



HAŞHAŞ TOHUM (*Papaver somniferum* L.) YAĞININ BİYODİZEL YAKIT ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

¹Cüneyt CESUR , ²Tanzer ERYILMAZ , ³Tansu USKUTOĞLU , ⁴Hülya DOĞAN ,
⁵Belgin COŞGE ŞENKAL , ⁶Selen ALNIAK SEZER

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Karaman, TÜRKİYE

²Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, Yozgat, TÜRKİYE

^{3,5}Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat, TÜRKİYE

⁴Yozgat Bozok Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Yozgat, TÜRKİYE

⁶Yozgat Bozok Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Yozgat, TÜRKİYE

¹cuneytcesur@kmu.edu.tr, ²tanzer.eryilmaz@bozok.edu.tr, ³tansu.uskutoglu@bozok.edu.tr,

⁴hulya.dogan@bozok.edu.tr, ⁵belgin.senkal@bozok.edu.tr, ⁶selen.alniak@bozok.edu.tr

(Geliş/Received: 28.01.2021; Kabul/Accepted in Revised Form: 18.08.2021)

ÖZ: Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) hem dünyada hem de ülkemizde önemli bir tıbbi bitkidir. Aynı zamanda tohumlarından yağ elde edilmektedir. Bu çalışmada Yozgat ekolojik koşullarında yetiştiriciliği yapılan iki haşhaş çeşidinin (TMO-1 ve OFİS 8) tohumlarından soğuk presle elde edilen yağların, Transesterifikasyon yöntemi ile 2 aşamalı olarak üretimi gerçekleştirilerek bazı biyodizel özellikleri tespit edilmiş, standartlara uygunluğu incelenmiştir. Elde edilen veriler TMO-1 ve OFİS 8 çeşitleri için sırasıyla; kinematik viskoziteleri (40°C'de) 4.238, 4.139 mm²/s; yoğunlukları, 884.46 kg/m³, 883.82 kg/m³, parlama noktaları, 169°C, 164°C; su muhtevaları, 425.38 mg/kg, 496.39 mg/kg; bulutlanma noktaları, -3°C, -7°C; akma noktaları, -7°C, -16°C; donma noktaları, -11°C, -21°C; pH'ları, 7, 6.6; sülfat ve kül miktarları, 0.0095 m/m (%), 0.0110 m/m (%), SFTN, -1°C, -2°C olarak tespit edilmiştir. Elde edilen yakıt analiz sonuçlarının EN 14214 ve ASTM D6751 standartlarına uygun olup olmadığı amaçlanmış ve uygunluk gösterdiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre haşhaş biyodizelleri B100 ya da daha farklı karışım yakıtların dizel motorlarda kullanılabilir özelliklere sahip olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Haşhaş, Tohum yağı, Yağ asidi, Viskozite, Yoğunluk

Determination of The Biodiesel Fuel Characteristics of Poppy (*Papaver somniferum* L.) Seed Oil

ABSTRACT: Poppy (*Papaver somniferum* L.) is an important medicinal plant both in the world and in our country. At the same time, oil is obtained from the seeds. In this study, the oils obtained from the seeds of two poppy cultivars (TMO-1 and OFİS 8) grown in Yozgat ecological conditions were produced by the Transesterification method in 2 stages, some biodiesel properties were determined and their compliance with the standards was examined. The data obtained are for TMO-1 and OFİS 8 cultivars; kinematic viscosities (at 40°C) 4.238, 4.139 mm²/s; densities, 884.46 kg/m³, 883.82 kg/m³, flash points, 169°C, 164°C; water contents, 425.38 mg / kg, 496.39 mg / kg; cloud points, -3°C, -7°C; pour points, -7°C, -16°C; freezing points, -11 ° C, -21 ° C; their pH is 7, 6.6; sulfate and ash amounts were determined as 0.0095 m/m (%), 0.0110 m/m (%), SFTN, -1°C, -2°C, respectively. It was aimed whether the obtained fuel analysis results comply with EN 14214 and ASTM D6751 standards and it has been seen that they

comply. According to these results, it can be said that poppy biodiesels B100 or different blended fuels have properties that can be used in diesel engines.

Key Words: *Poppy, Seed oil, Fatty acid, Viscosity, Density*

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Papaveraceae familyasına ait alkaloitlerce zengin değerli bir ilaç ve keyf bitkisidir (Çizelge 1), (Rahimi ve diğ. 2011; Baydar 2013). Dünyada 22 tür ile temsil edilen haşhaşın, Türkiye’de 15’i endemik olmak üzere 58 taksonu bulunmaktadır (Davis, 1988; Güner ve diğ., 2012; USDA, 2020). Anavatanı ön Asya olan haşhaşın tarımı Anadolu’da Hititler döneminden beri yapılmaktadır. Osmanlı İmparatorluğu zamanında da gelir getirici bir bitki olarak önemini korumuştur. Ancak, haşhaş uyuşturucu özelliğinden dolayı, 1933 yılından beri ülkemizde yetiştiriciliği bazı kurallara göre yapılmaktadır. 1938 yılında Toprak Mahsülleri Ofisi (TMO)’nin kurulmasıyla beraber temini ve tarımı devlet gözetiminde yapılmaya başlanmıştır (Gümüşçü, 1996).

