	29
Şekil 3.18.	Yoğunluk Ölçüm Cihazı.....	30
Şekil 3.19.	Parlama Noktası Tayini Cihazı.....	30
Şekil 3.20.	Su İçeriği Tayini Cihazı.....	30
Şekil 3.21.	Bakır Şerit Korozyonu Test Cihazı.....	31
Şekil 3.22.	Kalorimetre Cihazı.....	31
Şekil 3.23.	Bulutlanma, Akma ve Donma Noktası Test Cihazı.....	32
Şekil 3.24.	Beherler.....	32
Şekil 3.25.	Yağ Süzgeci.....	32
Şekil 3.26.a.	Böbrek iç yağının sıvılaştırılıp yabancı maddelerden arındırılıp işlemine uygun haldeki sıvı formu.....	33
Şekil 3.26.b.	Böbrek iç yağının arındırılma işleminden sonra laboratuvar sıcaklığındaki katı formu.....	33
Şekil 3.26.c.	Böbrek iç yağının arındırma işleminden sonra böbrek iç yağlarından ayrılan katı partiküller.....	33
Şekil 3.27.a.	Kanola yağı KOH katalizörü.....	35
Şekil 3.27.b.	Kanola yağı NaOH katalizörü.....	35

Şekil 3.28.	Böbrek İç Yağlarının Metanol ve Potasyum Hidroksit; Kanola Yağlarının ise Metanol ve Sodyum Hidroksit Denemeleri.....	36
Şekil 3.29.	Biyodizel, gliserin ve doymuş yağ fazı.....	37
Şekil 3.30.	Biyodizellerin yıkanması işlemi.....	38
Şekil 4.1.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi.....	52
Şekil 4.2.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi.....	52
Şekil 4.3.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Isıl Değer (ID) ve Viskozite (V_k) ile ilişkisi.....	53
Şekil 4.4.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Akma Noktası (AN), Donma Noktası (DN) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi.....	53
Şekil 4.5.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Brix ve nD ile ilişkisi.....	54
Şekil 4.6.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Verim (μ) ile ilişkisi.....	54
Şekil 4.7.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Verim (μ) değerinin Kinematik Viskozite (V_k) ile ilişkisi.....	55
Şekil 4.8.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Akma Noktası (AN), Donma Noktası (DN) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi.....	55
Şekil 4.9.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Brix ve nD ile ilişkisi.....	56
Şekil 4.10.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktası (BN) değerinin Akma Noktası (AN) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi.....	56
Şekil 4.11.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktası (AN) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi.....	57
Şekil 4.12.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktası (AN) değerinin Verim (μ) ile ilişkisi.....	57
Şekil 4.13.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Donma Noktası (DN) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi.....	58
Şekil 4.14.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Brix değerinin Verim (μ) ve nD ile ilişkisi.....	58
Şekil 4.15.	Kanola yağından elde edilen biyodizellerin nD değerinin Verim (μ) ilişkisi.....	59
Şekil 4.16.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi.....	68
Şekil 4.17.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) Verim (μ) ile ilişkisi.....	69
Şekil 4.18.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin pH ile ilişkisi.....	69

Şekil 4.19.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Kinematik viskozite (V_k) ile ilişkisi.....	70
Şekil 4.20.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Su Muhtevası (SM) ve Akma Noktası (AN) ile ilişkisi.....	70
Şekil 4.21.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Su Muhtevası (SM) ve Kinematik Viskozite (V_k) ile ilişkisi.....	71
Şekil 4.22.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin Su Muhtevası (SM) ve Verim (μ) ile ilişkisi.....	72
Şekil 4.23.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin Bulutlanma Noktası (BN) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi.....	72
Şekil 4.24.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin nD ile ilişkisi.....	73
Şekil 4.25.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Verim (μ) ve Akma Noktası (AN) ile ilişkisi.....	73
Şekil 4.26.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi.....	74
Şekil 4.27.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Isıl Değer (ID) ile ilişkisi.....	74
Şekil 4.28.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Donma Noktası (DN) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi.....	75
Şekil 4.29.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Akma Noktası (AN) ve Verim (μ) ile ilişkisi.....	76
Şekil 4.30.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Brix ve nD ile ilişkisi.....	76
Şekil 4.31.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktasının (AN) Verim (μ) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi.....	77
Şekil 4.32.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktasının (AN) Brix ve nD ile ilişkisi.....	77
Şekil 4.33.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktasının (BN) Verim (μ) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi.....	78
Şekil 4.34.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktasının (BN) Brix ve nD ile ilişkisi.....	78
Şekil 4.35.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Donma Noktasının (DN) Verim (μ) ile ilişkisi.....	79

	Sayfa
Şekil 4.36.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Donma Noktasının (DN) Brix ve nD ile ilişkisi..... 79
Şekil 4.37.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Brix değerinin Verim (μ) ve nD ile ilişkisi..... 80
Şekil 4.38.	BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin nD değerinin Verim (μ) ile ilişkisi..... 80
Şekil 4.39.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi..... 86
Şekil 4.40.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Akma Noktası (AN) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi..... 86
Şekil 4.41.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Donma Noktası (DN) ve Kinematik Viskozite (V_k) ile ilişkisi..... 87
Şekil 4.42.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik (V_k) değerinin Donma Noktası (DN) ve Su Muhtevası (SM) ile ilişkisi..... 88
Şekil 4.43.	Kanola ve BBH böbrek yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin Bulutlanma Noktası (BN) ve Akma Noktası (AN) ile ilişkisi..... 88
Şekil 4.44.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik (V_k) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi..... 89
Şekil 4.45.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Bulutlanma Noktası (BN), Akma Noktası (AN) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi..... 89
Şekil 4.46.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi..... 90
Şekil 4.47.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktası (BN) değerinin Akma Noktası (AN) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi..... 90
Şekil 4.48.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktası (BN) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi..... 91
Şekil 4.49.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktası (BN) değerinin Verim (μ) ile ilişkisi..... 91
Şekil 4.50.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktası (AN) değerinin Brix ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi..... 92
Şekil 4.51.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktası (AN) değerinin nD ile ilişkisi..... 92
Şekil 4.52.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Donma Noktası (DN) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi..... 93
Şekil 4.53.	Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Brix değerinin nD ile ilişkisi..... 93

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Çeşitli sıcaklık dereceleri, katalizör ve metanol oranlarında gerçekleştirilen deneme deseni.....	15
Çizelge 2.2. Üretilen biyodizel ve dizel yakıtının yakıt özellikleri.....	16
Çizelge 3.1. Kanola ve BBH böbrek iç yağlarından biyodizel üretim deneme deseni.....	42
Çizelge 4.1. Farklı yöntemlerle ekstrakte edilmiş kanola tohumunda elde edilen yağ verimi değerleri.....	43
Çizelge 4.2. Kanola yağından elde edilen biyodizelin bazı teknik özellikleri..	46
Çizelge 4.3. Kanola yağından elde edilen biyodizele ilişkin bazı teknik özellikler arasındaki negatif ve pozitif yönlü ilişkiler matrisi.....	49
Çizelge 4.4. BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizelin bazı teknik özellikleri.....	61
Çizelge 4.5. BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizele ilişkin bazı teknik özellikler arasındaki negatif ve pozitif yönlü ilişkiler matrisi.....	67
Çizelge 4.6. KY ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizelin bazı teknik özellikleri.....	83
Çizelge 4.7. KY ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizele ilişkin bazı teknik özellikler arasındaki negatif ve pozitif yönlü ilişkiler matrisi.....	84

1. GİRİŞ

Enerji, insanlığın ihtiyaçlarını karşılamada gereksinim duyduğu en önemli olgudur ve ekonomik kalkınmanın temel lokomotiflerindedir. Son yıllarda neredeyse bütün toplumların enerji sorunu ile karşı karşıya kalması göz önüne alındığında, enerji konusu uluslararası alanda öneme sahip bir konu haline gelmiştir. Dünyada enerji gereksiniminin %80'i kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil kaynaklı yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil yakıtların dünyada bilinen rezerv dağılımları, petrol eşdeğeri olarak, %68 kömür, %18 petrol ve %14 doğalgaz olarak bilinmektedir. Yapılan araştırmalar günümüzden: petrolün 41, doğalgazın 62, kömürün ise 218 yıl sonra tükeneceğini göstermektedir. Yapılan çalışmalara göre, enerji kaynaklarının kullanımında değişiklik yapılmazsa, küresel çapta enerji açığı ve kirliliğin 2030 yılına kadar %50 oranında artacağı görülmektedir (Özsezen ve Çanakçı 2009, Behçet ve ark. 2012, Knothe ve Razon 2017).

Bununla birlikte, sınırlı kaynakların bulunduğu dünyamızda gün geçtikçe artan fosil yakıt kullanımı ve çevresel kirlilik dünyayı alternatif enerji kullanımına yöneltmektedir (Özsezen ve Çanakçı 2009, Gürü ve ark. 2009, Chen ve ark. 2014, Correia ve ark. 2015). Fosil yakıtların ulaşılabilirliği ve petrol yataklarının politik açıdan sahip olduğu önemin artacağı gerçeği göz önüne alındığında günümüzde fosil yakıt kullanımına en uygun alternatif biyodizel üretimidir (Taymaz ve Coban 2013, Knothe ve Razon 2017, Abdülvahitoğlu ve Tüccar 2017). Biyodizel üretimi, tarım ülkesi olarak adlandırılan ülkemizde kırsal kesimin ekonomik yapısının güçlenmesi ve iş imkânlarının yanı sıra yan sanayinin de gelişmesine katkıda bulunacaktır. Biyodizelin stratejik konumu da göz ardı edilemez bir durumdur. Bunun yanında biyodizelin bitkisel yağlardan üretildiğinde dizel yakıtına nazaran daha pahalı olduğu gerçektir. Biyodizelin atık yağlardan üretilmesiyle birlikte maliyet ciddi oranlarda düşürülmektedir (Altun ve Öner 2008, Akgün ve ark. 2009, Dias ve ark. 2012, Sekmen ve Şen 2016).

T24 Bağımsız İnternet Gazetesi verilerine göre Türkiye’de her yıl yaklaşık 350.000 ton atık yağ oluşmaktadır. Arıtılmayan atık suların içindeki bitkisel ve hayvansal atık yağlar, denizlere, göllere ve akarsulara ulaştığında suyun kirlenmesi ve sudaki oksijenin azalması sonucu; başta balıklar olmak üzere ortamdaki diğer canlılar üzerinde büyük tahribata yol açmaktadır. Ayrıca atık yağlar özgül ağırlıkları nedeniyle su yüzeyini bir film tabakası gibi kaplamakta ve oksijen transferini önleyerek su altı canlı varlığını yok etmektedir. Atık yağlar, denizlerde denizanası oluşumunu da hızlandırmaktadır. Kullanılmış yağlar lavaboya döküldüğü zaman dren sistemine sıvanmakta, kanalizasyon borusu iç cidarında diğer atıkların yapışmasına ve zamanla borunun daralmasına neden olmaktadır. Bu şekilde tıkanıklıklara ve taşmalara neden olarak kanalizasyon sistemine ve arıtılması gereken atık yükünü arttırarak atık su arıtma tesislerine zarar vermekte ve bakım ve işletme maliyetini arttırmaktadır. ABD’de yapılan bir araştırmaya göre lavaboya dökülen atık yağlar, kanalizasyon sistemlerinin %40 oranında tıkanmasına neden olmaktadır (<http://t24.com.tr/haber/1-litre-atik-yag-1-milyon-litre-icme-suyunu-kirletiyor,266674>, 2017).

Zahide Ağaoğlu Güngör’ün Atık Yağların Çevreye Zararları adlı yazısında atık yağların küçük fırınlarda yakılması halinde içindeki ağır metal ve klor bileşimleri atık hava ile birlikte atmosfere salınarak havayı kirlettiği ve insan sağlığına zarar verdiği saptanmıştır. Atık yağların toprağa karışması durumunda ise toprak yapısını bozduğu, topraktaki verimli tabakayı içeriğindeki asitten dolayı yok ettiği ve toprağı verimsizleştirdiği bilinmektedir. Havaya, toprağa ve suya bu kadar zararı bulunan atık yağların en verimli şekilde değerlendirildiği yöntemin atık yağlardan biyodizel elde edilmesi yöntemi olduğu belirtilmiştir (<https://www.xing.com/communities/posts/atik-yaglarin-cevreye-zararlari-1003489172>, 2016).

Biyodizel, kanola gibi yağlı tohumlu bitkiler ve organik atıklardan transesterifikasyon yöntemiyle alkol ve katalizör kullanarak elde edilen çevreye zarar vermeyen bir yakıt türüdür. Fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından petrol kökenli dizel yakıtıyla benzerlik göstermektedir (Kiani 2014, Nowicki ve ark. 2016). Biyodizel, dizel motorlarında saf olarak kullanıldığı gibi petrol kökenli dizel yakıtlarıyla da belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Çevreye zarar vermemesinin yanı sıra toprakta

indirgenmesinin kolaylığı, doldurulduğu esnada depodan zararlı gaz salınımının olmaması, motor aşınmasını engellemesi, yanması esnasında açığa çıkan CO, HC ve partiküllerin dizel yakıtı göre azlığı gibi birçok avantaja sahiptir (Cunha ve ark 2009, Iglesias ve Morales 2012). İçerdiği serbest yağ asidi, su ve fosfolipid oranları biyodizel kalitesi için çok önemli üç parametredir. Yüksek oranda serbest yağ asidi ve su, biyodizel verim ve kalitesini olumsuz yönde etkileyerek elde edilen ürünün sabunlaşmasına neden olur. Biyodizel yapısında bulunan fosfolipidin fazlalığı ise dizel motorlarda tıkanmaya sebep olmaktadır. Arıtma işlemlerinde yağları biyodizele dönüştürürken bu üç parametrenin oranlarına dikkat edilmektedir (Cunha ve ark. 2013).

Yapılan çalışmada biyodizel üretimi için Dekalp firmasından temin edilen kanola bitkisi (*Brassica napus* L. var. "Excalibur" spp.) tohumları ve kasaptan alınan tamamen atık niteliğinde olan ve herhangi bir mamul elde edilmesinde kullanılmayan büyük baş hayvanların böbrek iç yağları kullanılmıştır.

Kanola (*Brassica napus ssp. oleifera* L.), kolzanın ıslahı sonucu elde edilmiş, canlılara zararlı olarak erüsik asit ve glukosinat içermeyen (ya da eser miktarda içeren) bir bitki türüdür. Yağı bitkisinin aksine zararlı olmadığından insanlar ve çiftlik hayvanları için gıda maddesi olarak kullanılmaktadır. Ticari olarak %40-50 yağ ve %20-25 protein ile önemli bir yağ bitkisidir (Başalma 2004, Tan 2009, Jang ve ark. 2012). Bitkisel yağ kaynağı olarak yağlı tohumlu bitkiler olan ayçiçeği, soya, pamuk ve yer fıstığı arasında üretim açısından üçüncü sırada yer almaktadır. Dünyada yıllık üretimi 36 milyon ton civarındadır. Kanola üretimi için Çin 4,5, Hindistan 4,4, Kanada 2,8, Polonya 0,5, Fransa 0,47, Pakistan 0,4, Almanya ve İngiltere 0,3 milyon hektar alana sahiptir. Kanola, Türkiye'ye Balkanlardan gelen göçmenler tarafından kolza adı ile 1960'lı yıllarda getirilmiş ve ilk olarak Trakya'da ekim alanı bulmuştur. Günümüzde ise Türkiye'nin hemen hemen her yerinde ekimi yapılabilen kanolanın bitkisel yağ açığını kapatmak için tarımının yaygınlaştırılma çalışmaları sürmektedir. Ülkemizde 2016 yılına ait TÜİK istatistiklerine göre 354 530 dekar alanda, 353 kg da⁻¹ verimle, 125 000 ton kanola üretimi yapılmaktadır (Anonim 2017). Üretilen kanola tohumlarının çeşit özelliğine göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak %40 oranında yağ içerdiği bilinmektedir (Başalma 2004). Kabataslak bir hesaplama ile ülkemizde üretilen kanola

tohumlarından yılda 50 000 ton civarında yağ elde edilmektedir. Pek çok çalışmaya göre kanola yağından kayıp olmaksızın yanı %100 verimle biyodizel elde edilebilmektedir (Issariyakul ve ark. 2008, Correia ve ark. 2015, Koutsouki ve ark. 2016). Buna göre, ülkemizdeki potansiyeli 50 bin ton civarında olan kanola yağından 50 bin ton kadar biyodizel üretilebilmektedir. Bu miktarın nadasa bırakılan ya da ekim yapılmayan tarım topraklarına kanola ekilerek değerlendirilmesi ile daha da artacağı öngörülmektedir. Başta Almanya olmak üzere Avrupa Birliği ülkelerinde kanola ekimi yaygın olup, yağından biyodizel üretilip dizel araçlarda kullanılmaktadır (Knothe ve Razon 2017).

Büyükbaş hayvanlardan elde edilen kırmızı et içeriğinde bulunan besin değerlerinin (B12 vitamini, demir, çinko, potasyum, protein) zenginliğinden dolayı insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Büyükbaş hayvanın kas ve yağ dokusundan oluşan et kısmının dışında kalan kısımları birçok sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Kuyruk yağı başta olmak üzere hayvan iç yağları sucuk, salam, sosis gibi şarküteri ürünlerinin içinde kullanılabilir. Ancak organ yağları özellikle de böbrek iç yağları, kullanılacağı mamulün tadını ve kokusunu bozduğundan dolayı herhangi bir mamul yapımında kullanılmamakta ve direk olarak çöpe atılmaktadır. Atılan bu yağlar ekotoksik özelliklerinden dolayı çevreyi kirletmekte ve bulunduğu ortamda yaşayan canlılara zarar vermektedir. Atılan böbrek iç yağları ülkelerin önemli kaynaklarından olan yeraltı sularını kirletmekte, sualtında yaşayan canlı varlıkların ekosistemine zarar vermekte, kanalizasyon sistemlerinde ve atık su arıtma tesislerinde tıkanıklıklara ve kirlilik yükünün artmasına neden olarak işletim ve bakım maliyetini arttırmakta, toprağa döküldüğünde kirlenmelere ve toprağın verimli tabakasının azalmasına neden olmaktadır. Tamamen atık niteliğindeki böbrek iç yağlarının çevreye olan zararları göz önüne alındığında bu materyalin biyodizel olarak değerlendirilmesi çevreye olan zararını minimuma indirmektedir. Ülkemizde 2014 yılı FAO istatistiklerine göre 14,2 milyon büyük baş besi hayvanı olduğu bilinmektedir (Anonim 2017). Çeşitli kasaplardan yapılan ön araştırmalara göre, besi hayvanlarında böbrek üstünde oluşan yağlanmanın 3000 ile 6000 g (ortalama 4500 g) arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Buradan yola çıkılarak ülkemizde yaklaşık 64 000 ton böbrek iç yağı potansiyeli olduğu söylenebilir. Yüksek teknoloji çalışmalarda

hayvansal yağlardan %95'in üstünde verim alınabildiği bilinmektedir (Altun ve Öner 2008, Encinar ve ark. 2011). Buna göre ülkemizdeki böbrek iç yağından elde edilebilecek biyodizel potansiyelinin 60 000 ton civarında olduğu öngörülebilmektedir. Yapılan literatür incelemelerinde böbrek iç yağlarının biyodizel şeklinde değerlendirilmesine ilişkin bir çalışma ya da projeye rastlanmamıştır.

Transesterifikasyon yöntemi alkoliz olarak da adlandırılan ve trigliseridlerin viskozitesini azaltmak amacıyla uygulanan en yaygın biyodizel elde etme yöntemidir (Issariyakul ve ark 2008, Gürü ve ark. 2009, Mutreja ve ark. 2011). Transesterifikasyon reaksiyonunda yağ, monohidrik bir alkolle (etanol, metanol), katalizör (asidik, bazik katalizörler veya enzimler) varlığında ana ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek esterleşecektir (Keskin ve ark. 2007, Dias ve ark 2012). Katalizör olarak genellikle sodyum hidroksit (kostik) ve potasyum hidroksit (potas) kullanılmaktadır. Bu katalizörler standart bir karıştırıcı yardımı ile alkolle karıştırılarak homojen hale getirilirler. Alkol - katalizör karışımı daha sonra kapalı reaksiyon kaplarına aktararak üzerine reaksiyona gireceği yağa eklenirler (Mazanov ve ark. 2016). Reaksiyon karışımı, reaksiyon süresinin hızlı olması için alkolün kaynama noktasının hemen üzerinde bir sıcaklıkta tutulmalıdır. Tavsiye edilen reaksiyon zamanı 1 ile 8 saat arasındadır ve bazı sistemler için reaksiyonun oda sıcaklığında gerçekleştirilmesi önerilmektedir (Encinar ve ark. 2011). Yağlarda transesterifikasyon prosesinin yapılmasının faydaları; viskozitenin azalması, gliseridlerin tamamen uzaklaştırılması, kaynama noktasının azalması, parlama noktasının azalması, akışkanlık derecesinin artması, alkol ve katalizörün karışımı şeklinde açıklanmaktadır (Tütüncü 2013).

Transesterifikasyon; alkol ve katalizörün karıştırılması, reaksiyon, ayırma ve son olarak metil ester yıkama işlemi olmak üzere dört işlem basamağından oluşmaktadır (Roosta ve Sabzpooshan 2016).

İlk işlem basamağı olan alkol ve katalizörün karıştırılması işleminde kullanılan alkol metanol olarak seçilirken katalizör olarak büyük baş hayvanlar için potasyum hidroksit, kanola yağları için sodyum hidroksit kullanılmıştır. Katalizör bir karıştırıcı yardımı ile metil alkol içerisinde çözündürülmüştür (Kiani 2014).

Reaksiyon işleminde ise biyodizel üretiminde kullanılacak olan böbrek iç yağından ve kanola yağlarından elde edilmiş olan bitkisel ve hayvansal yağlar, alkol kullanılarak metil alkolün tutuşma ve patlama riskinden dolayı sıcaklığı 65°C'yi geçmeyecek şekilde ısıtıcılı manyetik karıştırıcı aracılığıyla kontrollü bir ortamda ısıtılmıştır (Gülüm ve ark. 2015). Belirli sıcaklığa getirilen yağın içerisine daha önce hazırlanan alkol katalizör karışımı katılmıştır. Bu işlemlerden sonra ısıtıcılı manyetik karıştırıcı aracılığıyla sıcaklık sabit tutulmuş ve reaksiyon süresi 3 saat olacak şekilde kontrollü olarak karıştırma işlemi yapılmıştır. Karışımın sıcaklığının kontrol edilmesi için daldırılmalı tip dijital termometreler kullanılmıştır. Ortamdaki alkolün uçuculuğunu önlemek için reaksiyon işlem basamağı kapalı bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen biyodizeller 24 saatlik sürelerde dinlenmeye alınmıştır (İlgen 2016).

Ayırma işleminde dinlenme süreleri tamamlanan biyodizel denemelerinde ortaya iki ana ürün olarak gliserin ve biyodizel ortaya çıkmıştır (Koutsouki ve ark. 2016). Gliserin fazının yoğunluğu biyodizel fazınkinden çok daha fazla olduğundan ayırma hunilerinde iki faz rahatlıkla birbirinden ayrılmıştır. Ayrılmanın mümkün olmadığı durumlarda iki fazı birbirinden ayırmak için santrifüj cihazı kullanılmıştır (Cunha ve ark. 2013).

Son işlem basamağı olan metil ester yıkama işleminde gliserinden ayrılan biyodizel içerisindeki katalizör atıklarından ve sabundan kurtulmak için ılık su ile yavaş bir şekilde birkaç defa yıkanmıştır. Yıkanan biyodizel içinde kalan su zerreciklerini uzaklaştırmak için 3 saat boyunca 110°C'ye kadar ısıtıcılı manyetik karıştırıcı yardımıyla ısıtılarak içerisindeki suyun buharlaşması sağlanmıştır. Bu işlemden sonra viskozitesi petrodizele yakın açık ve parlak sarı renkte biyodizel elde edilmiştir (Alptekin ve Çanakçı 2010).

Bu tezin amacı; i) Excalibur çeşidi kanola tohumlarından ve büyük baş hayvan böbrek iç yağlarından çeşitli metanol ve kostik oranlarında biyodizel üretimi gerçekleştirmek; ii) kanola tohumlarından kimyasal, soğuk ve sıcak presleme olmak üzere üç farklı yöntemle yağ ekstraksiyonu yapmak; iii) elde edilen biyodizellerin yoğunluk, kinematik viskozite, ısıl değer, akma noktası, donma noktası, bulutlanma noktası, parlama noktası,

bakır çubuk korozyonu, pH, su tayini, verim, kırılma indisi ve katı madde içeriği gibi teknik özelliklerini belirlemek; iv) farklı metanol ve kostik oranları kullanılarak elde edilmiş büyük baş hayvan böbrek iç yağı ve kanola biyodizellerini hem kendi aralarında hem de birlikte kıyaslamak; v) her iki hammadde için de standartlara en uygun biyodizelin hangi kostik ve alkol seviyesinde elde edildiğini saptamak ve vi) ölçülen teknik özellikler arasındaki ilişkileri detaylı bir şekilde ortaya koymaktır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Başalma (2004) “Kışlık Kolza (*Brassica napus ssp. oleifera* L.) Çeşitlerinin Ankara Koşullarında Verim ve Verim Ögeleri Yönünden Karşılaştırılması” adlı çalışmada 25 çeşit tohum üzerinde yağ oranı ve verimliliği denemeleri yapılmıştır. En yüksek tohum verimi, 2000 yılında 265,00 kg da⁻¹ ile Contact çeşidinde, 2001 yılında ise 301,33 kg da⁻¹ ile Licord çeşidinde belirlenirken, her iki yılın ortalamasına göre en yüksek tohum verimi 263,83 kg da⁻¹ ile yine Licord çeşidinden elde edilmiştir. Benzer olarak en yüksek yağ verimi, 2000 yılında 114,10 kg da⁻¹ ile Contact çeşidinde, 2001 yılında ise 136,67 kg da⁻¹ ile Licord çeşidinde belirlenirken, her iki yılın ortalamasına göre en yüksek yağ verimi 114,98 kg da⁻¹ ile yine Licord çeşidinde saptanmıştır.

Keskin ve ark. (2007) “Tall Yağı Biyodizelinin Dizel Yakıtı ile %90 Oranındaki Karışımının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak İncelenmesi” adlı çalışmada kağıt fabrikalarında üretim esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan tall yağından biyodizel üretimi ve bunun motor performans ve emisyonuna etkisi araştırılmıştır. Büyük oranda rafine ve yağ asitlerinden oluşan ham tall yağı, distilasyon yöntemi ile rafine ve yağ asitlerine ayrılmıştır. Tall yağı yağ asitlerinden metil ester (Biyodizel) üretilip, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Üretilen tall yağı biyodizelinin dizel yakıtı ile %90 oranındaki karışımı tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda tam yük şartlarında 1800-3200 devir/dakika aralığında performans ve emisyon testine tabii tutulmuştur. Dizel yakıtı değerlerine göre, karışım yakıtın tork ve güç değerlerinde sırasıyla %2,99 ve %2,94’ e varan oranlar da azalmalar görülmüştür. Karışım yakıt ile motorun özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama %7,63 oranında artış göstermiştir. Karışım yakıtın kullanımı ile CO emisyonu değerlerinde %35,44’ e kadar, duman emisyonlarında ise %13,27’ ye kadar varan azalmalar tespit edilmiştir. Ayrıca, NO emisyonlarında %13,29 oranına varan artışlar görülmüştür.

Altun ve Öner (2008) “Hayvansal İç Yağlardan Transesterifikasyon Reaksiyonu ile Biyodizel Üretilmesi” adlı çalışmada 400 gram iç yağı (0,46512 mol) 60°C’de eritilmiştir. Eritilen yağ, 2 g NaOH (yağın ağırlıkça % 1’i) ve 89,4 g metil alkol

(2,7907 mol, 6:1 alkol/yağ molar oranı) içerisinde çözününceye kadar manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Hazırlanan katalizör-alkol çözeltisine önceden hazırlanan 60°C'deki yağ eklendikten sonra 60°C'de 3 saat boyunca karıştırma işlemi sürmüştür. Reaksiyon kabına alkol buharlaşmasını önlemek için bir geri soğutucu bağlanmış ve bu soğutucu su musluğuna bağlanarak şebeke suyunun (su sıcaklığı 15°C) dolaşımı sağlanmıştır. Ester ve gliserin fazlarının ayrılması için karışım 12 saat oda sıcaklığında bekletilmiş ve ayrılan gliserin fazı ayırma hunisinden alınmıştır. Ester, iki katı miktarda 60°C'deki saf su ile reaksiyon kabında bir süre karıştırıldıktan sonra ayırma hunisine alınarak birbirlerinden ayrılmaları beklenmiştir. Bu işlemler iki defa tekrar edilmiştir. Son olarak alınan ester filtreden geçirilip oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Sonuçta açık sarı renkte, hoş kokulu (hayvansal iç yağı, özellikle eritildiğinde çok kötü bir kokuya sahip olmaktadır) ve düşük viskoziteli bir yakıt elde edilmiştir. Hayvansal iç yağının dizel yakıtına göre çok yüksek olan viskozitesi (oda sıcaklığında katı) metil ester şekline dönüştükten sonra önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında biyodizelin viskozitesi yaklaşık %28 daha yüksek çıkmıştır. Hayvansal iç yağı metil esterinin viskozitesi ASTM 6751 ve EN 14214 biyodizel standartlarında belirtilen viskozite sınır değerleri içerisinde çıkmıştır.

Issariyakul ve ark. (2008) "Kanola ve Atık Yemek Yağları Karıştırılarak Biyodizel Üretimi" adlı çalışmada kanola ve yemek yağları farklı oranlarda karıştırılarak çeşitli denemeler yapılmıştır. Yapılan denemelerde atık yemek yağları ile kanola yağı sırasıyla 80:20, 60:40, 40:60 ve 20:80 oranlarında karıştırılmıştır. Transesterifikasyon işlemleri için hem metanol hem de etanolla denemeler yapılmıştır. Etanolla yapılan denemelerin metanole göre daha az verimli olduğu gözlemlenmiştir. Metanol yağ molar oranının 6:1 olduğu, %1 oranında KOH katalizörünün kullanıldığı 50°C'de 2 saat süreyle 600 rpm hızında gerçekleştirilen tepkimeden maksimum verim elde edilmiştir. Bu verim %96,5 oranında biyodizel ve % 0,47 oranında gliserin olarak hesaplanmıştır.

Özsezen ve Çanakçı (2009) “Atık Palmiye ve Kanola Yağı Metil Esterlerinin Kullanıldığı Direkt Püskürtmeli Bir Dizel Motorda Performans ve Yanma” adlı çalışmada, atık palmiye metil esteri (APYME) ve kanola yağı metil esterinin (KYME) performans, yanma ve püskürtme karakteristikleri petrol kökenli dizel yakıtı (PKDY) referans alınarak incelenmiştir. Performans, yanma ve püskürtme karakteristiklerini belirlemek için, 6 silindirli, doğal emişli ve direkt püskürtmeli bir dizel motorda, 1000, 1500, 2000 d/d sabit motor hızlarında tam yük testleri gerçekleştirilmiştir. Test motorunda, APYME ve KYME kullanımı ile PKDY’ye göre motor gücünde ve ısıl verimde ortalama %2 oranında azalma meydana gelirken, özgül yakıt tüketiminde (ÖYT) ortalama %6 oranında artış olmuştur. Metil esterlerin ve PKDY’nin silindir gaz basıncı, ısı dağılımı ve yakıt hattı basınç grafikleri incelendiğinde, motorda meydana gelen mekanik yüklemeler açısından, yakıtların yanma grafiklerinin birbirlerine benzer olduğu görülmüştür. Bununla beraber, metil ester kullanımı ile PKDY’ye göre ön yanma safhasının daha erken başladığı, tutuşma gecikmesinin daha kısaldığı ve maksimum silindir gaz basıncı bölgesinin üst ölü noktaya (ÜÖN) biraz daha yaklaştığı belirlenmiştir. Ayrıca metil esterlerin kullanımı ile PKDY’ye göre yakıt sevk başlangıcının daha erken başladığı da tespit edilmiştir. Metil esterlerin kullanımı ile değişen püskürtme ve yanma karakterleri ve metil esterin yakıt özellikleri, hidrokarbon (HC), karbon monoksit (CO) ve duman koyuluğu emisyonlarında azalma meydana getirirken, NO emisyonlarında ise kısmen artışa neden olmuştur.

Tan (2009) “Bazı Kolza (Kanola) Çeşitlerinin Menemen Koşullarında Verim Potansiyelleri ” adlı çalışmada en yüksek yağ oranı 2007/2008 yetiştirme sezonunda % 46,47 ile Oase çeşidinden saptanırken, en düşük yağ oranı 2006/2007 yetiştirme sezonunda % 12,31 ile Es Nectas çeşidinde saptanmıştır. En yüksek yağ verimi 2007/2008 yetiştirme sezonunda 197,50 kg da⁻¹ ile Oase çeşidinden, en düşük değer ise yine aynı yetiştirme sezonunda 17,06 kg da⁻¹ ile Bristol çeşidinden elde edilmiştir.

Cunha ve ark. (2009) "Pilot Ölçekli Sığır İç Yağlarından Biyodizel Üretimi" adlı çalışmada 800 kg sığır iç yağın 65°C sıcaklıkta %1,5 oranında KOH katalizör ve 6:1 molar oranında metanol kullanarak tepkimeye sokmuşlardır. Tepkime süresi 180 dakika ve tepkime dönme hızı 400 rpm olarak ayarlanmıştır. Tepkime tamamlandıktan sonra karışım 240 dakika bekletilip gliserol ve metil esterin gözle görülür şekilde birbirinden ayrılması beklenmiştir. Bu işlemden sonra metil ester, 60°C sıcaklıkta 180 litre asitli suda yıkanmıştır. İşlem tamamlandıktan sonra metil ester alınıp 30 dakika boyunca 105°C sıcaklıkta tekrar yıkanmış ve içindeki su partiküllerinden ayrışması sağlanmıştır. Tüm bu işlemler sonrasında elde edilen biyodizel oranı ortalama %96 olarak hesaplanmıştır. Yoğunluğu, yanma noktası, kinematik viskozitesi, distilasyon aralığı, soğuk filtre tıkanma noktası vb. gibi ölçümler yapılmış ve bu ölçüm sonuçları dizel yakıtla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan sonuçlarda biyodizelin dizele uygun değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Gürü ve ark. (2009) "Hayvan Atık Yağlarından Biyodizel Elde Edilmesi ve Bu Biyodizelin Sentezlenmiş Nikel ve Magnezyum Eklenecek Karakterizasyonunun Geliştirilmesi" adlı çalışmada maksimum verimi %89'a kadar çıkarmışlardır. Verim oranını %89'a çıkardıkları parametrelerin 62°C sıcaklığında, %35 oranında metanolla, 2 saatlik reaksiyon süresinde olduğunu kaydetmişlerdir. Biyodizel elde etme işlemleri esnasında iki aşamalı katalizör kullanmışlardır. Bunlar %0,08 oranında H₂SO₄ ve %0,01 oranında NaOH çözeltileridir. Yapılan testler sonucunda akma noktasını dizele yaklaştırmak için organik bazlı NiO ve MgO bileşikleri kullanılmış ve metil ester içeriği geliştirilmiştir. Elde edilen biyodizel dizelle karıştırılmış ve dizel bir motorda test edilmiştir. Elde edilen yeni yakıtın maksimum verimdeki performansı 2000 min⁻¹ motor momentinde olduğu saptanmıştır.

Akgün ve ark. (2009) "Hayvansal Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Teknik Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma" adlı çalışmada öncelikle mevcut yağdan 1 g alınarak 10 ml izopropilalkol içerisinde çözülmesi gerçekleşip üzerine fenolfitalein ilave ederek %0,1'lik KOH titre edilmiştir. Yağın oleik asit değeri mevcudiyetine göre 100 g yağ için 0,45 g KOH katalizörü kullanımı uygun

görülmüştür. Mevcut hayvansal yağın ortalama molekül ağırlığı $257,7\text{g mol}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Buna göre deneyde kullanılmış olan yağın $0,38$ mol olduğu hesaplanmıştır. Yine deneyde alkol oranını hesaplamak için molarite cinsinden alkol yağ oranı $6:1$ olarak değerlendirilmiştir. Bu orana göre de $72,96$ g metil alkol kullanılarak deney işleminin reaksiyon hesapları tamamlanmıştır. Deney reaksiyonuna başlamadan önce hayvansal yağ 110°C 'ye ısıtılarak içerisindeki mevcut suyun buharlaştırılması sağlanmıştır. Bu sırada metil alkol ve KOH katalizörü ayrı bir cam fanusta $30-40^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta yarım saat karıştırılarak reaksiyon için hazırlanmıştır. Her iki hazırlığın tamamlanması sonucunda karışımlar birleştirilmiş ve yaklaşık 63°C 'de 3 saat boyunca reaksiyona tabii tutulmuştur. Bu işlemler sonucu elde edilen biyodizel 3 defa yıkanmıştır. Deney sonucunda, deneyde kullanılan malzemelerin ağırlık bakımından belirtilen toplam değerlerinin %60'ı kadar biyodizel üretildiği hesaplanmıştır.

Alptekin ve Çanakçı (2010) "Tavuk Yağlarından Metil Ester Üretimi İçin Ön İşlem Reaksiyonlarının Optimizasyonu" adlı çalışmada 3 farklı katalizör kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla; sülfirik asit, hidroklorik asit ve sülfirik asittir. Alkol olarak metanol kullanılmıştır ve tepkimeler 60°C sıcaklıkta minimum 1 saat sürmüştür. Yapılan çalışmada en yüksek verimin sülfirik asidin katalizör olarak kullanıldığı denemelerde olduğu gözlenmiştir. Sülfirik asit oranının %20 olduğu ve metanolün $40:1$ molar oranında kullanıldığı tepkimede maksimum verim % 87,4 olarak hesaplanmıştır.

Encinar ve ark. (2011) "Yüksek Yağ Asidine Sahip Hayvan Yağlarından Biyodizel Üretim Çalışması" adlı çalışmada biyodizel üretimi için iki farklı yöntem uygulanmıştır. Katalizör olarak asidik ve biyodizel üretiminde kullanılan temel katalizörlerden biri kullanılmıştır. Gerçekleştirilen transesterifikasyon işlemleri ön esterleşme yapılan ve yapılmayan gruplar olarak ikiye ayrılmıştır. Ön esterleşme 250 g hayvan yağının ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda reaksiyon sıcaklığında (65°C 'de) metanol ve potasyum hidroksitle muamele edilmesidir. Ön esterleşme yapılmayan yöntemde %9 oranında H_2SO_4 , $6:1$ oranında metanol kullanılırken tepkime sıcaklığı 60°C ve tepkime süresi 48 saat olarak belirlenmiştir. Yapılan

denemeler sonucu biyodizel üretim verimi %89 olarak hesaplanmıştır. Ön esterleşme yapılan transesterifikasyon işleminde ise %0,5 H₂SO₄ ve 6:1 oranında metanol kullanılırken tepkime sıcaklığı 65°C ve tepkime süresi 4 saat olarak belirlenmiştir. Yapılan denemeler sonucu ön esterleşme yapılan transesterifikasyon işleminden biyodizel üretim verimi % 97,3 olarak hesaplanmıştır.

Mutreja ve ark. (2011) “Koyun Yağından Biyodizel Üretiminde KOH’a MgO Emdirilerek Heterojen Bir Katalizör Gibi Kullanılması” adlı çalışmada koyun yağları metanolla 1:22 oranında muamele edilmiştir. Kullanılan katalizör oranı ise %4’tür. Genel olarak transesterifikasyon işlemlerinde katalizör olarak kullanılan KOH homojen bir katalizördür. KOH’un tepkime içindeki etkinliğini arttırmak amacıyla MgO emdirilerek heterojen bir katalizör elde edilmiş ve biyodizel denemeleri yapılmıştır. Eklenen MgO %4’lük toplam katalizörün %20’lik kısmını oluşturmaktadır. Yapılan denemelerde sıcaklık 65°C ve toplam tepkime süresi 20 dakikadır. Transesterifikasyon ve yıkama işlemleri akabinde sabundan ayrılan biyodizel oranının %98 olduğu saptanmıştır.

