



## KETENCİK [*Camelina sativa* (L.) Crantz] YAĞI BİYODİZELİNİN ve KARIŞIM YAKITLARININ FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

<sup>1</sup>Tanzer ERYILMAZ , <sup>2</sup>Seda ŞAHİN , <sup>3</sup>Murat ERTUĞRUL , <sup>4</sup>Sadiye Ayşe ÇELİK 

<sup>1</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Yozgat, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Konya, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Yozgat, TÜRKİYE

<sup>4</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, TÜRKİYE

<sup>1</sup>tanzer.eryilmaz@bozok.edu.tr, <sup>2</sup>sedabacak@selcuk.edu.tr, <sup>3</sup>murat.ertugrul@bozok.edu.tr,

<sup>4</sup>sacelik@selcuk.edu.tr

(Geliş/Received: 11.10.2021; Kabul/Accepted in Revised Form: 23.02.2022)

**ÖZ:** Son yıllarda, bitkisel yağların biyoyakıt kaynağı olarak biyodizel üretimi için kullanılması, yağlı tohumlu bitkilerin önemini artmasını sağlamıştır. Biyodizel üretiminde kullanılabilecek potansiyel bitkilerden birisi de ketenciktir [*Camelina sativa* (L.) Crantz]. Brassicacea familyası içerisinde yer alan tek yıllık bir bitki olan ketencik, yaygın olarak bilinen 6 *Camelina* türünden (*C. sativa*, *C. laxa*, *C. rumelica*, *C. microcarpa*, *C. hispida* ve *C. anomala*) biridir. Bu çalışmada, ketencik tohumlarından vidalı pres vasıtasıyla ketencik ham yağı elde edilmiş ve bu yağın yağ asidi bileşenleri incelenmiştir. Biyodizel üretimi, ketencik ham yağından, transesterifikasyon yöntemi ile iki aşamalı olarak (B100) gerçekleştirilerek, ketencik biyodizeli hacimce farklı oranlarda %20 (B20), %7 (B7) ve %2 (B2) dizel yakıtı ile harmanlanmıştır. Bu yakıtların, fizikokimyasal özellikleri; (kinematik viskozite, yoğunluk, su içeriği, kalorifik değer, parlama noktası, bulutlanma noktası, soğuk filtre tıkanma noktası, bakır şerit korozyonu, renk) B100 saf biyodizel yakıtı için EN 14214, B20 yakıtı için EN 16709, B7 ve B2 yakıtları için ise EN 590 standartlarına göre karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ketencik biyodizeli (B100) ve karışım yakıtlar (B20, B7 ve B2) dizel motorlarda modifiye edilmeden kullanılabilecek yakıt özelliklerine sahip olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Ketencik, Tohum yağı, Yağ asidi, Biyodizel, Karışım yakıt

### Investigation of the Physicochemical Properties of Camelina [*Camelina sativa* (L.) Crantz] oil Biodiesel and its Fuel Blends

**ABSTRACT:** In recent years, the use of vegetable oils in biodiesel production has led to an increase in the importance of oilseed plants. Camelina [*Camelina sativa* (L.) Crantz] is one of the potential plants that can be used in biodiesel production. Camelina is an annual plant in the Brassicacea family and one of the 6 widely known *Camelina* species (*C. sativa*, *C. laxa*, *C. rumelica*, *C. microcarpa*, *C. Hispida*, and *C. anomala*). In this study, camelina crude oil was obtained from camelina seeds with the help of a screw press and the fatty acid components of this oil were investigated. Biodiesel production (B100) was carried out from camelina crude oil in two stages by transesterification method, and camelina biodiesel was blended with diesel fuel of 20% (B20), 7% (B7) and 2% (B2) at different volumes. The physicochemical properties of these fuels including; (kinematic viscosity, density, water content, calorific value, flash point, cloud point, cold filter plugging point, copper strip corrosion, color) were determined and compared to EN 14214 for B100 pure biodiesel fuel, EN 16709 for B20 fuel, and EN 590 for B7 and B2

fuels. According to the results obtained, it can be said that camelina biodiesel (B100) and blended fuels (B20, B7 and B2) have fuel properties that can be used in diesel engines without being modified.

**Keywords:** *Camelina, Seed oil, Fatty acid, Biodiesel, Fuel blends*

## GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyada, nüfus artışıyla birlikte enerjiye olan talebinde artması, fosil kökenli yakıtlara ait rezervlerinde azalıyor olması ve fosil kökenli yakıtların yanması sonucu atmosferde karbondioksit seviyesinin artışına etki ederek birçok çevresel etkilere sebep olması gibi nedenlerle, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili araştırmalara yönelim artmıştır.

Alternatif enerji kaynaklarının hem yenilenebilir hem de çevreci olması, ayrıca her ülkenin kendi iklim koşullarına bağlı olarak kendi enerjisini sağlayabiliyor olması, Türkiye gibi birçok ülkenin enerjide dışa bağımlılığını azaltmak için çok büyük bir fırsat sunmaktadır (Bilgili ve diğ., 2019).

Tüm dünyada yaygınlaşmaya devam eden ve kullanımı giderek artan biyodizel, Üçüncü Milenyumun Yakıtı olarak bilinmektedir. Şu anki durumda Avrupa ve Amerika'da ticari olarak biyodizel üretimi yapılmakta ve satılmaktadır. Almanya, Avusturya, İtalya ve Fransa Avrupa'nın bu alandaki aktif ülkelerdir. Biyodizelin yaygınlaşmamasındaki en önemli etkenler, hammaddenin temin edilememesi ve hammadde maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Biyodizelin petrol kökenli dizel yakıt ile rekabet edebilmesi için öncelikle, biyodizel hammaddesinin düşük maliyetle elde edilmesi gerekmektedir (Öğüt ve Oğuz, 2006; Oğuz ve diğ., 2012).

*Brassicacea* familyasında yer alan ve genel olarak bilinen 6 *Camelina* türünden (*C. sativa*, *C. laxa*, *C. rumelica*, *C. microcarpa*, *C. hispida* ve *C. anomala*) biri olan ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz] tek yıllık bir bitkidir. Ketencik; Türklerde M.S. 1000 yıllarında "Mayıh ve Mayec" ismiyle anılmış, son zamanlarda ise "yalancı keten", "Alman susamı", "Sibirya yağlı tohumu" gibi farklı isimlerle de adlandırılmaktadır (Kurt ve Seyis, 2008; Koç ve Önder, 2012; Yılmaz ve diğ., 2014).

Son yıllarda, ABD'nin Montana eyaletinde ketencik biyoyakıt ve biyo-yağlayıcılık için, üretimi yapılmaktadır. Hammadde olarak ketencik kullanılan bir biyoyakıt, ilk defa 30 Ocak 2009 yılında Japon hava yolları tarafından uçak yakıtı olarak kullanılmıştır. Yarım saatlik bir deneme uçuşunda kullanılan yakıtın %50'si geleneksel Jet-A (Kerosene) uçak yakıtı, %50'si ise biyoyakıttır. Kullanılan biyoyakıtın içerisindeki ketencik yağının oranı %84, jatropha yağı %16'dan az ve alg yağı oranı %1'den azdır (Koç ve Önder, 2012).