Çizelge 1. Haşhaş bitkisinin taksonomik sınıflandırması

Table 1. Taxonomic classification of opium poppy

Taksonomik sınıflandırma	Bilimsel ve yaygın adı
Alem (<i>kingdom</i>)	Bitkiler (<i>plantae</i>)
Alt alem (<i>subkingdom</i>)	Damarlı bitkiler (<i>tracheobionta- vascular plants</i>)
Üst bölüm (<i>subdivision</i>)	Tohumlu bitkiler (<i>spermatophyta-seed plants</i>)
Bölüm (<i>division</i>)	Çiçekli bitkiler (<i>magnoliophyta-flowering plants</i>)
Sınıf (<i>class</i>)	Dikotiledonlar (<i>mahnoliopsida-dicotyledons</i>)
Altsınıf (<i>subclass</i>)	Magnoliidae
Sıra (<i>order</i>)	Papaverales
Familya (<i>family</i>)	Papaveraceae
Cins (<i>genus</i>)	Haşhaş (<i>Papaver</i> L.-poppy)
Tür (<i>species</i>)	<i>Papaver somniferum</i> L. (<i>opium poppy</i>)

(USDA, 2020)

Türkiye’de haşhaş üretimi TMO izni ile 13 ilde 700 000 dekarlık sınırlı alanda gerçekleştirilmektedir. Birleşmiş Milletler Türkiye, Hindistan, Avustralya, Fransa, İspanya, Macaristan, Çek Cumhuriyeti ve Çin’i yasal ana üretici ülkeler olarak tanımlamıştır (İnan, 2013). Türkiye haşhaş üretiminde Çek Cumhuriyetinden sonra 2. sırada gelmektedir (FAO, 2020). 2019 yılı itibariyle Türkiye’de 27 288 ton haşhaş tohumu üretilmiştir (TÜİK, 2020). Haşhaş tohumlarında renklerine göre farklılık göstermekle beraber %42-58 arasında yağ ve %20-30 oranlarında protein bulunmaktadır (Kahraman, 2011). Doymamış yağ asitleri bakımından da zengin olduğu için iyi bir gıda kaynağıdır. Haşhaş tohumları yaygın olarak haşhaş ezmesi üretiminde veya pasta, börek gibi gıda ürünlerinde kullanılmaktadır (Baydar, 2013). Protein oranının yüksekliği sebebiyle de yağı sıkıldıktan sonra kalan küspesi iyi bir yem bitkisidir.

Bitkisel yağlar genel olarak sadece insan gıdası olarak değil, hayatın birçok alanında kullanılan önemli bir stratejik üründür (Aklale ve Aydeniz Güneşer, 2019). Haşhaş yağı da tıbbi tedavilerde, ilaç, boya, gıda ve enerji üretimi başta olmak üzere hayatın hemen her sahasında ihtiyaç duyulan bir hammaddedir (Aksoy, 2011; Dündar Emir, 2014). Aynı zamanda tohumlarından elde edilen yağ biyodizel hammaddesi olarak değerlendirilebilecek potansiyele sahiptir (Eliçin ve diğ., 2007).

Küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramlarının gelecekte dünya için ciddi tehditler oluşturduğu birçok kaynakta ifade edilmektedir (Akın, 2006; Korkmaz, 2007; Bayraç, 2010). Nüfus artışı ile beraber tabii kaynaklarda meydana gelen daralmalara ilave olarak küresel iklim değerlerindeki bozulmalar tarım ve su kaynaklarının arz güvenliğini daha da riskli hale getirmektedir (Öztürk, 2002). Bu risklerin ortadan kaldırılması bütün dünyanın ortak meselesi olmasından öte bütün bilim zeminlerinin de çözüm için bir araya gelmesini gerektiren bir husustur (Kovancılar, 2001; Bayraç, 2010). Buradan hareketle bitkisel üretimde daha az su kullanarak daha fazla verim alabilmenin yolları araştırılmalıdır. Bu aynı zamanda hammadde maliyetinin düşük olması içinde önemlidir (Fan ve Burton, 2009; Atabani ve diğ., 2013). Çünkü bitkisel yağların biyodizel hammadde olarak kullanılmasının önündeki en büyük engel yağın maliyetidir (Leung ve diğ., 2010). Yazlık ve kışık olarak tarımı yapılabilen haşhaş bu amaca uygun bir bitki türüdür (Shukla ve diğ., 2015).

Bu kaynaklardan biri olan biyodizel yakıtlar ise 2000'li yılların başından itibaren özellikle AB kapsamında kullanımı tercih ve teşvik edilmeye başlanmıştır. AB'nin 2003/30/EC direktifi ile 2005 sonundan itibaren kullanılmaya başlanan fosil yakıtlara %2 oranında biyodizel katma mecburiyeti getirilmiştir. Bu oranı 2010 yılında %5.75 ve 2020 yılında ise %10'a çıkartılması hedef olarak belirlenmiştir (Hatunoğlu, 2010). Aynı hedefler için Türkiye'de söz konusu anlaşmaya imza atmış olsa da gerekli hammadde bulunamadığı için 16/07/2017 yılı sonunda %2 olarak belirlenen hedef, %0.5'e çekilmiştir (Karakoç ve diğ., 2018).

Bitkisel yağların biyodizel hammadde olarak öneminin yanı sıra, bu yağların biyodizel teknolojilerine uygunluğunun belirlenmesi de önemlidir. Çünkü biyodizel üretiminde kullanılacak her bitkisel yağın kendine has özellikleri mevcuttur ve bu özellikler birbirinden farklıdır (Bankoviç-Iliç ve diğ., 2012; Yaşar, 2016). Bu farklılıkların tespit edilerek kullanılacak teknolojilere uygun hale getirmek verimlilik için çok hayati bir konudur. Bitkisel yağlar dizel motorlarda doğrudan kullanılabilirse de yağların fosil dizel yakıt özelliklerine uygun hale getirilmediği takdirde, kullanıldığı motorlara zarar vermesi kaçınılmaz bir durumdur (Cvengros ve Cvengrosova, 2004).

