

BİYODİZEL KULLANIMININ OTOMOBİL YAKIT SİSTEMİNDEKİ PARÇALARA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

THE INVESTIGATION OF BIODIESEL USE in AUTOMOBILE FUEL SYSTEM COMPONENTS

N. Sinan KÖKSAL^{a*} ve Mesut YAVUZ^a

^a Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye, sinan.koksal@bayar.edu.tr, mesut.yavuz@bayar.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, dizel araçta biyodizelin kullanımının, yakıt sistemindeki plastik ve metal parçalarda oluşturduğu etkiler araştırıldı. Deneylerde kullanılan biyodizel beş farklı yerel üreticilerinden temin edildi. Biyodizel %1'den %5'e kadar metil alkol %1'den %5'e kadar gliserin eklenerek karışımlar elde edildi.

Dizel araca ait yakıt hortumundan 30 mm boyutunda plastik numuneleri hazırlanan her bir karışımın içine konuldu. Ayrıca %5 metil alkol, %5 gliserin ve %100 biyodizel karışımlarının her birinin içine yakıt deposundan alınan 120x35x1 mm ölçülerinde metal numuneler konuldu. Bu karışım içindeki numuneler aylık periyotlarla 24 ay süresince incelenmiştir. Deney süresince bu malzemelerin özelliklerinde görünüm (yüzey bozunması) ve sertlik (yumuşama, pelteleşme) yönünden bir değişiklik olmamıştır. Metal numunelerin yüzey özelliklerinde de bir değişim gözlenmemiştir. Sonuç olarak, dizel bir otomobilin yakıt sisteminde biyodizel kullanımda, plastik ve metal parçalarda bir değişiklik gözlenmemiştir.

Anahtar kelimeler: Biyodizel, gliserin, plastik malzeme

Abstract

In this study, effects of biodiesel use in metallic and plastic parts of fuel system were investigated. Biodiesel samples in experiments were obtained from five different local producers. The fuel mixtures were obtained by either adding methyl alcohol (1-5%) to biodiesel or adding glycerin (1-5%) to biodiesel.

A 30 mm length plastic samples coming from the fuel pipe of diesel vehicle was put into each prepared mixture. Metal samples of fuel tank (120x35x1 mm) were put into glass jars having methyl alcohol (5%), glycerin (5%) or biodiesel (100%). Samples were evaluated every month for a period of 24 months. No change in surface properties and hardness (softening and gelling) was observed in plastic samples. Similarly, no change in surface properties of metal samples was seen. In conclusion, biodiesel use in the fuel system of a diesel vehicle does not harm metal or plastic parts.

Keywords: Biodiesel, glycerin, plastic material

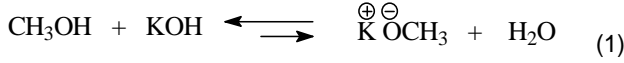
1. Giriş

Almanya, İtalya, Avustralya başta olmak üzere tüm Avrupa ve Amerika'da biyodizel üretim ve tüketimi hızla çoğalmaktadır. 2005'de Almanya 2 milyon tona ulaşmıştır. Kyoto protokolüne göre 2010'da %10 biyodizel

kullanılması mecburi olmuştur. Bu oranın artırılması için bir çok ülkede biyodizelin vergiden muafı yasalaşmıştır [1]. Biyodizel üretiminde kullanılan bitkisel yağlardan en favori ürün soya fasulyesidir. Elde edilen bitkisel veya biyolojik yağlar metanol ile karıştırılıp sodyum hidroksitle tepkime hızlandırılır ve sonuç olarak ester ve gliserin oluşur. Ester yakıt olurken yan ürün gliserin ise diğer sektörlerde kullanılır.

Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların veya hayvansal yağların bir katalizator eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol ve ya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir [1]. Biyodizel üretimi kolay, yerel olarak üretilebilmesi ve büyük boyutlarda nakliye problemleri ortadan kalkması gibi nedenlerle diğer alternatif yakıt kaynaklarına göre daha erken, geniş çaplı kullanılacaktır. Aslında bitkisel yağların yakıt kaynağı olarak kullanılma fikri yeni değildir. Bu fikri ilk olarak dizel motorlarının mucidi Rudolph Diesel ortaya atmış ve 1900 yılında ilk bitkisel yağ ile çalışan motoru Paris'te sergilemiştir. Yakıt olarak doğrudan bitkisel yağ kullanılabilmeyle beraber bunun bazı sorunları vardır. En büyük sorun yağ viskozitesinin çok yüksek oluşu nedeniyle, soğuk motorun başlatılmasında ve yakıt iletiminin sağlanmasındadır. Bu sorunun çözümü için, arabalara monte edilebilecek ön ısıtma sistemleri bazı firmalarca üretilmektedir. Bitkisel yağ kullanımındaki diğer sorunlar ise tam yanmadaki aksaklıklar ve yağ pirolizi sonucunda oluşabilecek gliserin ve türevlerinin tıkanmalara neden olma tehlikesidir. Yağ, biyodizele dönüştürüldüğünde, viskozite yaklaşık petrodizel seviyelerine düşer. Ayrıca, biyodizelin yapısında gliserin bulunmaz. Dizel için gerekli dağıtım ve depolama yöntem ve kuralları biyodizel için de geçerlidir. Biyodizel temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen seçilebilir. Depolama, taşıma ve motor malzemelerinde bakır, kurşun, çinko kullanılmaması önerilmektedir [1]. Bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı da sakıncalıdır; çünkü biyodizel bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyodizelle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir. Depolama tanklarının bileşiminde alüminyum, çelik, florlanmış polietilen, florlanmış polipropilen ve teflon bulunabilir ancak; bakır, pirinç, kurşun, kalay ve çinko bulunmamasına dikkat edilmelidir. Biyodizelin alevlenme sıcaklığı dizel yakıtı nazaran daha yüksektir. Bu nedenle taşınması ve depolanması daha güvenli bir yakıttır [2, 3].

b) Bu yöntem birinciye oranla çok daha kolay ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilir. Ancak kullanılacak yağ, temiz, kuru, ve serbest asit oranı çok düşük bir yağ olmalıdır. Çeşitli baz katalizörler kullanılabilir ancak en çok kullanılan katalizörler sodyum hidroksit veya potasyum hidroksitin metanol veya etanoldeki çözeltisidir. Kimyasal açıdan pek doğru olmamakla beraber bu çözeltiler sırasıyla sodyum metoksit ve potasyum metoksit olarak nitelendirilmektedir. Bir alkali metal hidroksit metanol ile reaksiyona girdiği zaman aşağıdaki reaksiyon oluşur.



Reaksiyonda bir mol de su oluşmaktadır. Bu nedenle reaksiyon dengesi sol tarafa doğrudur. Ancak bu pratik açıdan önemli değildir. Sodyum veya potasyum hidroksitin (toplam kütlelen %0.5-1 i kadar) metanoldeki çözeltisi reaksiyonu mükemmel bir şekilde katalizler. Kullanılan katalizör miktarı çok az olduğundan bu reaksiyonda oluşan su, transesterleşme reaksiyonunda olumsuz bir etki yapmaz ancak ortamdaki su miktarı artarsa veya ortamda tüm katalizörü derhal sabunlaştıracak kadar serbest asit varsa, transesterleşme ile yarışma halinde olan sabunlaşma reaksiyonu hakim hale gelir ve tüm katalizör sabun haline geçer. Bu durumda reaksiyon hızında azalma ve sonuçta da yetersiz transesterleşme olur. Bu durumda ortamda oluşacak olan mono ve digliseritlerin kuvvetli emülsiyon olmamasına sebep olurlar ve safsızlıkların yıkanarak uzaklaştırılması zorlaşır. Bu ise ürün kalitesini ve verimi olumsuz etkiler. Biyodizel olarak daha çok metil esterleri kullanılır. Bunun sebeplerinden biri sodyum ve özellikle potasyum hidroksitin metanolde daha kolay çözünmesi diğeri ise etanolün higroskopik oluşu nedeniyle tamamen susuz olarak üretilmesinin zorluğudur. Bu nedenlerle metil esterlerin üretilmesi daha kolay olmaktadır.

Transesterleşme reaksiyonu oda sıcaklığından 80 °C ta kadar sıcaklıklarda yapılabilir. Optimum sıcaklık ve alkol miktarı, kullanılan yağ ve işlem koşullarına göre değişebilir. Reaksiyon sonunda oluşan, bir miktar sabun içeren gliserin bekletmeyle alt fazda toplanır ve ayrılır. Üst fazı oluşturan yağ asidi esteri (metanol kullanıldığında YAME) bol su ile yıkanarak fazla metanol, sabun ve diğer safsızlıklardan temizlenir ve kurutulur.

1.2. Biyodizel Üretiminde Kullanılabilecek Yağlar

Yukarıda açıklanan reaksiyon bir çok bitkisel ve hayvansal yağ ile yapılabilir ancak önemli noktalardan biri, elde edilen yağın akışkanlığını belirleyen viskozite, bulutlanma noktası ve akma noktası değerleri ile setan sayısıdır. Setan sayısı, benzindeki oktan sayısı gibi bir değer olup yakıtın yanma özelliğini belirler. Viskozite, bulutlanma noktası ve akma noktası değerleri ise yakıtın, özellikle düşük sıcaklıklarda donmaması ve filtreleri tıkamaması için önemlidir. Bu noktalar dikkate alındığı zaman, özellikle iyot indisi 80-130 arasında bulunan yağlar tercih edilir. Bunlar arasında, ayçiçek, soya, kanola, mısır özü, pamuk vb sayılabilir. Elbette kullanılacak yağın maliyeti çok önemlidir. Örneğin Almanya da bu amaçla kanola yağı tercih edilmektedir. Palmiye yağı da yüksek üretim verimi ve dolayısıyla ucuzluğu nedeniyle ilgi alanı olan yağlar arasındadır [9]. Tablo.1 biyodizel üretimine uygun bazı yağların, ve