Yıldız ve Özçelik (2021) çalışmalarında, ham *Camelina sativa* yağından biyodizel elde etmek için transesterifikasyon yöntemi kullanmışlardır. *Camelina sativa* biyodizelini %7 (B7), %20 (B20) ve %50 (B50) oranlarında Eurodizel ile harmanlamışlardır. Dört zamanlı, dört silindirli, Common-rail yakıt sistemli, turboşarjlı ve su soğutmalı motora sahip bir araçta şasi dinamometresi kullanarak araç performans ölçümlerini yapmışlardır. Araç şasi dinamometre testi ile, farklı hızlarda araç performansı ve egzoz emisyonlarını ölçmüşlerdir. En yüksek moment değeri B7 yakıtında 80 km/h ile elde edilirken, maksimum motor gücü B7 yakıtında 160 km/h ile elde ettiklerini bildirmişlerdir. B100 yakıtının ortalama motor gücü ve maksimum motor torkunun eurodizel yakıtına kıyasla %3,28 ve %10,21 azaldığını belirtmişlerdir. Karışımların içerisindeki biyodizel oranının artmasıyla, özgül yakıt tüketimi değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Egzoz emisyon ölçümlerinin sonuçlarına bakıldığında, *Camelina sativa* biyodizeli ve yakıt karışımının Eurodizel yakıtına göre CO, CO<sub>2</sub> ve HC değerlerini azalttığını ancak NO<sub>x</sub> değerlerini arttırdığını bildirmişlerdir.

Yılancılar (2020) çalışmasında, ketencik tohumu yağından transesterifikasyon reaksiyonu ile biyodizel üretmiş ve bazı yakıt özelliklerini ölçerek Avrupa Birliği (EN 14214) ve Amerika (ASTM D6751) biyodizel standartları ile karşılaştırmıştır. Ayrıca ketencik yağı metil esterine farklı oranlarda yüksek karbonlu alkol (pentanol) ilavesinin dizel motor performansı ve is emisyonu oluşumu üzerindeki etkisini incelemiştir. Motor deneylerini, dizel (D100), biyodizel yakıtı (B100), %10 pentanol katkılı biyodizel yakıtı (B90P10) ve %20 pentanol katkılı biyodizel yakıtı (B80P20) olmak üzere dört farklı yakıt ile tam yük değişken devirde gerçekleştirmiştir. Biyodizel yakıtına pentanol ilavesi ile motor

performansında iyileşme belirlenirken, pentanol oranının artmasıyla performans değerlerinde düşüş olduğunu belirtmiştir. Pentanolün oksijen içeriğinin yüksek olması is emisyonlarını düşürmede bir miktar etkili olduğu da belirtmiştir.

Yang (2016) çalışmasında, asit sayısı, kinematik viskozite, parlama noktası, toplam gliserol içeriği, kükürt içeriği ve mono-, di- ve trigliseritler dâhil olmak üzere, elde edilen ketencik biyodizelinin yakıt özelliklerinin çoğunun ASTM D6751 ve EN 14214'teki standartları ile iyi bir uyum içinde olduğunu bildirmiştir. Setan sayısı değerinin (49.7) ASTM D6751'e göre uygun olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, ketencik biyodizelinin yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi metil esterlerinden kaynaklanan zayıf oksidasyon stabilitesi gösterdiğini tespit etmiştir.

Ketencik tohumlarında bulunan yağ miktarı %25-45 arasındadır. Ketencik yağının %57'si çoklu doymamış yağ asitleri (Omega-3 ve Omega-6) olmak üzere, %90'ı doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Ketencik yağının, %2-6 oranında toksik bir yağ asidi olan erusik içermesi sebebiyle insan beslenmesinde yemeklik yağ olarak kullanımını kısıtlamaktadır. Toprak istekleri açısından çok seçici olmamakla birlikte, tuzluluğa ve kuraklığa dayanıklı olması yönüyle de birçok yağlı tohumlu bitkilere göre toleransı daha fazladır. Yazlık ekilen bir bitki olsa bile, kışın karla kaplı olmadığı durumlarda -10/-14°C'ye kadar dayanabilmektedir (Yılmaz ve diğ., 2014).

Genel olarak bitki boyu 25-100 cm arasında değişmektedir. Bitki dallanması tek gövde şeklinde olmaktadır (Koç ve Önder, 2012).

Ketencik bitkisi makineli hasada elverişli bir bitkidir. Son zamanlarda geliştirilen yeni çeşitler tohum dökmeye daha dayanıklıdır. Çeşide, çevre ve iklim koşullarına, yetiştirme tekniklerine göre farklılık göstermekle birlikte, yazlık ekimlerde 150-300 kg da<sup>-1</sup>, kışlık ekimlerde 300-400 kg da<sup>-1</sup> civarında verim alınmaktadır (Kurt ve Seyis, 2008; Koç ve Önder, 2012).

Hasatta tohumdaki nem içeriği %11'i geçmemelidir. Güvenli depolama için, hasat sonrası kurutma gereklidir. Depolama nemi %8'in altında olmalıdır (Zubr, 1997).

Ketencik tohumlarından yağ elde etmek için, presleme sırasındaki sıcaklık yaklaşık 100°C'ye kadar çıkabilmektedir. Presleme ile elde edilen ketencik yağı karakteristik bir tada ve sarı renge sahiptir. İnsan tüketimi için ve kozmetikte uygulamadan önce yağın koku giderme yoluyla iyileştirilmesi gerekmektedir (Zubr, 1992). Koku gidermeden, nötralizasyon, zambak giderme, ağartma vb. gerekli değildir ve yağın kalitesi üzerinde olumsuz etkileri vardır. Yağın basit rafine edilmesi enerji ve masraf tasarrufunun yanında, kirli su, kirli ağartma toprağı vb. atık yan ürünleri de önlemektedir.

Tohumların preste yağı alındıktan sonra geriye kalan yan ürün küspe, önemli bir ekonomik değere sahiptir. Ketencik küspesi yaklaşık %10 yağ, %45 ham protein, %13 lif, %5 mineral ve minör vitaminlerden oluşmaktadır (Zubr, 1993).

Ketencik yağı; kozmetik sanayiinde, deterjan ve sabun yapımında, tokoferollerin elde edilmesinde, balık yağı yerine ve hayvan besleme rasyonlarında kullanılmaktadır (Yılmaz ve diğ., 2014).

Ketencik yağı, vejetasyon süresinin kısa olması sebebiyle üretici için üretim çeşitlendirilmesindeki getirisinin yüksek olması, münavebe sisteminde yer alıyor olması, yabancı ot rekabetinde başarılı olması, toprak isteklerinin fazla olmaması nedenleriyle, yağ bitkileri içerisinde önemli bir güce sahip olup enerji yakıtı (biyojet) olarak kullanılmasındaki önemini artırmaktadır (Göre ve Kurt, 2017).

Motorinde %32 olan yağ film oluşturma başarısı, motorine %1 oranında biyodizel karıştırılarak %65'e, karışım oranının %20'ye çıkarılmasıyla ise %93'lere ulaşmaktadır (Öğüt, 2005). Avrupa'da biyodizelin dizel yakıtla karışım oranı genellikle en fazla %7'dir. Ancak karışım yüzdelerinin daha yüksek olduğu bölgeler de bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya ve Endonezya gibi ülkelerde ise karışım oranları %20'ye kadar kullanılmaktadır (Sirviö ve diğ., 2018).