Bu çalışmada Yozgat ekolojik koşullarında yetiştiriciliği yapılan iki farklı haşhaş çeşidinin tohumlarından elde edilen yağların bazı biyodizel özellikleri tespit edilerek standartlara uygunluğu incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

Materyal (Material)

Araştırmada TMO'dan temin edilen iki haşhaş çeşidi (TMO-1 ve OFİS 8) materyal olarak kullanılmıştır (Çizelge 2, Şekil 1).

Çizelge 2. Çeşitlerin genel özellikleri

Table 2. General characteristics of the cultivars

Özellikler	TMO-1	OFİS 8
Tohum rengi	Sarı	Beyaz
Çiçek rengi	Beyaz	Beyaz
Yağ oranı (%)	47-51	48-51.6
Tescil tarihi/kurumu	07.04.2005/TMO	05.04.2011/TMO

(Yazici ve diğ., 2017; Yazici, 2018)

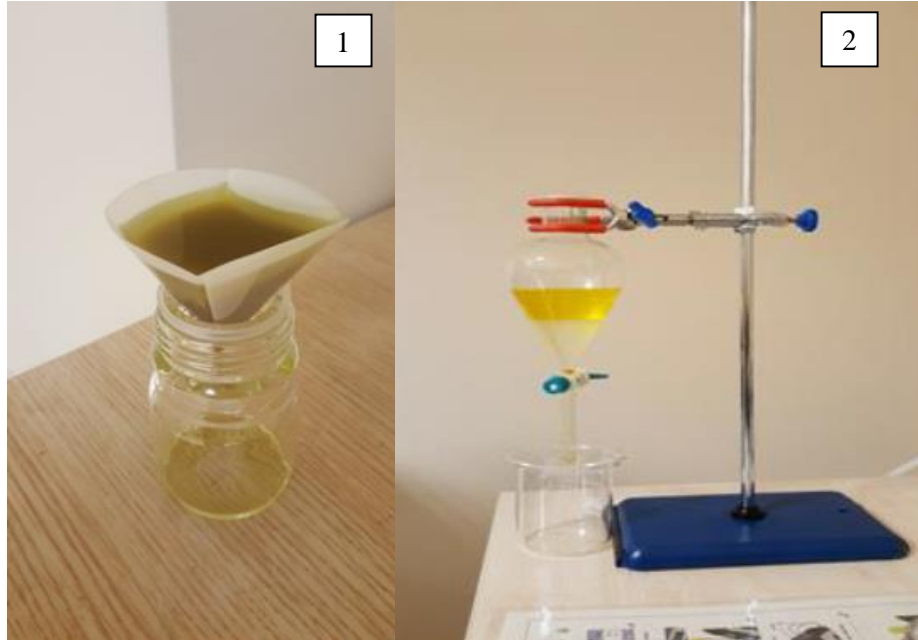
Tohum üretimi Yozgat Bozok Üniversitesi, Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme sahasında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Beyaz çiçekli haşhaş kapsülü (1), Üretim alanı (2)
Figure 1. The poppy capsule with white flower (1), Production area (2)

Haşhaş Çeşitlerinin Yağ Oranı ve Yağ Asidi Bileşenleri (The Oil Ratio and Fatty Acid Components of Poppy Cultivars)

Çeşitlere ait tohumların yağları hidrolik sistem soğuk pres makinası (Esen Yağ İşletmesi-İlgın/KONYA) ile elde edilmiştir.



Şekil 2. Whatman filtre kağıdından süzülen bitkisel yağın filtrelenmesi (1), Yıkanmış biyodizel (2)
Figure 2. Filtred vegetable oil through whatman filter paper (1), Washed biodiesel (2)

Yağ asidi bileşenleri tayini; GC-MS'de (Shimadzu - QP2010 ULTRA(GC-MS)) Avrupa Farmakopesinden alınan yöntemle yapılmıştır; ilk olarak sabit yağ esterleştirme işlemine tabi tutulmuştur. 450 mg yağ numunesi 50 mL'lik balon jöjeye alınır ve üzerine 12 mL 0.5 N metanol NaOH ilave edilir. Su banyosunda (yaklaşık 80°C sıcaklıkta) yağ damlacıkları çözeltiye karışmaya kadar çalkalanarak beklenir. Sabunlaşma gerçekleşince karışım su banyosundan alınır. Üzerine 20 mL BF₃/metanol ilave edilir ve bunzen bekinde kaynatılır. Soğuduktan sonra Doymuş NaCl çözeltisi ile

balon jopenin 50 mL çizgisine kadar tamamlanır. Bu sırada üst kısımda yağ damlacıkları birikir. Bu biriken yağ damlacıklarını almak için 1 mL hekzan ilave edilir, 10-15 kez kapağı kapatılan balon joje ters düz edilir. Faz ayrımı gerçekleştikten sonra en üst kısım alınarak viyale aktarılır ve GC-MS'e okutulmak üzere verilir (David ve diğ., 2005).

Biyodizel Üretimi (Biodiesel Production)

Çalışmada haşhaş yağının bazı fiziko-kimyasal özellikleri (biyodizelinin kinematik viskozite, yoğunluk, kalori değeri, parlama noktası, su muhtevası, renk ve pH, kül miktarı, bulutlanma noktası, soğuk filtre tıkanma noktası ve donma noktası) Çizelge 3'te verilen cihaz ve çalışma metotlarına göre tespit edilmiştir.