Behçet ve ark. (2012) “Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağlardan Üretilen Biyodizellerin Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması” adlı çalışmada dizel motor yakıtına alternatif olarak hamsi balık yağı ve atık kızartma yağından transesterifikasyon yöntemiyle balık yağı metil esteri (BYME) ve atık pişirme yağı metil esteri (APYME) üretilmiştir. Daha sonra metil esterler tek silindirli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli ve hava soğutmalı bir dizel motorda yakıt olarak kullanılarak yakıtların motor performans ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri standart dizel yakıtı ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yakıtların test sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmaları neticesinde elde edilen sonuçlar da dikkate alındığında, BYME ve APYME yakıtları egzoz emisyonları bakımından dizel yakıtına oranla daha iyi özellikler gösterdiği gözlenmiştir. BYME ve APYME’in egzoz emisyonları (HC ve CO) dizel yakıtına göre daha düşük çıkması, yakıtların iyi yanma özellikleri ve çevre üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı atık yağ kaynaklı biyodizel yakıtlar dizel yakıtına alternatif olarak kullanılabilir olduğu saptanmıştır.

Iglesias ve Morales (2012) “Atık Sıvı ve Katı Yağlardan Biyodizel Elde Edilmesi” adlı çalışmada biyodizel elde edilebilen yağları 3 farklı gruba ayırmışlardır. Bunlar hayvan yağları, sarı yağlar ve kahverengi yağlardır. Hayvan yağları biyodizel elde edilmesinde kullanımı yaygın olan yağlardır. Büyük baş hayvan yağları, tavuk yağları, domuz yağları ve balık yağları başta olmak üzere diğer tüm hayvansal yağlar lipit yönünden zengindir. Sarı yağlar hayvansal yağlarla bitkisel yağların karışımından oluşan yağlardır fakat bu yağların serbest yağ asidi oranının %15’in altında olduğu saptanmıştır. Kahverengi yağların ise sarı yağlardan farklı olduğu belirtilmiştir. Serbest yağ asidi oranı %20’nin üstünde olan kahverengi yağlar genellikle restoranların atık yağları ve evsel atık yağlardan oluşmaktadır. Kahverengi yağlarda bulunan asit konsantrasyonunun yoğunluğundan dolayı serbest yağ asidi oranı %40-100 arasında değişmektedir. Yapılan çalışmada Amerika’da hayvan yağlarından biyodizel üretimi ülke genelinde %23 iken Avrupa’da bu oran %6’dır. Yıllık biyodizel üretimi Amerika için 3,6 milyon ton ve Avrupa için 3,2 milyon tondur.

Dias ve ark. (2012) “Hayvan Yağlarından Biyodizel Üretiminde Heterojen Katalizörlerin Kullanımı” adlı çalışmada katalizör olarak oksit katalizörler olan kalsiyum demir oksit, baryum demir oksit, kalsiyum mangan oksit, baryum mangan oksit, kalsiyum zirkonyum oksit ve kalsiyum seryum oksit kullanılmıştır. Oksit katalizörler belirli oranlarda karıştırılarak boru şeklinde bir fırında 900°C’de 4 saat boyunca N₂ atmosferine tabi tutulmuşlardır. Çeşitli sıcaklık dereceleri, katalizör ve metanol oranlarında gerçekleştirilen denemelerin çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 2.1. Çeşitli sıcaklık dereceleri, katalizör ve metanol oranlarında gerçekleştirilen deneme deseni

Deneme	T (°C)	M	C (%)	Y ₁ (%)	Y ₂ (%)	Y ₃ (%)
1	50	18	3	76.3	87.6	81.9
2	40	9	1	6.1	59.2	82.2
3	60	27	5	90.6	89.3	74.2
4	50	18	1	37.9	87.3	79.1
5	60	9	5	73.2	74.9	57.1
6	60	18	3	92.4	95.8	73.4
7	40	27	5	43.1	81.1	77.6
8	60	9	1	84.6	87.0	74.6
9	50	18	3	81.9	92.5	82.0
10	60	27	1	92.0	92.3	75.2
11	40	27	1	2.8	43.7	61.7
12	40	18	3	35.7	80.5	78.5
13	50	27	3	79.5	88.4	74.3
14	50	18	5	89.2	89.9	63.7
15	50	9	3	56.8	84.5	76.2
16	40	9	5	65.6	85.5	73.6

Tabloda ifade edilen T; sıcaklığı, M; yağda bulunan metanolün molar oranını, C; katalizör oranını, Y₁; 4 saatlik reaksiyon sonucu metil ester verimini, Y₂; 8 saatlik reaksiyon sonucu metil ester verimini ve son olarak Y₃; ise üretilen biyodizel verimini göstermektedir. Tablo dikkatli incelendiğinde en yüksek biyodizel üretim veriminin %82,2 verim oranıyla %1 katalizör ve 1:9 metanol molar oranına sahip 40°C’de gerçekleştirilen tepkimede olduğu gözlenmiştir.

Jang ve ark. (2012) “İki Aşamalı Enzimatik İşleme Ham Kanola Yağından Biyodizel Üretilmesi” adlı çalışmada ham halde bulunan kanola yağı, asitlik değeri 0,64 mg KOH g⁻¹ olan ve 120 ppm’den yüksek değere sahip fosfor ve fosfolipaz A2 kullanılarak rafine edilmiştir. Rafine edilme işleminden sonra fosfor içeriği 4,35 ppm’ye düşmüş, asitlik değeri 1,08 mgKOH g⁻¹e indirgenmiş ve serbest haldeki yağ asidi miktarı %0,88 artmıştır. Biyodizel üretmek üzere rafine edilen kanola yağı için üç enzim kullanılmıştır. Bu enzimler; *R.oryzae*, *C. Rugosa* ve bu iki enzimin 1:1 oranda karıştırılmasıyla elde edilen karışım enzimidir. Dönüşüm oranı en yüksek olan karışım enziminin %84,25 oranında yağ asidi metil esteri içerdiği saptanmıştır.

Karışım enzimi lipaz immobilizasyonu için kullanılmıştır. Sıcaklığın 45°C olduğu durumda, pH'nin 7 olduğu ve enzim aktivitesinin maksimum olduğu saptanmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde enzimatik biyodizel üretimi için önem teşkil eden üç nokta olduğu gözlenmiştir. Bunlar; enzim, tampon çözelti ve metanoldür. Optimum reaksiyon şartları sağlandığında kullanılan kanola yağının ağırlığının %24,4'si kadar immobilize edilmiş katalizör, %13,5'i kadar tampon çözelti ve %15,8'i kadar metanol kullanıldığında ham kanoladan %88,9 oranında yağ asidi metil esteri elde edildiği saptanmıştır.

Taymaz ve Coban (2013) "Hayvan Yağlarından Elde Edilen Biyodizelle Normal Motor Yağının Performans ve Emisyonu" adlı çalışmada 1000 ml büyük baş hayvan yağı ve 200 ml metanol, 4,9 g KOH katalizörlüğünde tepkimeye sokulmuştur. Metanol ve katalizör tepkimeye girmeden önce 40°C sıcaklıkta homojenize edilmiş ardından 55°C sıcaklıktaki yağa karıştırılmıştır. Toplamda bir saat süren tepkimenin ardından bir gece dinlendirilmeye bırakılan biyodizel ertesi gün gliserinden ayrılacak için yıkama işlemine tabii tutulmuştur. Elde edilen biyodizel ve dizel yakıtın yakıt özellikleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 2.2. Üretilen biyodizel ve dizel yakıtının yakıt özellikleri

Özellik	Dizel yakıt	Biyodizel
Yoğunluk (g cm^{-3}) (15°C'de)	0,850	0,870
Isıl Değer (MJkg^{-1})	42	38,2
Viskozite (mm^2s^{-1}) (40°C'de)	3,7	6
Setan Sayısı	47	-
Parlama Noktası (°C)	55	196
Kimyasal Formül	$\text{C}_{16}\text{H}_{28}$	$\text{C}_{53}\text{H}_{102}\text{O}_6$

Tabloda belirtilen özelliklerle üretilen biyodizel tek silindirli 4 stroklu doğrudan püskürtmeli bir pancar motorunda test edilmiştir. Maksimum tork değeri 1800 rpm için dizelde 32,98 Nm, biyodizelde ise 28,46 Nm'dir. Maksimum güç 2200 rpm'de dizel için 6,67 kW iken bu değer biyodizel için 5,78 kW'dır. Minimum yakıt tüketimi dizel için 289,50 g/kWh iken biyodizelde 307,58 g/kWh olarak

ölçülmüştür. Dizel yakıtı göre biyodizelin performans değerleri açısından bir takım dezavantajlara sahip olduğu saptanmıştır. Bu dezavantajların sebebi biyodizelin yüksek viskozite değeri ve dūřuk ısıl değere sahip olması olarak açıklanmıştır. Bu dezavantajlara karşın dūřuk motor hızlarında biyodizelin avantajlı olduğu da belirtilmiştir. Karbondioksit emisyon azlığı açısından da biyodizelin evre dostu bir yakıt olduğu vurgulanmıştır.

Cunha ve ark. (2013) ‘‘Hayvan Yağlarından Üretilen Etilik Biyodizelin Niteliği ve Sentezi’’ adlı çalışmada sıcaklık değerleri için 30°C, 50°C, ve 70°C denenmiş, katalizör oranları; %0,44, %0,88 ve %1,32 olarak ayarlanmıştır. Metanol- yağ oranları ise 6:1, 7:1 ve 8:1 olarak belirlenmiştir. Sıcaklıkların 50°C ve 70°C aralığında yapıldığı denemelerde verim %96,2’ye kadar çıksa da biyodizeli gliserinden ayırmada çeşitli sorunlar yaşandığından en yüksek verimli ve kaliteli biyodizelin elde edildiği deneme verilerinin; 7:1 metanol–yağ oranında, %0,96 KOH katalizörü eşliğinde 2000 rpm hızda yarım saat boyunca 30°C’de karıştırılarak %83,5 verimle gerçekleştirilen denemelerde olduğu görölmüştür.

Tütüncü (2013) ‘‘Transesterifikasyonla Balık Yağı Metil Esteri Sentezinin Optimizasyonu’’ adlı yüksek lisans tezi çalışmasında içerisinde yüksek oranda serbest yaę asidi (FFA) bulunan balık yağından balık yağı metil esterini sentezlemek amaçlanmıştır. Balık yağının yüksek serbest yaę asidi içeriğini dūřürmek için balık yağı ilk olarak transesterifikasyon reaksiyonuna tabi tutulmuştur. Farklı alkol ve asidik katalizör konsantrasyonları denenerek maksimum verime ulaşılmaya çalışılmıştır. Çalışmada %1 katalizör ve %40 alkol konsantrasyonu ile %93 verimle ürün elde edilmiştir. Elde edilen ürün farklı alkol ve bazik katalizör konsantrasyonlarında farklı sıcaklık ve sürelerde transesterifikasyon reaksiyonlarına sokulmuştur. Bu basamakta %20 alkol, %0,5 katalizör konsantrasyonunda, 60°C sıcaklıkta ve 120 dakika reaksiyon süresinde %89,44 verimle yaę asidi metil esterini üretilmiştir. Elde edilen metil esterinin temel yakıt özellikleri ölçölmüştür. Ölçülen bu özelliklerin ASTM ve EN-14214 standartlarına uygun olduğu görölmüştür.

Chen ve ark.(2014) “Kanola Yağının Transesterifikasyon İşleminde Na/Zr-SBA-15 Katalizörü Kullanımı: Zirkonyum İçeriğinin Etkisi” adlı çalışmada 5,35 g katalizör ve 9,6 ml metanol kullanılarak yarım saat süreyle ortam sıcaklığında muamele edilmiştir. Metanolün kanola yağına oranı 1:6 olarak belirlenmiştir. Tepkime sıcaklığı 70°C’ye ulaşmış ve tepkime ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda 8 saat boyunca sürmüştür. Katalizör olarak saf silika(SBA-15) kullanıldığında %16 olan verimin, katalizöre zirkonyum(Zr) eklenmesiyle %63’e ulaştığı gözlenmiştir. Kanola yağının ağırlığının %12’si kadar olan katalizör karışımına, %15 oranında sodyum (Na) elementi eklendiğinde ise 6 saat süren tepkimede 70°C sıcaklıkta biyodizel veriminin %99’a ulaştığı gözlenmiştir.

Kiani (2014) “Kanola Yağından Biyodizel Üretimde Yüzey Aktif Maddelerin Etkisi” adlı yüksek lisans tezinde iki anyonik (Labsa ve Teksafon) yüzey aktif maddenin kanola yağından biyodizel üretimine etkisi incelenmiştir. Yüzey aktif madde ilavesiyle transesterifikasyonla elde edilen biyodizelin akma ve bulutlanma noktalarının düşürülmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak labsa ilavesinin, biyodizelin bulutlanma noktasını 2 ila 3°C düşürdüğü görülmüştür. Teksafonun ise bulutlanma ve akma noktalarında önemli bir değişikliğe yol açmadığı gözlenmiştir.

Gülüm ve ark. (2015) “Sodyum Hidroksit (NaOH) ve Potasyum Hidroksit (KOH) Kullanılarak Üretilen Mısır Yağı Biyodizellerinin Optimum Reaksiyon Parametrelerinin Karşılaştırılması” adlı çalışmada, katalizör olarak sodyum hidroksit (NaOH) ve potasyum hidroksit (KOH) kullanılarak transesterifikasyon reaksiyonuyla üretilebilecek en düşük viskoziteye sahip mısır yağı biyodizellerinin optimum reaksiyon parametrelerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda sırasıyla katalizör oranı, reaksiyon sıcaklığı, reaksiyon süresi ve alkol/yağ mol oranı gibi transesterifikasyon reaksiyonuna etki eden başlıca parametrelerin söz konusu katalizörler kullanılarak üretilen mısır yağı biyodizellerinin kinematik viskozitelerine ve yoğunluklarına etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışma sonuçlarına göre, en düşük viskozitelerin elde edildiği optimum reaksiyon parametreleri, NaOH kullanılarak üretilen biyodizel için %0,90 katalizör oranı, 50°C reaksiyon sıcaklığı, 60 dakika reaksiyon süresi ve 9:1 alkol/yağ mol

oranı; KOH kullanılarak üretilen biyodizel için %1,10 katalizör oranı, 60°C reaksiyon sıcaklığı, 60 dakika reaksiyon süresi ve 9:1 alkol/yağ mol oranı olarak belirlenmiştir. Ayrıca, üretilen en düşük viskoziteli biyodizellerin her ikisinin de yakıt özelliklerinin EN 14214 ve ASTM D 6751 standartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir.

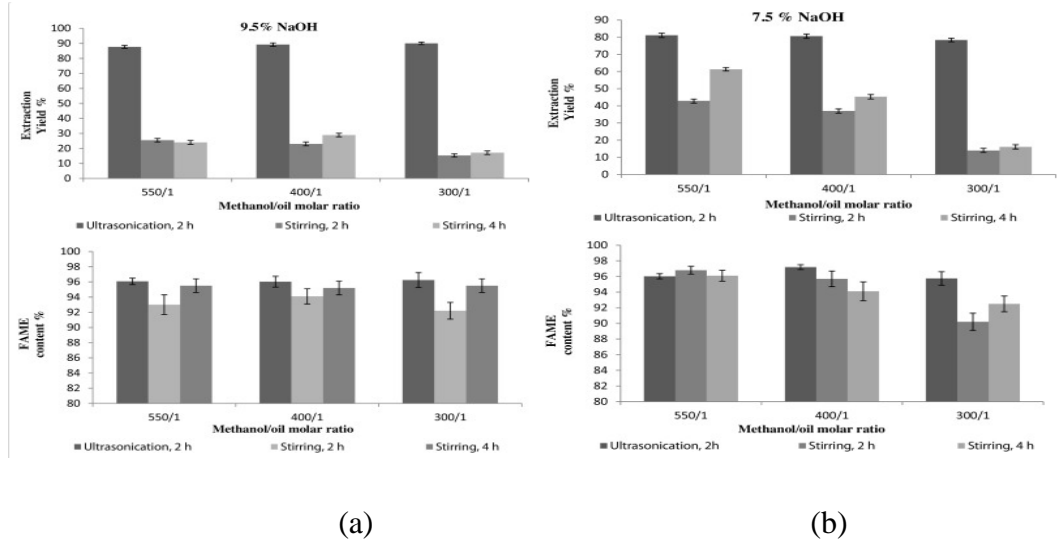
Correia ve ark. (2015) “Kanola ve ayçiçeği yağlarından biyodizel üretilmesi için öncü katalizör olan dolomit taşının niteliği ve kullanımı” adlı çalışmada kalsiyum ve magnezyum içeriğine sahip olan dolomit taşının, kanola ve ayçiçeği yağının biyodizele dönüşümünde katalizör olarak kullanılmasının incelendiği bu çalışmada alkol olarak metanol kullanılmıştır. Metanolün 1:6, 1:9 ve 1:12 oranında kullanıldığı denemelerde 1:12 oranında metanol kullanımının kanola yağını biyodizele dönüştürmede maksimum verim sağladığı görülse de katalizör etkinliğini azaltması ve yıkama işlemlerinin fazlaca uygulanması sebebiyle 1:6 oranında metanol kullanımının kanola yağı için ideal olduğu saptanmıştır. Bu oran Ayçiçek yağı için 1:9 oranında metanol kullanımındır. Çalışmada 60°C sıcaklıkta ve 1000 rpm hızla karıştırılan alkol yağ karışımına önceden hazırlanan, 3 saatte 850°C’de yakılarak toz haline getirilen katalizör eklenmiştir. Transesterifikasyon işleminin 4 saat sonrasında kanola yağının veriminin %98,81’e ulaştığı gözlemlenmiştir. Kullanılan katalizörün tekrar tekrar kullanılabilir olması bakımından ekonomik olduğu saptanmakla birlikte tekrar tekrar reaksiyona girmesi halinde verimde az miktarda düşüş gözlenmektedir.

Mazanov ve ark. (2016) “Kanola Yağından Biyodizel Sürekli Üretiminin Süperkritik Etanol Düzeyindeki Transesterifikasyon İşlemine Ultrasonik Destekleme” adlı çalışmada kanola yağından biyodizel elde etmek için çözücü solvent olarak etanol kullanmışlardır ve etanol için kritik parametreler sıcaklık için 514 ± 7 K, basınç için ise $6,3 \pm 0,4$ Mpa şeklindedir. Çözücü olarak etanol kullanımının yanı sıra sonikasyon işlemi uygulandığında 36°C sıcaklıkta verimin %100’e ulaştığı görülmüştür. Çalışma yapılan karışımın toplamda 2 litre olduğu belirtilmiştir. Katalizör olarak Al_2O_3 , ZnO/Al_2O_3 , MgO/Al_2O_3 , ve SrO/Al_2O_3 kullanılmıştır. Katalizör olarak Al_2O_3 ‘ün kullanıldığı 18 dakikalık

biyodizel elde etme işleminde 623K sıcaklık ve 30MPa basınçta 9. dakikaya ulaşıldığında reaksiyondan maksimum verimin elde edildiği gözlenmiştir. Al_2O_3 'ün katalizör olarak kullanıldığı reaksiyonda 623-653K sıcaklığın en etkili sıcaklık aralığı olduğu saptanmıştır buna ek olarak katalizörler birbiriyle karıştırıldığında reaksiyonda daha etkili olduğu ve bu katalizörler içinde biyodizel üretimi için en etkili karışımın SrO/Al_2O_3 gözlemlenmiştir.

Nowicki ve ark. (2016) "Kanola Yağından Biyodizel Elde Edilmesi Transesterifikasyonunda MgAl Hidrotalsitlerine Zr Eklenmesi" adlı çalışmada homojen katalizörlerin biyodizel üretme aşamasında fazla sabunlaşma ve atık su oluşumuna neden olmalarından dolayı heterojen katalizörlerin (hidrotalsitlerin) biyodizel üretimine daha uygun olduğu gözlemlenmiştir. Hidrotalsit zirkonyum 15 katalizörünün kullanıldığı kanola yağından biyodizel elde edilmesi işleminde en iyi sonuçlara ulaşıldığı gözlenmiştir. Sıcaklığın 393 Kelvin olduğu %8 oranında HTZr15 kullanılan ve 6 saat süren reaksiyonda kanola yağından gliserit dönüşümü %99,9 olurken biyodizelde %91,5 oranındadır. MgAl hidrotalsitine Zr eklenmiş ve reaksiyonda daha etkili bir katalizör haline geldiği gözlemlenmiştir. ZrMgAl katalizörlüğünde kanola yağının biyodizele dönüşümünün %100'e yakın olduğu saptanmıştır.

Koutsouki ve ark. (2016) "Kanoladan Biyodizel Üretimi İçin Klasik ve Geleneksel Transesterifikasyon Yöntemlerinde Direk Sonikasyon Uygulamasının Etkisi" adlı çalışmada kanola tohumundan biyodizel üretmek için yapılan transesterifikasyon işleminde katalizör olarak NaOH kullanılmıştır. Katalizör %7,5 ve %9,5 oranında kullanılarak yapılan bu çalışmada 600 rpm'lik mekanik karıştırıcı ve 24kHz'lik ultrasonikasyon aleti kullanılmıştır. Ultrasonikasyon 2 saat boyunca uygulanırken, mekanik karıştırma işlemi 2 ve 4'er saat boyunca uygulanmıştır. Bu uygulamalar sonucu ekstraksiyon verimi ve yağ asidi metil esterleri içeriği yüzdesel grafikler Şekil 2.1.a ve b'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1.a. Katalizör olarak %9,5 **b.** Katalizör olarak %7,5 oranında NaOH kullanılan denemenin, ekstraksiyon ve biyodizel veriminin karıştırma işlemi süresi ve ultrasonikasyon işlemiyle olan ilişkileri

Sekmen ve Şen (2016) “Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) Yağından Biyodizel Üretimi ve Dizel Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi” adlı çalışmada balık yağından biyodizel üretilmiştir. Çalışmada 1000 ml balık yağı 5000ml’lik behere konulup 115°C sıcaklıkta sıvı hale getirilerek içindeki katı atıklardan arındırılmıştır. Aynı bir beherde hazırlanan %99 saflık oranına sahip 200ml metanol ve 4,7 g NaOH 60°C’de homojen bir çözelti haline getirilmiştir. Yağın sıcaklığı da 60°C’ye düşürüldükten sonra çözelti yağa eklenip ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda 2 saat süreyle tepkimeye sokulmuştur. Tepkime tamamlandıktan sonra üretilen BYME, dizel yakıtı ile hacimsel olarak %5, %20, %50 oranlarında harmanlanarak ve %100 oranında tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı bir dizel motorda test edilmiştir. Motor testleri tam yükte ve değişik motor devirlerinde (1800-3400 1/min) 200 1/min aralıklarla test edilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre biyodizel dizel motorlarda herhangi bir ayar ve değişiklik yapılmadan saf veya dizel yakıtı ile karıştırılarak kullanılabilmekte olduğu görülmüştür. Balık yağı metil esteri ve karışımlarının dizel yakıtı benzer özellikler göstermesi ve egzoz emisyonlarını azaltıcı yönde etkilerinden dolayı dizel motorlarda alternatif bir yakıt olarak kullanılabilceği gözlenmiştir.

Roosta ve Sabzpooshan (2016) "Biyodizel Üretiminde Kosolvent Kullanımının Modellenmesi" adlı çalışmada iki farklı solvent katalizör olarak kullanılmıştır. Bunlar dimetil eter ve tetrahidrofurandır. Çalışmada katalizörler çeşitli oranlarda denemelerde tepkimeye sokulmuş ve en verimsiz tepkimelerin katalizör oranı %0,3 - %0,5 aralığında gerçekleşirken en verimli tepkimelerin ise %0,7-%1 aralığında gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Maksimum elde edilen verim %97,3 olup bu verim için tepkime süresi 2 saat, tepkime sıcaklığı 303K, katalizör oranı %0,7, yağ-metanol oranı ise 1:9 olarak belirlenmiştir. İki kosolventin tepkime verimine birbirinden farklı bir etkisi olmamış fakat dimetil eterin kullanıldığı tepkimeler minimum 20 dakika daha kısa sürede gerçekleşmiştir.

İlgen (2016) "Kalsiyum Asetat Yüklenmiş Dolomit Katalizörü ile Kanola Yağı ve Metanolden Biyodizel Üretimi" adlı çalışmada kanola yağı ve metanolün transesterleşme tepkimesi kalsiyum asetat ile kalsiyum oksit içeriği ile zenginleştirilen dolomit katalizörlüğünde heterojen sistemde gerçekleştirilmiştir. Katalizörler kalsiyum asetat sulu çözeltisinin dolomit üzerinde kuruyana kadar emdirilmesi ile hazırlanmıştır. XRD sonuçları kalsiyum asetatın ve dolomit içerisindeki kalsiyum karbonatın kalsinasyon sonrasında kalsiyum oksite dönüştüğünü göstermiştir. Ayrıca çalışmada kalsiyum asetat yükleme miktarı, katalizör miktarı, metanol/kanola yağı mol oranı ve tepkime süresi gibi parametrelerin biyodizel üretimine etkisi incelenmiştir. Dolomit üzerine %7,5 kalsiyum asetat yüklemesinin en yüksek katalitik aktiviteyi gösterdiği görülmüştür. En yüksek biyodizel verimi % 3 katalizör oranı, 6:1 metanol/kanola yağı mol oranı, 67,5 °C tepkime sıcaklığı ve 3 saat tepkime süresi koşullarında % 93,8 olarak elde edilmiştir.

Abdülvahitoğlu ve Tüccar'ın yaptığı (2017) "Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Karpuz Çekirdeği Biyodizelinin Değerlendirilmesi" adlı çalışmanın amacı dizel motorlarda alternatif yakıt olarak karpuz çekirdeği yağının (KÇB) biyodizel olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesidir. Bu çalışmada, KÇB ve KÇB20 (hacimsel olarak %80 dizel ile %20 KÇB) yakıt karışımının fiziksel yakıt özelliklerine bakılmıştır. Ölçülen fiziksel yakıt değerleri, yoğunluk, setan sayısı,

viskozite, akma noktası ve parlama noktasıdır. Buna ek olarak, test yakıtları dizel motorda KÇB kullanımının motor performans parametreleri üzerindeki ve egzoz emisyonları (azot oksitler ve karbon monoksit gibi) üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla test edilmiştir. Motor performansı deneyleri sonuçlarına göre; KÇB kullanımıyla test motorunda tork ve fren güç değerlerinin biraz azaldığı, emisyon değerlerinin ise KÇB kullanımı ile düzeldiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, karpuz çekirdeği yağı esteri çevre dostu yanma profiliyle alternatif dizel yakıt katkısı olarak tavsiye edilmektedir.

Knothe ve Razon (2017) "Biyodizel Yakıtları" adlı çalışmada transesterifikasyon işleminin biyodizel üretiminde en etkin yöntem olduğunu belirtmiştir. Biyodizel üretiminde avantajlı oranların alkol- yağ oranı olarak 6:1 molar oran olduğunu ve katalizörün %0,5 oranında sodyum metoksit yada %1 oranında sodyum hidroksit olduğunu kaydetmişlerdir. Transesterifikasyon işlemiyle biyodizel üretimi için optimum sıcaklığın ise 60°C olduğunu belirtmişlerdir. Heterojen katalizörlerin biyodizel üretimi için çok uygun olduğunu belirtmelerine karşın enzimlerinde katalizör olarak kullanıldığında etkin sonuçlar verdiğini ve diğer katalizörlere göre üretim kalitesinin geliştirilebilirliği, daha kolay kullanılması ve çevre dostu olması gibi birçok avantajı olduğunu altını çizmişlerdir. Biyodizel üretimi için bitkisel hammaddelerin başında kanola yağı, palm yağı, soya yağı ve hindistan cevizi yağının; hayvansal yağlarda ise balık yağı ve algal yağların geldiğini belirterek biyodizel maliyetlerinin %75 - 80 aralığındaki kısmını biyodizel hammaddesinin tedarikinin kapsadığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın materyal kısmı; biyodizel üretiminde kullanılan materyaller ve kullanılan ölçü aletleri, cihazlar ve kimyasal malzemeler olmak üzere 2 temel başlık altında incelenmiştir.

3.1.1. Biyodizel üretiminde kullanılan materyaller

Kanola tohumu

Çalışmada kullanılan Excalibur çeşidi kanola tohumları (*Brassica napus* L. var. "Excalibur" spp.) Dekalp firmasından ücretsiz olarak temin edilmiş olup, tohumlar denemelerde uygulanan presle sıkma işlemine kadar nemsiz kuru ve gölge bir ortamda 25°C'lik sabit sıcaklık altında muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. Kanola Tohumu

Büyükbaş hayvanlardan (BBH) elde edilen böbrek iç yağı

Çalışmada kullanılan böbrek iç yağları Bursa Mudanya ilçesine bağlı Örnek Kasabı'ndan ücretsiz olarak temin edilmiştir. Alınan böbrek iç yağlarını -18°C'de bir derin dondurucuda (Vestel, CD-L1103 XA Plus, Türkiye) muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.2. Büyük Baş Hayvan Böbrek İç Yağı

3.1.2. Kullanılan ölçü aletleri, cihazlar ve kimyasal malzemeler

Isıtcılı manyetik karıştırıcı ve teraziler

Böbrek iç yağlarının biyodizel elde etme aşamasında transesterifikasyon yöntemi uygulandığında sabit sıcaklık ve dönme hızı elde edebilmek için (Daihan MSH-20D, Güney Kore) ısıtcılı manyetik karıştırıcı kullanılmıştır. Isıtcılı manyetik karıştırıcı Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Böbrek iç yağlarının ve kanolanın çalışmada kullanılan miktarlarda tartılmasında 0,01 g hassasiyetli analitik terazi (Radwag, PS 4500 R2, Polonya) kullanılmıştır. Transesterifikasyon işleminde kullanılan metanol ve kostik miktarlarının tartımında ise 0,0001 g hassasiyetli 210 g kapasiteli hassas teraziden (Metler-Toledo, ME-203, İsviçre) yararlanılmıştır. Şekil 3.4'te hassas teraziler gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Isıtcılı Manyetik Karıştırıcı



Şekil 3.4. Hassas Teraziler

Kinematik viskozite ölçüm cihazı ve pH metre

Kanola ve böbrek iç yağlarının biyodizelle dönüştürüldükten sonra kinematik viskozite değerinin belirlenmesinde Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Biyodizel Analiz Laboratuvarı'nda bulunan çalışma sıcaklığı 25 ile 150°C arasında, sıcaklık derecesi hassasiyeti $\pm 0,01$ °C olan (Koehler K23377, ABD) viskozite ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihaz ASTM D 445, DIN 51550 ve ISO 3104 standartlarına göre viskozite ölçümü yapılabilmektedir. Kinematik viskozite ölçüm cihazı Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Kanola ve böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizellerin pH değerlerinin ölçülmesinde (WTW ph330, Almanya) pH metre kullanılmıştır. PH metre Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Kinematik Viskozite Ölçüm Cihazı



Şekil 3.6. pH metre

Ayrırma hunisi ve Daldırma Tipi Termometre

Ham biyodizel elde edildikten sonra içindeki gliserin ve doymuş yağlardan arındırılması sürecindeki yıkama işlemleri için (Isolab, Türkiye) 1000 ml'lik armudi ayırma hunileri kullanılmıştır. Armudi ayırma hunisi Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Kimyasal ekstraksiyon aşamasından önce kanola tohum kabuklarının çatlatılmasında porselen havan (Isolab, Türkiye) kullanılmıştır. Porselen havan Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ayırma Hunisi



3.8. Havan

Santrifüj cihazı ve daldırma tipi termometre

Böbrek iç yağları ve kanola yağından elde edilen biyodizellerin yıkama işleminden sonra dinlenmeye bırakıldığı evrede az da olsa bazı denemelerde gliserin oluşumu gözlenmiştir. Gliserin oluşumunun önüne geçmek ve gliserin oranını minimuma indirmek için Nüve NF 200 marka santrifüj cihazı kullanılmıştır. Santrifüj cihazı Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Böbrek iç yağlarının sıvılaştırılması ve kanola ve böbrek iç yağlarının biyodizele dönüştürülmesi esnaslarında anlık sıcaklık ölçümlerinin yapılması için daldırma tipi dijital göstergeli termometre (Loyka, LYK 9263, Çin) kullanılmıştır. Daldırma tipi termometre Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Santrifüj Cihazı



Şekil 3.10. Daldırma Tipi Dijital Termometre

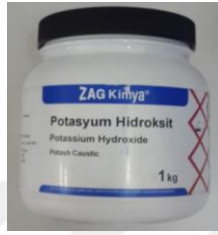
Metanol, potasyum ve sodyum hidroksit

Böbrek iç yağları ve kanola yağlarının transesterifikasyonunda alkol, kimyasal yağ ekstraksiyonunda ise çözücü solvent olarak Sigma-Aldrich marka %99,7 saflıkta

metanol kullanılmıştır. Metanol Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Böbrek iç yağlarından biyodizel elde etmek için transesterifikasyon işlemleri için uygun katalizör olarak potasyum hidroksit (KOH) ve kanola yağlarından biyodizel elde etmek için ise sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır. ZAG Kimya firmasından temin edilen potasyum hidroksit Şekil 3.12’de, Tekkim Kimya firmasından temin edilen sodyum hidroksit ise Şekil 3.13’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Metanol



Şekil 3.12. Potasyum Hidroksit (KOH)



Şekil 3.13. Sodyum Hidroksit (NaOH)

Derin dondurucu ve mekanik vidalı pres

Kasaptan alınan böbrek iç yağları -18°C 'de bir derin dondurucuda (Vestel, CD-L1103 XA Plus, Türkiye) işlem görene kadar saklanmıştır. Derin dondurucu Şekil 3.14’de gösterilmiştir. Kanola tohumlarının soğuk ve sıcak ekstraksiyon ile yağlarının çıkartılması işleminde mekanik vidalı pres (Dikmaksan, DMS-VP1, Türkiye) kullanılmıştır. Mekanik vidalı pres Şekil 3.15’te gösterilmiştir



Şekil 3.14. Derin Dondurucu



Şekil 3.15. Mekanik Vidalı Pres

Dijital refraktometre ve rotary evaporatör

Kanola ve böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin içindeki katı madde miktarını (Brix), kırılma indisini (nD) ve 20°C'deki kırılma indisini (nD20) ölçmek için dijital refraktometre (Hanna, HI 96801, USA) kullanılmıştır. Şekil 3.16'da dijital refraktometre gösterilmiştir. Kanola tohumlarından kimyasal ekstraksiyon ile yağ elde edilmesi işleminde bekletme süresinin sonunda yağ ve çözücü solvent karışımını birbirinden ayırmak için rotary evaporatör (Buchi, R-100, İsviçre) kullanılmıştır. Rotary evaporatör Şekil 3.17'de gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Dijital Refraktometre



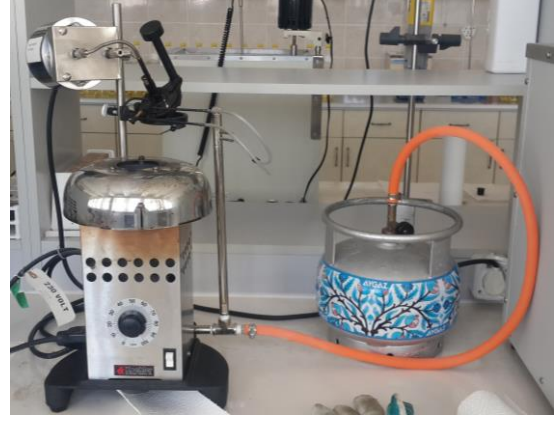
Şekil 3.17. Rotary Evaporatör

Yoğunluk ölçüm cihazı ve parlama noktası ölçüm cihazı

Yakıtların yoğunluklarının ölçümü Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Biyodizel Analiz Laboratuvarı'nda bulunan ölçüm aralığı 0,0000 - 2,0000, ölçüm sıcaklığı 0 - 40°C ve hassasiyeti $\pm 0,001$ olan (Kem Kyoto DA-130N, Japonya) yoğunluk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz EN 61326 standarda göre yoğunluk ölçümü yapmaktadır. Cihaz aracılığıyla ölçülen yoğunluk değerlerinden yola çıkılarak söz konusu ölçümlerin özgül ağırlığı $g\ cm^{-3}$ ölçü birimine dönüştürülmüştür. Yoğunluk ölçüm cihazı Şekil 3.18'de gösterilmiştir. Kanola ve böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizellerin parlama noktası özelliklerinin belirlenmesinde Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Biyodizel Analiz Laboratuvarı'nda bulunan (Koehler K16270, ABD) cihaz kullanılmıştır. Cihaz ASTM D 93, DIN 51758 ve ISO 2719 standartlarına göre parlama noktası tayini yapılabilmektedir. Şekil 3.19'da parlama noktası tayin cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Yoğunluk Ölçüm Cihazı



Şekil 3.19. Parlama Noktası Tayini Cihazı

Su içeriği tayin (Karl-Fischer titrasyon) cihazı

Yakıtların su muhtevalarını tayin etmek için, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Biyodizel Analiz Laboratuvarı'nda bulunan (Kem Kyoto Electronics MKC-501, Japonya) su içeriği tayini cihazı kullanılmıştır. Ölçüm aralığı 10 mikrogram /100 mg su aralığındadır. Ölçüm sıcaklığı 5-35°C arasında ve 16 karakterli LCD ekranlıdır. Su içeriği tayini cihazı Şekil 3.20'de gösterilmiştir.

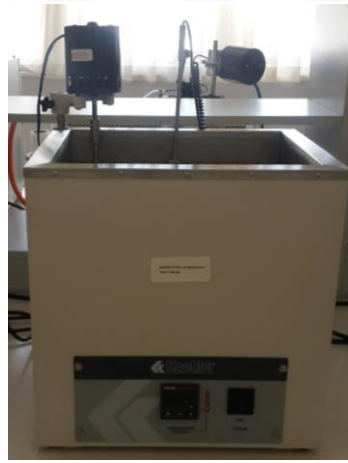


Şekil 3.20. Su İçeriği Tayini Cihazı

Bakır şerit korozyonu test cihazı ve kalorimetre cihazı

Yakıtların korozyon etkisi etkisini incelemek için Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Biyodizel Analiz Laboratuvarı'nda bulunan (Koehler K25330, ABD) bakır şerit korozyonu test cihazı kullanılmıştır. Cihaz aynı anda 17 adet test tüpü ile korozyon analizi yapabilmektedir. Cihazda ASTM D 130, ISO 2160 ve DIN 51759 standartlarına göre ölçüm yapılabilmektedir. Şekil 3.21'de bakır şerit korozyonu test cihazı gösterilmiştir.

Kanola ve böbrek iç yağlarından elde edilen yakıtların net yanma ısısını tespit etmek için Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Biyodizel Analiz Laboratuvarı'nda bulunan (IKA, Almanya), ölçüm aralığı 40000 Joule'e kadar olan kalorimetre cihazı kullanılmıştır. Cihaz EN 61010, EN 50082, EN 55014 ve EN 60555 standartlarına göre ölçüm yapılmaktadır. Kalorimetre cihazı Şekil 3.22'de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Bakır Şerit Korozyonu Test Cihazı



Şekil 3.22. Kalorimetre Cihazı

Bulutlanma, akma ve donma noktası test cihazı

Kanola ve böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizellerin bulutlanma, akma ve donma noktalarının tespitinde Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Biyodizel Analiz Laboratuvarı'nda bulunan (Koehler K46000, ABD) bulutlanma, akma ve donma noktası test cihazı kullanılmıştır. Cihazda ASTM D97 standardına göre ölçüm yapılmaktadır. Bulutlanma, Akma ve Donma noktası test cihazı Şekil 3.23'te gösterilmektedir.