Kalitesi yüksek olan, yemeklik olarak kullanılabilen bitkisel yağların biyodizel için hammadde olarak kullanılması, biyodizelin maliyetinin motorinden daha fazla olmasına sebep olmaktadır. Biyodizel üretiminde mümkün olduğunca gıda niteliği taşımayan yerel kaynaklardan elde edilen yağların kullanılması, verimliliğin artırılması, ürün çeşitliliği ve sürdürülebilirlik önem arz etmektedir. Bu nedenlerden dolayı çalışmada, biyodizel hammaddesi olarak ketencik ham yağı seçilmiştir.

Tohum ve yağ verimi, yağ asidi kompozisyonu ve yağın yakıtla ilişkili özellikleri, çeşit ve çevre koşullarından etkilenen özelliklerdir (Eryılmaz ve diğ. 2014a). Çalışmalarda, daha önce Yozgat ekolojik şartlarında yetiştirilen ketencik tohum yağlarından üretilen biyodizel çalışmalarına rastlanmamıştır.

Çalışmanın amacı, ketencik ham yağından transesterifikasyon yöntemiyle 2 aşamalı olarak biyodizel üretimi gerçekleştirilerek, ketencik yağı biyodizelinin (B100) ve karışım yakıtların hacimce, B20 (%20 ketencik biyodizel+%80 motorin), B7 (%7 ketencik biyodizel+%93 motorin) ve B2 (%2 ketencik biyodizel+%98 motorin), fizikokimyasal özelliklerinin analiz sonuçlarının incelenmesidir. B100 yakıtı için EN 14214 standardına, B20 Yakıtı için EN 16709'a ve B7, B2 yakıtları için ise EN 590 standardına uygunluğu araştırılmıştır.

#### MATERYAL ve YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

Araştırmada kullanılan ketencik tohumları (Şekil 1), Gövdecili/Yozgat köyünde bulunan Oğuzhan Çiftliğinden temin edilmiştir. Metil alkol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ve katalizör olarak sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ) kullanılarak biyodizel sentezlenmiştir.



Şekil 1. Ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz] tohumları

Figure 1. *Camelina* [*Camelina sativa* (L.) Crantz] seeds

#### Ketencik Tohumundan Vidalı Pres Yardımıyla Ham Yağ Elde Edilmesi (Obtaining the Crude Oil from Camelina Seeds via Screw Press)

Ketencik tohum yağı, Oğuzhan çiftliğinde bulunan 3.5 kW elektrik motoruna sahip, 12 mm küspe çıkış ağzı bulunan, Amerika menşeli KERN&KRAFT markalı bir vidalı pres kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 2).

#### Biyodizel Üretimi (Biodiesel Production)

Çalışmada kullanılan ketencik yağı biyodizelinin bazı yakıt özellikleri; kinematik viskozite, yoğunluk, kalorifik değer, su içeriği, parlama noktası, renk, bulutlanma noktası, soğuk filtre tıkanma noktası, akma noktası, bakır şerit korozyonu, çizelge 1'de verilen cihaz ve çalışma yöntemlerine göre belirlenmiştir.



Şekil 2. Ketencik tohumlarından vidalı preste yağ elde edilmesi

Figure 2. Extraction of oil from camelina seeds via screw press

Çizelge 1. Test cihazlarının özellikleri

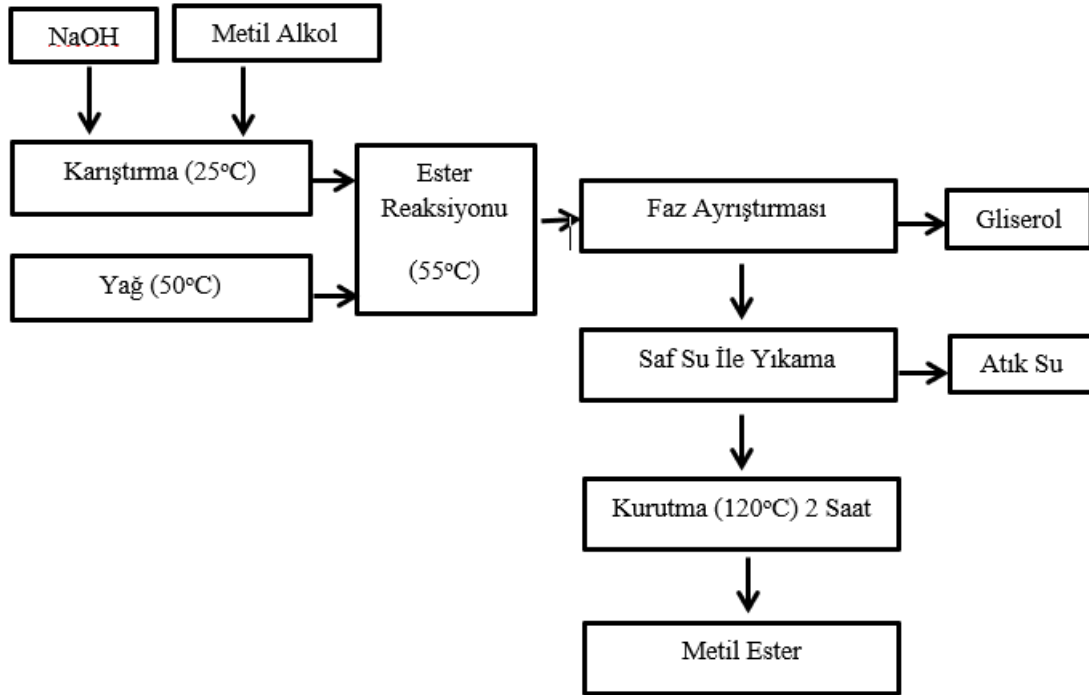
Table 1. Properties of test devices

Yakıt Özelliği	Cihazlar	Ölçülebilir aralık	Birim	Ölçüm doğruluğu	Üretici	Standart
Yoğunluk	Kem Kyoto DA-130N	0.0000 - 2.0000	g cm <sup>-3</sup>	±0.0001	Kem Kyoto Elektronik, Japonya	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Kinematik viskozite	Koehler K23377	Ortam sıcaklığı - 150	°C	±0.01	Koehler Instrument Company, US	EN ISO 3104
Parlama noktası	Koehler K16270	Ortam sıcaklığı- 370	°C	±0.01	Koehler Instrument Company, USA	EN ISO 2719 EN ISO 3679
Su içeriği	Kem Kyoto MKC-501	10µg- 100mg	µg	±0.01	Kem Kyoto Elektronik, Japonya	EN ISO 12937
Kalorimetre	IKA C 200	0-40.000	J	±0.0001	IKA, UK	DIN 51900
Soğuk filtre tıkanma noktası	Tanaka AFP-102	-60 °C'ye kadar soğutucu ile	°C	±0.01	Tanaka Scientific Limited, Japonya	ASTM D6379
Bulutlanma ve akma noktaları	Koehler K46000	-80 ila (+20)	°C	±0.01	Koehler Instrument Company, USA	ASTM D97 ASTM D2500
Bakır şerit korozyon	Koehler K 25330	0-190	°C	±0.01	Koehler Instrument Company, USA	EN ISO 2160
Renk tayini	Lovibond PFX195	0.5 - 8	birim	±0.0004	Lovibond, Germany	ASTM D1500

Ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz] tohumları ham yağından biyodizel üretimi transesterifikasyon yöntemiyle, sıcaklık ayarlı, problu ısıtıcılı manyetik karıştırıcı ile Şekil 3'te verilen

akış diyagramına göre iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Oğuz ve diğ. (2015) çalışmalarında, kolza tohum yağından tek ve iki aşamalı olarak ürettikleri biyodizellerin; yoğunluk, kinematik viskozite, parlama noktası, bulutlanma ve akma noktaları, donma noktası, soğuk filtre tıkanma noktası, bakır şerit korozyon, kalorifik değer ve su muhtevalarını analiz ederek karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Yaptıkları karşılaştırma sonucunda iki aşamalı üretimi yapılan kolza biyodizelinin yoğunluk, kinematik viskozite, parlama noktası, kalorifik değer, su içeriği yakıt özelliklerinin tek aşamalı üretimden elde edilen analiz sonuçlarına göre daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Ketencik tohumu ham yağı biyodizel üretilmeden önce filtre edilerek içerisindeki yabancı maddeler giderilmiştir. Alkol olarak metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ve katalizör olarak NaOH kullanılmıştır.