Haşhaş tohumu ham yağlarından biyodizel üretimi transesterifikasyon yöntemiyle Yozgat Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği bölümünde bulunan ısıtıcılı manyetik karıştırıcı ile iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Haşhaş tohumu ham yağlarından biyodizel, üretilmeden önce filtre edilerek içerisindeki yabancı maddeler giderilmiştir. Alkol olarak metil alkol ve katalizör olarak NaOH kullanılmıştır. Birinci reaksiyonda, 1000 mL ham yağ için kullanılacak %20 (200 mL) metil alkolün; %75'i (150 mL) metil alkol, her bir litre yağ için kullanılacak 3.5g NaOH'ın %50'si (1.75 g) NaOH ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda çözülerek metoksit elde edilmiştir. Elde edilen bu metoksit 55°C'de ısıtılarak karıştırılan yağ üzerine eklenmiştir. Karıştırma işleminde karıştırıcının devir sayısı 1000 d/d'ye ayarlanmıştır ve karışım 90 dakika karıştırılmıştır. Sonra karıştırıcı ve ısıtıcı durdurulmuştur. Gliserolün çökmesi için 120 dakika beklenmiş ve gliserol alınmıştır. Daha sonra ikinci aşamaya geçilmiştir.

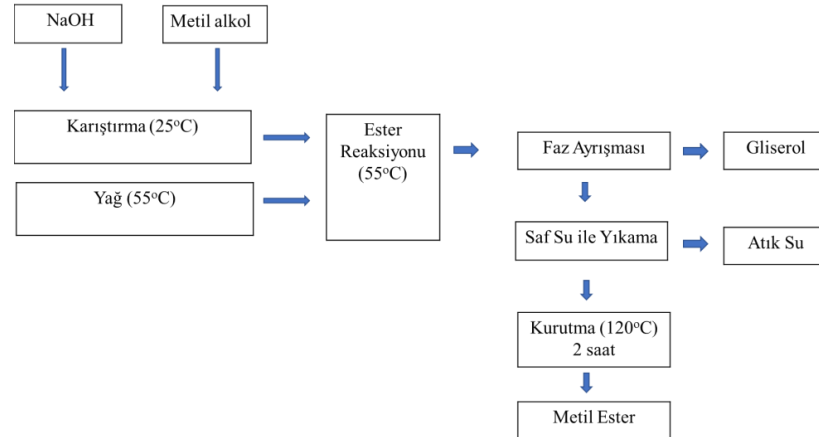
İkinci reaksiyonda, kalan %25 (50 mL) metil alkol ve %50 (1.75 g) NaOH ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda çözülerek metoksit elde edilmiştir. Birinci reaksiyonu gerçekleştiren ham biyodizel, karıştırıcı çalıştırılarak tekrar 55°C'ye ısıtılmış, üzerine metoksit eklenmiş ve 60 dakika reaksiyona tabi tutulmuştur. Sonra karıştırıcı ve ısıtıcı kapatılmıştır. Tekrar gliserol almak için 2 saat dinlendirilmiş ve gliserol alınmıştır. Ham biyodizelin sıcaklığı 75°C'ye kadar yükseltilmiş ve ham biyodizel içerisinde kalan metil alkol alınmıştır (Şekil 3).

Ham biyodizel içerisinde kalan gliserolün çökmesi için 15 saat beklenmiş ve gliserol alınmıştır. Bu arada biyodizelin pH değerine bakılmış, reaksiyon bazik karakterli olduğu için nötrleşinceye kadar saf su kullanılarak mistleme yöntemi ile yıkamaya tabi tutulmuştur. Yıkamanın amacı, biyodizel içerisinde reaksiyona girmeyen alkol, kalan yağ asitleri, Na⁺, K⁺ iyonları, katalizör madde ve ayrıştırma esnasında bünyede kalma ihtimali olan gliserolün uzaklaştırılmasıdır. Yıkama sırasında biyodizel sıcaklığı 50°C ve yıkamada kullanılan saf suyun sıcaklığı da 50°C olmak üzere, biyodizelin %20' si kadar saf su kullanılarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işleminden sonra suyun çökmesi için 12 saat beklenmiş ve çöken atık su alınmıştır. Çöken suyu alınan ham biyodizel, 120°C de 2 saat kurutma işlemi yapılmış ve böylece biyodizellerin üretimi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. Araştırma araçları ve özellikleri

Table 3. Research tools and features

Yakıt Özelliği	Cihazlar	Aralık	Birim	Ayar (doğruluk ayarı)	Üretici	Standart
Yoğunluk	Kem-Kyoto DA-645	Yoğunluk:0.00000–3.00000 Sıcaklık: 0–93	g cm ⁻³ °C	±0.00005 ±0.03	Kem Kyoto Elektronik, Japonya	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Kinematik Viskozite	Polyscience 7306A12E	Ortam sıcaklığı -150 Ölçüm tüpü: 1.2–10 Ölçüm tüpü: 5–50 Kronometre: 0–2400	°C mm ² s ⁻¹ mm ² s ⁻¹ s	±0.05 ±0.5 ±1 ±0.01	Polyscience, USA	EN ISO 3104
Parlama Noktası	Hızlı test cihazı RT-1	-30 to +300	°C	±1	Paul N. Gardner Company, USA	EN ISO 2719 EN ISO 3679
Su Muhtevası	Kem Kyoto MKC-520 Karl Fischer Nem Titratörü	10–300.000	µg	±0.1	Kem Kyoto Elektronik, Japonya	EN ISO 12937
Kalori Değeri	IKA C200 Patlamalı Isı Ölçer	0–40.000	J	±0.1	IKA, UK	DIN 51900
pH	Laboratuvar kitleri ELE-PHP3BW	pH aralığı: 0–14 Sıcaklık aralığı: 0–100	pH °C	±0.01 ±1	Labkits, Hong Kong	-
Renk	Lovibond PFXi 195/2	0.5–8	-	±0.0004	Lovibond, UK	ASTM D 1500
Bulut, akma, donma ve soğuk filtre tıkanma noktaları	Laboratuvar kitleri PT-SYD-510F1 çok işlevli düşük sıcaklık test cihazı	-70–Ortam sıcaklığı	°C	±0.5	Labkits, Hong Kong	EN ISO 3015 EN ISO 3016 ASTM D 6371