Şekil 3.23. Bulutlanma, Akma ve Donma Noktası Test Cihazı

Beherler ve süzgeç

Böbrek iç yağlarının sıvılaştırılması, katalizör ve alkolün karıştırılması ve transesterifikasyon işlemleri için 600 ve 800 ml hacimli beherler kullanılmıştır. Beherler Şekil 3.24'te gösterilmiştir. Böbrek iç yağları katı formadan sıvı forma dönüştürülürken ısıtılmış ve ısıtıldıktan sonra içindeki katı yapılardan (bağ dokular, kıkırdak yapılar v.b.) arındırılması için 7 cm çapında paslanmaz ince çelik tel örgü yağ süzgecinden geçirilmiştir. Paslanmaz çelik ince tel yağ süzgeci Şekil 3.25'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Beherler

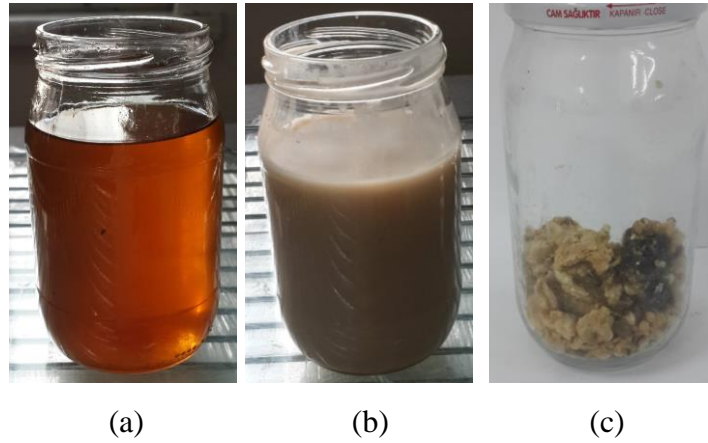


Şekil 3.25. Yağ Süzgeci

3.2. Yöntem

3.2.1. Böbrek iç yağlarının transesterifikasyon işlemine hazırlanması yöntemi

Böbrek iç yağlarının kasaptan alındığı formu, içinde birçok farklı yapıyı bir arada barındıran (bağ doku, kas ve lif yapıları, kıkırdak yapılar v.b.) katı bir formdur. Kasaptan alınıp bu haliyle derin dondurucuda -18°C 'de işlem görene kadar bekletilen böbrek iç yağları laboratuvar şartlarında ısıtıcıli manyetik karıştırıcı kullanılarak ısıtılmış ve sıvı forma getirilmiştir. Sıvı forma getirilen böbrek iç yağları bekletilmeden süzgeçler yardımıyla süzölmüş ve içinde bulundurduğu katı ve yağdan farklı yapılardan arındırılmıştır. Farklı partiköllerden arındırılmış ve sıvı formda bulunan böbrek iç yağlarından denemelerin yapılması için 400 ml örnekler alınmış ve beherlere koyulmuştur. Sıvı halde bulunan büyük baş hayvan böbrek iç yağları transesterifikasyon işlemleri için hazır duruma getirilmiştir. Böbrek iç yağının sıvılaştırılıp yabancı maddelerden arındırılıp transesterifikasyon işlemine uygun haldeki sıvı formu Şekil 3.26.a'da gösterilmiştir. Böbrek iç yağlarının arındırılma işleminden sonra laboratuvar sıcaklığındaki katı formu Şekil 3.26.b'de gösterilmiştir. Arındırma işleminden sonra böbrek iç yağlarından ayrılan katı partiköller Şekil 3.26.c'de gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Böbrek iç yağının **a)** sıvılaştırılıp yabancı maddelerden arındırılıp transesterifikasyon işlemine uygun haldeki sıvı formu; **b)** arındırılma işleminden sonra laboratuvar sıcaklığındaki katı formu; **c)** arındırma işleminden sonra böbrek iç yağlarından ayrılan katı partiköller

3.2.2. Kanola tohumlarından yağ ekstraksiyon yöntemleri

Yapılan çalışmada kanola tohumlarından yağ üretmek için kimyasal, soğuk pres ve sıcak pres olmak üzere üç farklı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır.

Kimyasal ekstraksiyon yöntemi

Bu yöntemde dış kabukları hafifçe havanda çatlatılmış olan kanola tohumları hava geçirmeyen kapalı kaplarda serin ve karanlık bir ortamda çözücü bir solvent olan metanol içerisinde 5 gün süre ile bekletilmiştir. Bekleme süresinin sonunda solvent ve yağdan oluşan sıvı karışım kanola tohumlarından süzgeç yardımıyla ayrılmıştır. Rotary evaportör (damıtma cihazı) yardımıyla kanola yağı solventten ayrıştırılmıştır.

Soğuk pres yöntemi

Bu yöntemde kanola tohumları mekanik vidalı preste cihazın ısıtıcı fonksiyonu açılmaksızın soğuk olarak sıkılmıştır. Cihazın ısıtıcısı çalıştırılmaksızın bir beher yardımıyla tohumlar mekanik vidalı presin hunisine boşaltılmıştır. Yüksek basınçta mekanik vidalı presin küspe çıkış kısmından pelet halinde yağı ekstrakte edilmiş kanola tohumları; alt çıkış kısmından ise temiz bir behere ham kanola yağı alınmıştır.

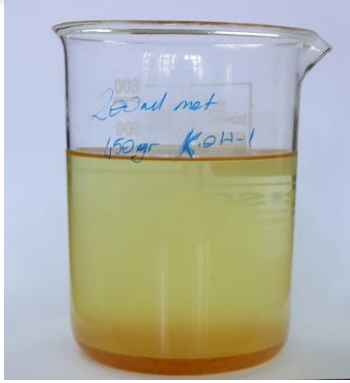
Sıcak pres yöntemi

Bu yöntemde kanola tohumları mekanik vidalı preste cihazın ısıtıcı fonksiyonu 100°C'ye ısıtıldıktan sonra sıcak ortamdan geçirilerek sıkılmıştır. Mekanik vidalı pres ısıtıcısı 100°C'ye ulaştıktan sonra bir beher yardımıyla tohumlar mekanik vidalı presin hunisine boşaltılmıştır. Yüksek sıcaklık ve basınçta mekanik vidalı presin küspe çıkış kısmından pelet halinde yağı ekstrakte edilmiş kanola tohumları; alt çıkış kısmından ise temiz bir behere ham kanola yağı alınmıştır.

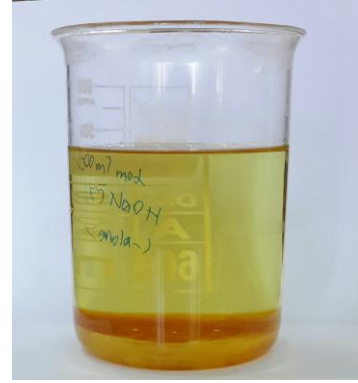
3.2.3. Transesterifikasyon yöntemi

Alkol ve katalizörün hazırlanması

Transesterifikasyon işleminde böbrek iç yağları için katalizör olarak potasyum hidroksit kullanılırken kanola yağları için sodyum hidroksit kullanılmıştır. Bunun nedeni sodyum hidroksitle yapılan denemelerde kanola yağıyla biyodizel elde edildiği andan itibaren biyodizelin berrak ve parlak olmasına rağmen potasyum hidroksitle biyodizel üretildiği zaman üretilen biyodizelin bulanıklığının geçmemesidir. Fakat çalışmaların yapıldığı süre zarfından biyodizelin dinlenme süreleri uzatıldığında potasyum hidroksit kullanılarak kanola yağından elde edilen biyodizelin de berraklaştığı ve parlaklaştığı gözlemlenmiştir. Çalışmada üç ayrı katalizör oranı ve üç ayrı alkol oranı denenmiştir. Alkol olarak her iki materyal içinde metanol kullanılmıştır. Kullanılan metanol miktarları 400 ml'lik denemeler için sırasıyla 200ml ve 150 ml'dir. Kullanılan katalizör miktarları ise sırasıyla 1,85 g ve 1,50 g'dir. Kanola yağından potasyum hidroksit ve sodyum hidroksit kullanılarak elde edilen biyodizel Şekil 3.27.a ve b'de gösterilmiştir.



a



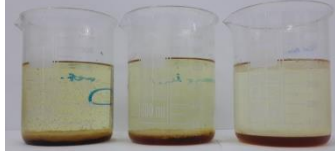
b

Şekil 3.27. Kanola yağı a) KOH katalizörü b) NaOH katalizörü

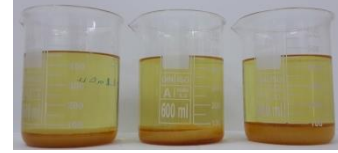
Reaksiyon

Kanola ve böbrek iç yağlarının 400 ml'lik denemeleri ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda 65°C 'de sabit kalacak şekilde ısıtılmış ve bu sıcaklıkta üç saat boyunca 975 rpm hızda daha önce hazırlanmış olan alkol ve katalizör eşliğinde karıştırılmıştır. Reaksiyon süresi

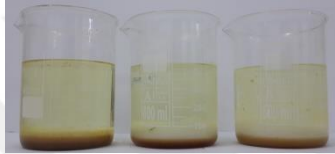
boyunca tepkimede ısıtıcıly manyetik karıştırıcının sıcaklık ölçüm probunun yanısıra anlık olarak reaksiyonun sıcaklığını kontrol etmek amaçlı daldırmalı tip dijital termometrelerle sıcaklık ölçümü alınmıştır. Her metanol ve katalizör miktarı için üç tekerrürlü denemeler yapılmıştır. Yapılan denemelerin tekerrürlüleriyle birlikte görselleri Şekil 3.28’de gösterilmiştir.



400 ml böbrek iç yağı 200 ml metanol
1,85 g KOH denemeleri



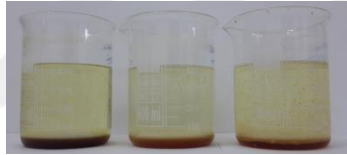
400 ml kanola yağı 200 ml metanol
1,85 g NaOH denemeleri



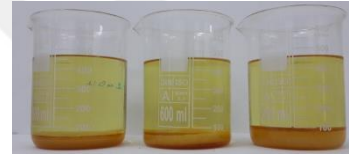
400 ml böbrek iç yağı 200 ml metanol
1,5 g KOH denemeleri



400 ml kanola yağı 200 ml metanol
1,5 g NaOH denemeleri



400 ml böbrek iç yağı 150 ml metanol
1,85 g KOH denemeleri



400 ml kanola yağı 150 ml metanol
1,85 g NaOH denemeleri



400 ml böbrek iç yağı 150 ml metanol
1,5 g KOH denemeleri

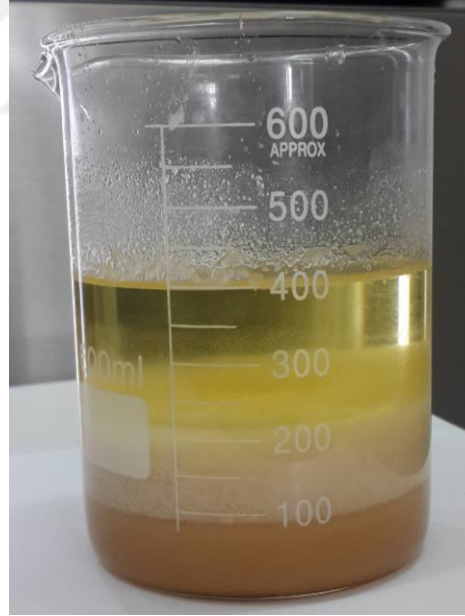


400 ml kanola yağı 150 ml metanol
1,5 g NaOH denemeleri

Şekil 3.28. Böbrek İç Yağlarının Metanol ve Potasyum Hidroksit; Kanola Yağlarının ise Metanol ve Sodyum Hidroksit Denemeleri

Yıkama ve ayırma işlemleri

Reaksiyon işleminin ardından biyodizel, gliserin ve doymuş yağların bir arada bulunduğu denemelerde bu üç fazın ayrılması için beherde bulunan biyodizel ve gliserin henüz birbirinden net bir şekilde ayrılmadığından ayırma hunisine alınmıştır. Yoğunluğu ve ağırlığı açısından beherden ayrılması kolay olmayan doymuş yağlar ayrı bir saklama kabında biriktirilmiştir. Böylece 3 fazdan ayrılan ilk faz doymuş yağlar olurken ayırma hunisinde bulunan biyodizel ve gliserin saf su ile beraber yıkama işlemine tabii tutulmuştur. Ayırma hunisindeki saf su yaklaşık olarak biyodizelin %50'si oranında eklenmiştir. Her bir deneme için yıkama işlemi üç kez tekrarlanmıştır. Yıkamaların sonucunda gliserin fazının yoğunluğunun biyodizel fazının yoğunluğundan fazla olması sebebiyle gliserin rahatlıkla biyodizelden ayrılmış ve tek faz olarak biyodizel ayırma hunisinde bırakılmıştır. Şekil 3.28'de biyodizel elde edilirken görülen 3 faz gösterilmiştir. Şekil 3.29'da biyodizelin yıkanması gösterilmiştir.



Şekil 3.29. Biyodizel, gliserin ve doymuş yağ fazı



Şekil 3.30. Biyodizellerin yıkanması işlemi

Yıkanan biyodizeller beherlerde dinlenmeye alındıktan sonra bekleme süresi boyunca az miktarda da olsa bazı denemelerde oluşan gliserin ise biyodizelin santrifüj tüplerine doldurularak 5000 rpm hızla 40 dakika döndürülmesiyle biyodizelden kolaylıkla ayrılması sağlanmıştır.

Su ve alkolden arındırılma işlemi

Gliserinden de ayrılan biyodizeller 24 saat boyunca dinlenmeye alınmıştır. Dinlenme süresi bittikten sonra biyodizellerin içerisinde bulunan su ve eser miktarda da olsa metanol atıklarından arındırılması için ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda 110°C'ye kadar ısıtılmış ve yine 975 rpm hızda döndürülmüştür. Bu işlem, 3 saat süreyle her deneme için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. Bu işlemden sonra biyodizelin renginin açık sarıya yaklaştığı ve daha parlaklaştığı gözlemlenmiştir.

3.2.4. Elde Edilen Biyodizellerin Testleri

Bu çalışmada çeşitli metanol ve kostik miktarları kullanılarak kanola ve büyük baş hayvan böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizellerin kinematik viskozite, yoğunluk, pH, bakır korozyon çubuk, parlama noktası, ısıl değer, su tayini, bulutlanma, akma ve donma noktası tayini, verim, katı madde içeriği (brix) ve kırılma indisi (nD ve nD20) teknik özellikleri ölçülmüştür.

Kinematik viskozite tayini

Kinematik viskozite ölçümü Koehler K23377 marka cihaz kullanılarak EN ISO 3104 standartlarına göre 40°C sıcaklık altında yapılmıştır. Cihazın iç kısmında yer alan daha önceden kalibrasyonu yapılmış cam bir çubuğun üzerinde geniş bir hacim bulunmaktadır. Ölçümü yapılmak istenen biyodizel bu geniş hacmin içine doldurulmaktadır. Bu geçiş sırasında, borunun içerisindeki belli noktalardan sıvının geçiş süresi saniye cinsinden hassas bir kronometre yardımıyla ölçülmektedir. Kinematik viskozite, ölçümü yapılan uzunluğa ait katsayı ile çarpılarak kinematik viskozite değeri belirlenmektedir (Oğuz ve ark. 2011, Baydan 2008).

Yoğunluk tayini

Çalışmada elde edilen biyodizellerin yoğunlukları Kyoto marka DA 1390N dijital bir higrometre kullanılarak EN 14103 ve ASTM D-1298 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Sıvıların yoğunluğu sıcaklığa bağlı olarak değiştiği için yapılan tüm yoğunluk ölçümleri cihaz tarafından otomatik olarak 15°C sıcaklığa göre düzenlenerek ölçülmüştür (Oğuz ve ark. 2011).

pH tayini

Tüm pH ölçümleri 25°C'lik oda sıcaklığında WTW ph330 marka portatif dijital bir pH-metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümü yapılacak olan biyodizeller önce temiz bir behere konulmuştur. Biyodizellerin içine pH metrenin cam uçlu plastik probu batırılmış olup cihaz, üzerindeki ölçüm değerleri sabitlenene kadar bekletilmiştir. Sabitlenen değer pH ölçümü olarak kaydedilmiş olup prob her ölçüm sonrasında özel solüsyon ile temizlenmiştir.

Bakır korozyon tayini

Bakır korozyon çubuk tayini Koehler marka K 25330 bir cihaz ile ASTM D-130, DIN 51759 ve ISO 2160 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Bu yöntem, yakıtların korozyon etkisinin tespiti için bakır bir çubuğun belli sıcaklık ve belirli bir süre zarfında bekletilmesi prensibine dayanır. Bekletme süresinin sonunda bakır çubuğun üzerindeki değişim gözlemlenmektedir. Test işlemi öncesinde, bakır çubuğun kendi rengi ince zımpara temizlenerek ortaya çıkarılır. Yakıtın korozyon etkisi arttıkça çubuğun rengi koyulaşmaktadır. Bakır çubuk 3 saat süreyle, 50°C sıcaklıkta biyodizel içerisinde bekletilmektedir. Bu sürenin sonunda bakır çubuğun üzerinde oluşan renk değişimi, standartlar ile karşılaştırılır. Standartlardaki renk değerleri ile karşılaştırılarak korozyon etkisi tayin edilmektedir.

Parlama noktası tayini

Parlama noktalarını tayini Koehler marka, K16200 model cihaz kullanılarak ASTM-93, EN ISO 3679 ve DIN 51758 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümde, parlama noktası ölçülecek olan yakıt cihazın haznesinde belirlenen seviyeye kadar doldurulmaktadır. Cihaz bu noktadan sonra ısıtılmaktadır. Sıcaklık seviyesi arttıkça başlangıçta 5'er °C aralıklarla; parlama noktası değerine yaklaştıkça yani sıcaklık seviyesi iyice arttıkça daha düşük aralıklarda ısıtılan yakıtın üzerinde alev gezdirilmektedir. Yakıtın yüzeyinde buhar oluşumunun gözlemlendiği sıcaklık seviyesi parlama noktası değeri olarak tayin edilmektedir.

Isıl değer tayini

Çalışmada üretilen ısıl değerin tespiti Ika C 200 marka adyabatik kalorimetre cihazı ile TS EN 590 ve DIN 51605 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde yakıtların ısıl değeri doğrudan “cal/g” cinsinden cihazın dijital panosundan okunarak ölçölmektedir.

Su muhtevası tayini

Biyodizellerin su muhtevası tayinleri Kem Kyoto Electronics MKC-501 marka dijital bir cihaz yardımı ile EN ISO 12937 standardına uygun olarak ‘ppm’ cinsinden yapılmıştır.

Bulutlanma, akma ve donma noktası tayini

Bulutlanma, akma ve donma noktası tayinleri, yakıtların soğukta akış özelliklerinin tespiti amacıyla yapılmaktadır. Söz konusu tayinlerin tümü Koehler marka, K 46000 model cihaz ile ASTM D 97 standardına göre belirlenmiştir. Cihazda bulunan numune test tüpünün içerisine konulan yakıt, soğutucu tarafından soğutulmaktadır. Soğutma süresi boyunca test tüpündeki yakıt gözlemlenmektedir.

Verim tayini

Biyodizel üretimi için kullanılacak olan hammaddenin ve süreç sonrasında elde edilen biyodizelin ağırlıklarının birbirine oranlanması ile verim değeri ‘%’ cinsinden tayin edilmektedir.

Katı madde (brix) ve kırılma indisi (nD ve nD20) tayini

Biyoyakıtların katı madde (brix), kırılma indisi (nD) ve 20°C sıcaklıktaki ölçömlere göre dönüştürölmüş kırılma indisi (nD20) Hanna, HI 96801 marka dijital bir refraktometre ile ölçölmüştür. Bu yöntemde elde edilen biyodizelden bir pastör pipet

yardımı ile bir kaç damla numune alınmakta ve cihazın ölçüm haznesine damlatılmaktadır. Cihaz spektroskopi yöntemi ile çalışmakta ve numune üzerinden ışık hüzmesi geçirerek yakıta ilişkin katı madde (brix) ve kırılma indisi (nD ve nD20) değerlerini otomatik olarak ölçmektedir. Katı madde ölçümleri ‘%’ cinsinden yapılmaktadır. Cihazın haznesi her ölçümden sonra özel bir solüsyon ile temizlenmektedir.

3.2.5. Uygulanan Deneme Deseni ve Veri Analizi

Bu çalışmada, kanola ve büyük baş hayvan (BBH) böbrek iç yağı olmak üzere kullanılan hammadde, NaOH ve KOH olmak üzere kostik çeşidi, kostik ve metanol miktarı baz alınarak 8 farklı deneme deseni 3 tekerrürlü olarak oluşturulmuştur. Kullanılan deneme deseni Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kanola ve BBH böbrek iç yağlarından biyodizel üretim deneme deseni

Kısaltma ismi	Metanol Miktarı (ml)	Kostik Çeşidi	Kostik Miktarı (g)
K1	200	NaOH	1,85
K2	150	NaOH	1,85
K3	200	NaOH	1,50
K4	150	NaOH	1,50
B1	200	KOH	1,85
B2	150	KOH	1,85
B3	200	KOH	1,50
B4	150	KOH	1,50

Kanola, BBH böbrek yağı, ve her iki materyalden elde edilen biyoyakıta ilişkin teknik özelliklerin ortalama değerleri, standart hata ve istatistiksel farklılıkları JMP 9.0 istatistik programında LSD analizi yapılarak tespit edilmiştir. Teknik özelliklerin birbiri ile olan pozitif ve negatif yönlü doğrusal ilişkileri tüm tekerrürler hesaba katılarak aynı istatistik programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Çalışmada belirlenmiş olan teknik özelliklerin ortalama değerlerinin birbiri ile olan doğrusal ($y=ax+b$) ve doğrusal olmayan ($y=ax^2+bx+c$) ilişkilerine yönelik matematiksel modeller ve kararlılık katsayısı (R^2) değerleri ise Microsoft Office Excel 2016 yazılımı kullanılarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, 200 ve 150 ml metanol ile 1,85 ve 1,50 g katalizör uygulaması kullanılarak hem BBH böbrek iç yağlarından hem de kanola yağlarından biyodizel elde edilmiştir. Elde edilen biyodizellere ilişkin sonuçlar kanola, böbrek yağı, kanola-böbrek yağı teknik özellikleri başlıkları altında üç grupta karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

4.1. Kanola Yağından (KY) Elde Edilen Biyodizelin Bazı Teknik Özellikleri

Bu çalışmada, 'Excalibur' çeşidi kanola tohumlarından kimyasal, soğuk ve sıcak pres olmak üzere toplam üç yöntem kullanılarak yağ ekstraksiyonu sağlanmıştır. Bu üç yöntemle gerçekleştirilen yağ ekstraksiyonuna ilişkin verim değerleri standart hata ve istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 4.1'de verilmiştir. Buna göre, yağ veriminin en yüksek olduğu sıcak presleme yönteminden kimyasal ekstraksiyona göre 1,30; soğuk presleme yöntemine göre ise 1,76 kat daha fazla yağ verimi alındığı saptanmıştır. Yağ verimleri arasındaki bu büyük farklılıklardan dolayı çalışmada yağ çıkartma işlemlerine sadece sıcak presleme yöntemi kullanılarak devam edilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı yöntemlerle ekstrakte edilmiş kanola tohumdan elde edilen yağ verimi değerleri

Ekstraksiyon yöntemi	Yağ verimi (%)**
Kimyasal ekstraksiyon	30,54 ± 1,01 ^b
Soğuk Presleme	22,67 ± 1,49 ^c
Sıcak Presleme	39,79 ± 2,00 ^a

**p<0.01, Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. ±SH, standart hata.

Çalışmada kullanılan K1, K2, K3 ve K4 yakıtının teknik özellikleri istatistiksel farkları ile birlikte karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelge 4.2'ye göre K1, K2, K3 ve K4 dozları arasında çalışmada belirlenen teknik özelliklerden pH ve su tayini istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı bulunurken; nD değerinin ise istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Diğer teknik özelliklerin tümünde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Buna göre, 6,11 ile en yüksek pH değerine sahip olan K4 dozu ile 5,42 ile en düşük pH değerine sahip olan K1 dozu

arasında %12,73'lük bir fark olduğu tespit edilmiştir. Su tayini açısından en yüksek düzeyde su içeren K4 (589,07 ppm) yakıtı ile en düşük düzeyde su içeren K2 (561,49 ppm) yakıtı arasında %4,91 değerinde bir farklılık olduğu saptanmıştır. Kırılma indisi (nD) açısından en iyi doz olan K2 ile en kötü doz olan K3 arasında %0,04 düzeyinde bir fark olduğu bulunmuştur.

Ayrıca Çizelge 4.2'de metanol ve kostik miktarının teknik özellikler üzerine olan etkisi de istatistiksel farkları ile birlikte belirtilmiştir. Çizelge 4.2'ye göre, metanol oranı ile pH değeri arasında %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Buna göre, 150 ml metanol uygulamasında belirlenen ortalama pH değeri 200 ml metanol uygulamasında belirlenen pH değerinden yaklaşık olarak %2,27 oranında daha yüksek bulunmuştur. Buna göre, metanol içeriğinin artması pH oranının azalmasına neden olmuştur. Ayrıca Çizelge 4.2'ye göre, katalizör olarak kullanılan kostik oranı ile pH, ısı değer ve nD arasında %1 düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenirken; bulutlanma noktası, akma noktası ve brix arasında ise %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır. Buna göre, kostik oranının artması ile pH değerinin yaklaşık olarak %10 düzeyinde azaldığı tespit edilmiştir. Öte yandan, ısı değer ile kostik düzeyi arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu saptanmış olup kostik oranının 1,50 g değerinden 1,85 g değerine çıkarılması ile ısı değerinin %2,78 oranında arttığı belirlenmiştir. Benzer şekilde kostik oranının artması ile nD ve brix değerleri arasında da ısı değere benzer şekilde pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Katalizör olarak kullanılan kostik miktarının artması ile bulutlanma noktasının %23,57 oranında azaldığı yani kostik oranı ile bulutlanma noktası arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın akma noktasının kullanılan kostik düzeyinin artması ile %6,86 oranında azaldığı da bu çalışma kapsamında belirlenmiştir.

Koutsouki ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları "Kanoladan Biyodizel Üretimi İçin Klasik ve Geleneksel Transesterifikasyon Yöntemlerinde Direk Sonikasyon Uygulamasının Etkisi" adlı çalışmada ses dalgalarıyla kabukları parçalanan kanola yağlarından elde edilen biyodizelin bazı teknik özelliklerini belirlemiştir. Buna göre verim değerinin %97,4; kinematik viskozitenin $4,6 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$; parlama noktasının 120°C ; $0,882 \text{ g cm}^{-3}$; su içeriğinin 400 ppm; bulutlanma noktasının -2°C ve akma noktasının ise

-6°C olduğu tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda bulunan değerlerin ise sırasıyla %100, 4,48 mm² s⁻¹; >190°C; 0.8847 g cm⁻³; 561,49 ppm; -1,83°C ve -12,20°C olduğu görülmektedir. Buna göre, söz konusu çalışmada bulunan yoğunluk ve bulutlanma noktası değerleri ile bizim çalışmamızın paralellik arz ettiği ve standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir. Verim, kinematik viskozite, parlama noktası ve akma noktası değerlerinin diğer çalışmaya oranla bizim çalışmamızda daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak su muhtevası açısından söz konusu çalışma bizim çalışmamıza oranla yaklaşık olarak 162 ppm daha az miktarda su içermektedir. Çalışmamızda bulunan su içeriği değerinin standartlara uygun hale getirmesi için buharlaştırma işlemi yapılarak içerisinde bulunan su miktarının düşürülmesi gerekmektedir.

Issariyakul ve arkadaşlarının 2008 yılında yaptığı “Kanola ve Atık Yemek Yağları Karıştırılarak Biyodizel Üretimi” adlı çalışmasında alkol olarak hem metanol hem de etanol kullanılmıştır. Metanolün kullanıldığı denemelerde kanola ve atık yemek yağı biyodizellerinde kinematik viskozite değeri sırasıyla 4,9 mm²s⁻¹ ile 4,4 mm²s⁻¹; su içeriği ise 290 ppm ile 480 ppm olarak bulunmuştur. Her iki yağ çeşidinden elde edilen yakıt için ısıl değerin 40,3 MJ kg⁻¹ ve yoğunluğun 0,86 g cm⁻³ olduğu tespit edilmiştir. Etanolün kullanıldığı denemelerde ise kanola ve atık yemek yağından elde edilen yakıtlar için viskozitenin 8,8 mm²s⁻¹ ile 4,9 mm²s⁻¹; su içeriğinin 720 ppm ile 420 ppm; ısıl değerin 39,3 MJ kg⁻¹ ile 40,3 MJ kg⁻¹ ve yoğunluğun 0,86 g cm⁻³ ile 0,87 g cm⁻³ olduğu saptanmıştır. Söz konusu çalışmada, metanol ile elde edilen kanola ve atık yemek yağı biyodizellerindeki su muhtevası değerinin, bizim çalışmamızda saptanan su muhtevası değerinden sırasıyla %93,45 ve %16,88 oranında daha az olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.2. Kanola yağından elde edilen biyodizelin bazı teknik özellikleri

<i>MM</i>	<i>Özgül Ağırlık</i>	<i>pH*</i>	<i>Viskozite</i>	<i>Bakır</i>	<i>Parlama</i>	<i>Su Tayini</i>	<i>Isıl Değer</i>	<i>Bulut Noktası</i>	<i>Akma</i>	<i>Donma</i>	<i>Brix^{öd}</i>	<i>nD^{öd}</i>	<i>nD20^{öd}</i>	<i>Verim</i>
<i>(ml)</i>	<i>(g/cm³)^{öd}</i>		<i>0,8849</i>	<i>Korozyon</i>	<i>Noktası</i>	<i>(ppm)^{öd}</i>	<i>(kj/kg)^{öd}</i>	<i>(°C)^{öd}</i>	<i>Noktası</i>	<i>Noktası</i>				<i>(%)^{öd}</i>
			<i>(mm²/s)^{öd}</i>	<i>öd</i>	<i>(°C)^{öd}</i>				<i>(°C)^{öd}</i>	<i>(°C)^{öd}</i>				
200	0,8848±0,0001	5,72±0,13 ^b	4,51±0,01	1a±0,00	>190±0,00	573,59±21,64	39426,83±264,35	-1,62±0,13	-11,77±0,25	-14,25±0,13	65,82±0,04	1,4542±0,0001	1,4554±0,0001	97,08±1,32
150	0,8853±0,0004	5,85±0,12 ^a	4,51±0,03	1a±0,00	>190±0,00	575,28±13,97	39772,67±280,62	-1,52±0,10	-11,75±0,21	-14,33±0,12	65,85±0,05	1,4542±0,0002	1,4555±0,0001	98,33±1,67
<i>KM</i>	<i>Özgül Ağırlık</i>	<i>pH**</i>	<i>Viskozite</i>	<i>Bakır</i>	<i>Parlama</i>	<i>Su Tayini</i>	<i>Isıl Değer</i>	<i>Bulut Noktası</i>	<i>Akma</i>	<i>Donma</i>	<i>Brix*</i>	<i>nD**</i>	<i>nD20^{öd}</i>	<i>Verim</i>
<i>(g)</i>	<i>(g/cm³)^{öd}</i>		<i>0,8849</i>	<i>Korozyon</i>	<i>Noktası</i>	<i>(ppm)^{öd}</i>	<i>(kj/kg)**</i>	<i>(°C)*</i>	<i>Noktası</i>	<i>Noktası</i>				<i>(%)^{öd}</i>
			<i>(mm²/s)^{öd}</i>	<i>öd</i>	<i>(°C)^{öd}</i>				<i>(°C)*</i>	<i>(°C)^{öd}</i>				
1,85	0,8851±0,0004	5,51±0,05 ^b	4,53±0,02	1a±0,00	>190±0,00	572,51±22,40	40143,33±190,13 ^a	-1,73±0,12 ^a	-11,37±0,20 ^a	-14,33±0,17	65,90±0,05 ^a	1,4544±0,0001 ^a	1,4556±0,0001	96,46±1,72
1,50	0,8850±0,0002	6,06±0,03 ^a	4,48±0,00	1a±0,00	>190±0,00	576,36±12,66	39056,17±79,04 ^b	-1,40±0,04 ^b	-12,15±0,08 ^b	-14,25±0,06	65,77±0,02 ^b	1,4540±0,0000 ^b	1,4553±0,0001	98,96±1,04
<i>Yöntem</i>	<i>Özgül Ağırlık</i>	<i>pH**</i>	<i>Viskozite</i>	<i>Bakır</i>	<i>Parlama</i>	<i>Su Tayini</i>	<i>Isıl Değer</i>	<i>Bulut Noktası</i>	<i>Akma</i>	<i>Donma</i>	<i>Brix^{öd}</i>	<i>nD*</i>	<i>nD20^{öd}</i>	<i>Verim</i>
	<i>(g/cm³)^{öd}</i>		<i>0,8849</i>	<i>Korozyon</i>	<i>Noktası</i>	<i>(ppm)**</i>	<i>(kj/kg)^{öd}</i>	<i>(°C)^{öd}</i>	<i>Noktası</i>	<i>Noktası</i>				<i>(%)^{öd}</i>
			<i>(mm²/s)^{öd}</i>	<i>öd</i>	<i>(°C)^{öd}</i>				<i>(°C)^{öd}</i>	<i>(°C)^{öd}</i>				
K1	0,8849±0,0002	5,42±0,06 ^c	4,53±0,01	1a±0,00	>190±0,00	583,53±46,53 ^a	39937,67±281,51	-1,83±0,17	-11,33±0,33	-14,27±0,27	65,90±0,00	1,4544±0,0000 ^{ab}	1,4555±0,0000	96,25±1,91
K2	0,8853±0,0008	5,59±0,03 ^b	4,53±0,05	1a±0,00	>190±0,00	561,49±14,95 ^a	40349,00±243,33	-1,63±0,19	-11,40±0,31	-14,40±0,26	65,90±0,10	1,4545±0,0003 ^a	1,4556±0,0003	96,67±3,33
K3	0,8847±0,0002	6,01±0,02 ^a	4,48±0,00	1a±0,00	>190±0,00	563,65±8,79 ^b	38916,00±96,02	-1,40±0,06	-12,20±0,15	-14,23±0,12	65,73±0,03	1,4539±0,0001 ^c	1,4552±0,0001	97,92±2,08
K4	0,8853±0,0001	6,11±0,06 ^a	4,48±0,00	1a±0,00	>190±0,00	589,07±23,71 ^b	39196,33±48,70	-1,40±0,06	-12,10±0,06	-14,27±0,07	65,80±0,00	1,4540±0,0000 ^{bc}	1,4554±0,0000	100,00±0,00

MM, metanol miktarı (ml); KM, kostik miktarı (g); ±SH, standart hata.

**p<0.01, * p<0.05, öd, önemli değil; Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir.

Özsezen ve Çanakçı'nın 2009 yılında yaptığı "Atık Palmiye ve Kanola Yağı Metil Esterlerinin Kullanıldığı Direkt Püskürtmeli Bir Dizel Motorda Performans ve Yanma" adlı çalışmada elde edilen biyodizellerin bazı teknik özellikleri incelenmiştir. Çalışmaya göre atık palmiye yağının ısı değeri $38,73 \text{ MJ kg}^{-1}$, parlama noktası $70,6^\circ\text{C}$, yoğunluğu $0,875 \text{ g cm}^{-3}$ ve kinematik viskozitesi ise $4,401 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ şeklindedir. Kanola yağının söz konusu değerleri ise sırasıyla 39 MJ kg^{-1} , 176°C , $0,8832 \text{ g cm}^{-3}$ ve $4,491 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Yoğunluk ve kinematik viskozite açısından söz konusu çalışmada elde edilen veriler, bizim çalışmamızdaki benzer bulgular ile paralellik göstermektedir. Isıl değer ve parlama noktası açısından ise bizim çalışmamızın değerleri standartlara daha uygun bulunmuştur.

Correia ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptığı "Kanola ve Ayçiçeği Yağlarından Biyodizel Üretimi için Öncü Katalizör Olan Dolomit Taşının Niteliği ve Kullanımı" adlı çalışmada hem kanola hem de ayçiçeğinden elde edilen biyodizelin bazı teknik özelliklerini belirlemiştir. Kanola yağından elde edilen yakıtın kinematik viskozitesi $4,57 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, su muhtevası 150 ppm ve verimi %98,81 olarak ölçülmüştür. Buna karşın ayçiçek yağından üretilen biyodizelin teknik özellikleri ise sırasıyla $4,66 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, 280 ppm ve %96,52 olarak tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda, kinematik viskozite ve verim değerleri söz konusu çalışmaya kıyasla standartlara daha uygun bulunmuş olup, su içeriğinin ise standartların oldukça üstünde olduğu belirlenmiştir. Su içeriği düşürmek için titrasyon ve buharlaştırma işlemlerin uygulanması gerekmektedir.

Keskin ve arkadaşlarının 2007 yılında yaptığı "Tall Yağı Biyodizelinin Dizel Yakıtı ile %90 Oranındaki Karışımının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak İncelenmesi" adlı çalışmada kağıt fabrikalarında üretim esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan Tall yağından biyodizel üretmiş ve bu yakıtla ilişkin yoğunluğun $0,883 \text{ g cm}^{-3}$, ısı değerin 40023 kJ kg^{-1} , akma noktasının -6°C , bulutlanma noktasının 0°C , parlama noktasının 111°C ve kinematik viskozitesinin $6,7 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ olduğunu belirlenmiştir. Söz konusu çalışma ve bizim çalışmamızda yoğunluk değerleri paralellik göstermiş olup; bizim çalışmamızda üretilen biyodizelin ısı değeri, akma noktası, bulutlanma noktası, parlama noktası ve kinematik viskozite değerlerinin sırasıyla %0,81; %2,03; %45,75; %71,17 ve %49,55 oranında biyodizel standartlarına daha uygun olduğu görülmüştür.

Behçet ve ark. 2012 yılında “Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağlardan Üretilen Biyodizellerin Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması” adlı çalışmada üretilen biyodizellerin bazı teknik özelliklerini incelemiştir. Bitkisel ve hayvansal atık yağların karışımından üretilen biyoyakıtın yoğunluğu $0,897 \text{ g cm}^{-3}$, kinematik viskozitesi $6,1 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, parlama noktası 128°C ve ısı değeri 39340 kJ kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamızın yoğunluk, kinematik viskozite, parlama noktası ve ısı değerin söz konusun çalışmaya oranla standartlara daha uygun olduğu saptanmıştır.

Gülüm ve ark. 2015 yılında yaptığı “Sodyum Hidroksit (NaOH) ve Potasyum Hidroksit (KOH) Kullanılarak Üretilen Mısır Yağı Biyodizellerinin Optimum Reaksiyon Parametrelerinin Karşılaştırılması” adlı çalışmada sodyum hidroksit katalizörlüğünde mısır yağından elde ettikleri yakıtın yoğunluğunu $0,877 \text{ g cm}^{-3}$, kinematik viskozitesini $4,095 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, parlama noktasını 169°C , bulutlanma noktasını -5°C ve ısı değerini 39930 kJ kg^{-1} olarak saptamıştır. Potasyum hidroksit katalizörlüğünde üretilen biyodizelin teknik özellikleri ise sırasıyla $0,878 \text{ g cm}^{-3}$, $4,005 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, 171°C , -4°C ve 39947 kJ kg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda belirlenen yoğunluk değeri söz konusu çalışma ile paralellik arz etmektedir. Kinematik viskozite ve bulutlanma noktası ise söz konusu çalışmada daha düşük yani standartlara daha uygun çıkmıştır. çıkmıştır. Buna karşın, parlama noktası ve ısı değeri ise bizim çalışmamızda standartlarına daha uygun olarak ölçülmüştür.