Şekil 3. Biyodizel üretim süreci akış diyagramı

Figure 3. Process flow diagram for biodiesel production

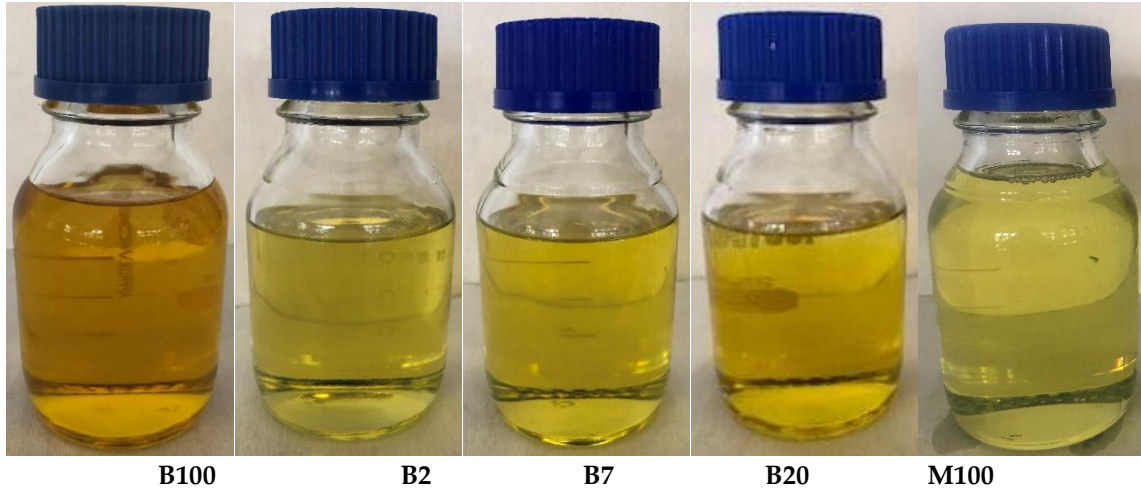
İki aşamada gerçekleştirilen reaksiyon için toplamda ham yağın %20'si (200 mL) oranında metil alkol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) (Merck,  $d=0.791-0.792$  kg/l) ve her bir litre yağ için 3,5g NaOH'ın (Merck) kullanılmıştır. Birinci reaksiyonda, 1000 mL ketencik ham yağından üretilen biyodizel için, toplamda kullanılacak olan metil alkolün ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) %75'i olan 150 mL metil alkol ve toplamda kullanılacak olan katalizörün (Merck) %50'si (1.75g) NaOH manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılarak metoksit elde edilmiştir. Ketencik ham yağı  $55^\circ\text{C}$ 'ye ısıtılmış ve üzerine metoksit ilave edilmiştir. Karıştırıcı devri 1000 d.d<sup>-1</sup> ayarlanmış ve 90 dakika boyunca karıştırılmıştır. Manyetik karıştırıcı ve ısıtıcı kapatılarak, yağın içerisindeki gliserolün çökmesi için 2 saat beklenmiş ve gliserol ayrıştırılmıştır. Daha sonra ikinci aşamaya geçilmiştir.

İkinci reaksiyonda, kalan %25 (50mL) metil alkol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ve %50 (1.75g) NaOH manyetik karıştırıcıda çözülmesi sağlanarak metoksit elde edilmiştir. Birinci reaksiyonu tamamlanan Ketencik biyodizeli ısıtıcı manyetik karıştırıcıda tekrar  $55^\circ\text{C}$ 'ye ısıtılmış, karıştırma devam ederken üzerine metoksit ilave edilmiş ve sıcaklık sabit tutularak 60 dakika boyunca karıştırılmıştır. Sonra karıştırıcı ve ısıtıcı kapatılmıştır. Tekrar gliserolün çökmesi için 2 saat dinlendirilmiş ve çöken gliserol ayrıştırılmıştır. Ketencik ham biyodizelinin sıcaklığı  $75^\circ\text{C}$ 'ye kadar yükseltilmiş ve ham biyodizel içerisinde kalan metil alkol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) alınmıştır. Ketencik yağı ham biyodizeli içerisinde kalan gliserolün çökmesi için 15 saat beklenmiş ve gliserol alınmıştır. Daha sonra ketencik yağı biyodizelinin pH değerine ölçülmüş, reaksiyon bazik karakterli olduğu için, nötr duruma gelene kadar mistleme (pülverize şeklinde

püskürterek) yöntemi ile saf su kullanılarak yıkamaya tabi tutulmuştur (Eryılmaz ve diğ., 2014b; Cesur ve diğ., 2021).

Yıkama yapmanın amacı; elde edilen biyodizelin içinde reaksiyona girmeyen alkol, kalan yağ asitleri, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> iyonları, katalizör madde ve ayrışma sırasında içerisinde kalma olasılığı olan gliserolün uzaklaştırılmasıdır (Eryılmaz, 2009). Yıkama aşamasında biyodizel sıcaklığı 50°C ve yıkama için kullanılan saf suyun sıcaklığı da 50°C olmak üzere biyodizelin pH'sı nötr duruma gelene kadar mistleme yöntemi ile saf su kullanılarak yıkanmıştır. Yıkama işleminin tamamlanmasından sonra suyun çökmesi için 12 saat beklenmiş ve çöken atık su ayrıştırılmıştır. Çöken suyu alınan ham biyodizel, problu ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda 120°C'de 120 dakika kurutma işlemine tabi tutularak, bünyesindeki suyun uzaklaştırılması sağlanmıştır. Böylece Ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz] yağı biyodizeli üretimi gerçekleştirilmiştir (Özgün ve Eryılmaz 2018; Cesur ve diğ., 2021). Daha sonra ise karışım yakıtları hazırlanmıştır. B2 yakıt numunesi, hacimce %2 ketencik biyodizel ve %98 dizel karışımından, B7 yakıt numunesi, hacimce %7 ketencik biyodizel ve %93 dizel karışımından ve B20 yakıt numunesi ise, hacimce %20 ketencik biyodizel ve %80 dizel karışımından oluşmaktadır. Dizel yakıtlarda kükürt, motorda yağlayıcılık özelliğini artırmaktadır. Dizel yakıtta kükürt oranı 10ppm'in (2-7ppm) altına çekildiğinden, motorda yağlayıcılık özelliğini artırmak için B2 ve B7 yakıtları kullanılmaktadır. Düşük oranlarda biyodizel kullanımı motorun ömrünü azaltmamaktadır (Schumacher ve diğ. 2003). B20 yakıtı ise egzoz emisyonlarında CO<sub>2</sub> oranını %80'lere varan oranlarda azaltmaktadır. Türkiye'de de kullanımı geçerli olan EN590 Dizel Standardı'na göre Avrupa'da kullanılan dizel yakıtlar hacimce %7'ye kadar biyodizel içerebilmektedir. Bununla birlikte dünyada biyodizel içeriği hacimce %20 olan yakıtlar ulaşımda kullanılmaktadır (Tüpraş, 2022). Bu özelliklerden dolayı, ketencik biyodizelinin dizel yakıtı ile hacimce %2 (B2), %7 (B7) ve %20 (B20) oranlarda harmanlanmıştır.