Şekil 3. Biyodizel üretim süreci akış diyagramı

Figure 3. Biodiesel production process flow diagram

Biyodizelin Kül ve Element Miktarları (Ash and element content of biodiesel)

Haşhaş biyodizelindeki kül miktarı ASTM D482 standartlarına göre belirlenmiştir. 4 ml'lik 0.1 N HCl ile yıkanan kül örnekleri Whatman No: 1 filtre kağıtları ile filtre edildikten sonra nitrik asit solüsyonu ile 5 kere seyreltilmiş ve iCAP-Qc ile element analizi gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR (RESULTS)**Ham Yağ Oranı ve Yağ Asidi Kompozisyonları (Crude Fat Content and Fatty Acid Compositions)**

Çalışmada kullanılan 2 haşhaş çeşidinden elde edilen yağların yağ asidi kompozisyonları Çizelge 4'de verilmiştir. Yağ asitleri analizi sonucunda TMO-1 tohum yağının %13.39' u doymuş ve %86.60' ü doymamış OFİS 8 tohum yağının %11.96' sı doymuş ve %87.07' si doymamış yağ asitlerinden oluştuğu belirlenmiştir. Her iki çeşitte doymamış yağ asitleri içerisinde en yüksek oranı linoleik asit oluşturmuş ve bunu oleik asit izlemiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde ise palmitik asit en yüksek değere sahip olmuştur.

Çizelge 4. Haşhaş çeşitlerinin yağ oranı ve yağ asidi kompozisyonları*Table 4. The oil ratio and fatty acid compositions of poppy cultivars*

Yağ Asidi	Kimyasal Formülü	Ham Yağın Yağ Asidi Kompozisyonu (%)	
		TMO-1	OFİS 8
Miristik	C14:0	1.73	-
Palmitik	C16:0	7.18	8.93
Palmitoleik	C16:1	1.66	0.97
Stearic	C18:0	-	-
Oleik	C18:1	23.06	12.02
Linoleik	C18:2	53.50	73.09
Linolenik	C18:3	1.06	0.23
Araşidik	C20:0	1.45	0.78
Eikosenoik	C20:1	6.06	0.56
Behenik asit	C22:0	0.28	1.70
Lignoserik asit	C24:0	0.33	0.20
Nervonik asit	C24:1	0.98	0.22
Pentacosylic asit	C25:0	0.71	0.35
Pentacos-2-enoik asit	C25:1	0.28	-
Nonacosylic asit	C29:0	1.71	-
Doymuş yağ asitleri		13.39	11.96
Tekli doymamış yağ asitleri		32.04	13.75
Çoklu doymamış yağ asitleri		54.56	73.32
Toplam		99.95	99.03
Ham yağ oranı		44	47

Haşhaş Yağı Biyodizelinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Physical and Chemical Properties of Poppy Oil Biodiesel)

Haşhaş yağının TMO-1 ve OFİS 8 çeşitlerine ait biyodizelinin ve EN 14214 ve ASTM D6751 standartlarının bazı fiziksel özellikleri Çizelge 5’de verilmiştir. Çizelge 5 göre Dünyada en çok kullanılan bu standartlarla haşhaş yağı biyodizelinin mukayese edildiğinde, haşhaş yağı biyodizelinin genellikle standart değerlere uygun olduğu tespit edilmektedir. Kinematik viskozite, biyodizel standartları içerisinde önemli bir parametredir. Çünkü viskozitesi yüksek olan yakıtların atomizasyonu yeterli seviyede olamayacağı için, yanma işleminden sonra motorlarda kurum ve tortu oluşumuna sebep olmaktadır. Bu durum motorun verimsiz kullanılması demektir. Transesterifikasyon işleminden sonra yağın viskozitesi önemli ölçüde azalmaktadır (Demirbaş, 2009; Atabani, ve diğ., 2013). Çalışmada tespit edilen kinematik viskozite (40°C) TMO-1 çeşidinde 4.238 ve OFİS 8 çeşidinde ise 4.139 olarak tespit edilirken bu değerlerin gerek EN 14214 ve gerekse de ASTM D6751 standartlarının sınırları içerisinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Haşhaş yağı biyodizelinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 5. Physical and chemical properties of poppy oil biodiesel

Özellik	Birim	EN 14214	ASTM D6751	TMO-1	OFİS 8
Kinematik viskozite (40°C)	mm ² /s	3.5-5	1.9-6	4.238	4.139
Kinematik viskozite (70°C)		-	-	2.608	2.493
Kinematik viskozite (100°C)		-	-	1.761	1.687
Yoğunluk (15°C)	kg/m ³	860-900	860-900	884.46	883.82
Parlama noktası	°C	101 min.	130 min	169	164
Su muhtevası	mg/kg	500 max		425.38	496.39
Bulutlanma noktası	°C	rapor		-3	-7
Akma noktası	°C	rapor		-7	-16
Donma noktası	°C	-	-	-11	-21
Renk (ASTM D1500)	0.5-8.0	-	-	1.4	1.6
pH	-	-	-	7	6.6
Sülfatlanmış kül miktarı	m/m(%)	0.02 max	0.05 max	0.0095	0.0110
Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN)	°C	rapor		-1	-2

Biyodizel yoğunluğu, motorların yanma sistemlerinde yakıtın atomizasyon verimliliğini etkilemesi bakımından önemli işlevi bulunmaktadır (Bhuiya ve diğ., 2020). Doymamış yağ asitleri yüksek olan yağların yoğunluğu artmaktadır (Silitonga ve diğ., 2013). Biyodizel yoğunluğu ASTM ve EN standartlarına göre 860-900 kg/m³ aralığındadır. Çizelge 5’den görüleceği üzere haşhaş biyodizelinin yoğunluk değerleri her iki standarda göre uygun değerler göstermektedir.