Abdülvahitoğlu ve Tüccar (2017) yaptıkları Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Karpuz Çekirdeği Biyodizelinin Değerlendirilmesi” adlı çalışmada karpuz çekirdeğinden elde edilen biyodizelin yoğunluğunu $0,884 \text{ g cm}^{-3}$, akma noktasını -1°C , kinematik viskoziteni $4,25 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, ısı değeri 9013 kJ kg^{-1} ve parlama noktasının 169°C olarak tespit etmiştir. Bizim çalışmamızda yoğunluk, kinematik viskozite ve akma noktası söz konusu çalışmada elde edilen benzer değerlere paralellik göstermektedir. Ancak, ısı değeri ve parlama noktası değerlerinin bizim çalışmamızda standartlara daha uygun olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3. Kanola yağından elde edilen biyodizele ilişkin bazı teknik özellikler arasındaki negatif ve pozitif yönlü ilişkiler matrisi

	γ	pH	V_k	SM	ID	BN	AN	DN	$Brix$	nD	$nD20$	μ
γ	1,0000	0,1149	-0,3589	0,0047	0,1031	0,3512	0,1742	-0,6541	0,7522	0,6437	0,8877	0,5150
pH	0,1149	1,0000	-0,5910	-0,0382	-0,7110	0,7555	-0,7558	-0,0414	-0,5412	-0,6684	-0,3200	0,4563
V_k	-0,3589	-0,5910	1,0000	-0,2808	0,3922	-0,2822	0,1611	0,1860	0,1026	0,2061	-0,0670	-0,7836
SM	0,0047	-0,0382	-0,2808	1,0000	-0,2172	-0,1510	0,0235	0,1708	-0,0284	-0,0795	-0,0589	0,1419
ID	0,1031	-0,7110	0,3922	-0,2172	1,0000	-0,5694	0,6292	-0,1473	0,5492	0,6494	0,3924	-0,0888
BN	0,3512	0,7555	-0,2822	-0,1510	-0,5694	1,0000	-0,7083	-0,5353	-0,2294	-0,3055	-0,0289	0,2391
AN	0,1742	-0,7558	0,1611	0,0235	0,6292	-0,7083	1,0000	-0,0136	0,6443	0,7307	0,5271	-0,1865
DN	-0,6541	-0,0414	0,1860	0,1708	-0,1473	-0,5353	-0,0136	1,0000	-0,4662	-0,4783	-0,5466	-0,3558
$Brix$	0,7522	-0,5412	0,1026	-0,0284	0,5492	-0,2294	0,6443	-0,4662	1,0000	0,9701	0,9594	0,0989
nD	0,6437	-0,6684	0,2061	-0,0795	0,6494	-0,3055	0,7307	-0,4783	0,9701	1,0000	0,9096	0,0016
$nD20$	0,8877	-0,3200	-0,0670	-0,0589	0,3924	-0,0289	0,5271	-0,5466	0,9594	0,9096	1,0000	0,2508
μ	0,5150	0,4563	-0,7836	0,1419	-0,0888	0,2391	-0,1865	-0,3558	0,0989	0,0016	0,2508	1,0000

γ : özgül ağırlık, pH : asitlik- bazlık oranı, V_k : viskozite, SM : su muhtevası, ID : ısııl değer, BN : bulutlanma noktası, AN : akma noktası, DN : donma noktası, $Brix$: numune içeriğindeki katı madde miktarı, nD : biyodizelin kırılma indisi, $nD20$: biyodizelin kırılma indisinin 20°C’de ve sarı sodyum ışındaki değeri, μ : verim.

Kanola yağından elde edilen biyodizelin teknik özellikleri arasındaki negatif ve pozitif yönlü doğrusal ilişkiler Çizelge 4.3’de verilmiştir. Buna göre; kırmızı renkle belirtilen değerler pozitif yönlü ilişkileri, mavi renkle belirtilen değerler ise negatif yönlü ilişkileri ifade etmektedir. Tüm doğrusal analizler içerisinde, ilişki oranı %50’nin üzerinde bulunan değerler önemli olarak kabul edilmiştir. Çizelge 4.3’e göre, kanola yağından elde edilen biyodizelin özgül ağırlık değerinin nD, brix ve verim ile olan pozitif yönlü ilişkisinin sırayla %64,37, %75,22 ve %51,50 düzeyinde olduğu görülmektedir. Buna göre, özgül ağırlığın artması ile yakıtın katı madde içeriği ve kırılma indisi değerlerinin de artacağı saptanmıştır. Buna karşın, özgül ağırlığın donma noktası değeri ile %65,41 düzeyinde negatif yönlü doğrusal bir ilişkisinin olduğu görülmüştür. Söz konusu çizelgeye göre, pH değerinin viskozite, ısıl değer, akma noktası, brix ve nD özellikleriyle negatif yönlü ve sırasıyla %59,10, %71,10, %75,58, %54,12 ve %66,84 düzeyinde ilişkileri olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, pH ile bulutlanma noktası arasında pozitif yönlü %75,55 düzeyinde bir ilişki olduğu görülmüştür.

Viskozite değerinin sadece verim değeriyle %78,36 düzeyinde negatif yönde ilişkisi olduğu saptanmıştır. Buradan, zaten biyodizelde istenen bir özellik olan viskozitenin düşük olması ile verimde bir artış elde edilebileceği yorumu yapılabilmektedir.

Isıl değer, akma noktası, brix ve nD ile sırasıyla %62,92, %54,92 ve %64,94 düzeyinde pozitif yönlü ilişkisinin olduğu gözlenmektedir. Buna karşın, ısıl değer, bulutlanma noktası ile %56,94 düzeyinde negatif yönlü ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Akma noktası değerinin, brix ve nD20 değerleri ile sırasıyla %64,43 ve %52,1 düzeyinde pozitif yönlü ilişkilerinin olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, kanola yağında üretilen biyodizelle ilişkin su muhtevası değerinin, diğer teknik özellikler ile anlamlı düzeyde bir ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Kanola yağlarından elde edilen biyodizellerin teknik özelliklerin birbirleriyle olan doğrusal (lineer) ve doğrusal olmayan (non-lineer) ilişkileri, ilişkiler arasındaki kararlılık katsayıları, matematiksel modelleri ve ortalamaların standart sapmaları ile birlikte Şekil 4.1 ve Şekil 4.15 arasında verilmiştir.

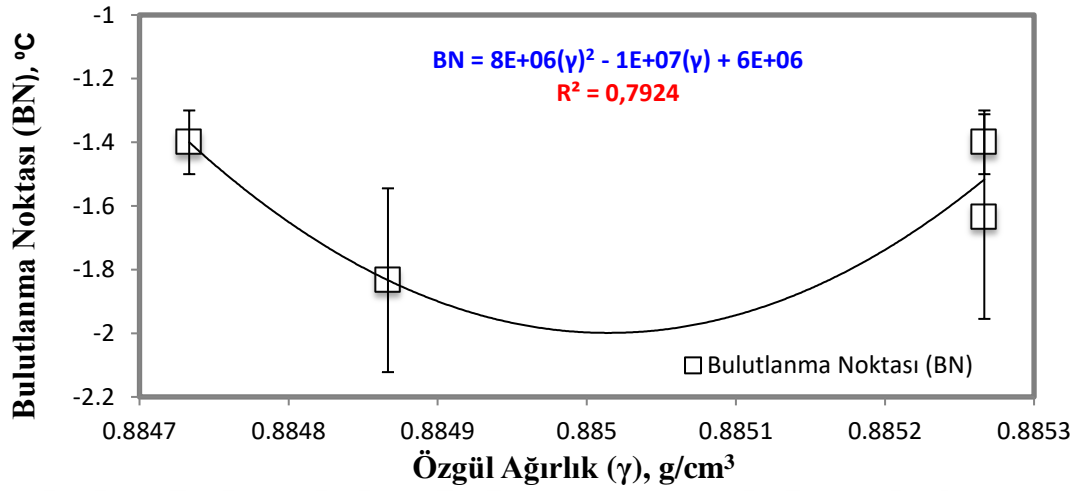
Kanola yağı biyodizeli özgül ağırlığının bulutlanma noktası ile olan ilişkisi Şekil 4.1'de; brix ve nD ile olan ilişkisi ise Şekil 4.2'de sırasıyla %79,24, %75 ve %54,79 kararlılık katsayıları ile birlikte verilmiştir. Söz konusu ilişkilerin tümü non-lineer bulunmuştur.

Kanola yağlarından elde edilen biyodizelle ilişkin pH değerinin, ısıl değer ve kinematik viskoziteyle non-lineer ilişkileri Şekil 4.3'de; akma ve bulutlanma noktası ile olan non-lineer ve donma noktasıyla olan lineer ilişkileri Şekil 4.4'de; brix ve nD ile olan non-lineer ilişkileri Şekil 4.5'de ve verimle olan ilişkisi ise Şekil 4.6'da sırasıyla %74,08, %95,78, %93,13, %94,53, %100, %75,87, %84,16 ve %84,43 kararlılık katsayısı değerleriyle birlikte verilmiştir. Buna karşın, kinematik viskozite değerinin verim ile olan lineer ilişkisi ise %74,11 kararlılık katsayısı değeri ile beraber Şekil 4.7'de verilmiştir.

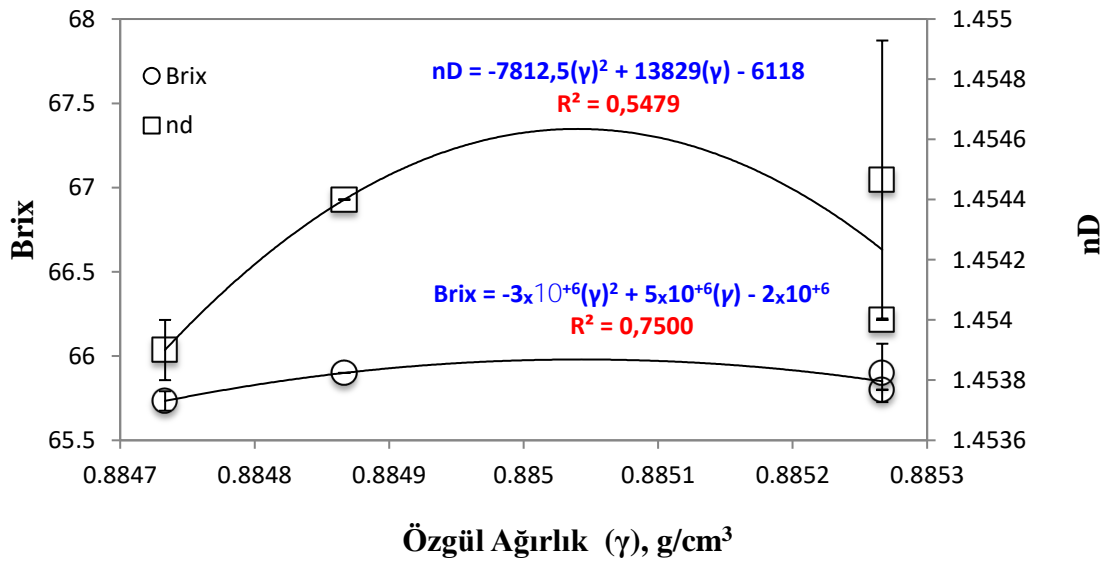
Isıl değer; bulutlanma, akma ve donma noktasıyla olan non-lineer ilişkileri Şekil 4.8'de sırasıyla %76,64, %93,67 ve %86,89; brix ve nD ile olan non-lineer ilişkileri Şekil 4.9'da sırasıyla %97,31 ve %91,16 kararlılık katsayılarıyla birlikte gösterilmiştir.

Kanola yağlarından üretilen biyodizellerin bulutlanma noktası değerinin, akma noktası ile doğrusal ve donma noktası ile doğrusal olmayan ilişkileri ise sırasıyla 0,8809 ve 0,9661 düzeyindeki R^2 değeri ile birlikte Şekil 4.10'da verilmiştir. Ayrıca, çalışmada kanola yağından üretilen biyodizellerin akma noktası değerinin, brix ve nD ile olan lineer ilişkileri sırasıyla %93,55 ve %97,29 kararlılık katsayılarıyla birlikte Şekil 4.11'de; verimle olan non-lineer ilişkisi ise %92,07 kararlılık katsayısıyla Şekil 4.12'de sunulmuştur.

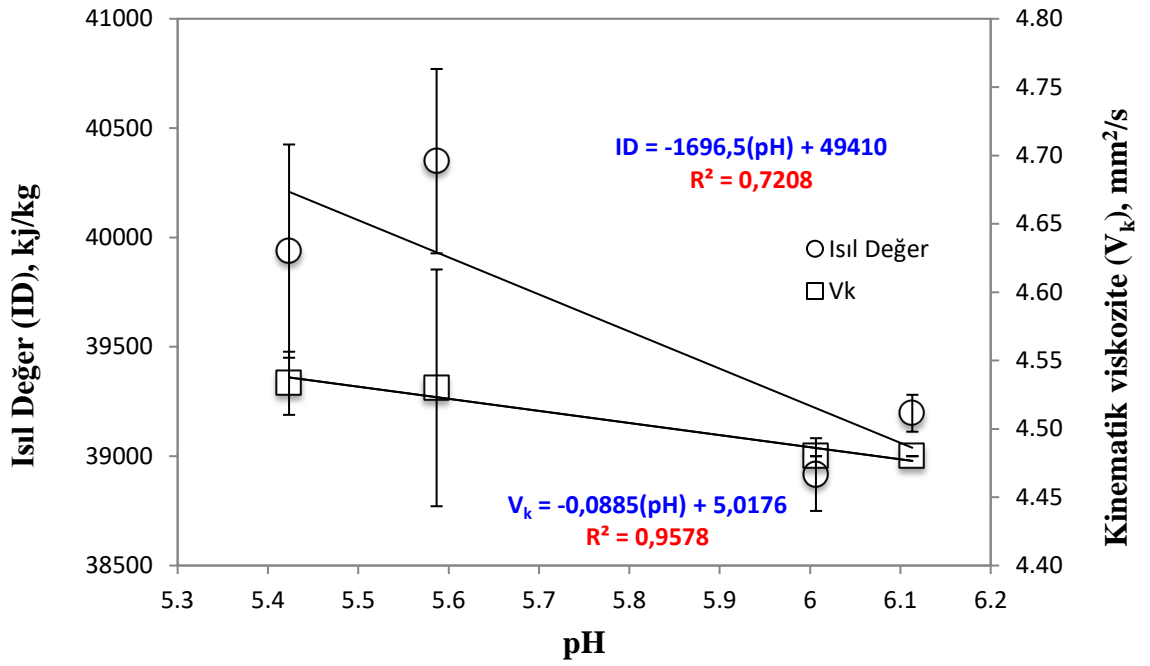
Donma noktasının brix ve nD ile olan non-linear ilişkisi Şekil 4.13'te sırasıyla %75 ve %66,78 kararlılık katsayılarıyla birlikte verilmiştir. Benzer şekilde kanola yağından üretilen biyodizelin brix değerinin, verimle olan %98,98 düzeyindeki kararlılık katsayısına sahip non-linear ilişkisi ve nD değeri ile olan %95,37 düzeyinde kararlılık katsayısına sahip lineer ilişkisi ise Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında, nD değerinin verimle olan non-linear ilişkisi de %75,09 kararlılık katsayısı değeri ile birlikte Şekil 4.15'te sunulmuştur.



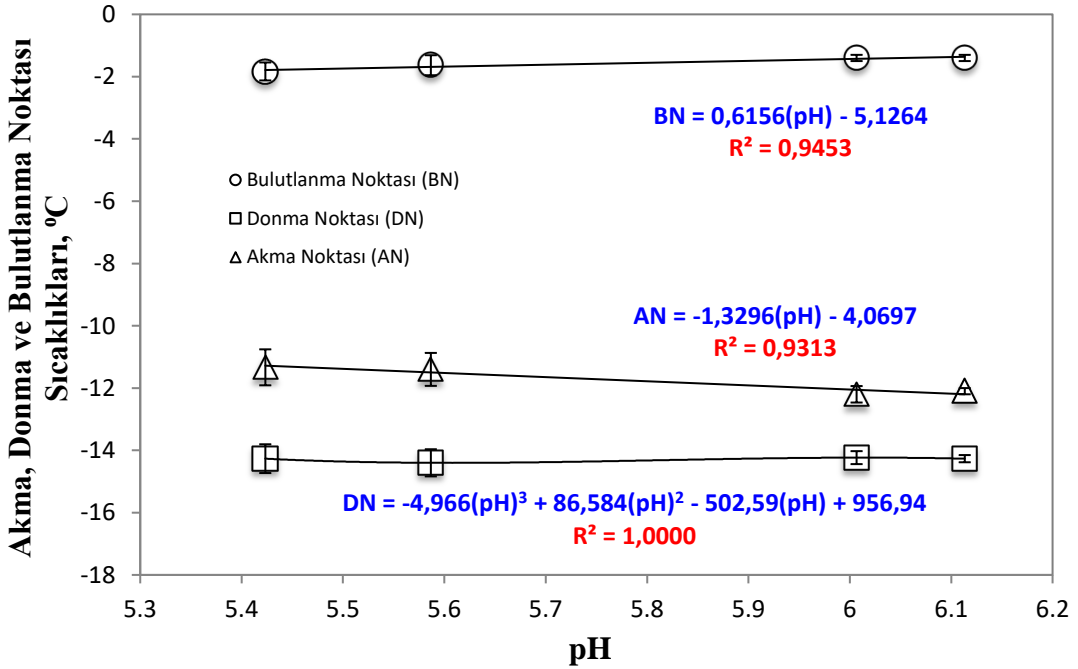
Şekil 4.1. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi



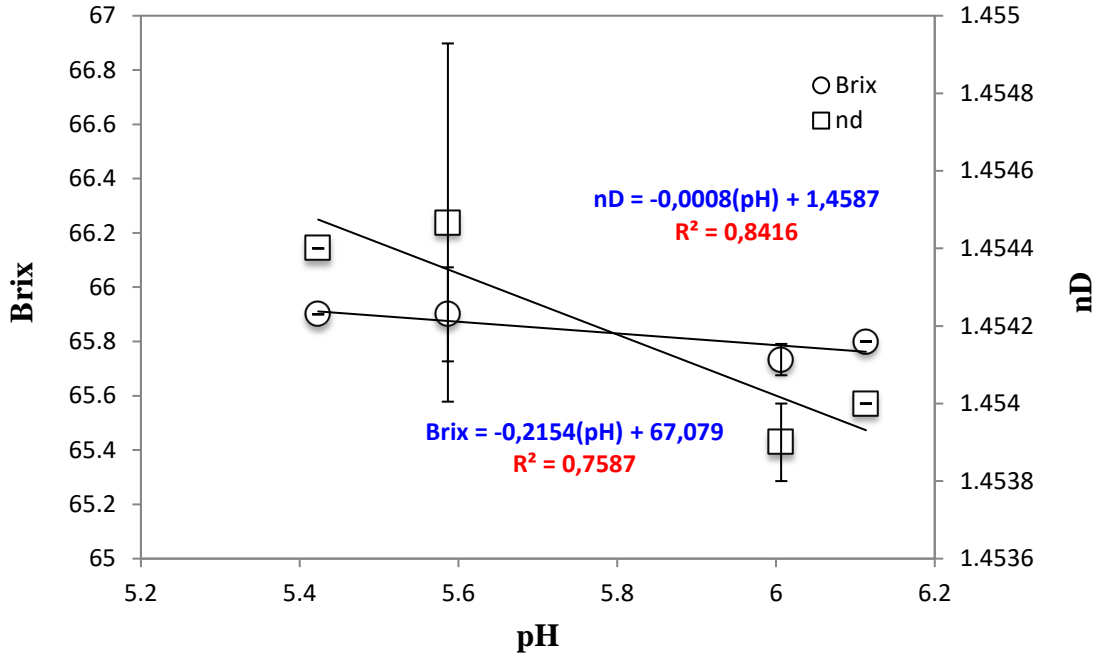
Şekil 4.2. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



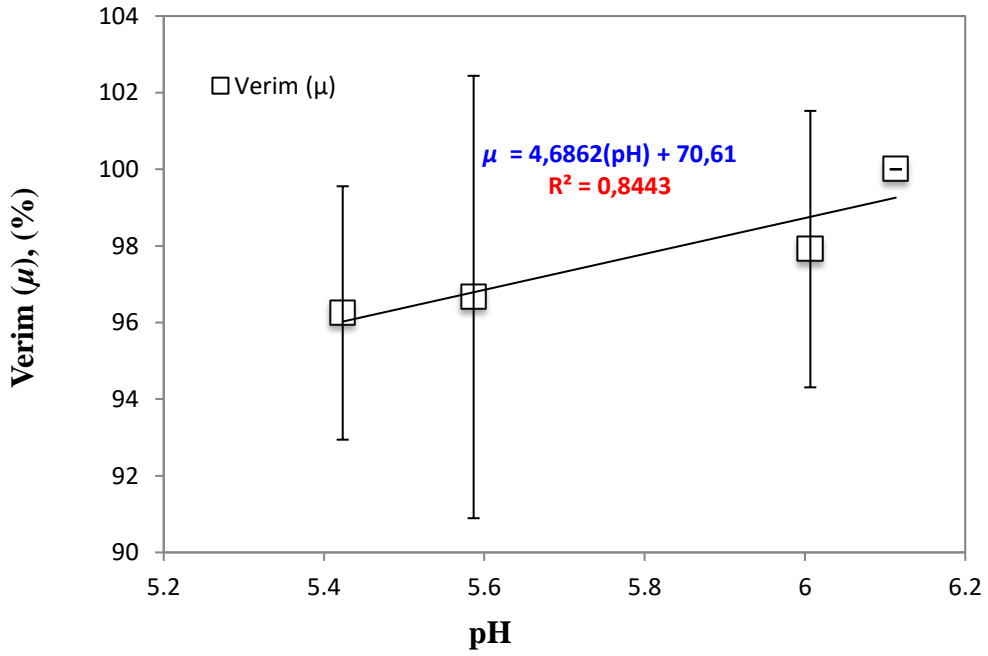
Şekil 4.3. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Isıl Değer (ID) ve Kinematik Viskozite (V_k) ile ilişkisi



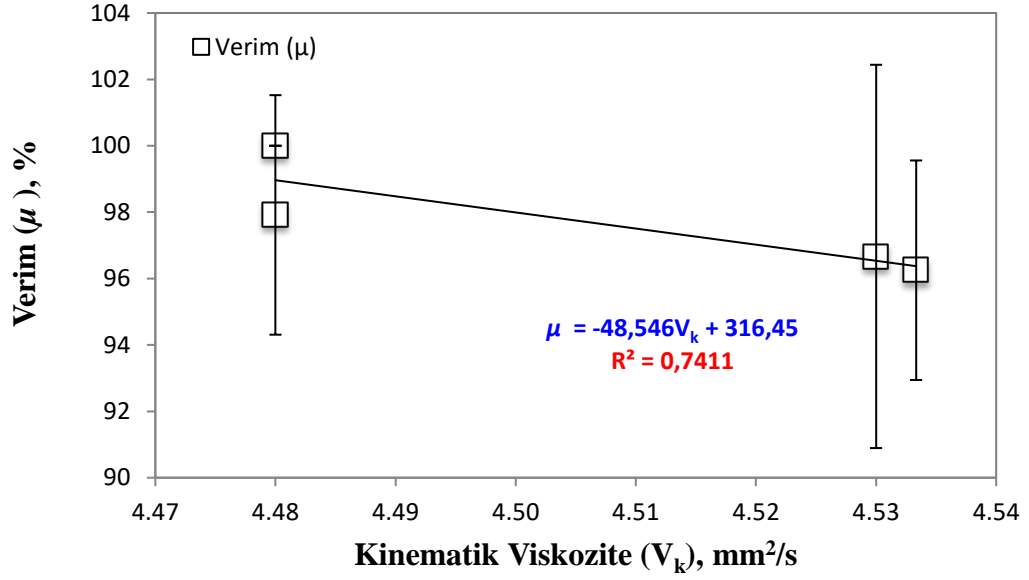
Şekil 4.4. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Akma Noktası (AN), Donma Noktası (DN) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi



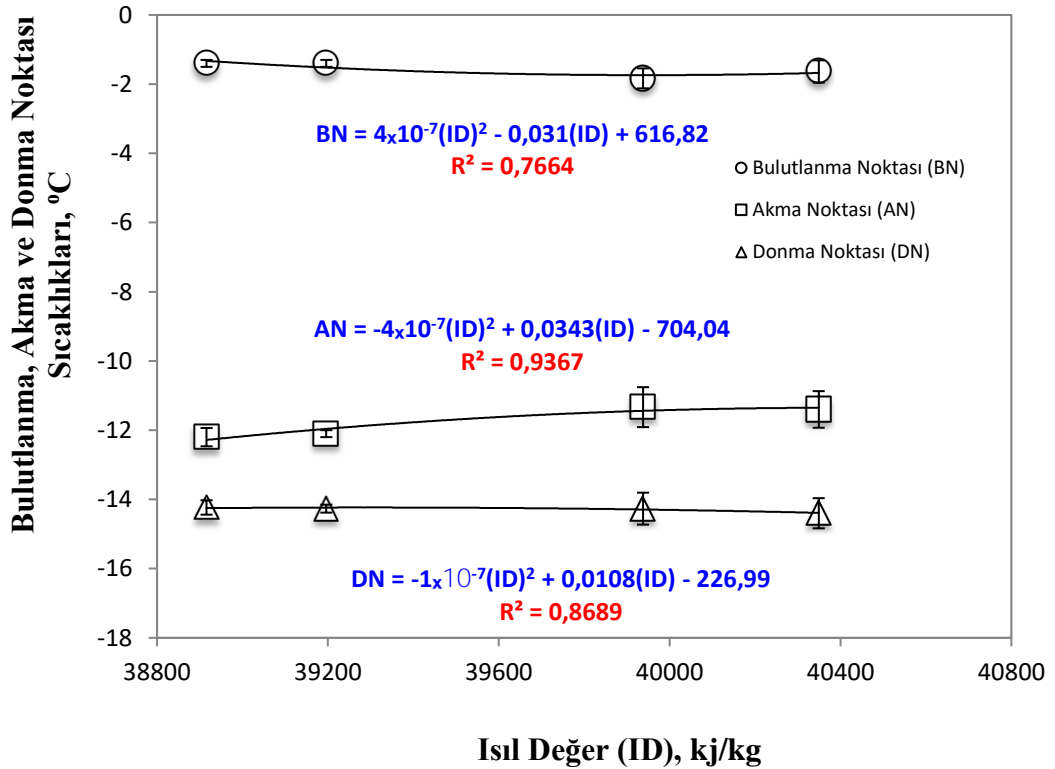
Şekil 4.5. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



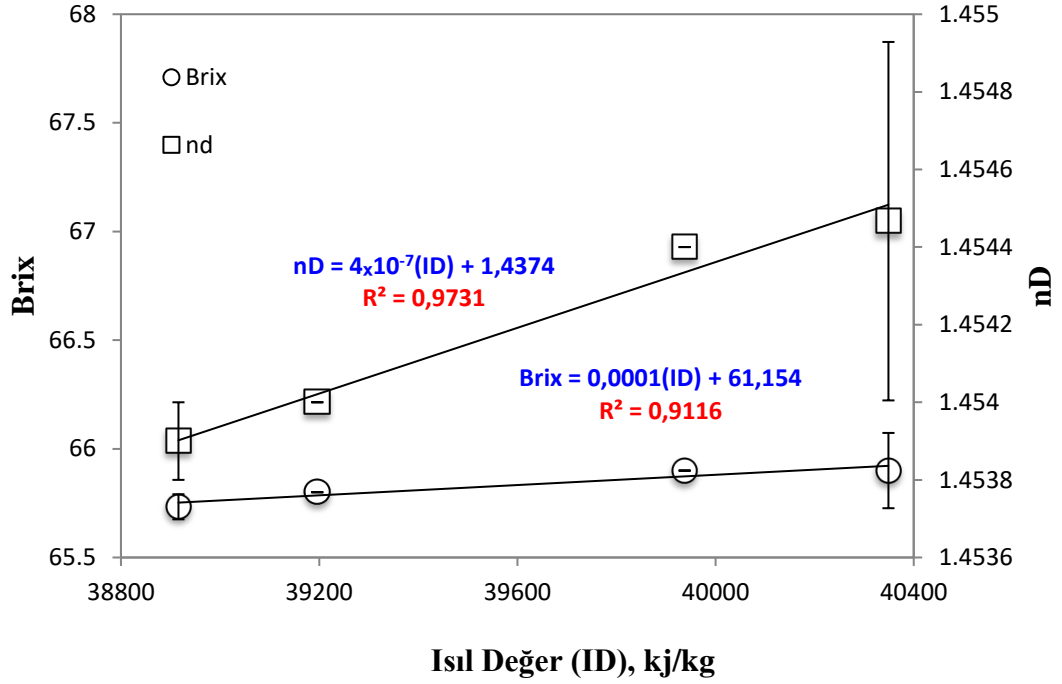
Şekil 4.6. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Verim (μ) ile ilişkisi



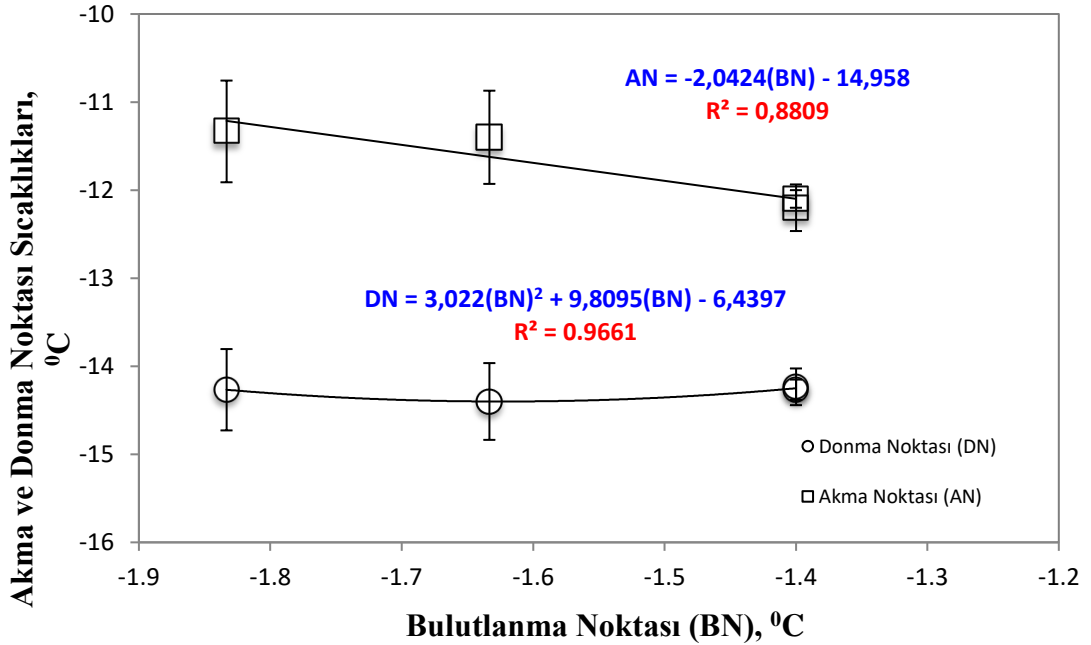
Şekil 4.7. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Verim (μ) değerinin Kinematik Viskozite (V_k) ile ilişkisi



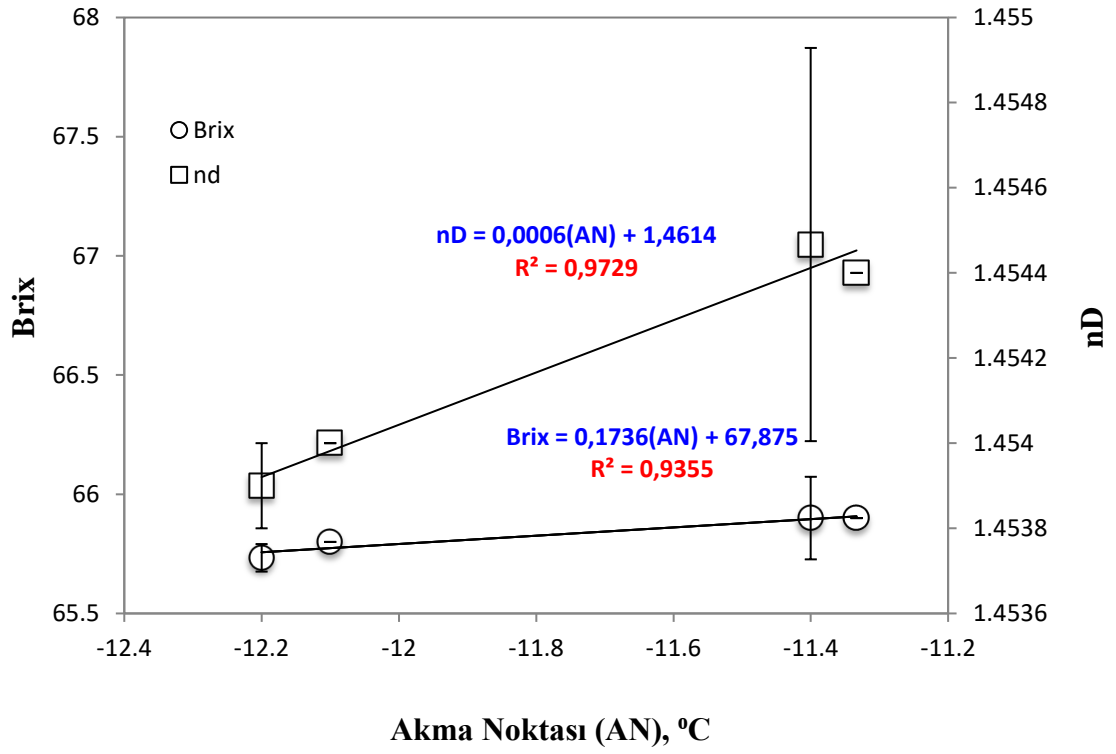
Şekil 4.8. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Akma Noktası (AN), Donma Noktası (DN) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi



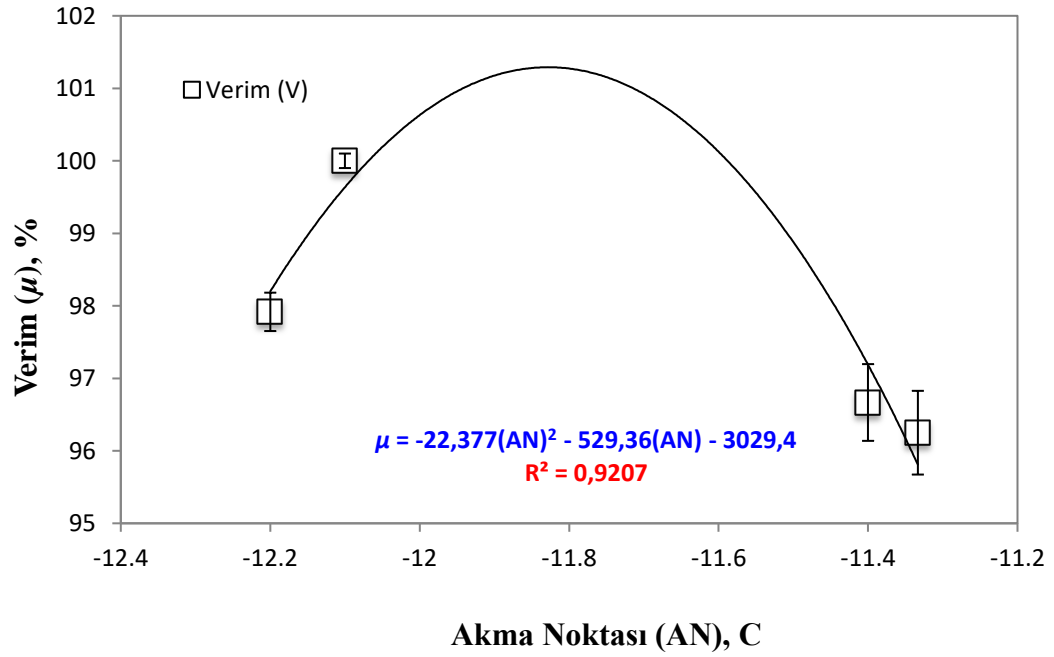
Şekil 4.9. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Brix ve nD ile ilişkisi



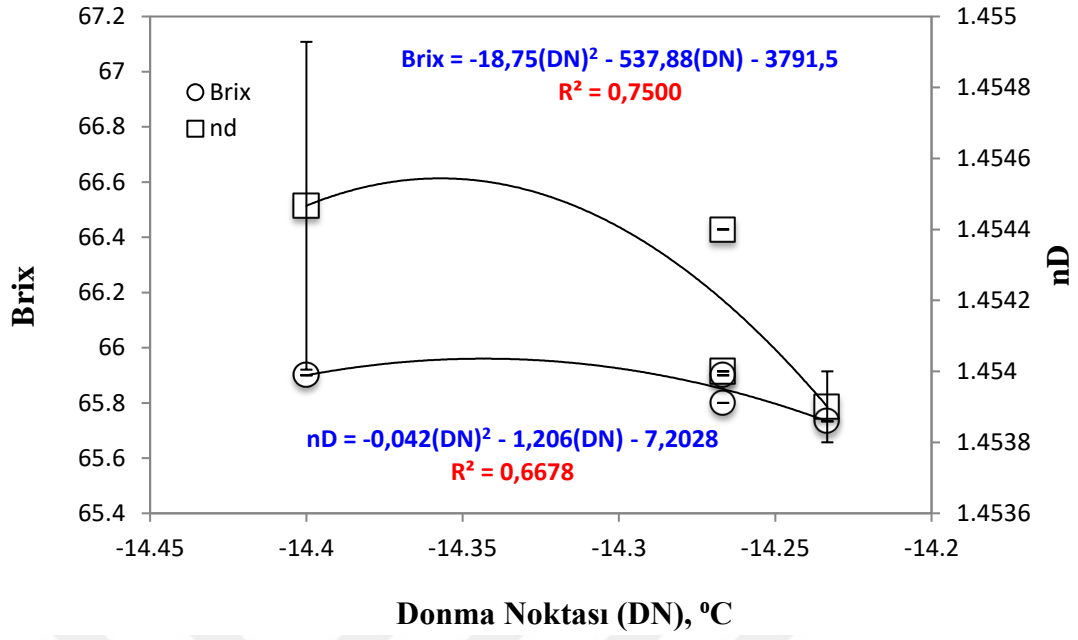
Şekil 4.10. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktası (BN) değerinin Akma Noktası (AN) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi



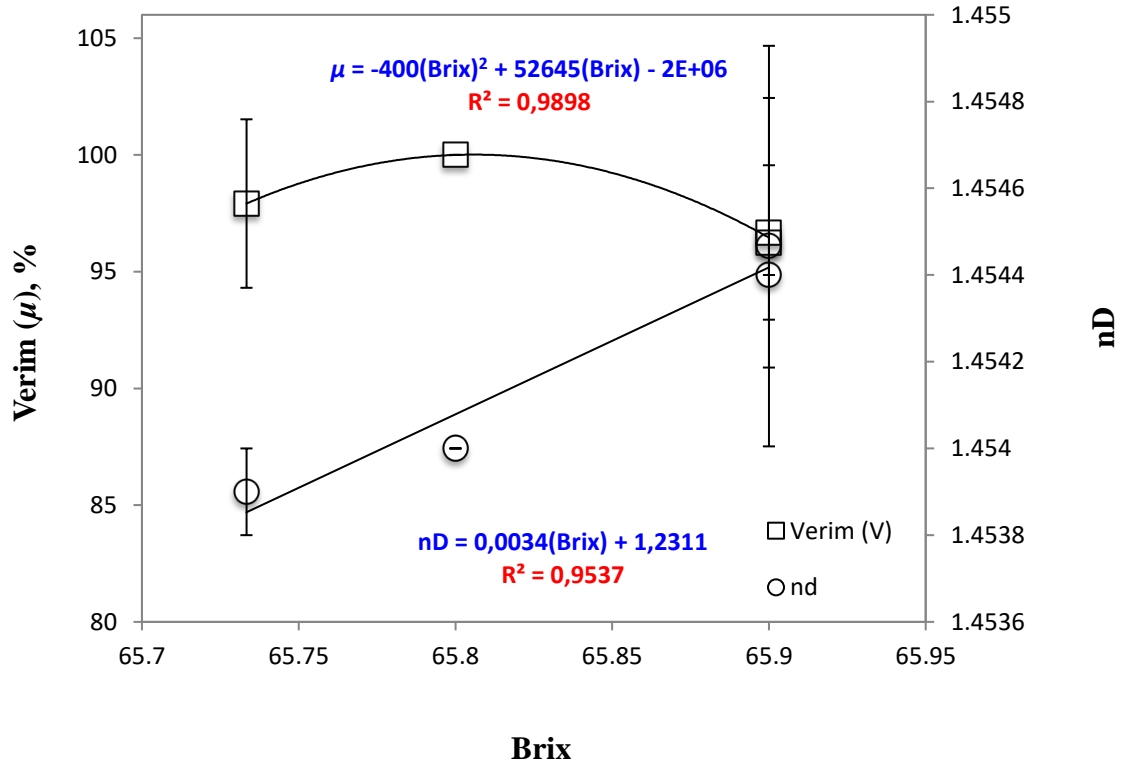
Şekil 4.11. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktası (AN) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



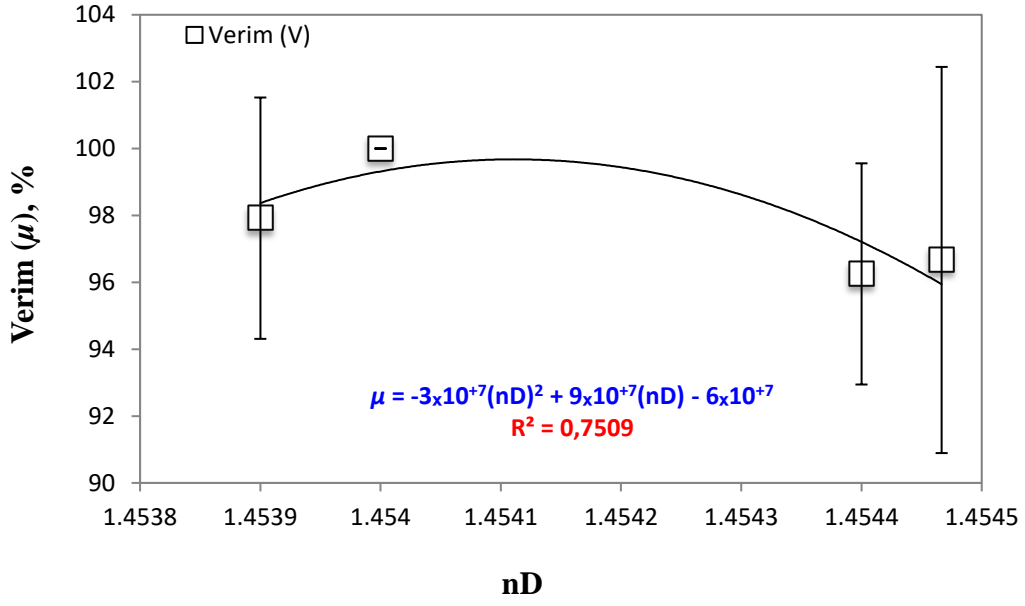
Şekil 4.12. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktası (AN) değerinin Verim (μ) ile ilişkisi



Şekil 4.13. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Donma Noktası (DN) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



Şekil 4.14. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin Brix değerinin Verim (µ) ve nD ile ilişkisi



Şekil 4.15. Kanola yağından elde edilen biyodizellerin nD değerinin Verim (μ) ile ilişkisi

4.2. BBH Böbrek İç Yağından Elde Edilen Biyodizelin Bazı Teknik Özellikleri

Böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizelin teknik özellikleri istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 4.4'te verilmiştir. Buna göre; metanol-kostik oranlarına göre elde edilen yöntemlere ilişkin teknik özelliklerden su tayini, ısıl değer, nD ve verim istatistiksel olarak %1; bulutlanma noktası ise %5 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Diğer teknik özellikler ise istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bulunmamıştır. Buna göre, 1089,95 ppm değeri ile en yüksek su içeriği değerine sahip olan B2 yönteminin, 757,27 ppm değeri ile en düşük su içeriği değerine sahip olan B4 yöntemine göre %43,93 oranında daha fazla su içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Isıl değer açısından en yüksek değere sahip B3 (40407,67 kJ kg⁻¹) yöntemi ile en düşük değere sahip B1 (39671,67 kJ kg⁻¹) yöntemi arasında % 1,86 değerinde bir farklılık olduğu saptanmıştır. Kırılma indisi (nD) açısından en iyi doz olan B4 ile en kötü doz olan B1 arasında %0,06 düzeyinde bir fark olduğu bulunmuştur. Verim açısından inceleme yapıldığında %95,83 oranıyla en iyi doz olan B1 ile % 76,67 oranıyla en kötü doz olan B4 arasında yaklaşık %25 oranında bir fark olduğu saptanmıştır. Bulutlanma noktası açısından en iyi doz olan B1 ile en kötü doz olan B3 arasında ise % 12,16 düzeyinde bir fark olduğu hesaplanmıştır.