Şekil 4'te üretimi yapılan; ketencik biyodizeli (B100) ve B2, B7, B20 karışım yakıtları ile referans yakıt olarak motorin (M100) görülmektedir.



Şekil 4. Yakıtlar  
Figure 4. Fuels

#### Yağ Asidi Bileşenleri Tayini (Determination of Fatty Acid Components)

Ketencik yağı ve biyodizeli öncelikle metilleme işlemine tabi tutularak yağ asitleri elde edilmiştir. Metilleme işlemi Avrupa Farmakopesinde belirtilen yöntemle yapılmıştır. Metilleme işlemi sonrasında ketencik yağı ve biyodizeli yağ asidi bileşenleri, GC-MS (Gaz Kromatografi- Kütle Spektroskopisi) cihazı ile tespit edilmiştir.

Öncelikle tartılan 450 mg (0.45 gr) yağ numunesi 50 mL'lik balon jöjeye alınır. Daha sonra 12 mL 0.5 N metanollü NaOH üzerine ilave edilir. Su banyosunda (yaklaşık 80°C sıcaklıkta) yağ damlacıkları

çözeltiyeye karıştıncaya kadar çalkalanarak karanlık ortamda bekletilir. Sabunlaşma oluşunca karışım su banyosundan alınır. Üzerine 20 mL BF<sub>3</sub>/MeOH ilave edilir ve bunzen bekinde kaynatılır. Kaynama başlayınca karışım bunzen bek alevinden alınır. Soğuduktan sonra doymuş NaCl çözeltisi ile balon jolenin 50 mL çizgisine kadar tamamlanır. Bu esnada üst kısımda biriken yağ damlacıklarını almak için 1 mL hekzan ilave edilir, kapağı kapatılan balon joje 10-15 kez ters düz edilir. Faz ayrımı gerçekleştirildikten sonra en üst kısım alınarak vialye aktarılır ve GC-MS'e okutulmak üzere verilir.

**Çizelge 2.** Kromatografik şartlar (European Pharmacopoeia Sixth Edition, 2007)

*Table 2. Chromatographic conditions*

<b>Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi</b>	
<b>Cihaz</b>	Agilent 6890N Network GC system combined with Agilent 5973 Network Mass Selective Detector (GC-MS)
<b>Kolon</b>	Agilent 19091N-136 (HP Innovax Capillary; 60.0 m x 0.25 mm x 0.25 m)
<b>Taşıyıcı Gaz</b>	Helyum
<b>Akış Hızı</b>	1.2 mL min <sup>-1</sup>
<b>Enjeksiyon Hacmi</b>	1 µl
<b>Split Oranı</b>	30:1
<b>Enjektör Sıcaklığı</b>	250°C

**Çizelge 3.** Sıcaklık programı (Orhan ve diğ., 2013)

*Table 3. Temperature program*

<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>Artış Oranı (°C/dak)</b>	<b>Tutulma Zamanı (dak)</b>	<b>Total Zaman (dak)</b>
60	----	1.0	1.0
185	10	1.0	14.5
200	5	10.00	27.5
220	5	20	51.5

## BULGULAR (RESULTS)

Yakın gelecekte, karayolu ve deniz taşımacılığında, ev ısıtmasında, tarımsal faaliyetler gibi alanlarda sera gazı emisyonlarının azaltılması uygulamalarına daha fazla önem verilmelidir. Günümüzde termik motorlar ham petrol türevi yakıtlar için tasarlanmakta ve yenilenebilir enerji kullanımının gereksinimlerini karşılamak için sıvı yenilenebilir yakıtlar ham petrol türevi yakıtlarla harmanlanmaktadır. Bir yandan çevresel nedenler, bir yandan da yakıt standartlarına uygunluk, diğer bir taraftan da tarımsal ihtiyaçlar nedeniyle, biyodizel ve dizel yakıtların farklı karışım oranları giderek daha önem kazanmaktadır.

Ketencik yağı ve biyodizeline ait yağ asitleri kompozisyonu Çizelge 4'te görülmektedir. Ketencik yağının ve biyodizelinin yağ asidi bileşenleri birbirine yakın oranlarda belirlenmiştir. Her ikisinde de doymuş yağ asitlerinden en yüksek palmitik asit ve stearik asit tespit edilmiş olup sırasıyla yağda %5.85 ve %2.59; biyodizelde ise %5.78 ve %2.62 olarak belirlenmiştir. Doymamış yağ asitlerinden ise en yüksek linolenik asit belirlenmiş ve yağda %42.27 ve biyodizelde %42.60 olarak bulunmuştur. Erusik asit oranı yüksek olan yağlar, yemeklik olarak tercih edilmezken sanayide kullanılabilir. Bu durum göz önüne alındığında erusik asit değerleri incelendiğinde ise ketencik yağında %0.66, ketencik biyodizeline ise %0.71 oranında belirlenmiştir. Çizelge 5'te doymuş yağ asitleri, Çizelge 6'da doymamış yağ asitleri ayrı olarak verilmiştir. Toplamda doymuş yağ asitlerinin miktarı ketencik yağında %10.03; ketencik biyodizeline %9.96'dır. Toplamda doymamış yağ asitlerinin miktarı ketencik yağında %89.95; ketencik biyodizeline %89.85'dir.



**Çizelge 4.** Ketencik yağı ve biyodizeli yağ asidi bileşenleri (%)*Table 4. Fatty acid components of Camelina oil and biodiesel (%)*

Yağ Asidi Bileşenleri (%)	Ketencik yağı	Ketencik biyodizeli
Miristik Asit (C14:0)	0.05	0.046
Palmitik Asit (C16:0)	5.85	5.78
Palmitoleik Asit (C16:1)	0.10	0.091
Heptadekanoik /Margarik Asit (C17:0)	0.02	0.03
Heptadesanoik/Margoleik Asit (C17:1)	0.02	0.018
Stearik Asit (C18:0)	2.59	2.62
Oleik Asit (C18:1)	21.93	21.63
Linoleik Asit (C18:2)	21.23	21.12
Linolenik Asit (C18:3)	42.27	42.60
Araşidik Asit (C 20:0)	1.28	1.26
Cis-11,14-Eikosadienoik Asit (C20:2)	1.22	1.24
Cis-8,11,14-Eikosadienoik Asit (C20:3)	2.01	2.13
Cis-5,8,11,14,17-Eikosadienoik Asit (C20:5)	0.27	0.07
Behenik Asit (22:0)	0.24	0.23
Erusik Asit(C22:1)	0.66	0.71
Cis-13,16-docosadienoik Asit (C22:2)	0.09	0.105
Nervonik Asit (C24:1)	0.15	0.14
<b>TOPLAM</b>	<b>99.98</b>	<b>99.82</b>