Yakıt buharının ateşle temas ettiğinde bir an için alev aldığı sıcaklığa parlama noktası denir (Tillem, 2005). Çizelge 5’den izlenebileceği gibi haşhaş biyodizellerinin parlama noktaları TMO-1 çeşidinde 169 ve OFİS 8 çeşidinde 164 olarak tespit edilmiştir. Genellikle biyodizel yakıtların parlama noktaları dizel yakıtlara göre daha yüksek seyretmekte olduğu bilinmektedir. Bu durum yakıtların nakliye ve

depolama gibi durumlarda daha emniyetli bir ortam oluştururken, motorların performansını olumsuz etkileyebilmektedir (Shah ve diğ., 2014).

Bulutlanma noktası ve akma noktası düşük sıcaklıklarda yakıtlar için göz önünde bulundurulması gerekli iki önemli unsurdur. Akma noktası, ortam soğutulurken yakıtın akış özelliklerini kaybettiği minimum sıcaklık olarak tanımlanabilir. Çizelge 5' ten izlenebileceği gibi ASTM D6751 standartlarına göre akma noktası (-15) – (-16) °C ve bulutlanma noktası (-3) – (-12) °C aralıkları tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise akma noktaları çeşitlere göre TMO-1 çeşidinde -7°C ve OFİS 8 çeşidinde -16°C ve bulutlanma noktaları TMO-1'de -3 °C, OFİS 8 çeşidinde -7°C olarak belirlenmiştir. Bu gerçekleşen değerlere göre haşhaş yağı biyodizelinin akma ve bulutlanma noktaları fosil yakıtlara göre daha iyi bir kullanım şartlarına sahip olduğu görülmektedir.

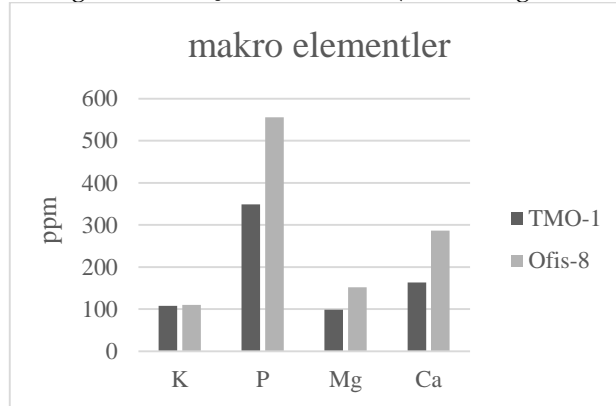
Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN) yakıtın jelleşmeye başladığı sıcaklığı ifade eder. Jelleşme yakıtın akışkanlığını kaybetmesine sebep olur. Akışkanlığı kaybolan bir yakıt ise motorun verimli çalışmasına engel olur. ASTM ve EN standartlarına göre SFTN 5 – 19°C aralığındadır. Bu değer TMO-1 çeşidi için -1 ve OFİS 8 çeşidi için -2 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Yakıtın kükürt ve kül miktarı hem çevre hassasiyeti bakımından hem de motorun verimliliği bakımından önemlidir. Tablo 3'den görüldüğü üzere EN ve ASTM standartlarına göre kükürt ve kül miktarları max. 0.02 ve 0.05 m/m (%) olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada ise TMO-1 çeşidinde 0.0095 m/m (%) ve OFİS 8 çeşidinde 0.011 m/m(%) olarak belirlenmiştir. Değerler mukayese edildiğinde kül ve kükürt miktarları bakımından haşhaş yağı biyodizelinin değerleri daha verimli kullanılabilir aralıklarda olduğu görülmektedir.

Haşhaş Yağı Biyodizelinin Element Madde İçeriği (Element Content of Poppy Oil Biodiesel)

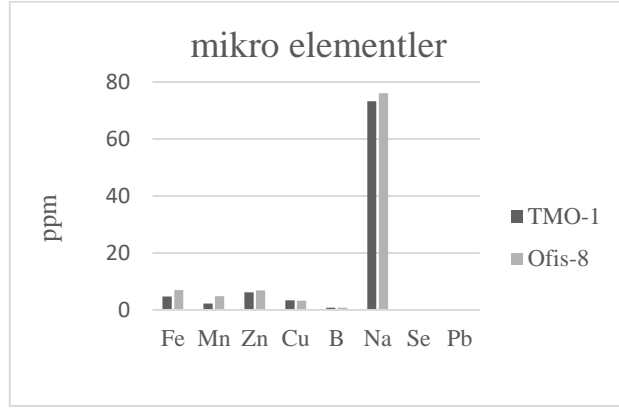
Haşhaş yağı biyodizelinde Şekil 4'de görüldüğü gibi makro elementler olarak potasyum (K), fosfor (P), magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) tespit edilmiştir. Çalışmada incelenen her iki çeşitte de aynı makro elementler olduğu görülürken, OFİS 8 çeşidinde nispeten daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Çalışmada, Şekil 5'te görüldüğü gibi, mikro elementler olarak da Demir (Fe), Mangan (Mn), Çinko (Zn), Bakır (Cu), Bor (B), Sodyum (Na), Selenyum (Se) ve Kurşun (Pb) tesbit edilmiştir. Mikro elementlerden en fazla her iki çeşitte de Na tespit edilirken OFİS 8 çeşidinin Na miktarı nispeten daha fazla olduğu görülmektedir. Ağır metallere ise, Şekil 6'da görüldüğü gibi, Kadmiyum (Cd), Baryum (Ba), Alüminyum (Al), Uranyum (U), Krom (Cr), Kobalt (Co) ve Nikel (Ni) olduğu tespit edilmiştir. Her iki çeşitte de ağır metal birikimi en fazla Ba, Al ve Ni ağır metallere olduğu görülürken, TMO-1 çeşidinde Ni daha fazla görülürken, OFİS 8 çeşidinde ise Ba ve Al birikiminin daha fazla olduğu görülmektedir.