Ayrıca, metanol ve kostik miktarının teknik özellikler üzerine olan etkisi de istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 4.4'te belirtilmiştir. Çizelge 4.4'e göre, metanol oranı açısından incelenen teknik özellikler arasından sadece brix, nD ve nD20 değerleri arasında %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Buna göre, 150 ml metanol uygulamasında belirlenen ortalama brix değeri, 200 ml metanol uygulamasında belirlenen brix değerinden yaklaşık olarak %0,35 oranında daha yüksek bulunmuştur. Diğer bir ifade ile metanol içeriğinin azalması brix değerinin artmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmada, 150 ml metanolün kullanıldığı denemelerdeki ortalama nD değerinin, 200 ml metanolün kullanıldığı denemelerdekine oranla %0,041 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgi ışında, kullanılan metanol oranı azaldığında yağın kırılma indisinin arttığını söylemek mümkündür. Yine aynı şekilde, 200 ml metanolün kullanıldığı denemelerde saptanan nD20 değerinin, 150 ml metanolün kullanıldığı denemelerde saptanan değerine oranla %0,41 düzeyinde daha fazla olduğu saptanmıştır. Buna göre, denemede kullanılan metanol miktarı düştükçe, elde edilen yakıtın nD20 değeri artmaktadır. Ayrıca, katalizör olarak kullanılan kostik miktarının teknik özellikler üzerine olan etkisi istatistiksel farkları ve standart hata değerleri ile birlikte Çizelge 4.4'de verilmiştir. Buna göre; ısıtma değeri bulutlanma noktası ve verim arasında %1; su tayini arasında ise %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Buna göre, kostik oranının azalması ile ısıtma değeri %1,05 düzeyinde arttığı tespit edilmiştir. Öte yandan, bulutlanma noktası ile kostik miktarı arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu saptanmış olup kostik oranının 1,5 g değerinden 1,85 g değerine çıkarılması ile bulutlanma noktasının %9,1 oranında düştüğü belirlenmiştir. Benzer şekilde, kostik oranının artmasıyla verimin %16,16 oranında arttığı hesaplanmıştır. Katalizör olarak kullanılan kostik miktarının azalması ile su içeriği değerinin %19,45 oranında azaldığı yani kostik oranı ile su içeriği arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu bu çalışma kapsamında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizelin bazı teknik özellikleri

<i>MM</i>	<i>Özgül Ağırlık^ö</i>	<i>pH^ö</i>	<i>Viskozite</i>	<i>Bakır</i>	<i>Parlama</i>	<i>Su Tayini</i>	<i>Isıl Değer</i>	<i>Bulut Noktası</i>	<i>Akma</i>	<i>Donma</i>	<i>Brix*</i>	<i>nD*</i>	<i>nD20*</i>	<i>Verim</i>
<i>(ml)</i>	<i>(g/cm³)</i>		<i>0,8849</i>	<i>Korozyon</i>	<i>Noktası</i>	<i>(ppm)^ö</i>	<i>(kJ/kg)^ö</i>	<i>(°C)^ö</i>	<i>Noktası</i>	<i>Noktası</i>				<i>(%)^ö</i>
			<i>(mm²/s)^ö</i>	<i>ö</i>	<i>(°C)^ö</i>				<i>(°C)^ö</i>	<i>(°C)^ö</i>				
200	0,8774±0,0006	5,49±0,12	5,09±0,07	1a±0,00	>190±0,00	889,16±35,44	40039,67±195,28	16,05±0,41	14,18±0,07	13,13±0,06	62,45±0,08 ^b	1,4462±0,0002 ^b	1,4475±0,0002 ^b	90,83±2,62
150	0,8794±0,0006	5,88±0,20	5,88±0,13	1a±0,00	>190±0,00	923,61±79,68	40163,00±38,62	16,15±0,23	14,32±0,07	13,18±0,07	62,67±0,02 ^a	1,4468±0,0001 ^a	1,4481±0,0001 ^a	84,79±4,70
<i>KM</i>	<i>Özgül Ağırlık^ö</i>	<i>pH^ö</i>	<i>Viskozite</i>	<i>Bakır</i>	<i>Parlama</i>	<i>Su Tayini</i>	<i>Isıl Değer</i>	<i>Bulut Noktası</i>	<i>Akma</i>	<i>Donma</i>	<i>Brix^ö</i>	<i>nD^ö</i>	<i>nD20^ö</i>	<i>Verim</i>
<i>(g)</i>	<i>(g/cm³)</i>		<i>0,8849</i>	<i>Korozyon</i>	<i>Noktası</i>	<i>(ppm)*</i>	<i>(kJ/kg)**</i>	<i>(°C)**</i>	<i>Noktası</i>	<i>Noktası</i>				<i>(%)**</i>
			<i>(mm²/s)^ö</i>	<i>ö</i>	<i>(°C)^ö</i>				<i>(°C)^ö</i>	<i>(°C)^ö</i>				
1,85	0,8787±0,0009	5,87±0,20	5,16±0,15	1a±0,00	>190±0,00	986,72±51,31 ^b	39892,00±142,58 ^b	15,40±0,14 ^b	14,25±0,07	13,13±0,07	62,53±0,09	1,4464±0,0002	1,4477±0,0002	94,38±2,99 ^a
1,50	0,8781±0,0004	5,49±0,13	5,17±0,06	1a±0,00	>190±0,00	826,06±50,10 ^a	40310,67±57,37 ^a	16,80±0,10 ^a	14,25±0,08	13,18±0,07	62,58±0,05	1,4467±0,0001	1,4479±0,0001	81,25±2,54 ^b
<i>Yöntem</i>	<i>Özgül Ağırlık^ö</i>	<i>pH^ö</i>	<i>Viskozite</i>	<i>Bakır</i>	<i>Parlama</i>	<i>Su Tayini</i>	<i>Isıl Değer</i>	<i>Bulut Noktası</i>	<i>Akma</i>	<i>Donma</i>	<i>Brix^ö</i>	<i>nD*</i>	<i>nD20^ö</i>	<i>Verim</i>
	<i>(g/cm³)^ö</i>		<i>0,8849</i>	<i>Korozyon</i>	<i>Noktası</i>	<i>(ppm)*</i>	<i>(kJ/kg)*</i>	<i>(°C)**</i>	<i>Noktası</i>	<i>Noktası</i>				<i>(%)*</i>
			<i>(mm²/s)^ö</i>	<i>ö</i>	<i>(°C)^ö</i>				<i>(°C)^ö</i>	<i>(°C)^ö</i>				
B1	0,8775±0,0013	5,64±0,22	5,00±0,11	1a±0,00	>190±0,00	883,48±48,60 ^b	39671,67±230,27 ^b	15,13±0,09 ^c	14,20±0,10	13,07±0,07	62,43±0,17	1,4460±0,0004 ^b	1,4473±0,0004	95,83±0,83 ^a
B2	0,8800±0,0009	6,10±0,31	5,32±0,26	1a±0,00	>190±0,00	1089,95±12,10 ^a	40112,33±8,21 ^a	15,67±0,12 ^b	14,30±0,12	13,20±0,12	62,63±0,03	1,4467±0,0001 ^a	1,4480±0,0001	92,92±6,47 ^a
B3	0,8775±0,0001	5,33±0,03	5,18±0,07	1a±0,00	>190±0,00	894,85±62,34 ^b	40407,67±47,19 ^a	16,97±0,09 ^a	14,17±0,12	13,20±0,10	62,47±0,03	1,4464±0,0000 ^{ab}	1,4476±0,0000	85,83±2,92 ^{ab}
B4	0,8789±0,0007	5,65±0,24	5,16±0,11	1a±0,00	>190±0,00	757,27±62,68 ^b	40213,67±69,44 ^a	16,63±0,13 ^a	14,33±0,09	13,17±0,12	62,70±0,00	1,4469±0,0001 ^a	1,4481±0,0001	76,67±1,67 ^b

MM, metanol miktarı (ml); KM, kostik miktarı (g); ±SH, standart hata.

**p<0.01, * p<0.05, öd, önemli değer; Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir.

Altun ve Öner 2008 yılında yaptıkları “Hayvansal İç Yağlardan Transesterifikasyon Reaksiyonu ile Biyodizel Üretimi” adlı çalışmada hayvansal yağlardan transesterifikasyon yöntemi ile %96 verim oranına sahip biyodizel üretmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise verim oranının en yüksek olduğu B1 denemelerinde ortalama %95,83 olarak hesaplanmıştır. Her iki çalışmada bulunan verim oranı birbiri ile paralellik göstermektedir. Yine aynı çalışmada, üretilen biyodizelin viskozite, ısı değeri, yoğunluk, parlama noktası ve akma noktası özellikleri incelenmiştir. Bu özelliklerin değerleri sırasıyla $5,072 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, 39858 kJ kg^{-1} , 877 kg m^{-3} , 30°C ve 0°C olarak ölçülmüştür. Buna göre, kinematik viskozite ve yoğunluk değerleri bizim çalışmamız ile paralellik göstermektedir. Yapılan her iki çalışmada da elde edilen biyodizellerin yoğunlukları istenilen standartlarda iken, viskozite değerlerinin sınır değerlerde olduğu görülmektedir. Diğer yandan ısı değerleri açısından her iki çalışma incelendiğinde, bizim çalışmamızda üretilen biyodizellerin ısı değerinin, diğer çalışmadan %1,38 oranında daha yüksek olduğu görülmektedir. Standartlara göre en az 100°C olması gereken parlama noktasının Altun ve Öner tarafından yapılan çalışmada 30°C olduğu kaydedilmiştir. Bizim çalışmamızda ise bu değer $>190^\circ\text{C}$ ile standartların oldukça üstünde bulunmuştur. Buna karşın, her iki çalışmanın akma noktası ise standartların altında bulunmuştur. Elde edilen akma noktası değerlerinin standart sıcaklıklara düşürülebilmesi için donma noktası düşürücü kimyasallar kullanılmalıdır.

Akgün ve arkadaşlarının 2009 yılında yaptıkları “Hayvansal Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Teknik Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma” adlı çalışmada atık hayvansal yağlardan transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel elde edilmiştir. Akgün ve ark. (2009) yaptığı çalışmada hayvansal iç yağlardan elde edilen biyodizelin ısı değeri 38100 kJ kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda B3 denemesinden elde edilen biyodizelin ortalama ısı değeri $40407,67 \text{ kJ kg}^{-1}$ 'dir. Çalışmamızda hesaplanan ısı değeri Akgün ve ark. (2009) yaptığı çalışmada bulunan değerden %6,06 daha yüksektir. Üretilen biyodizelin ısı değerinin yüksek olması biyodizel için önemli bir avantajdır. Benzer şekilde Akgün ve ark. (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kullanılan malzemelerin ağırlık bakımından belirtilen toplam değerinin %60'ı kadar biyodizel üretildiği saptanmıştır. Bizim çalışmamızda ise en yüksek verimin B1 denemesinde ortalama %95,83 olduğu görülmektedir. Yapılan iki çalışma arasındaki

verim farkı % 59,72'dir. Verimin yüksek olması biyodizel üretimi için önemlidir. Buna karşın Akgün ve ark. (2009) yaptığı çalışmada yoğunluk 869 kg m^{-3} bulunmuştur. Bu değer bizim yaptığımız çalışmayla paralellik göstermesine rağmen çalışmalarda incelenen bir diğer teknik özellik olan kinematik viskozite değeri Akgün ve ark. (2009) yaptığı çalışmada $4,4 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ olarak hesaplanırken bizim yaptığımız çalışmada bu değer $5 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Kinematik viskozite için istenen biyodizel standartları $3,5 - 5 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ değerleri arasındadır. Bizim yaptığımız çalışma sonucu elde edilen değer sınır değerindedir.

Cunha ve arkadaşlarının 2009 yılında yaptıkları "Pilot Ölçekli Sığır İç Yağlarından Biyodizel Üretimi" adlı çalışmada elde edilen biyodizelin teknik özellikleri incelenmiştir. Sığır iç yağından üretilen biyodizel için bakılan teknik özellikler; yoğunluk, kinematik viskozite, bulutlanma noktası ve parlama noktası şeklindedir. Bakılan teknik özelliklerin değerleri sırasıyla $0,872 \text{ kg L}^{-1}$ ($0,872 \text{ g cm}^{-3}$), $5,3 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, $14,3^\circ\text{C}$ ve $156,7^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamızın ölçülen tüm özellikler (yoğunluk, kinematik viskozite, parlama noktası ve bulutlanma noktası) açısından diğer çalışmaya oranla daha iyi olduğu saptanmıştır.

Alptekin ve Çanakçı'nın 2010 yılında yaptıkları "Tavuk Yağlarından Metil Ester Üretimi İçin Ön İşlem Reaksiyonlarının Optimizasyonu" adlı çalışmada elde edilen tavuk yağı biyodizelinin yakıt özellikleri incelenmiştir. Buna göre, tavuk yağı biyodizelinin yoğunluğunu $0,883 \text{ g cm}^{-3}$, bakır korozyonunu 1a, parlama noktasını $171,8^\circ\text{C}$, ısı değeri 40173 kJ kg^{-1} , kinematik viskoziteyi $4,94 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ ve akma noktasını 2°C olarak tespit etmiştir. Bizim çalışmamızda ise bu değerler sırasıyla $0,8775 \text{ g cm}^{-3}$, 1a, $>190^\circ\text{C}$, $40407,67 \text{ kJ kg}^{-1}$, $5 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ ve 14°C olarak bulunmuştur. Biyodizel çalışmalarında yoğunluk, kinematik viskozite ve akma noktasının mümkün olduğunca düşük seviyede; buna karşın ısı değeri ve parlama noktasının ise yüksek düzeylerde olması istenmektedir. Her iki çalışma birbiriyle karşılaştırıldığında, yoğunluk, parlama noktası ve ısı değeri açısından bizim çalışmamızın diğer çalışmaya göre sırasıyla %0,63, %10,59 ve %0,59 oranında daha iyi olduğu; ancak, kinematik viskozite ve akma noktasına göre ise sırasıyla 1,01 ve 7 kat daha kötü değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Encinar ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptığı “Yüksek Yağ Asidine Sahip Hayvan Yağlarından Biyodizel Üretimi Çalışması” adlı çalışmada hayvan yağlarından elde edilen biyodizelin teknik özellikleri incelenmiştir. Yapılan incelemelere göre elde edilen biyodizelin veriminin %97,3, yoğunluğunun 870 kg m^{-3} , viskozitesinin $4,74 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, su içeriğinin 500 ppm ve parlama noktasının 175°C olduğu belirtilmiştir. Bakılan teknik özellikler doğrultusunda söz konusu çalışmada elde edilen verim, yoğunluk, kinematik viskozite ve su içeriğinin bizim çalışmamızda belirlenen değerlerden sırasıyla %1,53, %0,86, %5,49 ve %51.45 oranında daha iyi değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda elde edilen parlama noktası değeri ise karşılaştırılan çalışmaya oranla %8,57 oranında daha yüksek değerde bulunmuştur. Bizim çalışmamızda bulunan su muhtevası değeri karşılaştırılan çalışmaya kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Transesterifikasyonun, suyun kaynama noktası değeri olan 100°C 'den yüksek bir sıcaklıkta gerçekleştirilmesi ile biyodizeldeki su içeriğinin düşürülmesi mümkündür.

Dias ve arkadaşları 2012 yılında yaptıkları “Hayvan Yağlarından Biyodizel Üretiminde Heterojen Katalizörlerin Kullanımı” adlı çalışmada en yüksek verimin %82,2 oranında olduğunu hesaplamışlardır. Bizim yaptığımız çalışmada ise en yüksek verimin B1 denemelerinde ortalama olarak %95,83 hesaplanmıştır. Buna göre, hayvansal yağlarda biyodizel üretiminde kullanılan potasyum hidroksit katalizörünün verim oranında etkin bir rolü olduğu söylenebilir.

Cunha ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptığı “Hayvan Yağlarından Üretilen Etilik Biyodizelin Niteliği ve Sentezi” adlı çalışmada atık tavuk ve domuz yağlarını birbirine karıştırarak bir karışım biyodizeli elde etmiş ve mezbahalardan toplanan atık yağları biyodizel olarak değerlendirmişlerdir. Karışım biyodizeli ve mezbahalardan toplanan yağlardan yapılan biyodizelin yoğunlukları her iki biyodizel için de 870 kg m^{-3} bulunmuş ve bu değer biyodizel standartlarına uygun olduğu belirtilmiştir. Yaptığımız çalışmada bulduğumuz yoğunluk değeri, söz konusu çalışmanın yoğunluk değeriyle paralellik göstermektedir. Benzer şekilde, söz konusu çalışmada üretilen biyodizellerin parlama noktaları sırasıyla $149,5^\circ\text{C}$ ve 181°C olarak belirtilmiştir. Bizim yaptığımız çalışmada bulunan parlama noktası değeri ise bu değerlerden %27,1 ve %4,97 oranında daha yüksektir. Bizim çalışmamız ile karşılaştırılan çalışmaya ilişkin parlama noktası

değerlerinin biyodizel standartları için uygun düzeyde olduğu görülmüştür. Buna karşın, Cunha ve ark. tavuk-domuz karışımı ve mezbaha atıklarından elde edilen biyodizellerin kinematik viskozite değerlerini sırasıyla $4,81 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ ve $4,61 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ olarak saptamışlardır. Bu değerler bizim çalışmamızda bulunan viskozite değerinden sırasıyla %3,95 ve %8,46 oranında daha iyidir. Ancak, bizim çalışmamızda bulunan viskozite değeri de biyodizel standartlarına uygundur. Ayrıca, Cunha ve ark. her iki materyalden ürettikleri biyodizeller için bulutlanma noktası değerinin -2°C olduğunu tespit etmişlerdir. Bu değerle karşılaştırıldığında, bizim çalışmamızda bulunan bulutlanma noktası değeri 9,56 kat daha yüksek çıkmıştır. Biyodizel üretim sürecinde antiyel maddelerin kullanılması ile bulutlanma noktası değerlerinin standartlara uygun hale getirilmesi mümkündür.

Taymaz ve Coban'ın 2013 yılında yaptıkları "Hayvan Yağlarından Elde Edilen Biyodizelle Normal Motor Yağının Performans ve Emisyonu" adlı çalışmada sığır iç yağlarından elde edilen biyodizelin yoğunluğunun $0,870 \text{ g cm}^{-3}$, ısıl değerinin $38,2 \text{ MJ kg}^{-1}$, kinematik viskozitesinin $6 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ ve parlama noktasının 196°C olduğunu saptamışlardır. Bizim çalışmamızda ise bu değerlerin sırasıyla $0,8775 \text{ g cm}^{-3}$, $40,4 \text{ MJ kg}^{-1}$, $5 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ ve $>190^\circ\text{C}$ olduğu tespit edilmiştir. Yoğunluk ve parlama noktası açısından söz konusu çalışma ile bizim çalışmamız paralellik arz etmektedir. Isıl değer ve kinematik viskozite açısından ise söz konusu çalışma bizim bulgularımızdan sırasıyla %6,34 ve %20 oranında daha düşük düzeyde bulunmuştur.

Tütüncü'nün 2013 yılında yaptığı "Transesterifikasyonla Balık Yağı Metil Esteri Sentezinin Optimizasyonu" adlı tez çalışmasında balık yağından biyodizel üretilmiştir. Elde edilen biyodizelin kinematik viskozite, ısıl değer, su içeriği ve yoğunluk değerlerinin sırasıyla $4,63 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, $42,085 \text{ MJ kg}^{-1}$, $471,95 \text{ ppm}$ ve 893 kg m^{-3} olduğu tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda elde edilen yoğunluk değeri söz konusu çalışmada elde edilen değerden %2 oranında daha iyidir. Diğer teknik özellikler olan kinematik viskozite, ısıl değer ve su içeriği bakımından ise söz konusu çalışmada bizim çalışmamıza kıyasla sırasıyla %8, %4,15 ve %60,45 oranında standartlara daha uygun değerlere sahiptir. Burada ısıl değer ve kinematik viskozite standartlara uygun

düzydedir. Ancak su muhtevası standart değęrlerin oldukça üzerindedir. Bu değeri düşürmek için titrasyon ve buharlaştırma işlemlerin uygulanması gerekmektedir.

Sekmen ve Şen'in 2016 yılında yaptıkları "Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) Yağından Biyodizel Üretimi ve Dizel Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi" adlı çalışmada hamsi yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel elde etmişlerdir. Elde edilen biyodizelin yoğunluğunun $893,6 \text{ kg m}^{-3}$, viskozitesinin $4,708 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, parlama noktasının 163°C , su içeriğinin 495 ppm, bulutlanma noktasının 3°C , akma noktasının 4°C ve ısı değęrinin 38702 kJ kg^{-1} olduğunu belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda yoğunluk, parlama noktası ve ısı değęr söz konusu çalışmaya kıyasla sırasıyla %1,77, %16,56 ve %5,18 oranında daha iyi değęrlerde bulunmuştur. Ancak, kinematik viskozite, su içeriği, bulutlanma noktası ve akma noktası açısından söz konusu çalışma, bizim bulgularımıza kıyasla standart değęrlere daha uygun düzeyde bulunmuştur.

Büyük baş hayvan böbrek iç yağından elde edilen biyodizelin teknik özellikleri arasındaki negatif ve pozitif yönlü doğrusal ilişkiler Çizelge 4.5'te verilmiştir. Buna göre çizelgede kırmızı renkle belirtilen değęrlere pozitif yönlü, mavi renkle belirtilen değęrlere ise negatif yönlü yüksek düzeyli doğrusal ilişkileri ifade etmektedir. Çizelge 4.5'e göre; BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizelin özgül ağırlık değęrinin brix, nD ve nD20 ile olan pozitif yönlü ilişkisinin sırasıyla %68,41, %77,95 ve %82,86 düzeyinde olduğu görülmektedir. Buna göre, yoğunluk değęrinin düşmesi ile biyodizelin katı madde içeriği (brix) ve kırılma indisinin (nD) azaldığı saptanmıştır. Söz konusu çizelgeye göre, su muhtevası ile verim arasında pozitif yönlü %56,24; ısı değęri ile bulutlanma noktası arasında pozitif yönlü %76,38 düzeyinde bir ilişki olduğu görülmüştür. Buna karşın, bulutlanma noktası ile verim arasında %63,17 düzeyinde negatif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Katı madde içeriğinin (brix), nD ve nD20 ile sırasıyla %85 ve %86,24 oranında pozitif yönlü doğrusal bir ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. İlişki durumu incelenen teknik özelliklerden olan pH, viskozite, akma noktası ve donma noktası değęrlерinin diğęr hiçbir teknik özellikle anlamlı düzeyde ilişkilerinin olmadığı tespit edilmiştir.

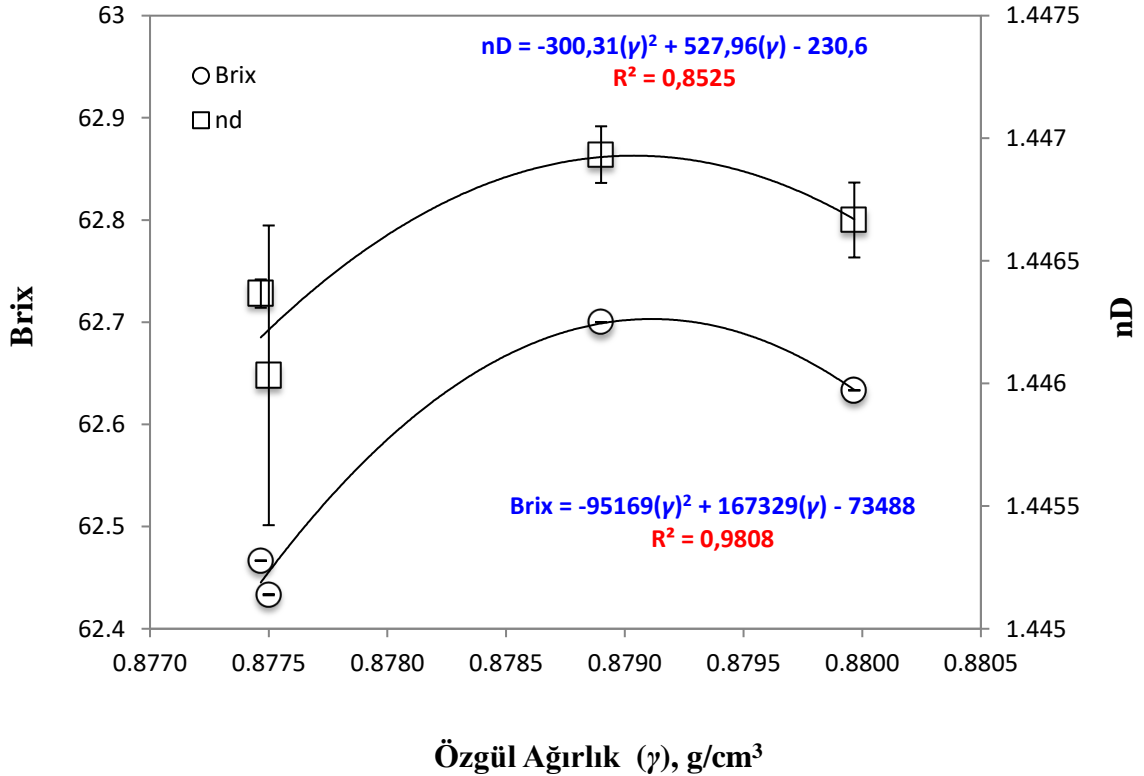
Çizelge 4.5. BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizele ilişkin bazı teknik özellikler arasındaki negatif ve pozitif yönlü ilişkiler matrisi

	γ	pH	V_k	SM	ID	BN	AN	DN	$Brix$	nd	$nd20$	μ
γ	1,0000	0,0976	0,2106	0,3769	-0,1129	-0,0873	-0,1427	0,0131	0,6841	0,7795	0,8286	0,0923
pH	0,0976	1,0000	0,1090	0,4397	-0,0819	-0,3380	0,1476	0,0026	0,1069	-0,0019	0,0527	0,3688
V_k	0,2106	0,1090	1,0000	0,1709	0,1694	-0,0036	0,2993	-0,2409	0,1812	0,3713	0,3832	-0,0583
SM	0,3769	0,4397	0,1709	1,0000	-0,0942	-0,3488	-0,2155	0,2754	0,0802	-0,0217	0,0478	0,5624
ID	-0,1129	-0,0819	0,1694	-0,0942	1,0000	0,7638	-0,0837	0,1618	-0,1569	0,1185	0,0435	-0,4089
BN	-0,0873	-0,3380	-0,0036	-0,3488	0,7638	1,0000	-0,0067	0,2646	0,1877	0,3543	0,2538	-0,6317
AN	-0,1427	0,1476	0,2993	-0,2155	-0,0837	-0,0067	1,0000	0,1133	0,4096	0,1415	0,1466	-0,3861
DN	0,0131	0,0026	-0,2409	0,2754	0,1618	0,2646	0,1133	1,0000	0,2566	0,1259	0,1109	-0,4737
$Brix$	0,6841	0,1069	0,1812	0,0802	-0,1569	0,1877	0,4096	0,2566	1,0000	0,8500	0,8624	-0,3117
nd	0,7795	-0,0019	0,3713	-0,0217	0,1185	0,3543	0,1415	0,1259	0,8500	1,0000	0,9935	-0,4276
$nd20$	0,8286	0,0527	0,3832	0,0478	0,0435	0,2538	0,1466	0,1109	0,8624	0,9935	1,0000	-0,3548
μ	0,0923	0,3688	-0,0583	0,5624	-0,4089	-0,6317	-0,3861	-0,4737	-0,3117	-0,4276	-0,3548	1,0000

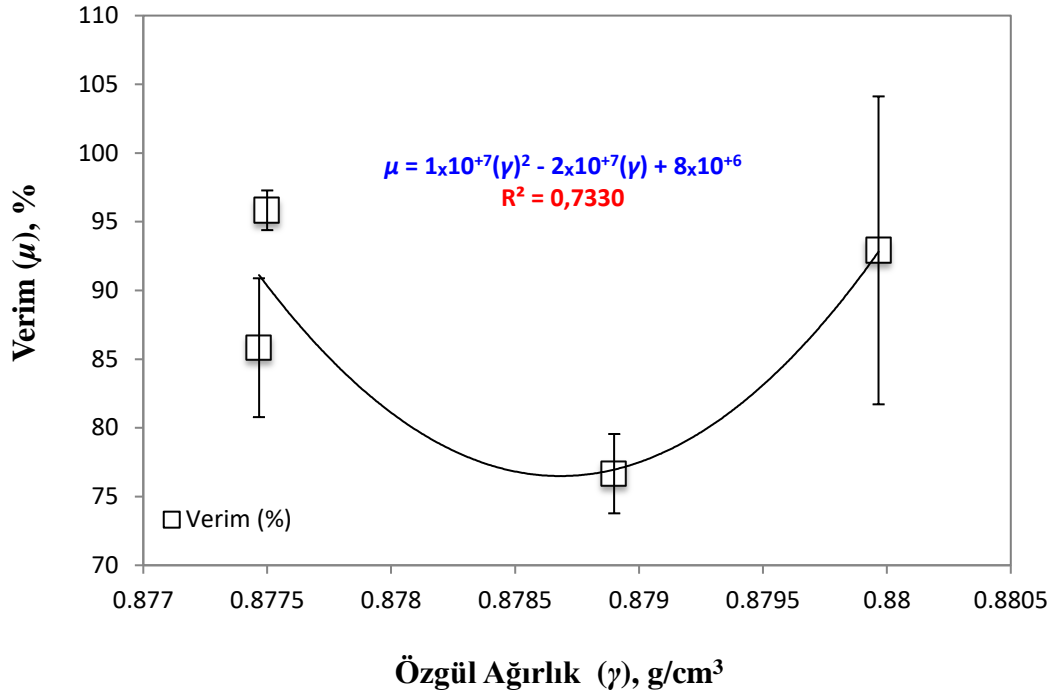
γ : özgül ağırlık, pH : asitlik- bazlık oranı, V_k : viskozite, SM : su muhtevası, ID : ısıl değer, BN : bulutlanma noktası, AN : akma noktası, DN : donma noktası, $Brix$: numune içeriğindeki katı madde miktarı, nd : biyodizelin kırılma indisi, $nd20$: biyodizelin kırılma indisinin 20°C'de ve sarı sodium ışığındaki değeri, μ : verim.

BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizelin teknik özelliklerin birbirleriyle olan doğrusal (lineer) ve doğrusal olmayan (non-linear) ilişkileri, ilişkiler arasındaki kararlılık katsayıları, ilişkileri gösteren matematiksel formüller ve ortalamaların standart sapma değerleri ile birlikte Şekil 4.16 ve Şekil 4.38 arasındaki şekillerde verilmiştir.

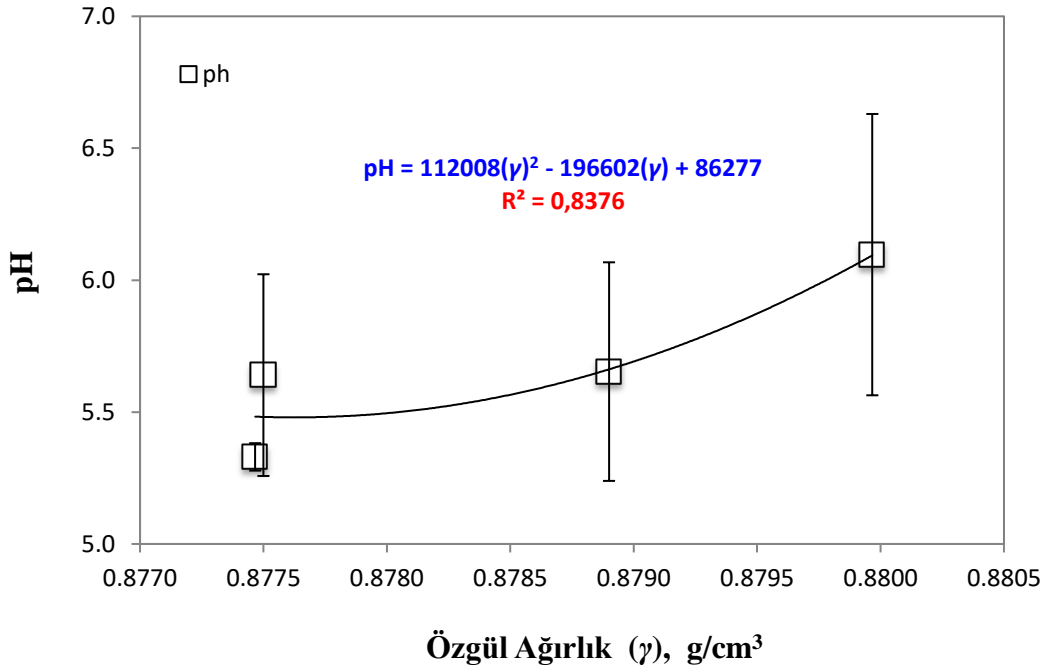
Özgül ağırlığın brix ve nD ile olan non-linear ilişkiindeki kararlılık katsayısı değerleri sırasıyla %98,08 ve %85,25 olarak bulunmuş olup, matematiksel modellemeleri ile birlikte Çizelge 4.16’da verilmiştir. Özgül ağırlığın verim, pH, kinematik viskozite ile olan non-linear ilişkisi sırasıyla %73,30, %83,76 ve %70,40 kararlılık katsayısı değerleri ile birlikte Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’da verilmiştir. Ayrıca, özgül ağırlığın su muhtevası ve akma noktası ile olan non-linear ilişkisi ise sırasıyla %100 ve %98,05 kararlılık katsayısı değeri ve matematiksel modelleri ile birlikte Çizelge 4.20’de gösterilmiştir.