**Çizelge 5.** Ketencik yağı ve biyodizelinin doymuş yağ asitlerinin gruplandırması (%)*Table 5. Classification of saturated fatty acids of camelina oil and biodiesel (%)*

Doymuş Yağ Asitleri		
Numune Adı	Ketencik Yağı	Ketencik Biyodizeli
Miristik Asit (C14:0)	0.05	0.046
Palmitik Asit (C16:0)	5.85	5.78
Heptadekanoik/MargarikAsit (C17:0)	0.02	0.03
Stearik Asit (C18:0)	2.59	2.62
Araşidik Asit (C 20:0)	1.28	1.26
Behenik Asit (C22:0)	0.24	0.23
<b>Toplam</b>	<b>10.03</b>	<b>9.966</b>

**Çizelge 6.** Ketencik Yağı ve Biyodizelinin Doymamış Yağ Asitleri Gruplandırması (%)*Table 6. Classification of unsaturated fatty acids of camelina oil and biodiesel (%)*

Doymamış Yağ Asitleri		
Numune Adı	Ketencik Yağı	Ketencik Biyodizeli
Palmitoleik Asit (C16:1)	0.10	0.091
Heptadesanoik/ Margoleik Asit (C17:1)	0.02	0.018
Oleik Asit (C18:1)	21.93	21.63
Linoleik Asit (C18:2)	21.23	21.12
Linolenik Asit (C18:3)	42.27	42.60
Cis-11,14-Eikosadienoik Asit (C20:2)	1.22	1.24
Cis-8,11,14-Eikosadienoik Asit (C20:3)	2.01	2.13
Cis-5,8,11,14,17-Eikosadienoik Asit (C20:5)	0.27	0.07
Erusik Asit(C22:1)	0.66	0.71
Cis-13,16-docosadienoik Asit (C22:2)	0.09	0.105
Nervonik Asit (C24:1)	0.15	0.14
<b>Toplam</b>	89.95	89.854

Çelik (2017) tarafından yapılan tez çalışmasında bazı tohumların sabit yağlarının yağ asitleri kompozisyonları incelenmiştir. Buna göre ketencik yağının yağ asitleri kompozisyonu incelendiğinde 6 adet doymuş yağ asidi bileşeni, 11 adet de doymamış yağ asidi bileşenleri tespit edilmiştir.

Samsun'da 2014-2016 yıllarında yapılan çalışmada, ketencik yağının yağ asitleri kompozisyonları belirlenmiştir. Bu çalışmaya göre palmitik asit oranı %6.28-7.35; stearik asit oranı %2.43-2.77 arasında tespit edilmiştir. Doymamış yağ asitlerinden ise en yüksek linolenik asit tespit edilmiş olup %36.07-40.13 aralığında belirlenmiştir. Erusik asit ise %0.38-0.60 arasında belirlenmiştir (Göre ve Kurt, 2017).

Ketencikte yapılan diğer çalışmalarda; palmitik asit oranının %5.89-7.04 (Katar ve diğ., 2012) ve %5.04-6.20 (Arslan ve diğ., 2014), stearik asit oranının %2.50-2.98 (Katar ve diğ., 2012) ve %2.60-2.88 (Arslan ve diğ., 2014), linolenik asit oranı %27.00-34.70 (Budin ve diğ., 1995), %35 (Agegnehu ve Honermeier, 1997), %24.86-32.26 (Katar ve diğ., 2012) ve %25.41-34.28 (Arslan ve diğ., 2014) ve erusik asit içeriğinin %0.00-4.00 (Budin ve diğ., 1995), %0.18-5.3 (Sampath, 2009), %2.87-3.49 (Katar ve diğ., 2012) oranlarında tespit edildiği bildirilmiştir.

Yaptığımız çalışmada ketencik yağı ve biyodizelinin yağ asitleri kompozisyonunun literatürle uyumlu olduğu ve biyodizel ve yağının yağ asitleri arasında bariz bir fark bulunmadığı belirlenmiştir.

#### **Ketencik Biyodizeli ve Karışım Yakıtların Fizikokimyasal Özellikleri (Physicochemical Properties of Camelina [*Camelina sativa* (L.) Crantz] oil Biodiesel and its Fuel Blends)**

B2 yakıt numunesi, hacimce %2 ketencik biyodizel ve %98 dizel karışımından, B7 yakıt numunesi, hacimce %7 ketencik biyodizel ve %93 dizel karışımından ve B20 yakıt numunesi ise, hacimce %20 ketencik biyodizel ve %80 dizel karışımından oluşmaktadır.

Çizelge 7, seçilen yakıtların kalite parametrelerini göstermektedir. Ketencik biyodizeli B100 EN 14214'e, B7 ve B2 karışım yakıtlar EN 590'a ve B20 karışım yakıtı ise EN 16709 standartlarına göre yakıt kaliteleri belirlenmiştir.

**Çizelge 7.** Ketencik yağı biyodizelinin ve karışım yakıtların fizikokimyasal özellikleri

*Table 7. Physicochemical properties of camelina oil biodiesel and its fuel blends*

Özellik/Yakıtlar	B100	B2	B7	B20	M100	EN 14214		EN 590		EN 16709	
						Min	Max	Min	Max	Min	Max
Kinematik viskozite (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ) (40 °C'de)	4.32	2.99	3.05	3.16	2.97	3.50	5.00	2.00	4.50	2.00	4.62
Yoğunluk (kg m <sup>-3</sup> ) (15 °C'de)	881.7	832.3	834.2	841.5	831.5	860	900	820	845	820	860
Su içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	243	52	63	80	48	-	500	-	200	-	260
Kalorifik değer (Mj kg <sup>-1</sup> )	41.39	46.81	46.06	44.89	46.83	38		42.8		-	
Parlama noktası (°C)	165	72	74	81	68	>101		>55		>55	
Bulutlanma Noktası (°C)	-3.7	-5.8	-5.2	-4.3	-13.9	< -3		< -10 soğuk iklim		-	
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (°C)	-4	-18	-17	-16	-22	< -10		< -20 soğuk iklim		< -20	
Akma Noktası (°C)	-6.4	-18.5	-17.5	-17	<-20	-		-		-	
Bakır şerit korozyon, 3h 50°C'de (°C)	1a	1a	1a	1a	1a	Sınıf 1		Sınıf 1		Sınıf 1	
Renk	2.0	1.2	1.4	1.6	1.0	-	-	-	-	-	-
Açıklama						B100		B7 ve B2		B20	