Düşük konsantrasyonlarda bulunmasına rağmen, fosfor dizel motorların egzoz sistemindeki katalitik dönüşümü etkiler ve karbon monoksit ve karbon dioksit, kükürt dioksit, hidrokarbonlar ve partikül maddeler gibi kirletici gazların oluşumunu artırır (Lira ve diğ., 2011).



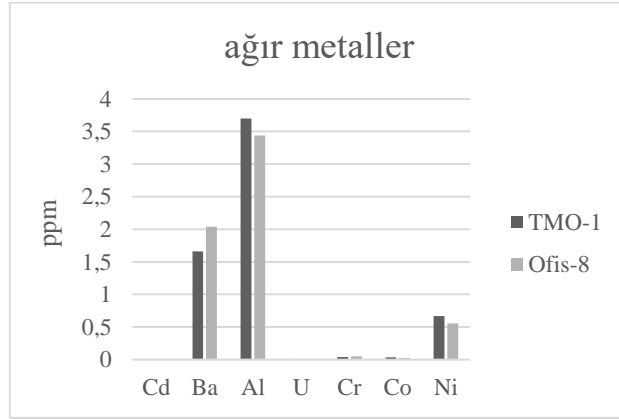
Şekil 4. Haşhaş yağı biyodizelinde tespit edilen makro elementler

Figure 4. Macro elements detected in poppy oil biodiesel



Şekil 5. Haşhaş yağı biyodizelinde tespit edilen mikro elementler

Figure 5. Micro elements detected in poppy oil biodiesel



Şekil 6. Haşhaş yağı biyodizelinde tespit edilen ağır metaller

Figure 6. Heavy metals detected in poppy oil biodiesel

SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Fosil yakıt rezervlerinin tükenebileceği ve bu yakıtların çevreye vermiş olduğu zararların fark edilmesinden bu yana alternatif enerji kaynakları üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bitkisel yağların motorlarda kullanılabileceği, neredeyse yüzyıl evvelen bu yana bilinmesine rağmen, fosil yakıtlara ulaşımın kolay olması sebebiyle pek üzerinde durulmamıştır. Alternatif enerji kaynaklarına yönelim başlayınca biyodizel üretim ve teknolojileri konularında da yoğun olarak çalışmaya başlanmış ve bitkisel yağların fiziksel ve kimyasal özellikleri tespit edilerek fosil yakıtlar yerine kullanılmasının usulleri belirlenmeye başlanmıştır. Haşhaş yağları da bu kapsamda incelenmiştir. Elde edilen verilere göre haşhaş yağlarının biyodizellerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin fosil yakıt özelliklerinden daha iyi değerler gösterdiği görülmüştür. Bu değerlere göre haşhaş biyodizelinin gerek B100 olarak gerekse de karışım yakıtlar halinde dizel motorlarda kullanılabileceğini ifade etmek mümkündür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Aklale, B., Aydeniz Güneşer, B., 2019, "Haşhaş Tohumu İçeren Peynir Formülasyonlarının Geliştirilmesi ve Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi", *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, ss. 24-36.
- Akın, G., 2006, "Küresel Isınma, Nedenleri ve Sonuçları", *Ankara Üniversitesi, Dil ve tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi*, Cilt 46, Sayı 2, ss. 29-43.