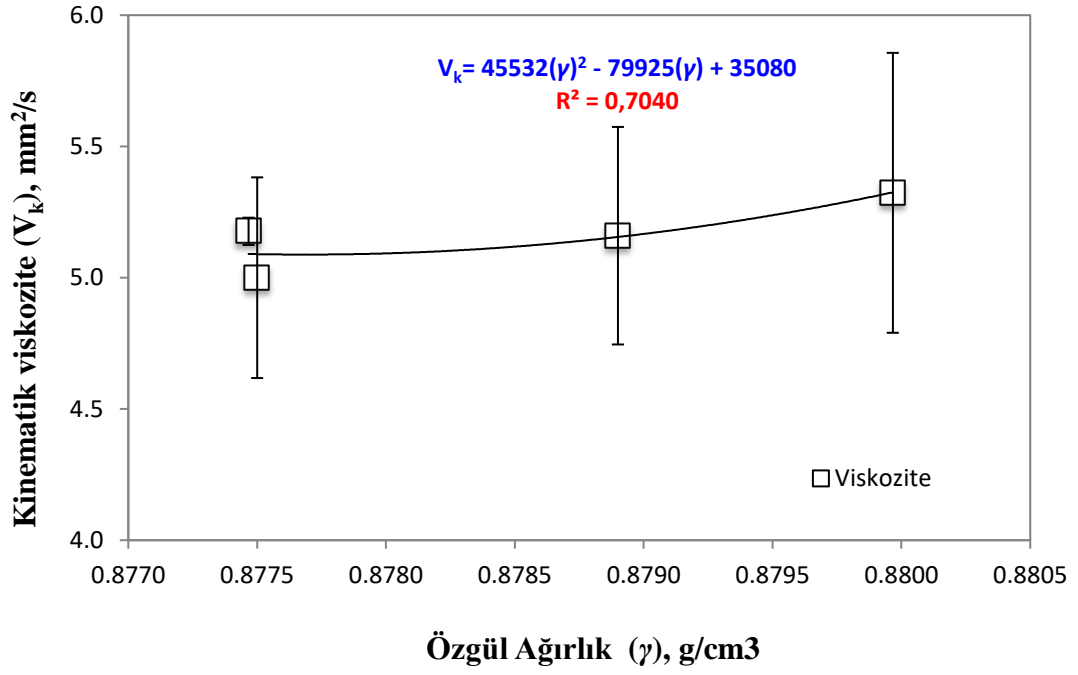
Şekil 4.16. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin özgül ağırlık (γ) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



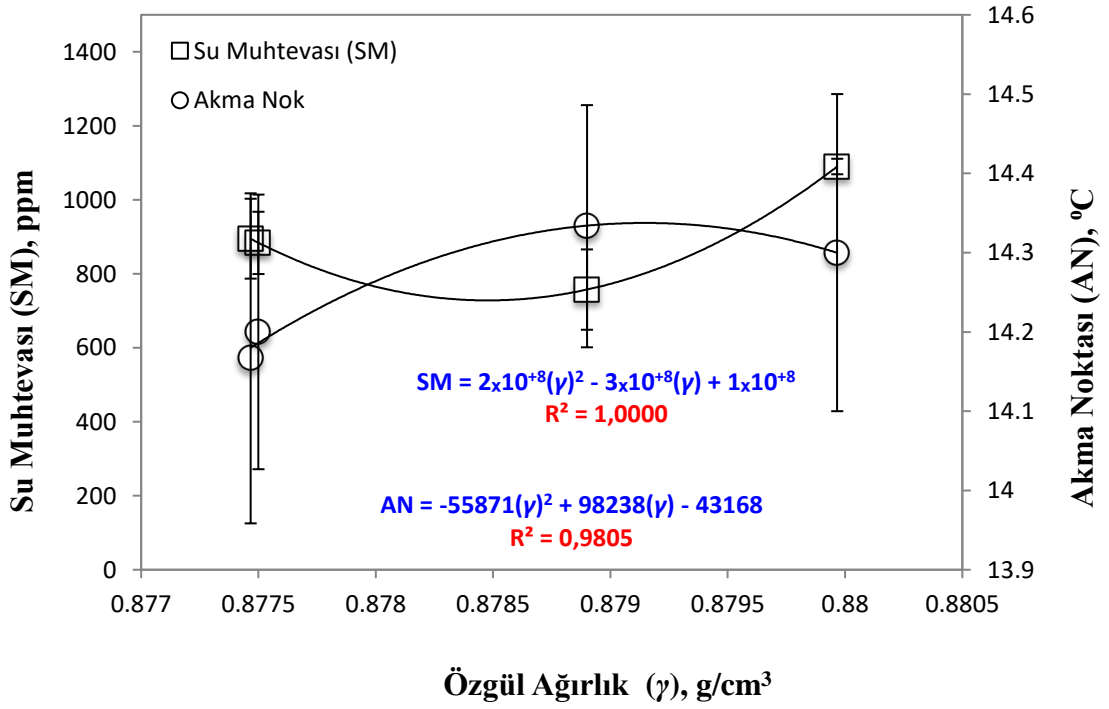
Şekil 4.17. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Verim (μ) ile ilişkisi



Şekil 4.18. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin pH ile ilişkisi



Şekil 4.19. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Kinematik viskozite (V_k) ile ilişkisi

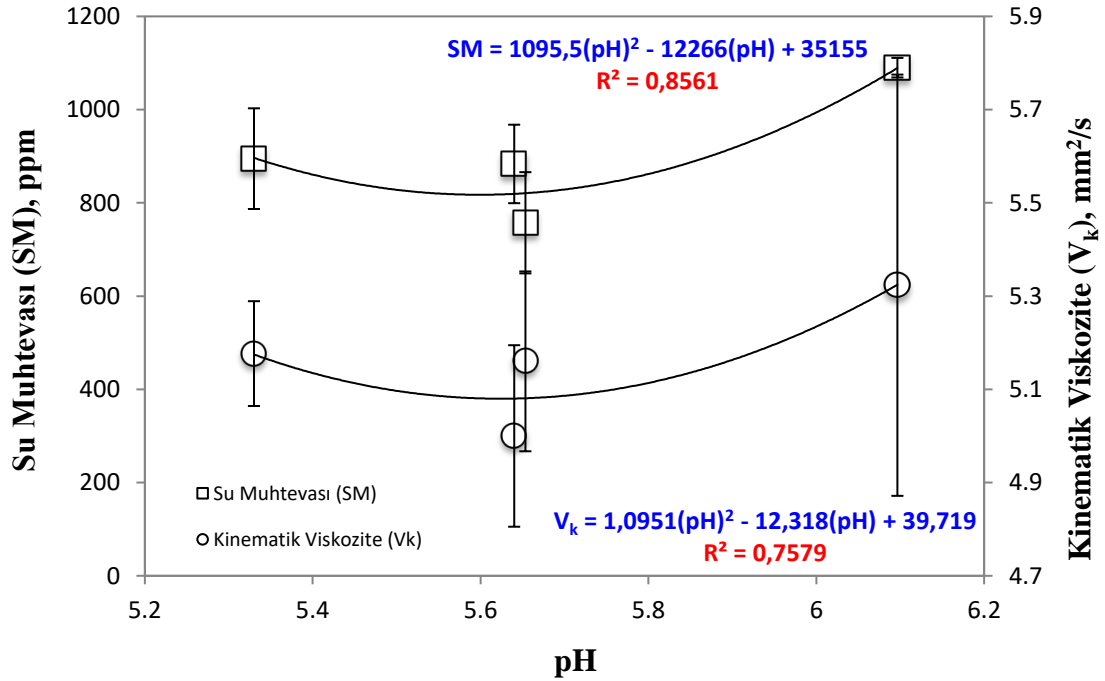


Şekil 4.20. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Su Muhtevası (SM) ve Akma Noktası (AN) ile ilişkisi

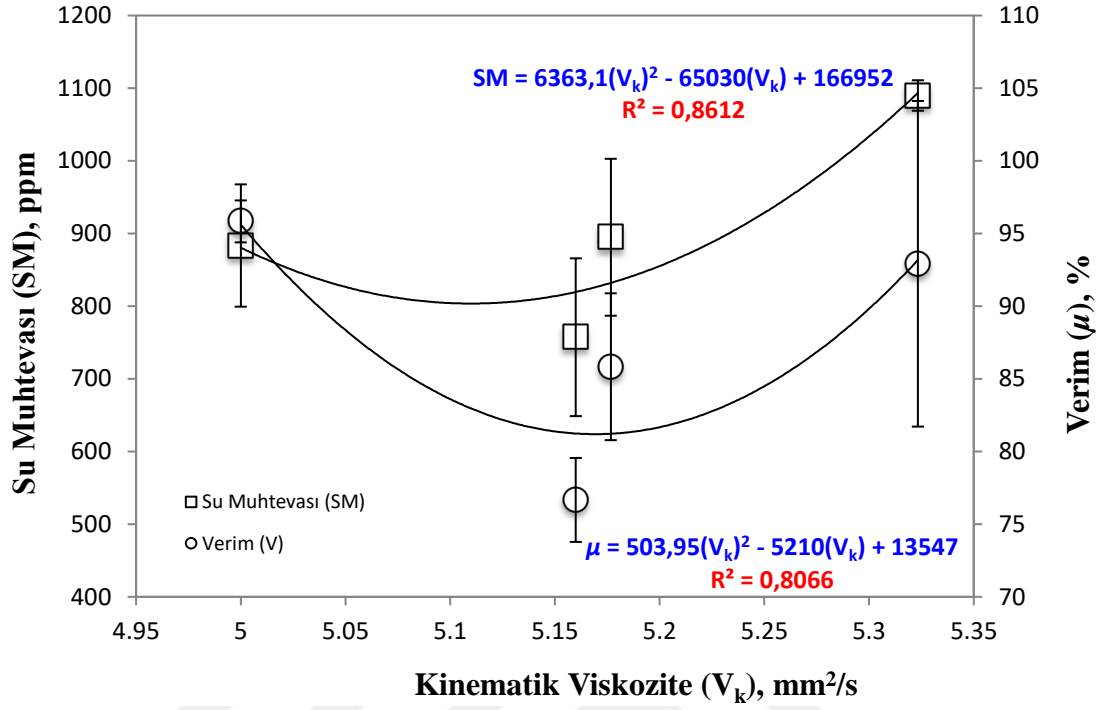
BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizellerin pH değerinin, kinematik viskozite ve su muhtevasıyla non-lineer ilişkileri Şekil 4.21’de belirlenmiştir. Buna göre, su muhtevası ve kinematik viskozite değerlerinin pH ile olan ilişkilerindeki kararlılık katsayılarının sırasıyla %85,61 ve %75,79 olduğu tespit edilmiştir.

BBH böbrek iç yağı biyodizeli kinematik viskozite değerlerinin, su muhtevası ve verimle olan ilişkisi Şekil 4.22; bulutlanma noktası ve donma noktası ile olan ilişkisi Şekil 4.23 ve nD ile olan ilişkisi ise Şekil 4.24’de sırasıyla %86,12, %80,66, %97,67, %96,99 ve %60,62 kararlılık katsayısı değerleri ile birlikte verilmiştir. Söz konusu ilişkilerin tümü non-lineer olarak bulunmuştur.

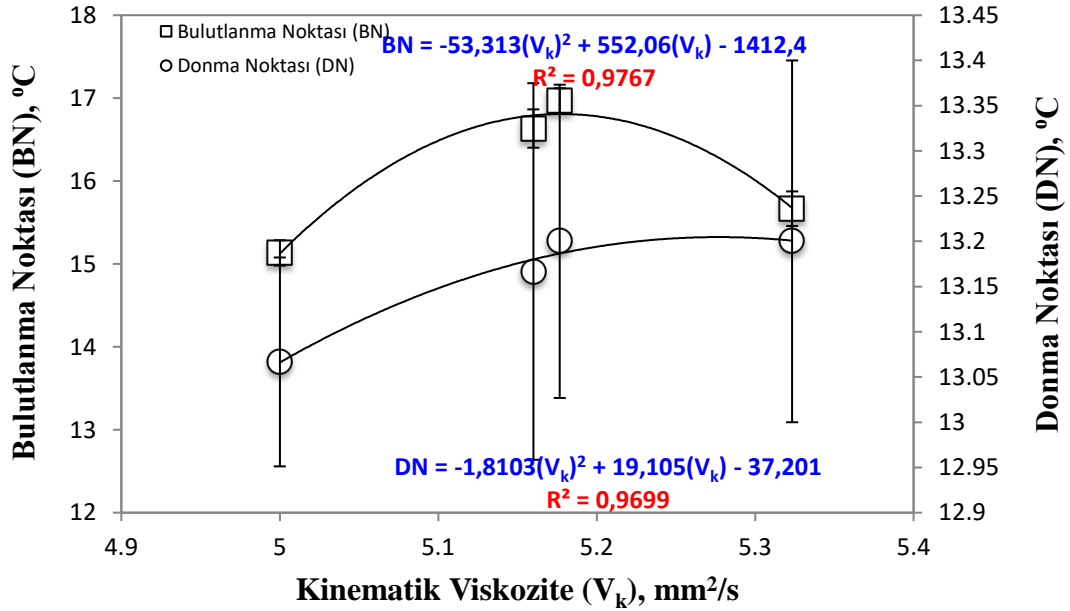
Benzer şekilde BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizelin su muhtevası değerinin, verim ve akma noktası ile doğrusal olmayan ilişkisi Şekil 4.25’de; brix ve nD ile doğrusal olmayan ilişkisi Şekil 4.26’da ve ısı değer ile doğrusal olmayan ilişkisi ise Şekil 4.27’de sırasıyla 0,7344; 0,9791; 0,9821; 0,8558 ve 1,0000 R² değerleri ile birlikte gösterilmiştir.



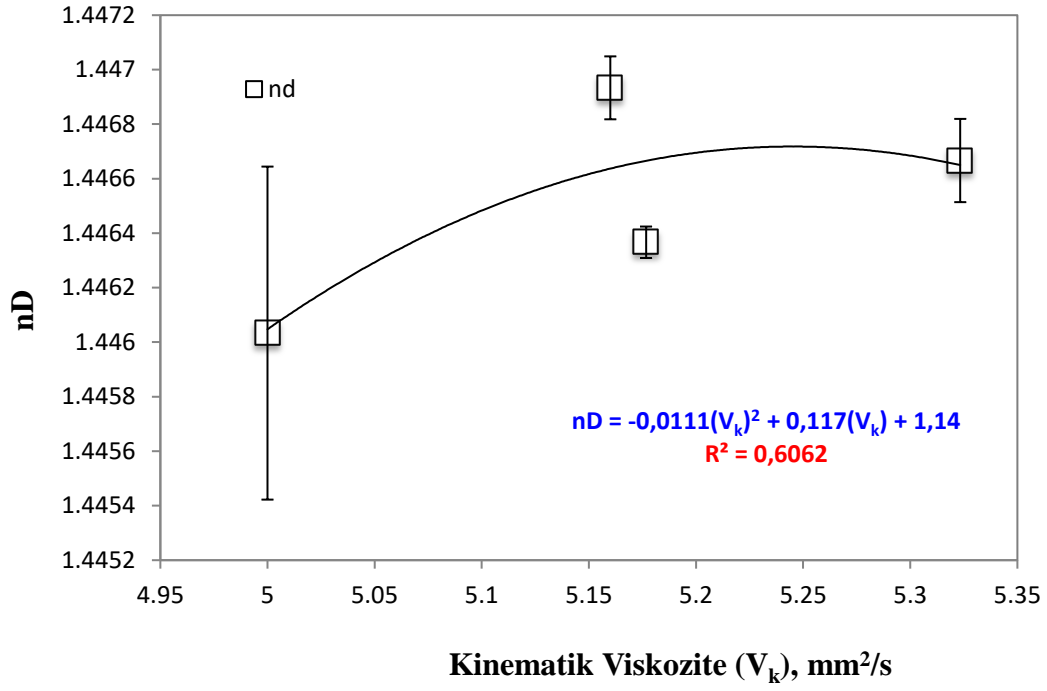
Şekil 4.21. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin pH değerinin Su Muhtevası (SM) ve Kinematik Viskozite (V_k) ile ilişkisi



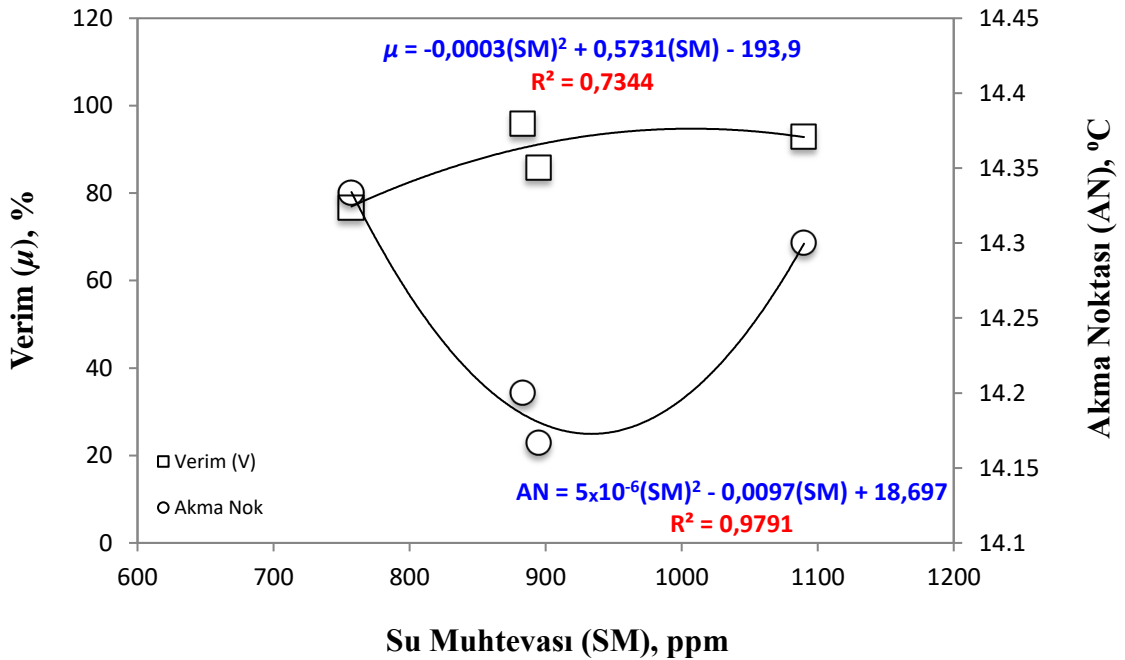
Şekil 4.22. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin Su Muhtevası (SM) ve Verim (μ) ile ilişkisi



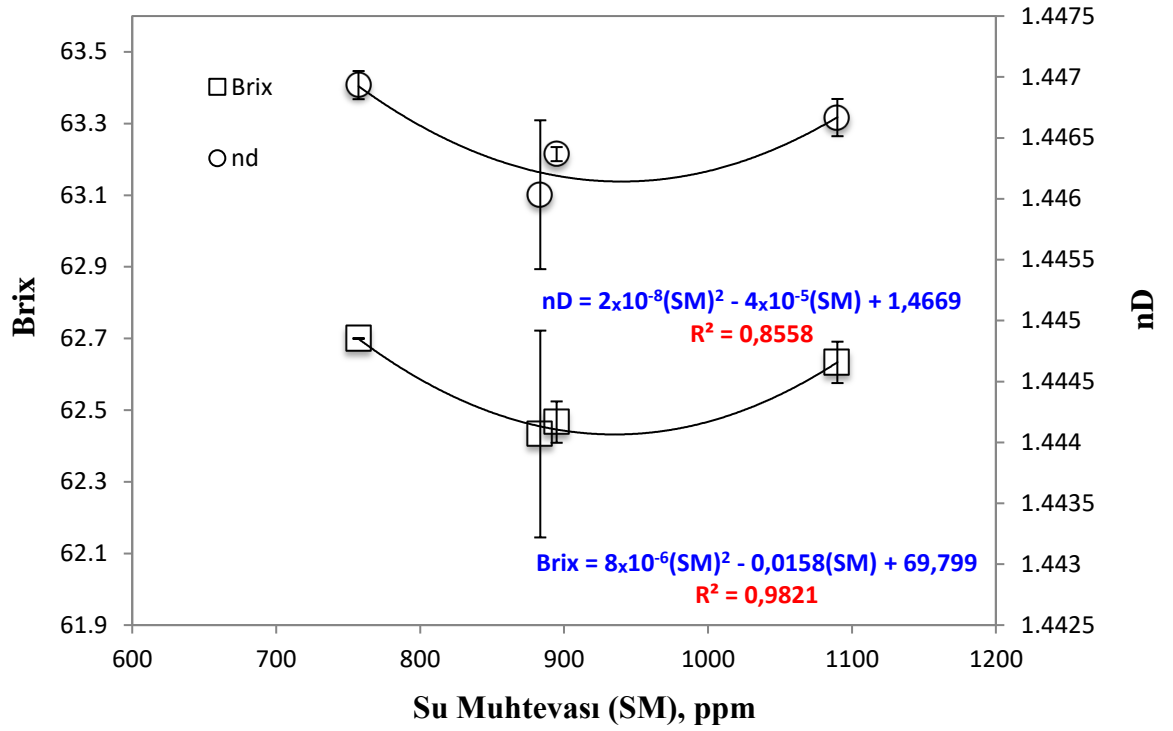
Şekil 4.23. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin Bulutlanma Noktası (BN) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi



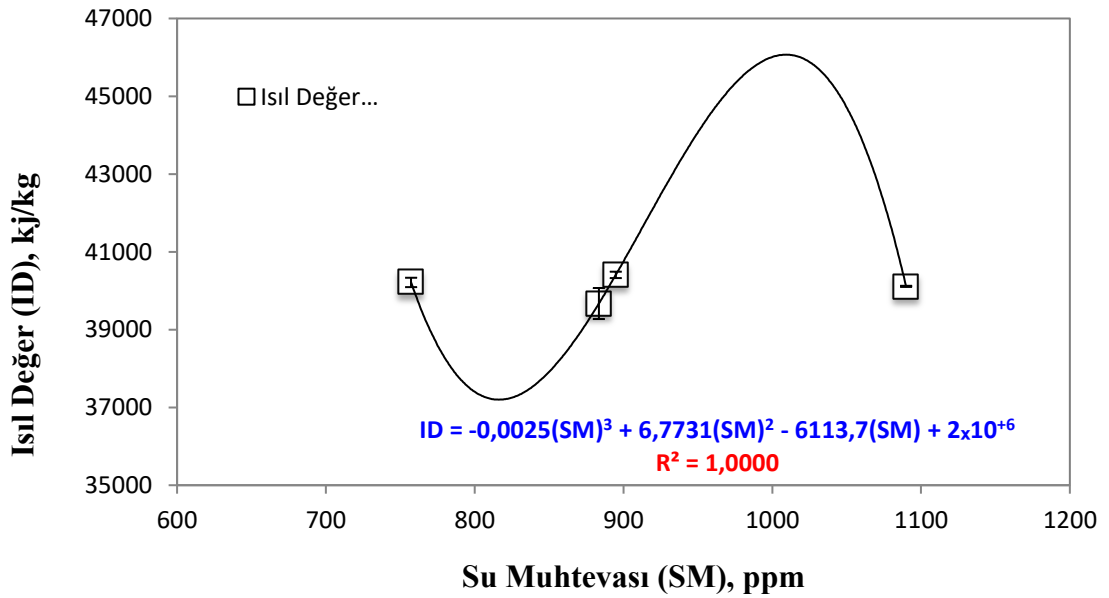
Şekil 4.24. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin nD ile ilişkisi



Şekil 4.25. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Verim (μ) ve Akma Noktası (AN) ile ilişkisi



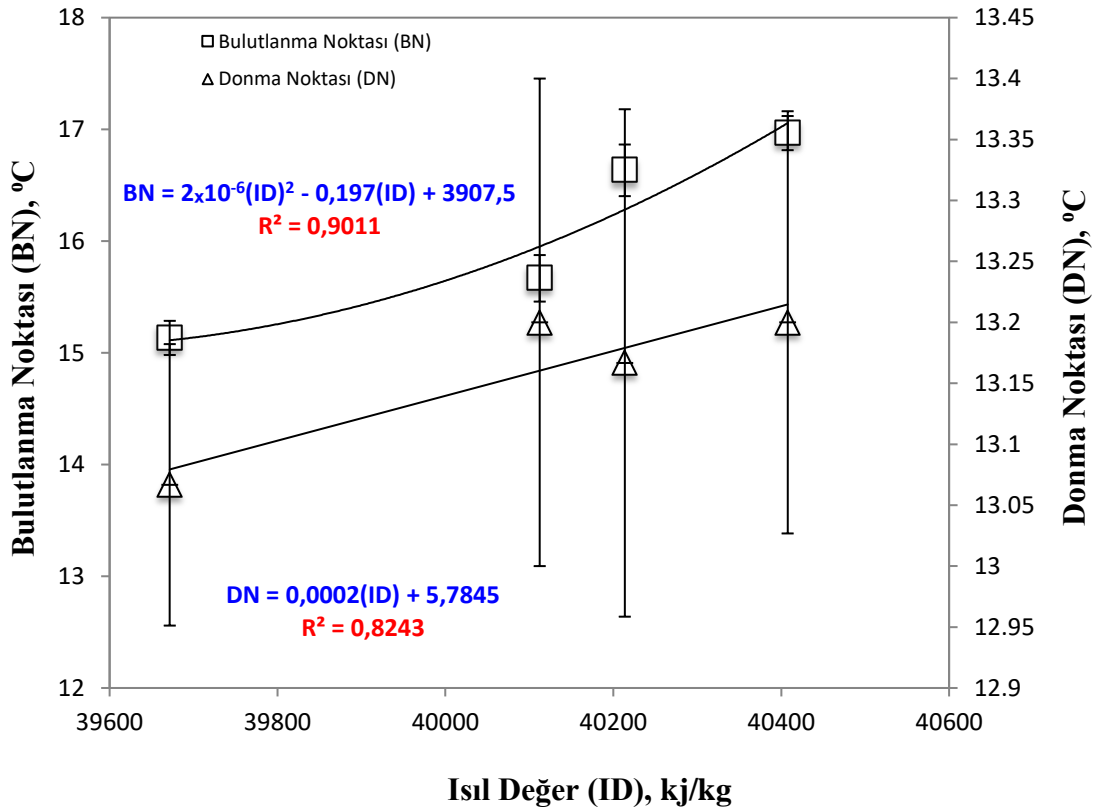
Şekil 4.26. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



Şekil 4.27. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Isıl Değer (ID) ile ilişkisi

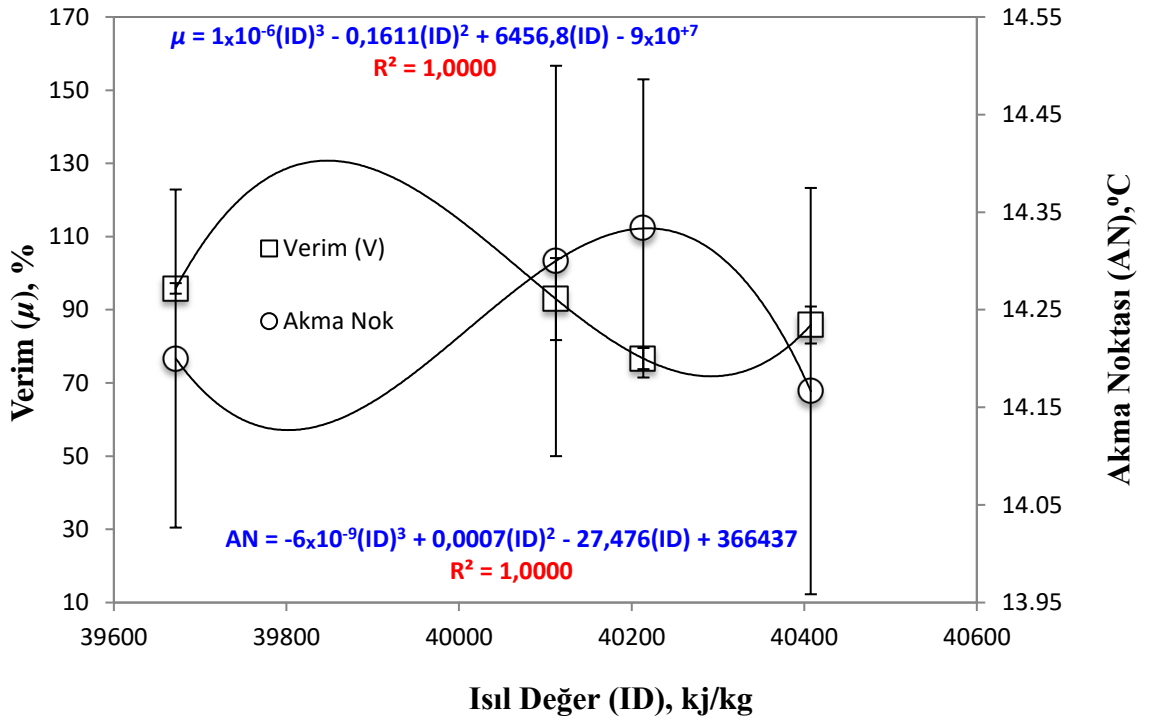
BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizelin ısıl değerinin; bulutlanma noktası ile olan non-linear ve donma noktası ile lineer ilişkisi kararlılık katsayısı Şekil 4.28’de; verim ve akma noktası ile olan non-linear ilişkisi Şekil 4.29’da ve brix ve nD ile olan non-linear ilişkisi ise Şekil 4.30’da sırasıyla %90,11, %82,43, %100, %89,78 ve %88,09 kararlılık katsayısı değerleri ile birlikte verilmiştir.

Benzer şekilde BBH böbrek iç yağı biyodizelinin akma noktasının; verim ve bulutlanma noktası ile olan ilişkisi Şekil 4.31’de ve brix ve nD ile olan ilişkisi ise Şekil 4.32’de gösterilmiştir. Söz konusu parametreler ile akma noktası arasında sırasıyla %98,88, %90,84, %97,34 ve %92,99 kararlılık düzeyinde non-linear ilişkiler bulunmuştur.

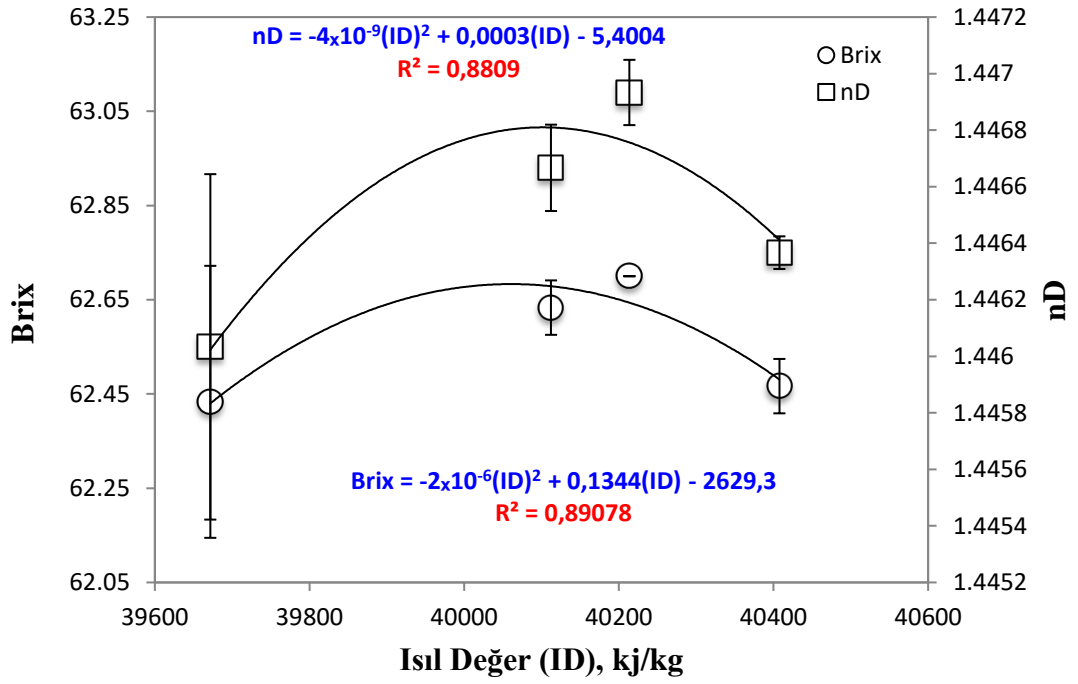


Şekil 4.28. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Donma Noktası (DN) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi

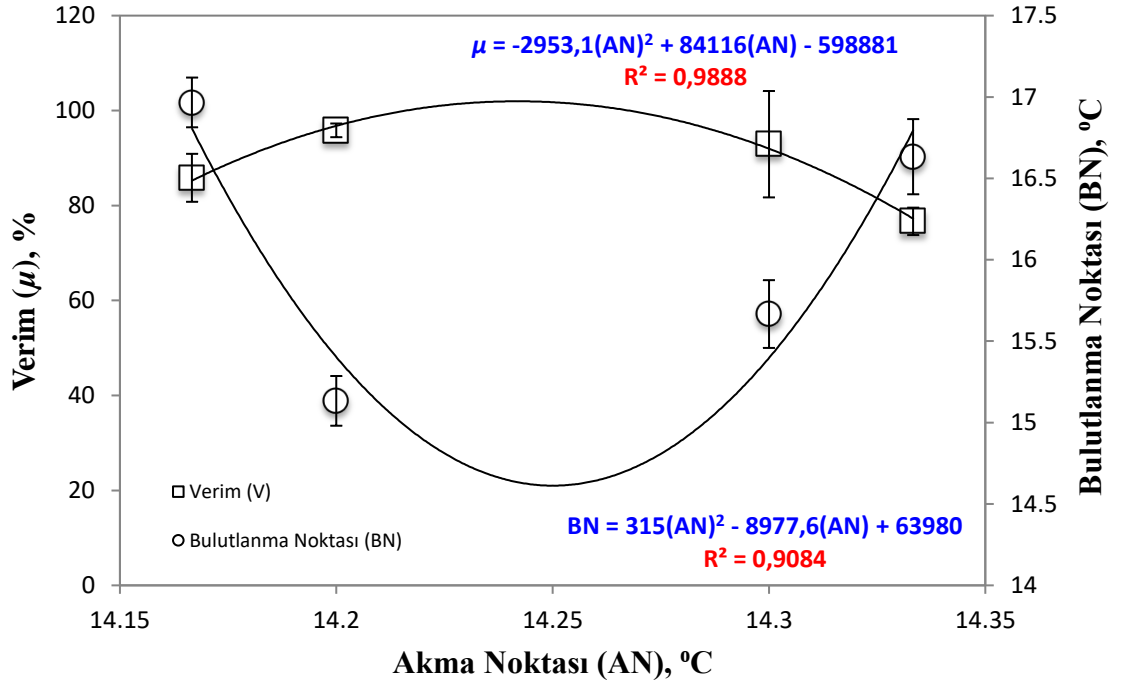
Böbrek iç yağından elde edilen biyodizelin bulutlanma noktasının; verim ve donma noktası ile olan non-linear ilişkisi Şekil 4.33’de; brix ve nD ile olan non-linear ilişkisi ise Şekil 4.34’de sırasıyla %72,40, %74,99, %89,50 ve %93,59 kararlılık katsayısı değerleri ile birlikte gösterilmiştir.



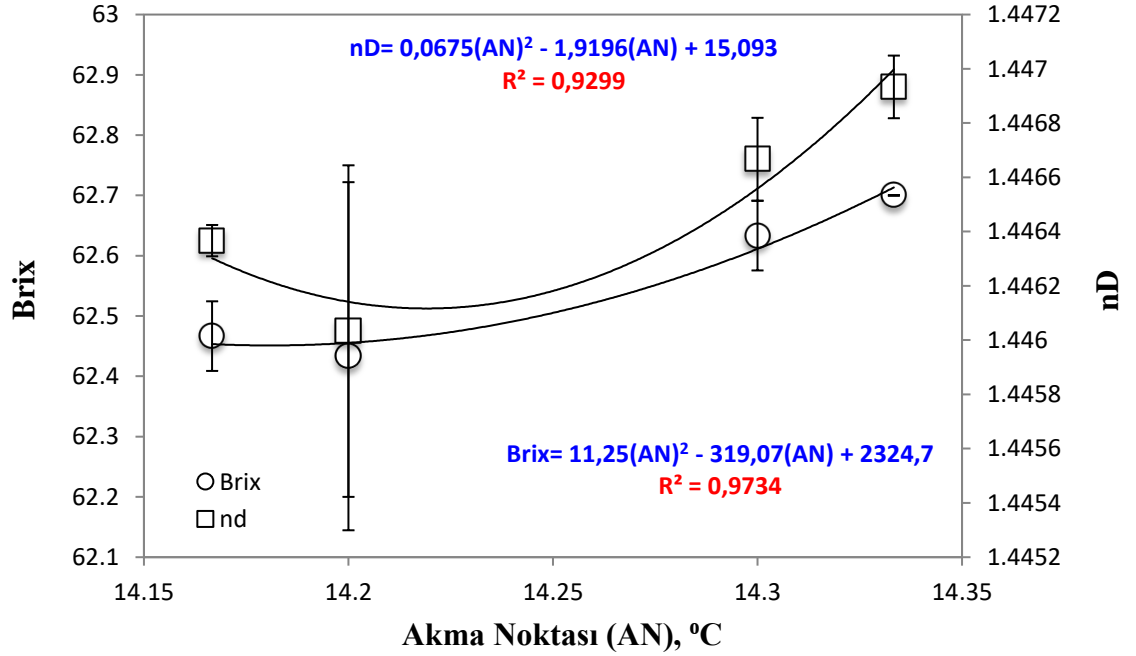
Şekil 4.29. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Akma Noktası (AN) ve Verim (μ) ile ilişkisi



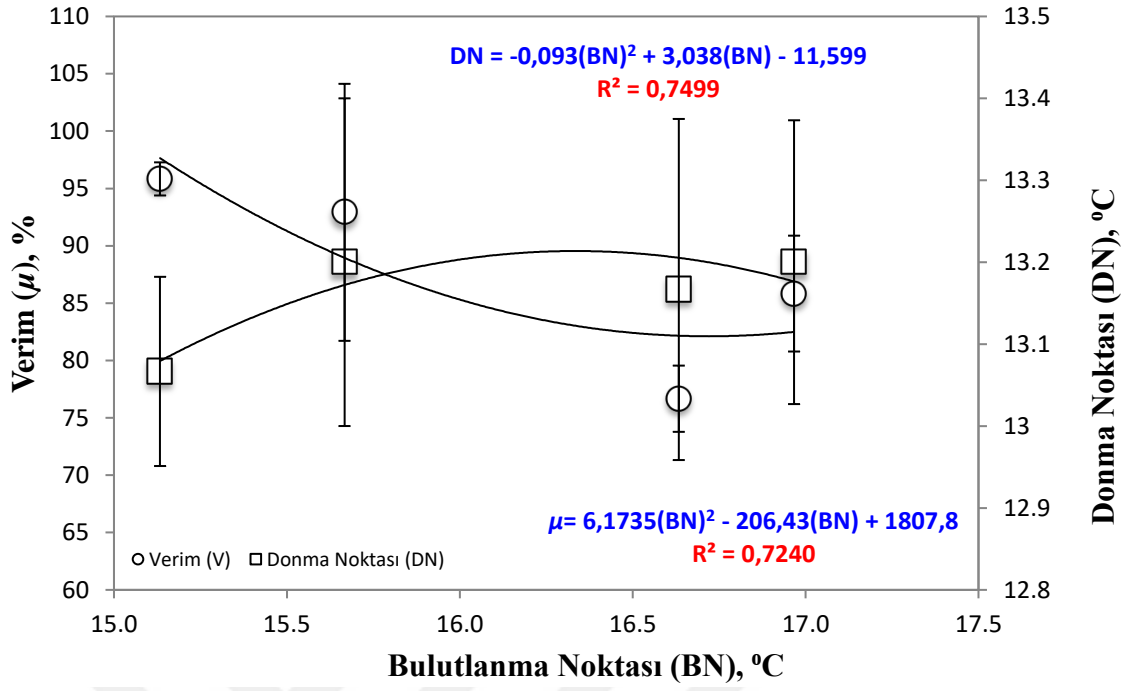
Şekil 4.30. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Isıl Değerinin (ID) Brix ve nD ile ilişkisi



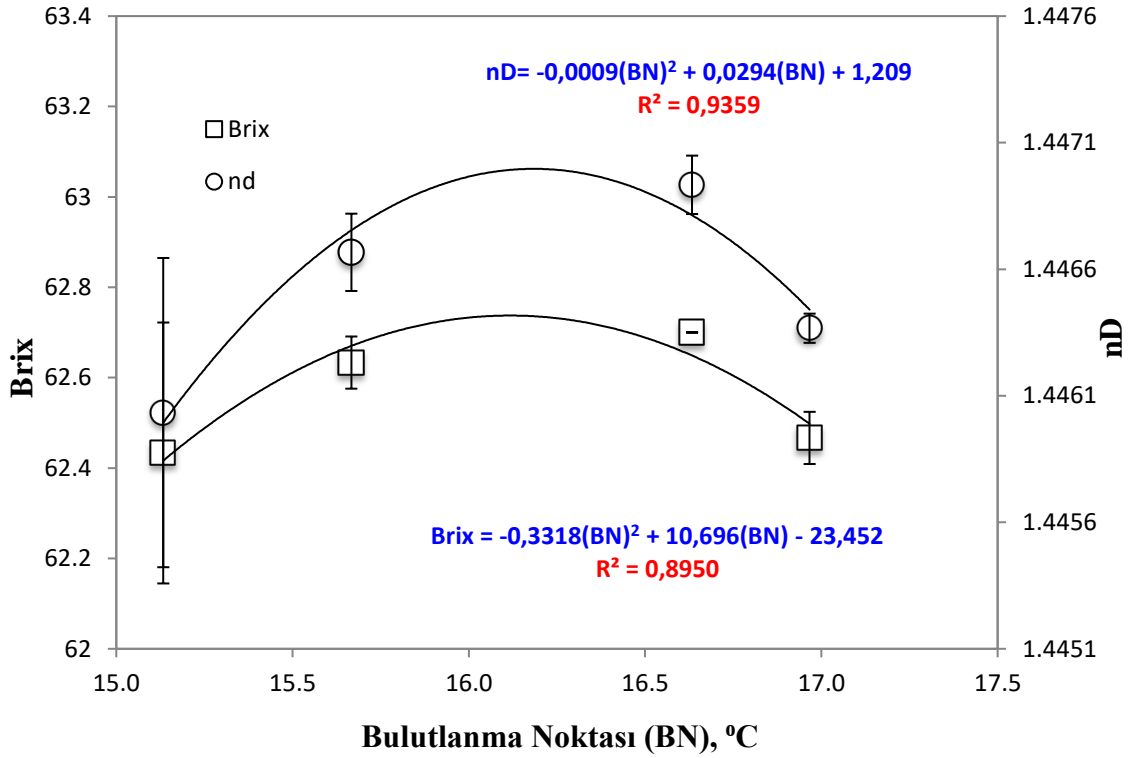
Şekil 4.31. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktasının (AN) Verim (μ) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi



Şekil 4.32. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktasının (AN) Brix ve nD ile ilişkisi

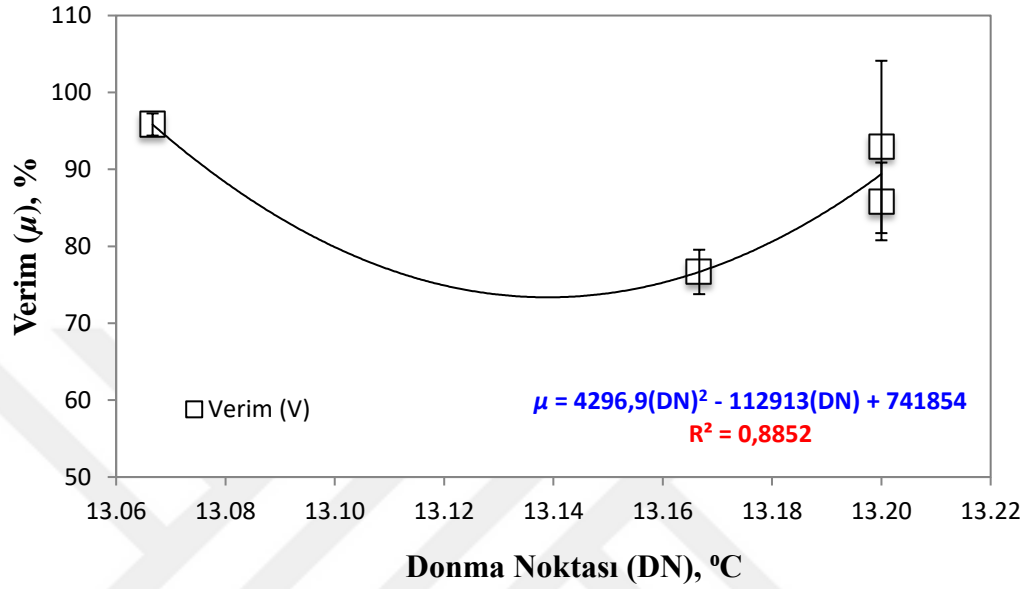


Şekil 4.33. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktasının (BN) Verim (μ) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi

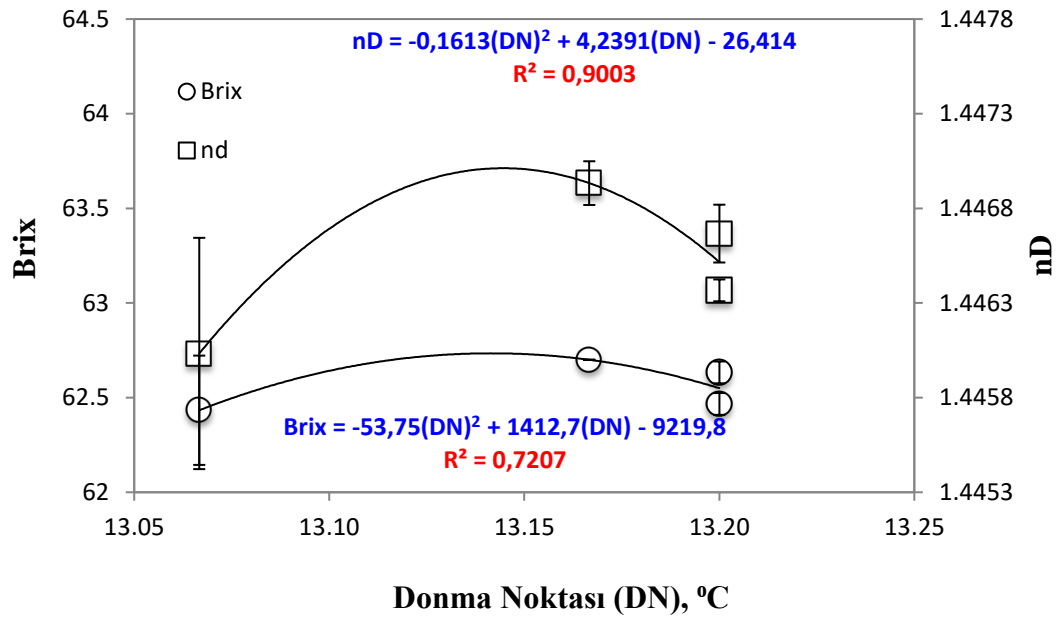


Şekil 4.34. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktasının (BN) Brix ve nD ile ilişkisi

Donma noktası değerinin, verimle olan non-linear ilişkisi %88,52 kararlılık katsayısı ile birlikte Şekil 4.35'te; brix ve nD ile olan non-linear ilişkisi ise sırasıyla %72,07 ve %90,02 kararlılık katsayısı ile birlikte Şekil 4.36'da sunulmuştur.