Çizelge 7'deki özellikler, başka araştırmalarda rapor edilen özelliklerle benzerlik göstermiştir (Fröhlich ve Rice, 2005; Moser ve Vaughn, 2010; Wu ve Leung, 2011; Soriano ve Narani, 2012; Ciubota-Rosieet ve diğ., 2013; Özçelik ve diğ., 2015; Yang ve diğ., 2016; Sirviö ve diğ., 2018). Bütün yakıtlarda karışım oranına bağlı olarak biyodizel oranı arttıkça kinematik viskozite, yoğunluk, su içeriği, parlama noktası, bulutlanma noktası, soğuk filtre tıkanma noktası, akma noktası ve renk değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Literatürdeki çalışmaların çoğunda, biyodizelin kinematik viskozite ve yoğunluk değerlerinin motorinden daha yüksek olması sebebiyle, karışım oranındaki artışla birlikte bu değerlerin arttığı görülmüştür. Depolama, taşıma gibi süreçlerde oldukça önem arz eden parlama noktası motorinden daha fazla olduğu için, karışım yakıtlarında biyodizel oranının artması daha güvenli yakıt kullanımı sağlamaktadır. Kalorifik değerde ise biyodizelin kalorifik değeri motorine kıyasla daha düşük olduğundan karışım oranına bağlı olarak azalmalar meydana gelmiş ve başka araştırmalarda rapor edilen özelliklerle benzerlik göstermiştir (Moser ve Vaughn, 2010; Soriano ve Narani, 2012; Ciubota-Rosieet ve diğ., 2013; Sirviö ve diğ., 2018). Bakır şerit korozyonu değerleri ise tüm yakıtlarda 1a olarak tespit edilmiş ve Ciubota-Rosieet ve diğ., 2013'le benzerlik göstermiştir. Soğuk filtre tıkanma noktası standartta belirtilen tarihlerde (16 Nisan'dan 30 Eylül'e kadar: 0°C; 1 Mart'tan 15 Nisan'a kadar ve 1 Ekim 15 Kasım: -10°C; 16 Kasım'dan itibaren Şubat ayının sonuna kadar: -20°C'dir) 16 Nisan'dan 30

Eylül'e kadar: 0°C'yi bütün yakıtlarda sağlamış, diğer tarihlerde sağlamamıştır (Çizelge 7). Bu sonuçlar, bazı araştırmalarda rapor edilen özelliklerle benzerlik göstermiştir (Fröhlich ve Rice, 2005; Moser ve Vaughn, 2010; Soriano ve Narani, 2012; Ciubota-Rosieet ve diğ., 2013).

Ketencik biyodizelinin parlama noktası, yoğunluk ve kinematik viskozite değerleri aspir, ayçiçeği ve soya biyodizelleriyle benzerlik göstermiş olup, kanola biyodizeline kıyasla parlama noktasının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Yaşar, 2020). Soğukta akış özellikleri ayçiçeği ve soya yağı biyodizellerine benzer değerlerde iken, palm biyodizeline göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (Yaşar, 2020; Özgür, 2017).

## SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Enerji bitkisi olarak da bilinen, önemli bir endüstriyel yağ bitkisi olan ketencik bitkisinin enerjide olan dışa bağımlılığın azalmasına imkan sağlayacağı için üretim desenine alınması ve üretim miktarının artırılarak üzerinde çalışılması gereken yağlı tohumlu bir bitkidir.

Ketencik ham yağından üretilen biyodizelin (B100) sırasıyla; linolenik asit %42.27; %42.60, oleik asit %21.93; %21.63, linoleik asit %21.23; %21.12 tespit edilmiştir. Toplamda doymamış yağ asitlerinin miktarı yüksek oranda görülmüş olup, ketencik yağı ve biyodizeli sırasıyla; %89.95 ve %89.854 tespit edilmiştir. Toplamda doymuş yağ asitleri ise, ketencik yağı %10.03, biyodizeli ise %9.966 olarak tespit edilmiştir. Ketencik yağında ve biyodizelinde tanımlanan diğer yağ asitleri çok düşük miktarlarda tespit edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada ketencik yağı ve biyodizelinin yağ asitleri kompozisyonunun literatürlerle uyumlu olduğu ve biyodizel ve yağın yağ asitleri arasında bariz bir fark bulunmadığı belirlenmiştir.

Çalışmada, ketencik ham yağından üretilen biyodizelin (B100) ve B20, B7, B2 yakıt karışımlarının kalitesi ile ilişkili parametreler araştırılmıştır. B100 biyodizeli (EN 14214) ve bu yakıttan oluşturulan B20 yakıtı EN 16709 ve B7, B2 yakıtları EN 590 standartlarında belirtilen gereksinimleri karşılayıp karşılamadığı incelenmiştir.

Tüm yakıt numuneleri için analiz edilen fizikokimyasal özellikler (B100, B20, B7 ve B2) sırasıyla; kinematik viskozite ( $\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$ ) (40 °C'de) 4.32; 3.16; 3.05; ve 2.99, yoğunluk ( $\text{kg m}^{-3}$ ) (15 °C'de) 881.7; 841.5; 834.2 ve 832.3, su içeriği ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) 243; 80; 63 ve 52, kalorifik değer ( $\text{Mj kg}^{-1}$ ) 41.39; 44.89; 46.06 ve 46.81, parlama noktası (°C) 165; 81; 74 ve 72, bulutlanma noktası (°C) (-3.7); (-4.3); (-5.2) ve (-5.8), soğuk filtre tıkanma noktası (°C) (-4); (-16); (-17) ve (-18), akma noktası (°C) (-6.4); (-17); (-17.5) ve (-18.5), bakır şerit korozyonu (3h 50°C'de) bütün yakıtlarda 1a ve renk (ASTM D1500) 2.0; 1.6; 1.4 ve 1.2 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ketencik ham yağından üretilen biyodizel (B100) ve B20, B7, B2 yakıt karışımlarının yakıt kaliteleri, motorinin yakıt kalitesine yakın değerler göstermiş olup, motorine en yakın değerler B2 yakıtında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre ketencik biyodizeli (B100) ve karışım yakıtlar B20, B7, B2 dizel motorlarda herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan kullanılabilir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Agegehu, M., Honermeier, B., 1997, "Effects of Seeding Rate and Nitrogen Fertilization on Seed Yield, Seed Quality and Yield Components of False Flax (*Camelina sativa* L.)", *Die Bodenkultur*, Cilt 48, Sayı 1.
- Arslan, Y., Subaşı, İ., Katar, D., Kodaş, R., Kervanoğlu, H., 2014, "Farklı Azot ve Fosfor Dozlarının Ketencik Bitkisi (*Camelina Sativa* (L.) Crantz)'nin Bazı Bitkisel Özellikleri Üzerine Olan Etkisinin Belirlenmesi", *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, Cilt 29, Sayı 3, ss. 231-239.
- Bilgili, M.E., Sevilmiş, U., Seydoşoğlu, S., Kahraman, Ş., Sevilmiş, D., 2019, "Ketencik Biyodizelinin Eldesi İle Özellikleri ve Kullanım Alanları", *Ziraat Mühendisliği*, Sayı 367, ss. 36-53.
- Budin, J. T., Brene, W. M., Putnam, D. H., 1995, "Some Composition Alproperties of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) Seeds and Oils", *Journal of the American Oil Chemists 'Society*, Cilt 72, ss. 309-315.