- Aksoy, L., 2011, "Opium Poppy (*Papaver somniferum* L.) Oil for Preparation of Biodiesel: Optimisation of Conditions ", *Applied Energy*, Cilt 88, ss. 4713-4718.
- Atabani, A.E., Silitonga, A.S., Ong, H.C., Mahlia, T.M.I., Masjuki, H.H., Badruddin, I.A., Fayaz, H. 2013, "Non – Edible Vegetable Oil Extraction, Fatty Acid Compositions, Biodiesels Production Characteristics, Engine Performance and Emissions Production", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 18, pp. 211-245.
- Bankoviç-Iliç, I.B., Stamenkoviç, O.S., Veljkoviç, V.B., 2012, "Production from non-edible plant oil", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, pp: 3621-3647.
- Bayraç, H.N., 2010, "Enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi ve önleyici politikalar", *Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 11, Sayı 2, ss. 229-259.
- Bhuiya, M.M.K., Rasul, M.G., Khan, M.M.K., Ashwath, N., 2020, "Biodiesel production and characterization of poppy (*Papaver somniferum* L.) seed oil methyl ester as a source of 2nd generation biodiesel feedstock", *Industrial Crops and Products*, Vol. 152, Article Number: 112493.
- Cvengros, J., Cvengrosova, Z., 2004, "Used frying oils and fats and their utilization in the production of methyl esters of higher fatty acids", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 27, pp. 173-181.
- David F., Sandra P., Vickers A.K., 2005, Column selection for the analysis of fatty acid methyl esters, *Food Analysis, Agilent Technologies Application Notes*, pp. 1-12.
- Davis. P.H., Mill. R.R., Tan. K., 1988, *Papaver L. Flora of Turkey and East Aegean Islands*. University Press, Edinburg.
- Demirbaş, A., 2009, "Progress and recent trends in biodiesel fuels", *Energy Conversion and Management*, Vol. 50, pp. 14-34.
- Dündar Emir, D., 2014, *Soğuk Pres Yöntemiyle Elde Edilen Haşhaş Yağlarının, Yağsız Keklerinin ve Protein İzolatlarının Teknolojik ve Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Eliçin, A.K., Saçılık, K., Erdoğan, D., 2007, "Haşhaş Yağı Esterlerinin Bir Dizel Motorda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, Cilt 3, Sayı 3, ss. 137-144.
- Fan, X., Burton, R., 2009, "Recent Development of Biodiesel Feedstock and The Applications of Glycerol: A Review", *Open Fuels Energy Science Journal*, Vol. 2, pp. 100-109.
- FAO, 2020, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>, ziyaret tarihi: 7.12.2020.
- Gümüşçü, A., 1996, *Seçilmiş Bazı Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Çeşit ve Hatlarının Verim Ögelerinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babac, M.T., 2012, *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.*
- Hatunoğlu, E.E., 2010, *Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri*. DPT Uzmanlık Tezi, Yayın No:2814, Ankara.
- İnan, Ş., 2013, *Haşhaşta (*Papaver somniferum* L) Bazı Tarımsal Özellikler İle Yağ ve Morfin Miktarının Belirlenmesi*. Adnan Menderes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Aydın.
- Kahraman, M. 2011. *Türkiye’de Haşhaş’ta Uygulanan Politikalar ve Haşhaşın Türkiye için Önemi*, Namık Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Karakoç, E.B., Ayvaz, B., Kuşakçı, A.O., Öztürk, F., 2018, "Biyodizel Yakıtlar İçin Çok Önemli Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Örneği", *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi Part C.*, Cilt 6, Sayı 4, ss. 862-876.
- Korkmaz, K., 2007, "Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi", *Alatırım Dergisi*, Cilt 6, Sayı 2, ss. 43-49.
- Kovançlar, B. 2001. "Küresel Isınma Sorununun Çözümünde Karbon Vergisi ve Etkinliği", *Yönetim ve Ekonomi*, Cilt 8, Sayı 2, ss. 1-13.
- Leung, D.Y.C., Wu, X., Leung, M.K.H., 2010, "A Review on Biodiesel Production using Catalyzed Transesterification", *Applied Energy*, Vol. 87, pp. 1083-1095.

- Lira, L.F.B., dos Santos, D.C.M.B., Guida, M.A.B., Stragevitch, L., Korn, M.das G.A., Pimentel, M.F., Paim, A.P.S. 2011. Determination of phosphorus in biodiesel using FIA with spectrophotometric detection. *Fuel*. 90:3254-3258.
- Öztürk, K., 2002, "Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri", *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 22, Sayı 1, ss. 47-65.
- Rahimi, A., Kırılan, M., Arslan, N., Bayrak, A., Doğramacı, S., 2011, "Variation in Fatty Acid Composition of Registered Poppy (*Papaver somniferum* L.) Seed in Turkey", *Akademik Gıda*, Cilt 9, Sayı 3, ss. 22-25.
- Shah, M., Ali, S., Tariq, M., Khalid, N., Ahmad, F., Khan, M.A., 2014, "Catalytic Conversion of Jojoba Oil into Biodiesel by Organization Catalysts, Spectroscopic and Chromatographic Characterization", *Fuel*, Vol. 118, pp. 392-397.
- Shukla, S., Mishra, B.K., Mishra, R., Siddiqui, A., Pandey, R., Rastogi, A., 2015, "Comparative Study for Stability and Adaptability Through Different Models in Developed High the Baine Lines of Opium Poppy (*Papaver somniferum* L.)", *Industrial Crops Product*, Vol. 74, pp. 875-886.
- Silitonga, A.S., Masjuki, H.H., Mahlia, T.M.I., Ong, H.C., Chong, W.T., Boosroh, M.H., 2013, "Overview Properties of Biodiesel – Diesel Blends from Edible and Non – Edible Feedstock", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 22, pp. 346-360.
- Tillem, İ. 2005, *Dizel Motorlar için Alternative Yakıt Olarak Biyodizel Üretimi ve Kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- TÜİK, *Türkiye İstatistik Kurumu*, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-2.Tahmini-2020-33736>, ziyaret tarihi: 07.12.2020.
- USDA (United States Department of Agriculture), *Classification for Kingdom Plantae Down to Genus Papaver* L. <https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=profile&symbol=PAPAV&display=31>, ziyaret tarihi:06 Kasım 2020.
- USDA (United States Department of Agriculture), <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PASO2> erişim tarihi 09.12.2020.
- Yaşar, F., 2016, *Yosun Yağından Biyodizel Üretimi ve Bir Dizel Motorunda Yakıt Olarak Kullanılması*. Doktora tezi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.
- Yazici, L., Yılmaz, G., Gökcalp, S., 2017, "Bazı Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Çeşit ve Genotiplerinin Alkaloid ve Yağ Oranlarının Belirlenmesi", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, Cilt 20, Özel Sayı, ss. 313-317.
- Yazici, L., 2018, *Bazı haşhaş (Papaver somniferum L.) Diallel Melezlerinde Verim ve Kalite Özellikleri ile Heterosis Etkisinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.