bunlardan üretilen metil ve etil esterlerin (biyodizel) donma noktalarını, iyot indislerini ve setan sayılarını göstermektedir. Tablo.2 ise petrodizel, kanola yağı ve biyodizelin yoğunluk ve viskozite değerlerinin karşılaştırılmasını içermektedir. Tablo.1'den görüleceği gibi, yağın iyot sayısı azaldıkça setan sayısında artış olmaktadır. Ancak, iyot sayısının azalmasıyla da biyodizelin akma özellikleri olumsuz etkilenmektedir. Yakıtın akışkanlık özelliğindeki azalma istenilen bir özellik değildir. Standartlara göre setan sayısı minimum 47 olmalıdır. Bu nedenle iyot indisi çok düşük olan yağlar, setan sayılarının yüksek olmasına rağmen biyodizel üretimi için çok uygun görünmemektedir. Bununla beraber bu tür yağlar, diğer yüksek iyot indisli yağlarla karışık olarak kullanılabileceği gibi, bunlardan yapılan biyodizel petrodizelle karıştırılarak da kullanılabilir. Çok yüksek iyot indisine sahip olan keten tohumu yağı gibi yağlar ise, polimerleşme sonucu viskozite artışına neden olabilecekleri gibi, yüksek fiyatları nedeniyle de biyodizel üretimi için uygun değildirler.

Tablo.1. Bazı Yağların ve Esterlerinin Özellikleri

Yağ Türü	Donma Noktası (°C)			İyot İndisi	Setan Sayısı
	Yağ	Metil Ester	Etil Ester		
Kolza	5	0	-2	97- 105	55
Kanola	-5	-10	-12	110-115	58
Ayçiçeği	-18	-12	-14	120-135	52
Zeytin	-12	-6	-8	77- 94	60
Soya	-12	-10	-12	125-140	53
Pamuk Çekirdeği	0	-5	-8	100-115	55
Mısır	-5	-10	-12	115-125	53
Hind.Cevizi	20-24	-9	-6	8 - 10	70
Palmiye	30-38	14	10	44- 58	65

Tablo.2. Yakıtların bazı özelliklerinin karşılaştırılması

Özellik	Dizel	Kanola Yağı	Biyodizel
Yoğunluk kg/L@15.5°C	0.84	0.92	0.88
Viskozite mm ² /s@ 20°C	4-5	70	4-6
Kalorifik Değer MJ/L	38.3	36.9	33-40
Setan Sayısı	45	40-50	47-65

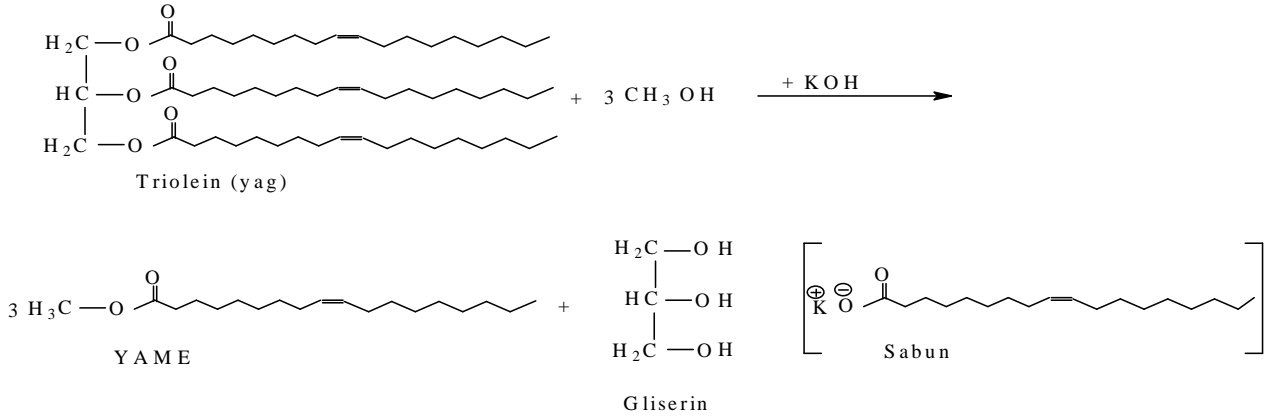
Tablo.3. Bazı yağ asidi metil esterlerinin özelliklerinin karşılaştırılması