- Cesur, C., Eryılmaz, T., Uskutoğlu, T., Doğan, H., Coşke Şenkal, B., Alınak Sezer, S., 2021, "Haşhaş Tohum (*Papaver somniferum* L.) Yağının Biyodizel Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi", *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 9, Sayı 3, ss. 797-808, ISSN: 2667-8055 (Elektronik), DOI: 10.36306/konjes.869723.
- Ciubota-Rosie, C., Ruiz, J. R., Ramos, M.J., Pérez, Á., 2013, " Biodiesel from *Camelina sativa*: a Comprehensive Characterisation", *Fuel*, Cilt 105, 572-577.
- Council of Europe, European Pharmacopoeia Sixth Edition, 2007, Strasbourg: France.
- Çelik, Z. G., 2017, *Sağlıklı Beslenmede Kullanılan Bazı Tohumların Sabit Yağlarının Mukayeseli Fitokimyasal Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eryılmaz, T., 2009, *Hardal Yağı Biyodizelinde Farklı Karışım Oranlarının Dizel Motorlarda Performansa Etkisi*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Eryılmaz, T., Cesur, C., Yeşilyurt, M. K., Aydın, E., 2014a, "Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), Remzibey-05 Tohum Yağı Metil Esteri: Potansiyel Dizel Motor Uygulamaları için Yakıt Özellikleri", *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, Cilt 1, Sayı 1, ss. 85-90.
- Eryılmaz, T., Yeşilyurt, M. K., Cesur, C., Yumak, H., Aydın, E., Çelik, S. A., Yıldız, A. K., 2014b, "Yozgat İli Şartlarında Yetiştirilen Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Dinçer Çeşidinden Üretilen Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi", *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University, JAFAG*, Cilt 31, Sayı 1, ss. 63-72.
- Fröhlich, A., Rice, B., 2005, "Evaluation of *Camelina sativa* Oil as a Feedstock for Biodiesel Production" *Industrial Crops Products*, Cilt 21, ss. 25-31.
- Göre, M., Kurt, O., 2017, "Farklı Ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz.] Genotiplerinin Ham Yağ Oranları ve Yağ Asitleri Kompozisyonlarının Belirlenmesi", *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, Cilt 20, Özel Sayı, ss. 201-205.
- Katar, D., Arslan, Y., Subaşı, İ., 2012, "Ankara Ekolojik Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarının Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) Bitkisinin Yağ Oranı ve Bileşimi Üzerine Olan Etkisinin Belirlenmesi", *Tekirdağ Ziraat Fakültesi*, Cilt 9, Sayı 3, ss. 84-90.
- Koç, N., Önder, M., 2012, "Biyodizel Hammaddesi olarak Ketencik", *Biyoyakıt Dünyası*, Cilt 16, ss. 8-12.
- Kurt, O., Seyis, F., 2008, "Alternatif Yağ bitkisi: Ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz]", *J. of Fac. of Agric., OMU*, Cilt 23, Sayı 2, ss. 116-120.
- Moser, B. R., Vaughn, S. F., 2010, "Evaluation of Alkyl Esters from *Camelina sativa* Oil as Biodiesel and as Blend Components in Ultra Low-Sulfur Diesel Fuel", *Bioresource Technology*, Cilt 101, ss. 646-653.
- Oğuz, H., Ögüt, H., Gökdoğan, O., 2012, "Türkiye Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modelinin Biyodizel Sektörüne Etkisinin İncelenmesi", *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.*, Cilt 2 Ek:A, Sayı 2, ss. 77-84.
- Oğuz, H., Özcan, M., Yağcı, M., Özkan, A. O., 2015, "Automation of the Two Stage Biodiesel Production Process", *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, Cilt 4, Sayı 4, ss. 254-260.
- Orhan, İ. E., Şenol, F. S., Öztürk, N., Çelik, S. A., Pular, A., Kan, Y., 2013, "Phytochemical Contents and Enzyme Inhibitory and Antioxidant Properties of *Anethum graveolens* L. (dill) Samples Cultivated Under Organic and Conventional Agricultural Conditions", *Food and Chemical Toxicology*, Cilt 59, ss.96-103.
- Ögüt, H., 2005, "Tarımsal Üretimde Biyoyakıt Kullanım İmkanları", *Uluslararası Çalıştay, Biyoyakıtlar ve Türkiye (Biyodizel-Biyoetanol)*, Konya.
- Ögüt, H., Oğuz, H., 2006, *Üçüncü Milenyumun Yakıtı Biyodizel*, Yayın No: 745 Nobel Yayın Dağıtım ISBN: 975-591-730-6, II. Baskı 190.
- Özçelik, A. E., Aydoğan, H., Acaroğlu, M., 2015, "Determining the Performance, Emission and Combustion Properties of Camelina Biodiesel Blends", *Energy Conversion and Management*, Cilt 96, ss. 47-57.

- Özgün, A. K., Eryılmaz, T., 2018, "A Comparative Study of Engine Performance and Exhaust Emissions of Biodiesel and Its Blends Produced from Waste Cooking Oil and Neutralized Waste Cooking Oil", *International Journal of Automotive Engineering and Technologies, IJAET*, Cilt 7, Sayı 3, ss. 88-97.
- Özgür, C., 2017, "Palm Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarının Yakıt Özelliklerinin Tahmini", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 32, Sayı 1, ss. 81-88.
- Sampath, A., 2009, *Chemical Characterization of Camelina Seed Oil*, The Degree of Master of Science, New Brunswick, New Jersey. 180.
- Schumacher, L. G., Van Gerpen, J., Adams, B. T., 2003, "Diesel fuel injection pump durability test with low level biodiesel blends." *2003 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.*
- Sirviö, K., Heikkilä, S., Help, R., Niemi, S., Hiltunen, E., 2018, "Properties of Local Produced Animal-fat Based Biodiesel and Its Blend With Fossil Fuel", *Agronomy Research*, Cilt 16, Sayı 1, ss. 1237-1246, <https://doi.org/10.15159/AR.18.083>
- Soriano Jr., N. U., Narani, A., 2012, "Evaluation of Biodiesel Derived from *Camelina sativa* Oil", *J. Am. Oil Soc.*, Cilt 89, ss. 917-923.
- Tüpraş, 2022, <https://www.tupras.com.tr/ozel-yakitlar>, Erişim 10.01.2022.
- Wu, X., Leung, D., 2011, "Optimization of Biodiesel Production from Camelina Oil Using Orthogonal Experiment", *Applied Energy*, Cilt 88, ss. 3615-3624.
- Yang, J., 2016, *Evaluating The Feasibility of Biodiesel Production from Camelina Sativa*, Dalhousie University, Master Thesis.
- Yang, J., Caldwell C., Corscadden, K., He, Q. S., Li, J., 2016, "An Evaluation of Biodiesel Production from *Camelina sativa* Grown in Nova Scotia", *Industrial Crops and Products*, Cilt 81, ss. 162,168.
- Yaşar, F., 2020, "Comparison of fuel properties of biodiesel fuels produced from different oils to determine the most suitable feedstock type", *Fuel*, Cilt 264, ss. 116817.
- Yılandıcılar, M. S., 2020, *Ketencik yağı metil esterine pentanol ilavesinin dizel motor performans parametrelerine etkisinin incelenmesi*, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84.
- Yıldız, M. M., Özçelik, A., 2021, "Investigation of the effects of camelina sativa biodiesel and eurodiesel blends on vehicle performance and emissions", *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, Cilt 10, Sayı 1, ss. 74-82.
- Yılmaz, G., Kınay, A., Ayıışı, S., 2014, "Ketencik (*Camelina sativa*) Bitkisinin Tanıtımı ve Yetiştiriciliği", *Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı*, 28-29 Mayıs, Samsun.
- Zubr, J., 1992, "New Vegetable Oil for Food Application", *Agro Food Industry Hi-tech*, Cilt 7, Sayı 8, ss. 24-26.
- Zubr, J., 1993, "New Source of Protein for Laying Hens", *Food Compounder*, ss. 23-25.
- Zubr, J., 1997, "Oil-Seed Crop: *Camelina sativa*", *Industrial Crops and Products*, Cilt 6, ss. 113-119.