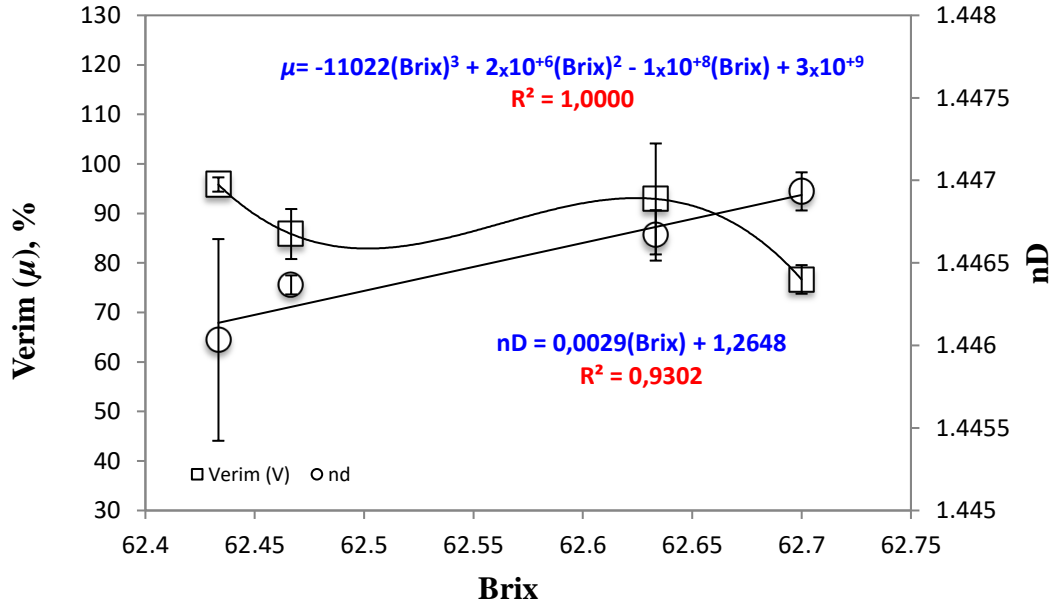


Şekil 4.35. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Donma Noktasının (DN) Verim (μ) ile ilişkisi

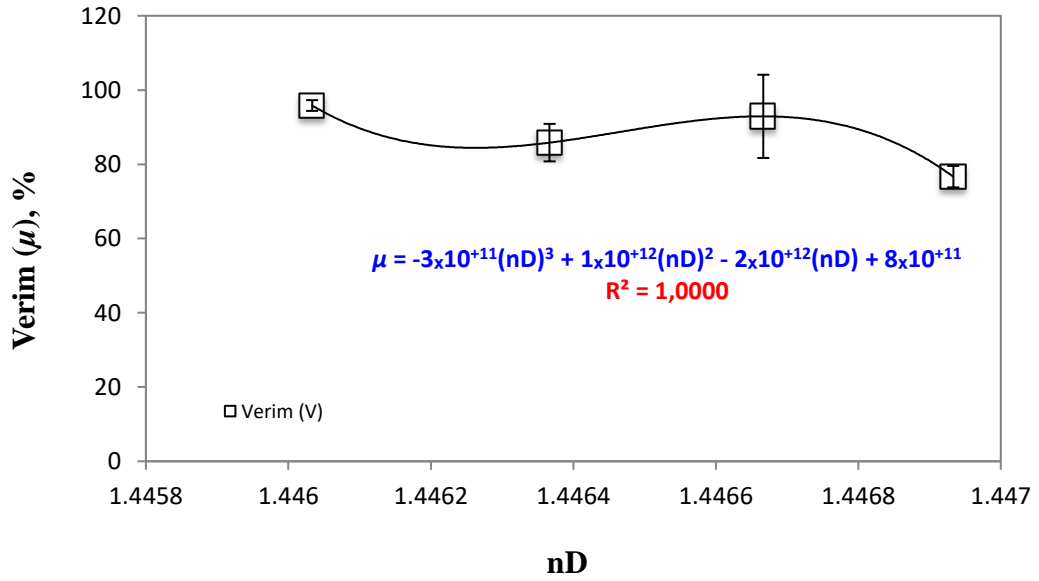


Şekil 4.36. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Donma Noktasının (DN) Brix ve nD ile ilişkisi

Brix değerinin nD ile olan doğrusal ve verim ile olan doğrusal olmayan ilişkisi sırasıyla 0.9902 ve 1.0000 R² değerleri ile birlikte Şekil 4.37’de gösterilmiştir. Buna karşın; nD değerinin verim ile olan ilişkisi Şekil 4.38’de verilmiştir. Bu ilişkinin R² değerinin ise 1.0000 düzeyinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.37. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Brix değerinin Verim (μ) ve nD ile ilişkisi



Şekil 4.38. BBH Böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin nD değerinin Verim (μ) ile ilişkisi

4.3. Kanola ve BBH Böbrek İç yağlarından Elde Edilen Biyodizelin Bazı Teknik Özellikleri

Kanola ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizelin teknik özellikleri istatistiksel farkları ile birlikte Çizelge 4.6'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca çizelgede denemelerde kullanılan kostik ve metanol miktarının teknik özellikler üzerine olan etkisi de ayrı ayrı incelenmiştir. Ancak, hem metanol hem de kostik miktarının teknik özellikleri anlamlı düzeyde etkilemediği ortaya konulmuştur. Buna karşın, biyodizel dozajlarının birbiri ile karşılaştırıldığı kısımda her bir teknik özelliğin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Çizelge 4.6'ya göre, özgül ağırlık, viskozite, su tayini, ısıl değer, bulutlanma noktası, akma noktası, donma noktası, brix, nD, nD20 ve verimin istatistiksel olarak %1; pH değerinin ise %5 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, 0,8853 g cm⁻³ değeriyle en yüksek özgül ağırlık değerine sahip olan K2 ve K4 dozları ile 0,8775 g cm⁻³ değeriyle en düşük özgül ağırlık değerine sahip olan B1 ve B3 dozları arasında %0,89'lük bir fark olduğu tespit edilmiştir. Viskozite açısından en yüksek viskoziteye sahip B2 (5,32 mm² s⁻¹) dozu ile en düşük viskoziteye sahip K3 ve K4 (4,48 mm² s⁻¹) dozları arasında %18,75 değerinde bir farklılık olduğu saptanmıştır. Su tayini değerleri incelendiğinde en iyi doz olan K2 ile en kötü doz olan B2 arasında %94,11 düzeyinde bir fark olduğu bulunmuştur. Isıl değeri açısından 40407,67 kJ kg⁻¹ ile en iyi doz olan B3 ve 38916 kJ kg⁻¹ ile en kötü doz olan K3 arasında ise %3,83'lük bir fark olduğu görülmüştür. En düşük bulutlanma noktasına sahip olan K1 biyodizelinin en yüksek bulutlanma noktasına sahip olan B1 biyodizelinin yaklaşık olarak 8 düşük değere sahip olduğu hesaplanmıştır. Akma noktası açısından en iyi biyodizel olan K3 (-12,20°C) ile en kötü olan B4 (14,33°C) arasında %217,46'luk büyük bir fark olduğu bulunmuştur. Buna karşın, donma noktası açısından en iyi yakıt olan K2 ile en kötü yakıt olan B1 arasında %216,39 oranında bir çok yüksek düzeyde bir fark olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, en yüksek brix değerine sahip K1 ve K2 (%65,90) biyodizelleri ile en düşük değere sahip B1 (%62,43) biyodizeli arasında % 5,59 değerinde bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Kırılma indisi (nD) açısından en iyi doz olan K2 ile en kötü doz olan B1 arasında %0,59 düzeyinde bir fark olduğu da bu çalışma kapsamında bulunmuştur. Verimi en yüksek yöntem olan K4 (%100) ile en kötü verime sahip B4 (%76,67) arasında %30,43 oranında yüksek

düzeyde bir fark tespit edilmiştir. Bununla birlikte, asitlik bazlık düzeyi (pH) açısından 6,11 değerine sahip en yüksek doz olan K4 ile 5,33 değerine sahip en düşük doz olan B3 arasında %14,63'lük bir fark olduğu tespit edilmiştir.

Biyodizel türünün bitkisel ya da hayvansal bazlı olması dikkate alınmaksızın, kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin teknik özelliklerin birbirleriyle olan pozitif ve negatif yönlü ve R^2 değeri 0.5000'ün üzerinde olan doğrusal ilişkileri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen değerler pozitif yönlü; mavi renkle belirtilen değerler ise negatif yönlü ilişkileri ifade etmektedir. Buna göre; yoğunluğun nD20, nD ve brix ile sırasıyla %95,90, %95,70 ve %95,38 değerinde pozitif yönlü bir ilişkiye sahip olduğu görülmektedir. Buna karşın, özgül ağırlığın ise donma noktası, akma noktası, bulutlanma noktası ve su muhtevası ile sırasıyla %93,80, %93,62, %93,57 ve %73,59 değerinde negatif yönlü ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, özgül ağırlıkta gözlenen artışın sebebini katı madde içeriğinde dolayısıyla da kırılma indisinde olan artışa bağlı olduğunu söylemek mümkündür. Kinematik viskozite ile su muhtevası, donma, akma ve bulutlanma noktası arasında değeri sırasıyla %87,85, %88,05, %87,69 ve %78,52 olan pozitif yönlü ilişkiler olduğu bu çalışma kapsamında saptanmıştır. Buna karşın, kinematik viskozitenin brix, nD ve nD20 ile değeri sırasıyla %86,97, %86,25 ve %86,06 olan negatif yönlü ilişkilere sahip olduğu görülmüştür. Söz konusu ilişkiler doğrultusunda, viskozitenin yüksek çıkmasının sebeplerinden biri olarak üretilen biyodizeldeki su içeriğinin yüksek olması ya da içerisindeki katı madde oranının (brix) düşük olması gösterilebilir.

Su muhtevası değerlerinin donma noktası, akma noktası ve bulutlanma noktası değerleriyle olan pozitif ilişkilerinin oranlarının sırasıyla %85,24, %84,98 ve %83,84 olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın brix, nd, nD20 ile olan negatif ilişkilerinin oranının ise sırasıyla %84,54, %84,86 ve %84,63 olduğu saptanmıştır. Buna göre, elde edilen biyodizellerin su içeriğinin düşürülmesi için bulutlanma, akma ve donma noktalarının sıcaklık değerleri düşürülmesi gerektiği görülmüştür. Aynı şekilde, su içeriğinin düşürülmesi için biyodizel içerisindeki katı madde oranının artırılması gerektiği de söylenebilir.

Çizelge 4.6. KY ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizelin bazı teknik özellikleri

<i>MM</i> (ml)	<i>Özgül Ağırlık</i> ^{öd} (g/cm ³)	<i>pH</i> ^{öd}	<i>Viskozite</i> 0,8849 (mm ² /s) ^{öd}	<i>Bakır</i> <i>Korozyon</i> öd	<i>Parlama</i> <i>Noktası</i> (°C) ^{öd}	<i>Su Tayini</i> (ppm) ^{öd}	<i>Isıl Değer</i> (kJ/kg) ^{öd}	<i>Bulut Noktası</i> (°C) ^{öd}	<i>Akma</i> <i>Noktası</i> (°C) ^{öd}	<i>Donma</i> <i>Noktası</i> (°C) ^{öd}	<i>Brix</i> ^{öd}	<i>nD</i> ^{öd}	<i>nD20</i> ^{öd}	<i>Verim</i> (%) ^{öd}
200	0,8811±0,0011	5,60±0,09	4,80±0,09	1a±0,00	>190±0,00	731,38±51,53	39733,25±181,89	7,22±2,67	1,21±3,91	-0,56±4,13	64,13±0,51	1,4502±0,0012	1,4514±0,0012	93,96±1,68
150	0,8823±0,0009	5,86±0,11	4,87±0,13	1a±0,00	>190±0,00	749,44±65,15	39967,83±147,31	7,32±2,67	1,28±3,93	-0,58±4,15	64,26±0,48	1,4505±0,0011	1,4518±0,0011	91,56±3,14
<i>KM</i> (g)	<i>Özgül Ağırlık</i> ^{öd} (g/cm ³)	<i>pH</i> ^{öd}	<i>Viskozite</i> 0,8849 (mm ² /s) ^{öd}	<i>Bakır</i> <i>Korozyon</i> öd	<i>Parlama</i> <i>Noktası</i> (°C) ^{öd}	<i>Su Tayini</i> (ppm) ^{öd}	<i>Isıl Değer</i> (kJ/kg) ^{öd}	<i>Bulut Noktası</i> (°C) ^{öd}	<i>Akma</i> <i>Noktası</i> (°C) ^{öd}	<i>Donma</i> <i>Noktası</i> (°C) ^{öd}	<i>Brix</i> ^{öd}	<i>nD</i> ^{öd}	<i>nD20</i> ^{öd}	<i>Verim</i> (%) ^{öd}
1,85	0,8819±0,0011	5,69±0,11	4,85±0,12	1a±0,00	>190±0,00	779,61±67,91	40017,67±119,46	6,83±2,58	1,44±3,86	-0,60±4,14	64,22±0,51	1,4504±0,0012	1,4516±0,0012	95,42±1,67
1,50	0,8816±0,0011	5,78±0,11	4,82±0,11	1a±0,00	>190±0,00	701,21±44,99	39683,42±194,77	7,70±2,74	1,05±3,98	-0,53±4,14	64,18±0,48	1,4503±0,0011	1,4516±0,0011	90,10±2,97
<i>Yöntem</i>	<i>Özgül Ağırlık</i> (g/cm ³) ^{**}	<i>pH</i> [*]	<i>Viskozite</i> 0,8849 (mm ² /s) ^{**}	<i>Bakır</i> <i>Korozyon</i> öd	<i>Parlama</i> <i>Noktası</i> (°C) ^{öd}	<i>Su Tayini</i> (ppm) ^{**}	<i>Isıl Değer</i> (kJ/kg) ^{**}	<i>Bulut Noktası</i> (°C) ^{**}	<i>Akma</i> <i>Noktası</i> (°C) ^{**}	<i>Donma</i> <i>Noktası</i> (°C) ^{**}	<i>Brix</i> ^{**}	<i>nD</i> ^{**}	<i>nD20</i> ^{**}	<i>Verim</i> (%) ^{**}
K1	0,8849±0,0002 ^a	5,42±0,06 ^c	4,53±0,01 ^b	1a±0,00	>190±0,00	583,53±46,53 ^d	39937,67±281,51 ^{ab}	-1,83±0,17 ^c	-11,33±0,33 ^b	-14,27±0,27 ^b	65,90±0,00 ^a	1,4544±0,0000 ^a	1,4555±0,0000 ^a	96,25±1,91 ^a
K2	0,8853±0,0008 ^a	5,59±0,03 ^{bc}	4,53±0,05 ^b	1a±0,00	>190±0,00	561,49±14,95 ^d	40349,00±243,33 ^a	-1,63±0,19 ^{de}	-11,40±0,31 ^b	-14,40±0,26 ^b	65,90±0,10 ^a	1,4545±0,0003 ^a	1,4556±0,0003 ^a	96,67±3,33 ^a
K3	0,8847±0,0002 ^a	6,01±0,02 ^{ab}	4,48±0,00 ^b	1a±0,00	>190±0,00	563,65±8,79 ^d	38916,00±96,02 ^d	-1,40±0,06 ^d	-12,20±0,15 ^c	-14,23±0,12 ^b	65,73±0,03 ^a	1,4539±0,0001 ^b	1,4552±0,0001 ^a	97,92±2,08 ^a
K4	0,8853±0,0001 ^a	6,11±0,06 ^a	4,48±0,00 ^b	1a±0,00	>190±0,00	589,07±23,71 ^d	39196,33±48,70 ^{cd}	-1,40±0,06 ^d	-12,10±0,06 ^c	-14,27±0,07 ^b	65,80±0,00 ^a	1,4540±0,0000 ^{ab}	1,4554±0,0000 ^a	100,00±0,00 ^a
B1	0,8775±0,0013 ^c	5,64±0,22 ^{abc}	5,00±0,11 ^a	1a±0,00	>190±0,00	883,48±48,60 ^b	39671,67±230,27 ^{bc}	15,13±0,09 ^c	14,20±0,10 ^a	13,07±0,07 ^a	62,43±0,17 ^c	1,4460±0,0004 ^e	1,4473±0,0004 ^d	95,83±0,83 ^a
B2	0,8800±0,0009 ^b	6,10±0,31 ^a	5,32±0,26 ^a	1a±0,00	>190±0,00	1089,95±12,10 ^a	40112,33±8,21 ^{ab}	15,67±0,12 ^b	14,30±0,12 ^a	13,20±0,12 ^a	62,63±0,03 ^{bc}	1,4467±0,0001 ^{cd}	1,4480±0,0001 ^{bc}	92,92±6,47 ^{ab}
B3	0,8775±0,0001 ^c	5,33±0,03 ^c	5,18±0,07 ^a	1a±0,00	>190±0,00	894,85±62,34 ^b	40407,67±47,19 ^a	16,97±0,09 ^a	14,17±0,12 ^a	13,20±0,10 ^a	62,47±0,03 ^c	1,4464±0,0000 ^{de}	1,4476±0,0000 ^{cd}	85,83±2,92 ^b
B4	0,8789±0,0007 ^{bc}	5,65±0,24 ^{abc}	5,16±0,11 ^a	1a±0,00	>190±0,00	757,27±62,68 ^c	40213,67±69,44 ^a	16,63±0,13 ^a	14,33±0,09 ^a	13,17±0,12 ^a	62,70±0,00 ^b	1,4469±0,0001 ^c	1,4481±0,0001 ^b	76,67±1,67 ^c

MM, metanol miktarı (ml); KM, kostik miktarı (g); ±SH, standart hata.

**p<0.01, * p<0.05, öd, önemli değil; Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arası fark önemlidir.

Çizelge 4.7. KY ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizele ilişkin bazı teknik özellikler arasındaki negatif ve pozitif yönlü ilişkiler matrisi

	γ	pH	V_k	SM	ID	BN	AN	DN	$Brix$	nd	$nd20$	μ
γ	1,0000	0,1660	-0,7959	-0,7359	-0,4223	-0,9357	-0,9362	-0,9380	0,9538	0,9570	0,9590	0,5921
pH	0,1660	1,0000	-0,1104	0,0571	-0,4112	-0,1478	-0,1515	-0,1408	0,1327	0,1181	0,1346	0,3833
V_k	-0,7959	-0,1104	1,0000	0,7852	0,4514	0,8769	0,8805	0,8785	-0,8697	-0,8606	-0,8625	-0,5556
SM	-0,7359	0,0571	0,7852	1,0000	0,3355	0,8384	0,8498	0,8524	-0,8454	-0,8486	-0,8463	-0,2789
ID	-0,4223	-0,4112	0,4514	0,3355	1,0000	0,4550	0,4605	0,4455	-0,4304	-0,4114	-0,4288	-0,4076
BN	-0,9357	-0,1478	0,8769	0,8384	0,4550	1,0000	0,9971	0,9978	-0,9939	-0,9920	-0,9929	-0,6129
AN	-0,9362	-0,1515	0,8805	0,8498	0,4605	0,9971	1,0000	0,9994	-0,9950	-0,9936	-0,9948	-0,5907
DN	-0,9380	-0,1408	0,8785	0,8524	0,4455	0,9978	0,9994	1,0000	-0,9965	-0,9955	-0,9962	-0,5911
$Brix$	0,9538	0,1327	-0,8697	-0,8454	-0,4304	-0,9939	-0,9950	-0,9965	1,0000	0,9990	0,9992	0,5692
nd	0,9570	0,1181	-0,8606	-0,8486	-0,4114	-0,9920	-0,9936	-0,9955	0,9990	1,0000	0,9997	0,5589
$nd20$	0,9590	0,1346	-0,8625	-0,8463	-0,4288	-0,9929	-0,9948	-0,9962	0,9992	0,9997	1,0000	0,5677
μ	0,5921	0,3833	-0,5556	-0,2789	-0,4076	-0,6129	-0,5907	-0,5911	0,5692	0,5589	0,5677	1,0000

γ : özgül ağırlık, pH : asitlik- bazlık oranı, V_k : viskozite, SM : su muhtevası, ID : ısıl değer, BN : bulutlanma noktası, AN : akma noktası, DN : donma noktası, $Brix$: numune içeriğindeki katı madde miktarı, nd : biyodizelin kırılma indisi, $nd20$: kırılma indisinin 20°C'deki değeri, μ : verim.

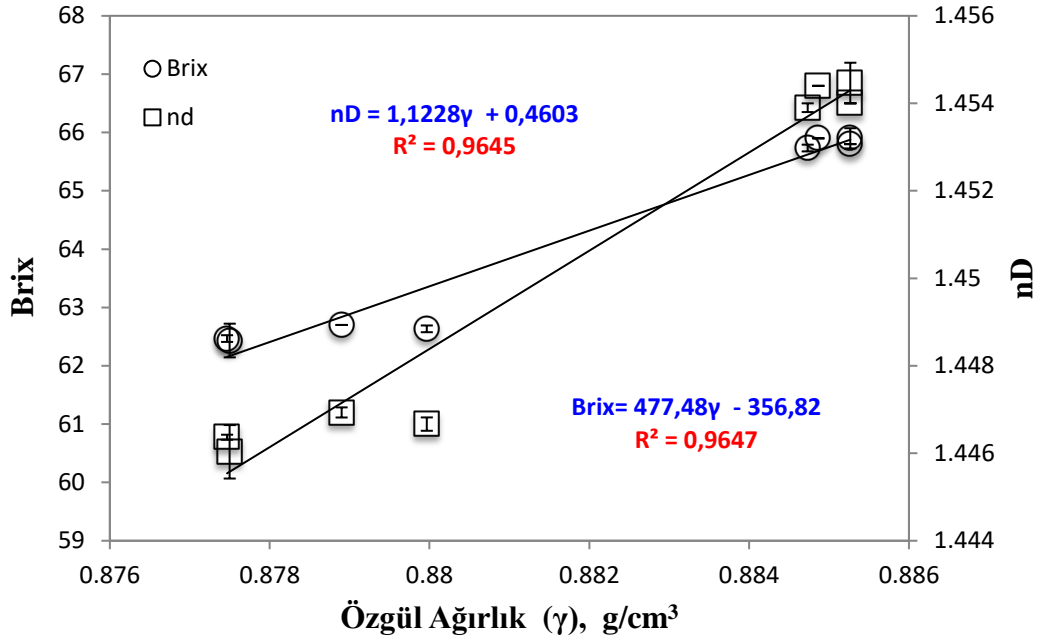
Bu çalışmada, bulutlanma noktası ile akma ve donma noktası arasında değeri sırasıyla ile %99,71 ve %99,78 olan pozitif yönlü ilişkiler saptanmıştır. Buna karşın bulutlanma noktası ile Brix, nd, nD20 ve verim arasında değerleri sırasıyla %99,39, %99,20, %99,29 ve %61,29 olan negatif yönlü ilişkiler olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, akma noktasının donma noktasıyla olan pozitif yönlü ilişki oranının %99,94 olduğu; buna karşın brix, nd ve nD20 ile olan negatif yönlü ilişki oranlarının ise sırasıyla %99,50, %99,36 ve %99,48 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, donma noktası değerlerinin brix, nd ve nD20 ile olan negatif yönlü ilişkilerinin sırasıyla %99,65, %99,55 ve %99,62 düzeyinde olduğu saptanmıştır.

Brix değerinin nd ve nD20 ile olan pozitif ilişkilerinin sırasıyla %99,90 ve %99,92 olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, yapılan çalışmada nD değerinin nD20 ile pozitif yönlü ilişkisinin %99,97; nD20 değerinin ise verim ile olan pozitif yönlü ilişkisinin %56,77 düzeyinde olduğu görülmüştür. Buna göre, üretilen biyodizel içeriğindeki katı madde miktarı arttıkça kırılma indisinin de artacağı anlaşılmaktadır.

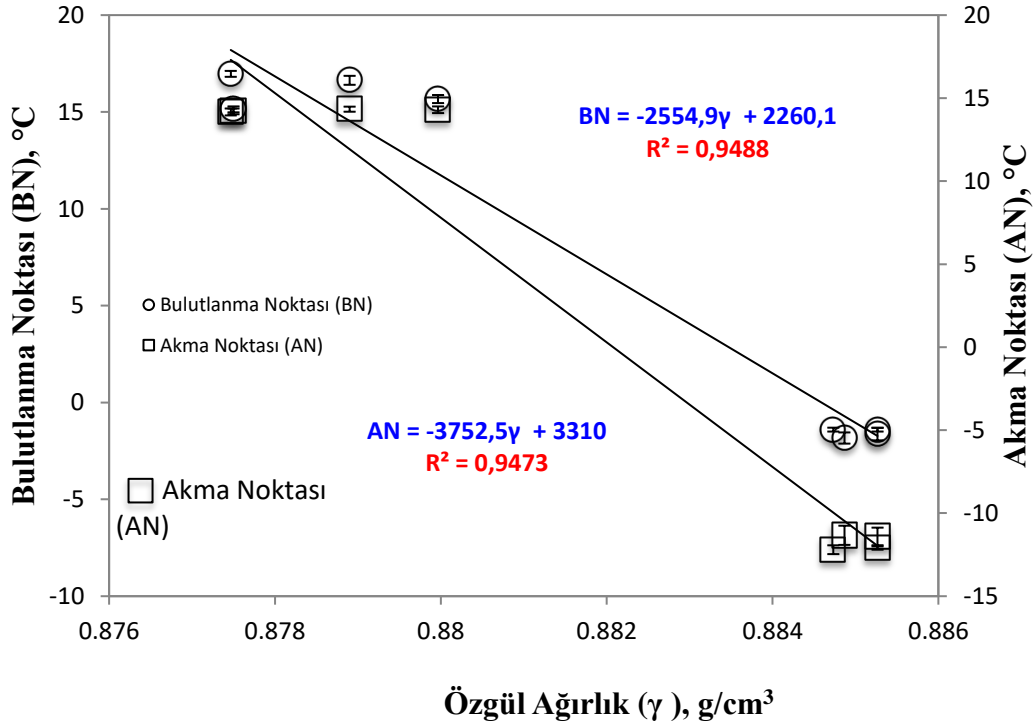
Bu çalışmada, kanola ve BBH iç yağlarından elde edilen biyodizele ilişkin pH değerinin, teknik özellikler ile anlamlı düzeyde bir ilişkisi olmadığı tespit edilmiştir.

BBH böbrek iç yağlarından ve kanola yağlarından elde edilen biyodizellerin teknik özelliklerin birbirleriyle olan doğrusal (lineer) ve doğrusal olmayan (non-lineer) ilişkileri, ilişkiler arasındaki kararlılık katsayıları, matematiksel modelleri ve ortalamaların standart sapmaları ile birlikte Şekil 4.39 ve Şekil 4.53 arasında verilmiştir.

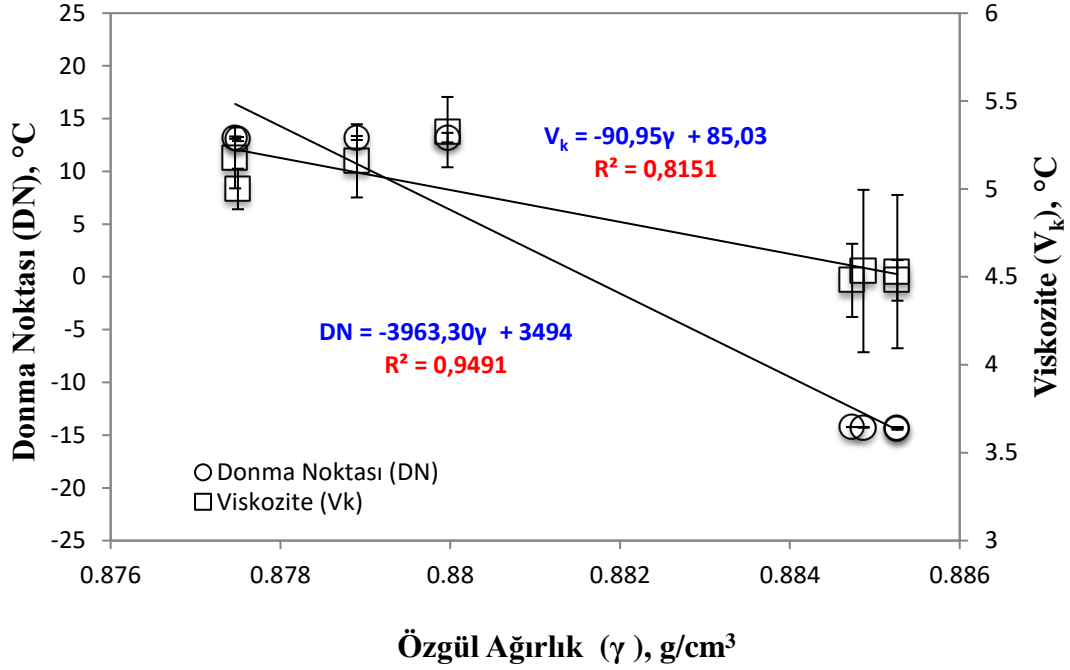
Kanola ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizellerin özgül ağırlık değerinin; brix ve nD ile olan doğrusal ilişkisi Şekil 4.39'da; bulutlanma ve akma noktası ile olan doğrusal ilişkisi Şekil 4.40'da; donma noktası ve viskozite ile olan doğrusal ilişkisi ise Şekil 4.41'de verilmiş olup bu ilişkilerin kararlılık katsayılarının sırasıyla %96,47, %96,45, %94,88, %94,73, %94,91 ve %81,51 olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.39. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



Şekil 4.40. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Özgül Ağırlık (γ) değerinin Akma Noktası (AN) ve Bulutlanma Noktası (BN) ile ilişkisi

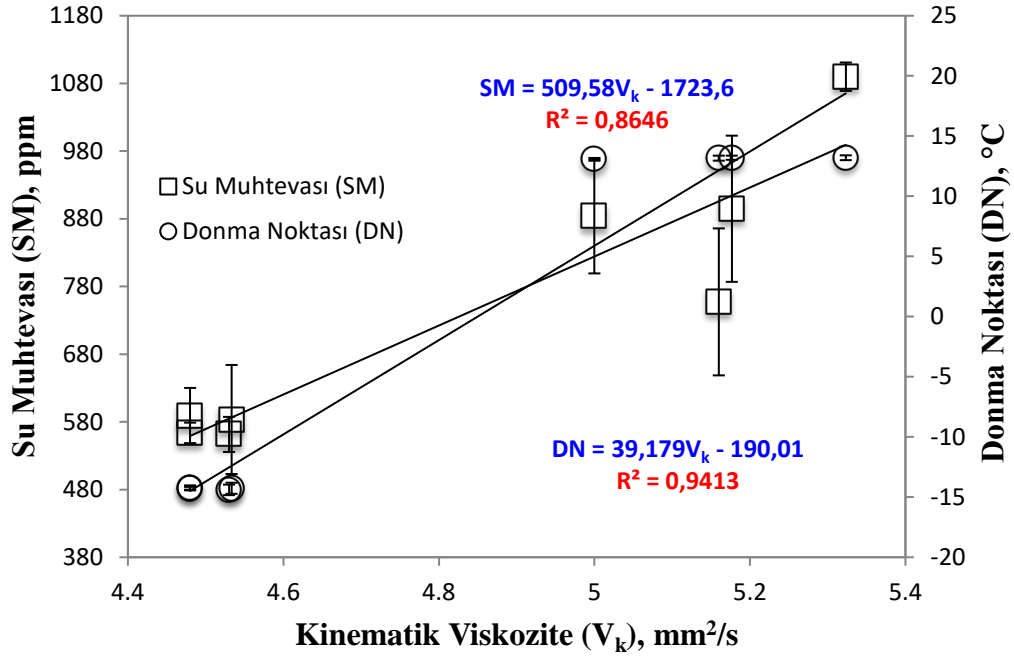


Şekil 4.41. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizelleri Özgül Ağırlık (γ) değerinin Donma Noktası (DN) ve Kinematik Viskozite (V_k) ile ilişkisi

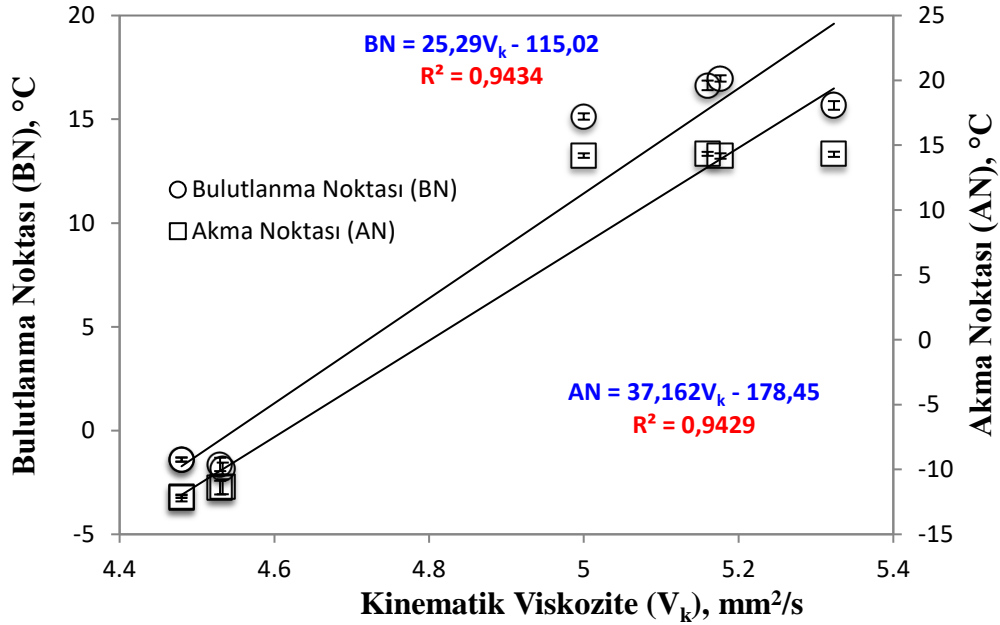
Bu çalışmada, kanola ve BBH böbrek iç yağlarından üretilen biyodizellere ilişkin kinematik viskozite değerinin, su muhtevası ve donma noktası ile olan doğrusal ilişkileri Şekil 4.42’de sırasıyla %86,46 ve %94,13; bulutlanma ve akma noktası ile olan doğrusal ilişkileri Şekil 4.43’de sırasıyla %94,34 ve %94,29; brix ve nD ile olan doğrusal ilişkileri ise Şekil 4.44’de sırasıyla %92,10 ve %91,21 kararlılık katsayıları ile birlikte verilmiştir.

Kanola ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen yakıtla ilişkin su muhtevası değerinin bulutlanma, akma ve donma noktaları ile olan lineer; brix ve nD ile olan non-linear ilişkileri sırasıyla %77,13, %79,35, %79,48, %97,66 ve %97,87 kararlılık katsayısı değerleri ile birlikte Şekil 4.45 ve Şekil 4.46’da gösterilmiştir.

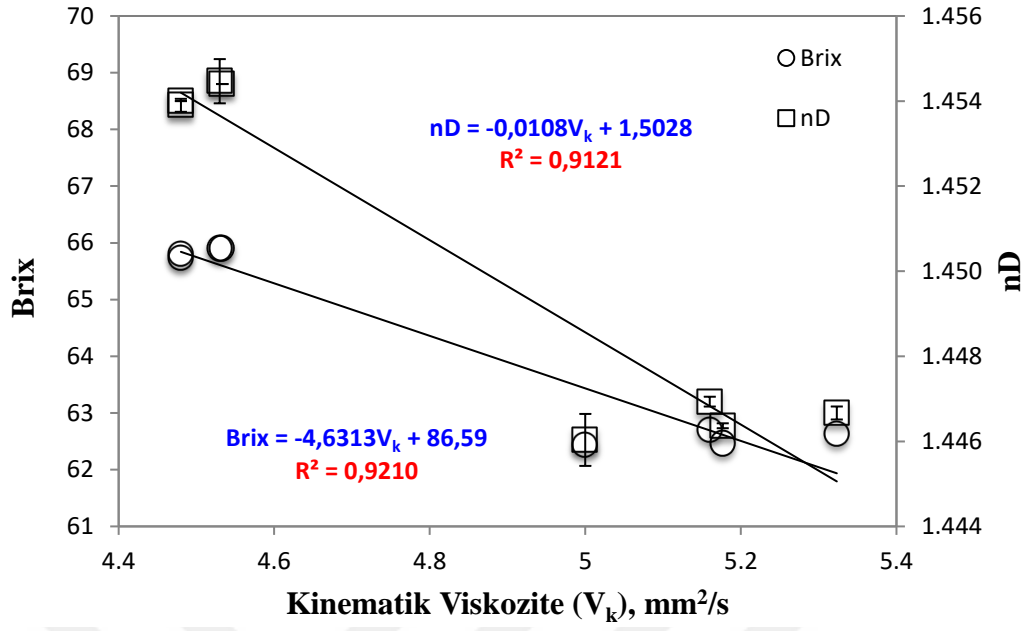
Bulutlanma noktasının; akma ve donma noktası ile olan lineer; brix ve nD ile olan lineer; verimle olan non-linear ilişkisine sırasıyla %99,53, %99,66, %99,24, %98,81 ve %81,24 kararlılık katsayısı değerleri ile birlikte Şekil 4.47, Şekil 4.48 ve Şekil 4.49’da yer verilmiştir.



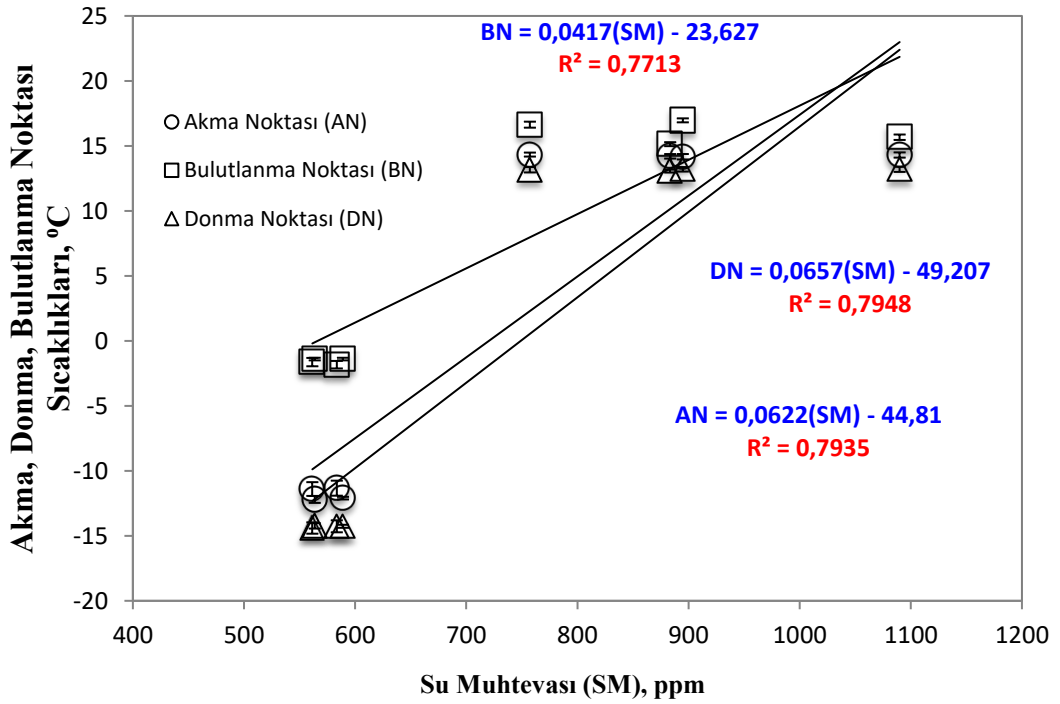
Şekil 4.42. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin Donma Noktası (DN) ve Su Muhtevası (SM) ile ilişkisi



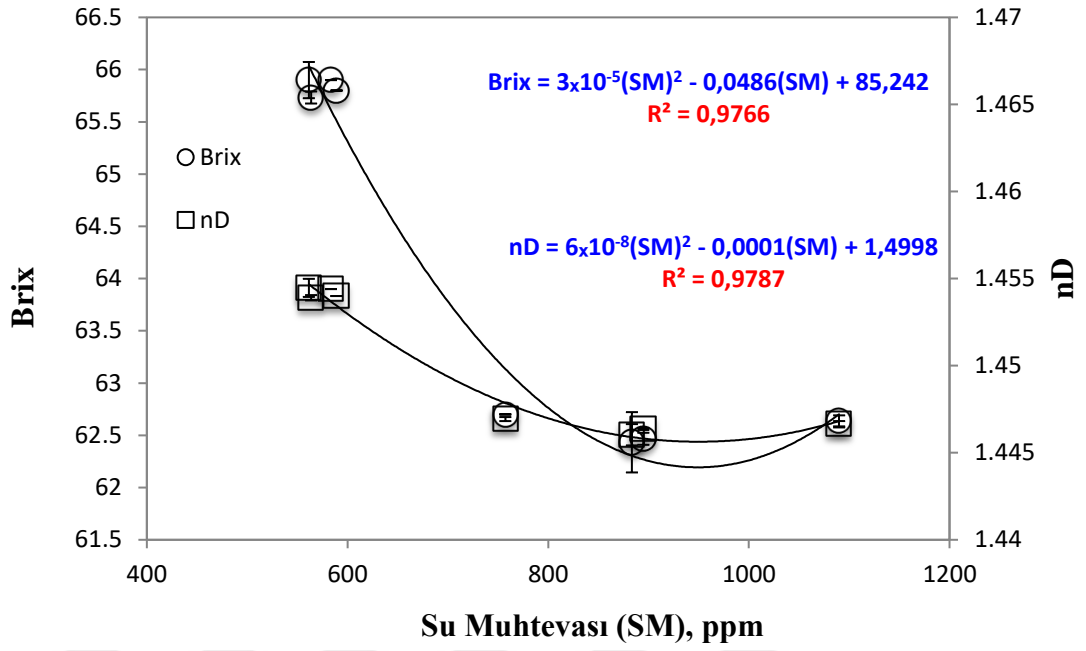
Şekil 4.43. Kanola ve BBH böbrek yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin Bulutlanma Noktası (BN) ve Akma Noktası (AN) ile ilişkisi



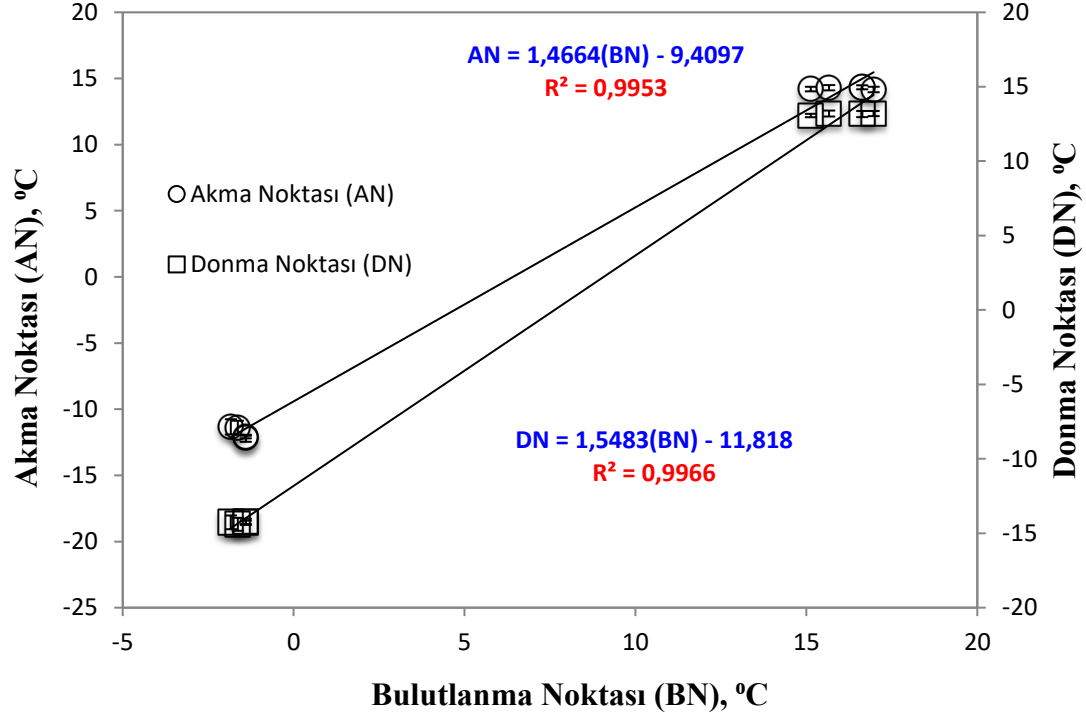
Şekil 4.44. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Kinematik Viskozite (V_k) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



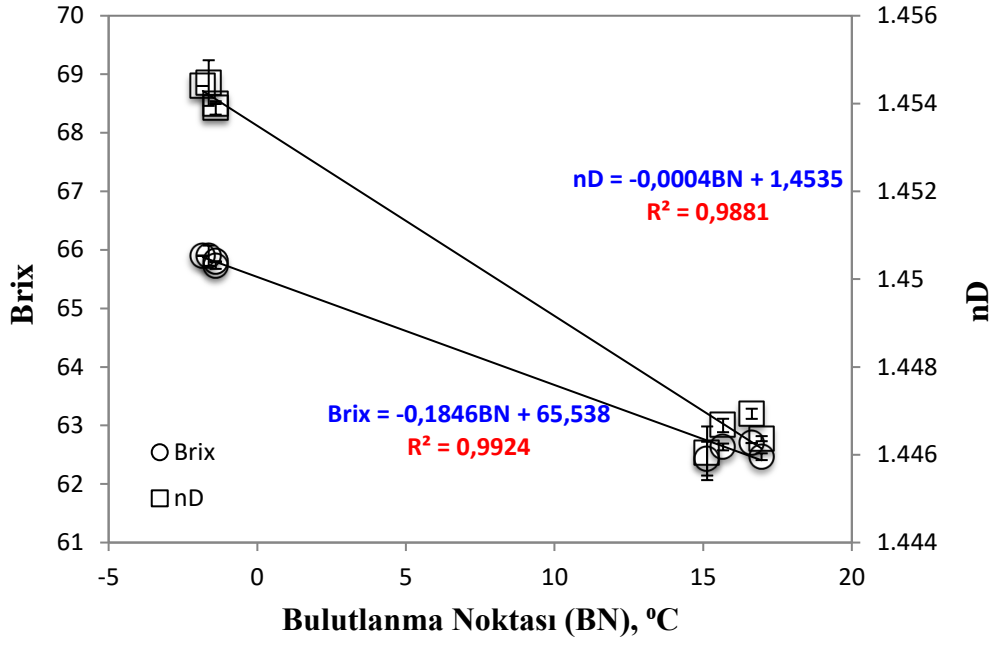
Şekil 4.45. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Bulutlanma Noktası (BN), Akma Noktası (AN) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi



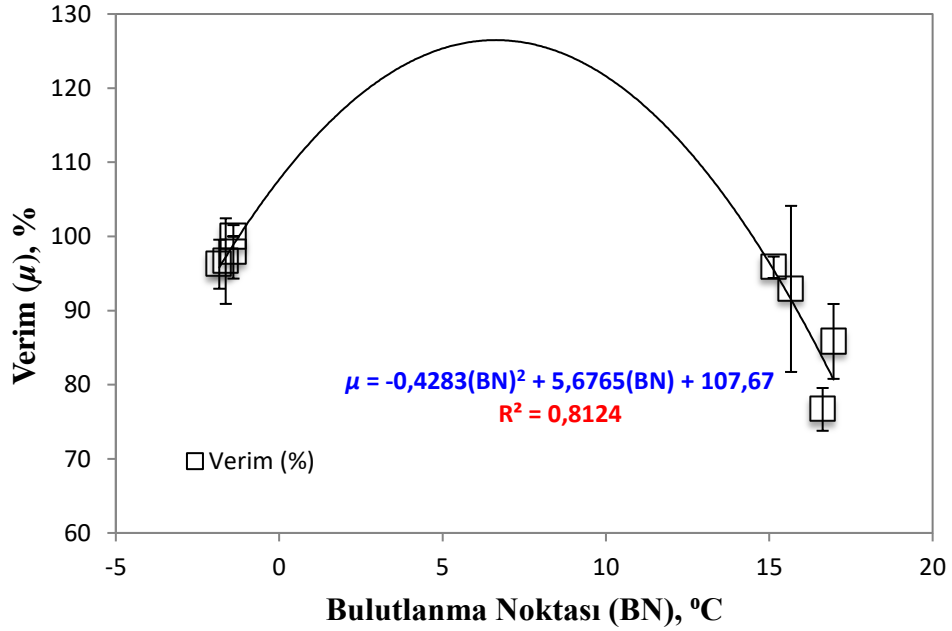
Şekil 4.46. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Su Muhtevası (SM) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



Şekil 4.47. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktası (BN) değerinin Akma Noktası (AN) ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi

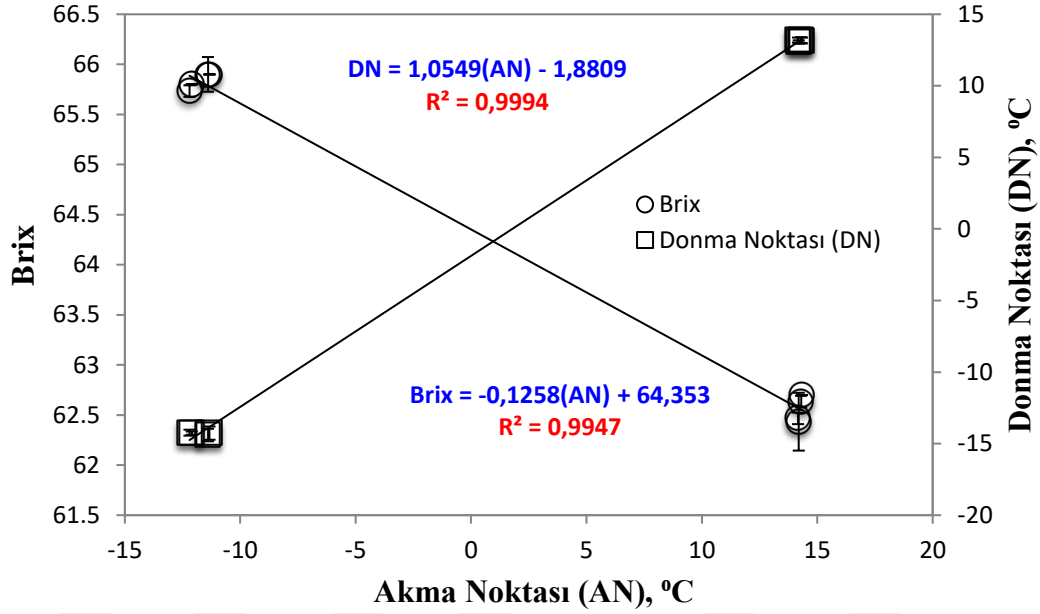


Şekil 4.48. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktası (BN) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi

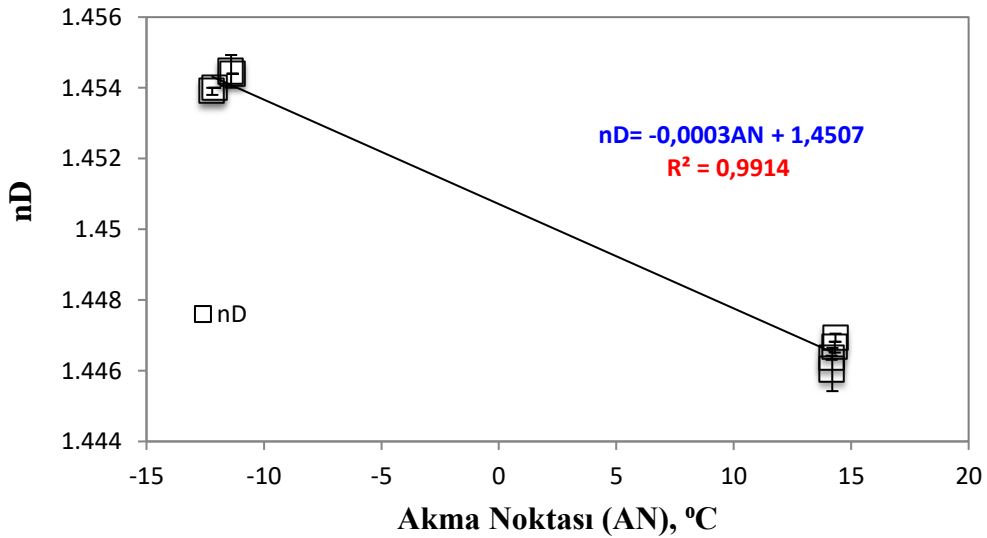


Şekil 4.49. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Bulutlanma Noktası (BN) değerinin Verim (μ) ile ilişkisi

Bu çalışmada, kanola ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen yakıtla ilişkin akma noktası değerinin, brix ve donma noktası ile olan lineer; nD ile lineer ilişkileri sırasıyla %99,47, %99,94 ve %99,14 kararlılık katsayısı değerleri ile birlikte Şekil 4.50 ve Şekil 4.51’de gösterilmiştir.



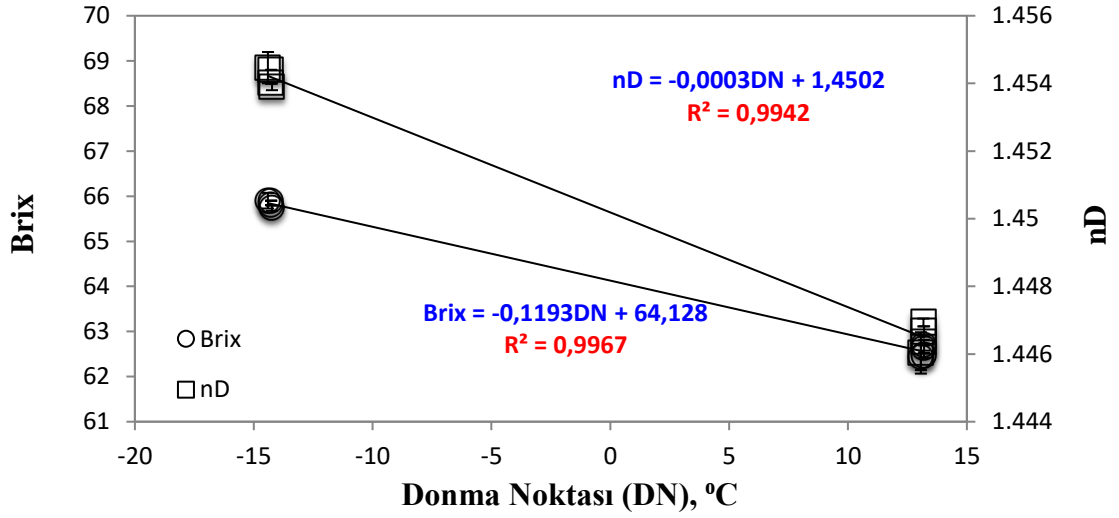
Şekil 4.50. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktası (AN) değerinin Brix ve Donma Noktası (DN) ile ilişkisi



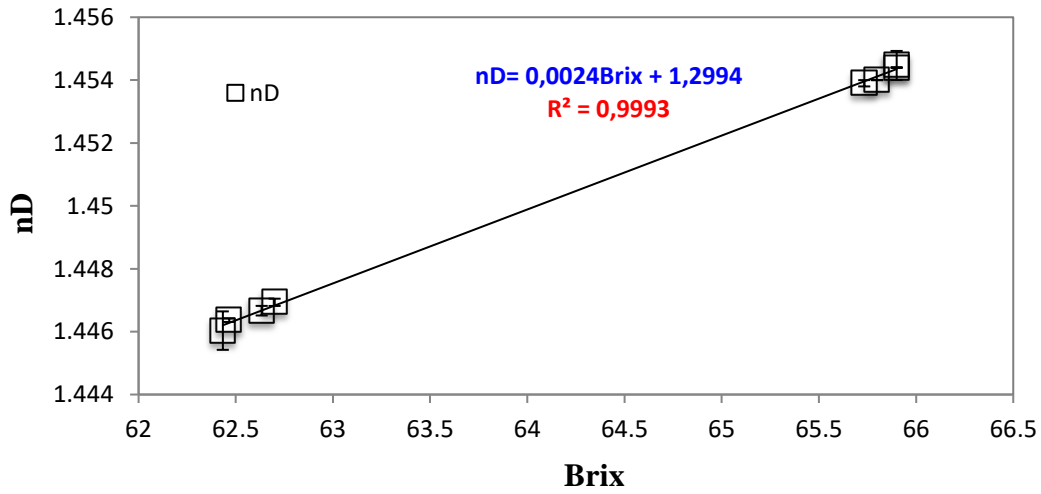
Şekil 4.51. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Akma Noktası (AN) değerinin nD ile ilişkisi

Kanola ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyoyakıtın donma noktası değerinin, nD ve brix ile lineer ilişkisi %99,42 ve %99,67 kararlılık katsayısı değerleri ile birlikte Şekil 4.52’de verilmiştir.

Bu çalışmada, brix değeri ile nD arasında kararlılık katsayısı %99,93 olan doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kanola ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen yakıtın söz konusu ilişkisi Şekil 4.53’te gösterilmiştir.



Şekil 4.52. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Donma Noktası (DN) değerinin Brix ve nD ile ilişkisi



Şekil 4.53. Kanola ve BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizellerin Brix değerinin nD ile ilişkisi

5. SONUÇ

Yapılan çalışmada hem kanola yağından hem de büyük baş hayvan böbrek iç yağlarından transesterifikasyon yöntemi kullanılarak biyodizel elde edilmiştir. Yapılan denemelerde 200 ve 150 ml metanolle beraber 1,85 g ve 1,5 g miktarında katalizör kullanılmıştır. Kanola yağından biyodizel elde etme prosesinde, katalizör olarak bulanıklığa sebep olmayan sodyum hidroksit kullanılırken; BBH böbrek iç yağlarında ise verimi daha yüksek olmasını sağlayan potasyum hidroksit kullanılmıştır. Deneme desenine göre elde edilen biyoyakıtların teknik özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bunun yanı sıra, teknik özelliklerin birbirleriyle olan negatif ve pozitif yönlü doğrusal ilişkileri de bu çalışma kapsamında araştırılmıştır.

Çalışmada, 'Excalibur' çeşidi kanola yağı kimyasal, soğuk presleme ve sıcak presleme olmak üzere üç farklı yöntem kullanılarak ekstrakte edilmiş olup söz konusu yöntemlere ilişkin verim değerleri sırasıyla %30.54, %22.67 ve %39.79 olarak belirlenmiştir. Verimde oluşan bu yüksek farklılık nedeniyle çalışmada kullanılan kanola yağının elde edilmesinde sadece sıcak presleme yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, kanola ve BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizellere ilişkin özgül ağırlık, pH, viskozite, bakır çubuk korozyonu, parlama noktası, su muhtevası içeriği, ısıl değer, bulutlanma noktası, akma noktası, donma noktası, brix, nD, nD20 ve verim değerleri ölçülmüştür.

Kanoladan elde edilen biyodizel açısından, en düşük özgül ağırlık değerinin K3 yakıtında; buna karşın BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizel açısından en düşük özgül ağırlık değerinin ise B3 yakıtında elde edildiği saptanmıştır. Asitlik – bazlık (pH) değerleri incelendiğinde ise K1 yakıtının kanola yağından elde edilen biyodizeller içinde en iyi değere sahip olduğu; ancak B3 yakıtının ise BBH böbrek iç yağlarından elde edilen biyodizeller içinde en iyi değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Viskozite değerleri dikkate alındığında, kanola biyodizeli için en iyi yakıtın K3 ve K4 olduğu, BBH böbrek iç yağı biyodizeli için ise B1 olduğu görülmüştür. Buna karşın, su içeriği bakımından kanola biyodizelinde en iyi sonuca K2 yakıtında, BBH böbrek iç

yağı biyodizeline ise B4 yakıtında ulaşılmıştır. Ayrıca, en yüksek ısıl değere sahip kanola biyodizelinin K2; BBH böbrek iç yağı biyodizelinin ise B3 olduğu görölmüştür. Bulutlanma noktası değerlerinin en düşük olduğu kanola yakıtı K2 iken; BBH böbrek iç yağı biyodizeli için bu değerin B3 olduğu belirlenmiştir. Kanola yağında en iyi akma noktası değerinin K3'te, BBH böbrek iç yağı için ise B4'te göröldüğu tespit edilmiş olup; kanola biyodizeli için en iyi donma noktası değerlerinin K2 yakıtında, BBH böbrek iç yağı biyodizeline ise B4 yakıtında olduğu gözlemlenmiştir. Üretilen biyodizeller içindeki katı madde oranının kanola biyodizeline en fazla olduğu denemenin K2, BBH böbrek iç yağı biyodizeline ise B4 olduğu görölmüştür. Biyodizellerin kırılma indislerine göre kanolada en iyi yakıtın K2; BBH böbrek iç yağlarında ise B4 olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, verim oranları açısından kanola biyodizelinin K4 denemesinin ve BBH böbrek iç yağı biyodizelinin B1 denemesinin en yüksek değerlere sahip olduğu görölmektedir.

Çalışmada kullanılan her iki materyalden elde edilen biyodizellerin su içeriğinin, standartlarda belirlenen sınır değerden oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Bu değerin düşürölmesi için ya transesterifikasyon süresinin uzatılması ya da transesterifikasyonun daha yüksek bir sıcaklıkta gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca yıkama işleminden sonra uygulanacak olan kaynatma ve titrasyon teknikleri ile söz konusu değeri standartlara uygun hale getirmek mümkün olabilmektedir. Su muhtevasına bağlı olarak akma donma ve bulutlanma noktaları da özellikle BBH böbrek iç yağı biyodizellerinde standart değerlerin oldukça üzerinde bulunmuştur. Bahsi geçen buharlaştırma ve titrasyon teknikleri ile söz konusu değerlerin bir miktar düşürölmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca donma noktası düşürücü ve antiyajeller gibi çeşitli kimyasallar kullanılarak da bu değerler standart değerlere yaklaştırılabilir. Bu hali ile BBH böbrek iç yağından elde edilen biyodizel dozlarının tümü, sıcak iklim şartlarının olduğu coğrafi bölgelerimizde ve sıcak mevsiminde kullanılabilme potansiyeline sahiptir. Ancak bu çalışma kapsamında çeşitli kostik ve metanol oranları ile elde edilen kanola biyodizel yakıtları, küçük iyileştirmeler ile kışların çok sert yaşanmadığı orta iklim bölgelerinde her mevsimde kullanılabilir teknik özelliklerde bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Abdulvahitoğlu, A., Tüccar, G. 2017.** Dizel motorlarda alternatif yakıt olarak karpuz çekirdeği biyodizelinin değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(1): 211-216.
- Ağaoğlu Güngör, Z. 2016.** Atık yağların çevreye zararları. Türkiye. <https://www.xing.com/communities/posts/atik-yaglarin-cevreye-zararlari-1003489172-> (Erişim tarihi: 10.09.2016).
- Akgün, G., Bayındır, H., Aydın, H. 2009.** Hayvansal yağlardan biyodizel üretimi ve teknik değerlerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 2009, Diyarbakır.
- Alptekin, E., Çanakçı, M. 2010.** Optimization of pretreatment reaction for methyl ester production from chicken fat. *Fuel*, 89: 4035-4039.
- Altun, Ş., Öner, C. 2008.** Hayvansal İç Yağlardan Transesterifikasyon Reaksiyonu İle Biyodizel Üretilmesi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 2008, Elazığ, Türkiye.
- Anonim, 2017.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA> (Erişim tarihi: 01.04.2017).
- Anonim, 2016.** 1 litre atık yağ 1 milyon litre içme suyunu kirletiyor. <http://t24.com.tr/haber/1-litre-atik-yag-1-milyon-litre-icme-suyunu-kirletiyor,266674> – (Erişim tarihi: 05.08.2016).
- Anonim, 2017.** TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim tarihi: 12.03.2017).
- Başalma, D. 2004.** Kışlık kolza (*Brassica napus ssp. oleifera L.*) çeşitlerinin Ankara koşullarında verim ve verim yönünden karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(2): 211-217.
- Baydan, H.E. 2008.** Biyoetanol, metil ester ve dizel karışımlarının dizel motorlarda kullanımının motor performansına etkisinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Otomotiv Anabilim Dalı, Konya.
- Behçet, R., Aydın, S., Çakmak, A. 2012.** Bitkisel ve hayvansal atık yağlardan üretilen biyodizellerin tek silindirli bir dizel motorda yakıt olarak kullanılması. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.*, 2(4): 55-62.
- Chen, W., Tseng, H., Wei, M., Su, E., Chiu, I. 2014.** Transesterification of canola oil as biodiesel over Na/Zr-SBA-15 catalysis: Effect of zirconium content. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39: 19555-19562.
- Correia, M. L., Campelo, N.S., Novaes, S.D., Cavalcante Jr, L.C., Cecilia, A.J., Rodriguez-Castellon, E., Vieira, S.R. 2015.** Characterization and application of dolomite as catalytic precursor for canola and sunflower oils for biodiesel production. *Chemical Engineering Journal*, 269: 35-43.
- Cunha Jr, A., Feddern, V., De Pra, M., Higarashi, M.M., Abreu, G.P., Coldebella, A. 2013.** Synthesis and characterization of ethylic biodiesel from animal fat wastes. *Fuel*, 105: 228-234.
- Cunha, E. M., Krause, C.L., Moraes, A.S.M., Faccini, S.C., Jacques, A.R., Almeida, R.S., Rodrigues, A.R.M., Caramao, B.E. 2009.** Beef tallow biodiesel produced in a pilot scale. *Fuel Processing Technology*, 90: 570-575.
- Dias, J. M., Alvim-Ferraz, C.M.M., Almeida, F.M., Diaz, M.J., Polo, S.M., Utrilla, R.J. 2012.** Selection of heterogeneous catalysts for biodiesel production from animal fat. *Fuel*, 94: 418-425.

- Encinar, J. M., Sanchez, N., Garcia, L.M. 2011.** Study of biodiesel production from animal fats with high free fatty acid content. *Bioresource Technology*, 102 : 10907-10914.
- Gülüm, M., Bilgin, A., Çakmak, A. 2015.** Sodyum hidroksit (NaOH) ve potasyum hidroksit (KOH) kullanılarak üretilen mısır yağı biyodizellerinin optimum reaksiyon parametrelerinin karşılaştırılması. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 30(3): 503-511.
- Gürü, M., Artukoğlu, D.B., Keskin, A., Koca, A. 2009.** Biodiesel production from waste animal fat and improvement of its characteristic by synthesized nickel and magnesium additive. *Energy Conversion and Management*, 50: 498-502.
- Iglesias, I., Morales, G. 2012.** Biodiesel from waste oils and fats: Advances in biodiesel production, Ed : Luque, R., Melero, J. A., A volume in Woodhead Publishing Series in Energy, Universidad Rey Juan Carlos, Spain, pp: 154 – 178.
- İlgen, O. 2016.** Kalsiyum asetat yüklenmiş dolomit katalizörü ile kanola yağı ve metanolden biyodizel üretimi. *Anadolu University Journal of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering*, 17(2): 413-421.
- Issariyakul, T., Kulkarni, G.M., Meher, C.L., Dalai, K.A., Bakhshi, N.N. 2008.** Biodiesel production from mixtures of canola oil and used cooking oil. *Chemical Engineering Journal*, 140: 77-85.
- Jang, G. M., Kim, K.D., Park, C.S., Lee, S.J., Kim, W.S. 2012.** Biodiesel production from crude canola oil by two-step enzymatic processes. *Renewable Energy*, 42: 99-104.
- Keskin, A., Gürü, M., Altıparmak, D. 2007.** Tall yağı biyodizelinin dizel yakıtı ile %90 oranındaki karışımının alternatif dizel yakıtı olarak incelenmesi. *Gazi Üniv Müh. Mim Fak. Der.*, 22(1): 57-63.
- Kiani, S. 2014.** Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Yüzey Aktif Maddelerin Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Erzurum.
- Knothe, G., Razon, F. L. 2017.** Biodiesel fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 58: 36-59.
- Koutsouki, A. A., Tegou, E., Badeka, A., Kontakos, S., Pomonis, P.J., Kontominas, M.G. 2016.** In situ and conventional transesterification of rapeseeds for biodiesel production: The effect of direct sonication. *Industrial Crops and Products*, 84: 399-407.
- Mazanov, S. V., Gabitova, A.R., Usmanov, R.A., Gumerow, F.M., Labidi, S., Amar, M.B., Passarello, J., Kanaev, A., Volle, F., Neindre, B.L. 2016.** Continuous production of biodiesel from rapeseed oil by ultrasonic assist transesterification in supercritical ethanol. *The Journal of Supercritical Fluids*, 118: 107-118.
- Mutreja, V., Singh, S., Ali, A. 2011.** Biodiesel from mutton fat using KOH impregnated MgO as heterogeneous catalysts. *Renewable Energy*, 36: 2253-2258.
- Nowicki, J., Lach, J., Organek, M., Sabura, E. 2016.** Transesterification of rapeseed oil to biodiesel over Zr-dropped MgAl hydrotalcites. *Applied Catalysis A : General*, 524: 17-24.
- Oğuz, H., Düzcüoğlu, H., Ekinci, Ş. 2011.** The Investigation of Lubrication Properties Performance of Euro-Diesel and Biodiesel. *Tribology Transactions*, 54: 449-456.
- Özsezen, N. A., Çanakçı, M. 2009.** Atık palmye ve kanola yağı metil esterlerinin kullanıldığı direkt püskürtmeli bir biyodizel motorda performans ve yanma. *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, 24(2): 275-284.
- Roosta, A., Sabzpooshan, I. 2016.** Modeling the effects of cosolvents on biodiesel production. *Fuel*, 186: 779-786.

Sekmen, Y., Şen, S. 2016. Hamsi (*Eugraulis encrasicolus*) yağından biyodizel üretimi ve dizel motor performans ve emisyonlarına etkisi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31(1): 19-27.

Tan, A. Ş. 2009. Bazı kolza (kanola) çeşitlerinin menemen koşullarında verim potansiyelleri. *ANADOLU, J. of AARI.*, 19(2): 1-32.

Taymaz, I., Coban, M. 2013. Performance and emissions of an engine fuelled with a biodiesel fuel produced from animal fats. *Thermal Science*, 17(1): 233-240.

Tütüncü, H. 2013. Transesterifikasyonla Balık Yağı Metil Esteri Sentezinin Optimizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, AKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Afyon.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Aslıhan YILMAZ

Doğum Yeri ve Tarihi: 16/06/1991

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu

Lise: Bursa Anadolu Kız Lisesi (2005-2009)

Lisans: Uludağ Üniversitesi / Ziraat Fakültesi / Biyosistem Mühendisliği Bölümü
(2009 - 2014)

Yüksek Lisans: Uludağ Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Biyosistem
Mühendisliği Anabilim Dalı (2015-2017)

İletişim (e-posta) : 19aslihanyilmaz91@gmail.com

Bilimsel Projeleri

HDP(Z)-2016/17. Alibaş, İ., Erdoğan, H., Aşık, B.B., Yılmaz, A. Tam Yağlı İnek Sütünün Sprey Kurutma Tekniği ile Kurutulmasında Sıcaklık ve Basınç Parametrelerinin Süt Tozunun Verim ve Kalite Değerleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. Bitiş Tarihi: 21 Kasım 2016. (Yardımcı Araştırmacı).

HDP(Z)-2016/32. Alibaş, K., Yılmaz, A., Alibaş, İ. Kanola Tohumu ve Böbrek İç Yağlarından Biyodizel Elde Edilmesi. Devam ediyor. (Yardımcı Araştırmacı).

TAGEM-15/AR_GE/52. Alibaş, İ., Koç, C., Arslan, M., Alibaş, K., Yılmaz, A. Biyodizel Üretiminde Kullanılan Bazı Mikroalg Türlerinin Çeşitli Kurutma Yöntemleri ile Kurutulması ve Kurutulmuş Mikroalglerden Biyodizel Elde Edilmesi. Devam Ediyor. (Yardımcı Araştırmacı).

TDAP(Z)-2016/3. Alibaş, İ., Arslan, M., Alibaş, K., Koç, C., Yılmaz, A. Bazı Mikroalg Türlerinin Çeşitli Kurutma Yöntemleri ile Kurutulması ve Kurutulmuş Mikroalglerden Biyodizel Elde Edilmesi. Devam Ediyor. (Yardımcı Araştırmacı).

HDP(Z)-2017/16. Alibaş, İ., Aşık, B.B., Yılmaz, A., Erdoğan, H. Fesleğenin Mikrodalga Kurutma Tekniği ile Kurutulması ve Kurutmanın Enerji Tüketimi, Renk,

Klorofil Düzeyi, K1 Vitamini, Besin Elementi (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, Cu) ve Protein İçeriğine Etkisinin Belirlenmesi. Devam Ediyor. (Yardımcı Araştırmacı)

Uluslararası Yayınları

Alibaş, I., Erdoğan, H., Yılmaz, A., Alibaş, K. 2016. Biogas Potential in Görükle Campus of Uludağ University. *J. BIOL. ENVIRON. SCI.*, 10(29): 79-88.

Yılmaz, A., Alibaş, I. 2017. Determination of Microwave and Convective Drying Characteristics of Coriander Leaves. *J. BIOL. ENVIRON. SCI.*, 11(31): 75-85.

Uluslararası Kongrelerde Sunulan Bildiriler

Alibaş, I., Alibaş, K., Yılmaz, A. 2017. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kırsal Turizmdeki Önemi ve Uygulamaları: 1st International Rural Tourism and Development Congress (Kongre Özet Kitabı), Editörler: Çelik, A. Karataş M., Bursa/Türkiye, s.140.

Alibaş, İ., Yılmaz, A. 2017. Evaluation of Color and Chlorophyll Content of Parsley, Dill, Coriander and Chervil Leaves Subjected to Microwave and Natural Drying: 1st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants Natural and Healthy Life. Kongre Özet Kitabı, ISBN:978-605-4988-14-3, s.1539.

Diğer Yayınlar

Alibaş, I., Alibaş, K., Yılmaz, A. 2017. Zeytin Karasuyunun Entegre Enerji Üretiminde Kullanımı. Uludağ Üniversitesi VI. Bilgilendirme ve AR-GE Günleri, 15-16 Mart 2017, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Alibaş, I., Alibaş, K., Yılmaz, A., Arslan, M., Albayrak, T., Sevinç, U. 2017. Bursa Sahillerinde Sıklıkla Görülen Alg Türlerinden Entegre Enerji Üretiminin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi VI. Bilgilendirme ve AR-GE Günleri, 15-16 Mart 2017, Uludağ Üniversitesi, Bursa.