Ester Kaynağı	Setan sayısı	Isıl değer (kJ/kg)	Viskozite	BN*	AN**	ALN***
Pamuk	51.2	-	6.8 (21°C)	-	-4	-
Kolza	54.4	40449	6.7 (40°C)	-2	-9	-
Soya	46.2	39800	4.08(40°C)	2	-1	171
Ayçiçeği	46.6	39800	4.22(40°C)	0	-4	-
Aspur	49.8	40060	-	-	-6	180

*BN : Bulutlanma noktası, ** Akma Noktası, *** Alevlenme Noktası

1.3. Standart Biyodizel Üretimi

Biyodizel üretimi her ne kadar kolay olarak görünmekte ise de, dikkatsizce yapılacak üretimler kolaylıkla kalitesiz ve kullanımda sorunlar yaratacak sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle kullanılan ham maddeler öncelikle titizlikle analiz edilerek uygunlukları saptanmalıdır.



Şekil 2. Gliserin oluşum reaksiyonu

Yağ tamamen berrak, susuz ve serbest asit oranı düşük olmalıdır. Eğer serbest asit oranı yüksek ise ön rafinasyon ile bu oran düşürülmelidir. Bazı yağların yapısında doğal olarak sakızimsı maddeler bulunur. Bu tür yağlar sakız giderme (degumming) işlemi ile bu safsızlıklardan kurtarılmış olmalıdır. Eğer geri kazanılmış yağ kullanılacak ise, yağın viskozitesinin çok fazla artmamış, kuru ve berrak olduğuna dikkat edilmeli ve askıda katı maddeler içermediği kontrol edilmelidir. Reaksiyona başlamadan önce, serbest asit miktarı ölçülmeli ve gerekirse katalizör miktarı artırılmalıdır. Katalizör miktarı gereğinden fazla olmamalıdır. Farklı yağlar için optimum miktar, laboratuvar çalışmalarıyla belirlenebilir.

Bununla beraber ASTM-6751 oldukça titiz bir kontrol sağlamaktadır. Bu standart aşağıda Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Biyodizel için ASTM 6751 standardı.

Özellik	Değer
Alevlenme nok (kapalı kap)	Min. 130 °C (ort. 150 °C)
Su ve çökeltiler	Maks. Hacimce % 0,050
Kinematik viskozite(40 °C)	1,9 – 6,0 mm ² /saniye
Ramsbottom karbon kalıntısı, % kütle	0,10
Sülfatlanmış kül	Maks. Kütlece % 0,020
Kükürt	Maks. Kütlece % 0,05
Bakır şerit korozyon testi	Maks. No. 3
Setan sayısı	Min. 47
Karbon kalıntısı	Maks. Kütlece % 0,050
Asit sayısı (mgKOH/g)	Maks. 0,80
Serbest gliserin	Maks. Kütlece % 0,020
Toplam gliserin (serbest gliserin+gliseritler halinde)	Maks. Kütlece % 0,240
Fosfor miktarı	Maks. Kütlece % 0,001
Distilasyon	360 °C'de % 90

Bir yağın içerdiği gliserin miktarı analizle bulunabilir, yaklaşık olarak bu değer yağın %10-15'i kadardır. Reaksiyondan sonra elde edilen gliserin miktarı, reaksiyonun tamamlanıp tamamlanmadığı konusunda fikir

verecektir. Elde edilen yağ asidi metil esteri (YAME) çok iyi yıkanıp, su ve metanol içermeyecek şekilde kurutulmalıdır. Yakıtta metanol kaldığı takdirde, alevlenme noktası düşük çıkacaktır.

Biyodizel ile ilgili standartların hazırlanması ile ilgili çalışmalar çeşitli ülkelerde halen sürmektedir. Amerika Birleşik Devletlerinde şu anda uygulanan standart ASTM-6751'dir. Avrupa Birliğinde ise bu konuda çeşitli çalışmalar yapılarak raporlar hazırlanmıştır [10]. Şu anda ülkeler kendi standartlarını uygulamaktadırlar ve çalışmalar devam etmektedir.

2. Deneysel Çalışma

Piyasada kullanılan dizel bir otomobile ait yakıt sisteminin metalik deposu ve aktarma elemanlarına ait plastik parçalardan numuneler temin edilmiştir. Deney için kullanılan biyodizeller Salihli (2), Afyon, İzmir ve Alağa'daki beş farklı yerel üreticilerinden temin edildi. Farklı yerlerden alınan biyodizellerden 200 ml alınıp karıştırılarak sonraki karışımlar için homojenlik sağlanmıştır. Böylece elde edilen bu homojen biyodizel karışıma Tablo 5 ve Tablo 6'da verilen oranlarda metil alkol ve gliserin ilaveleri yapılmıştır. Burada biyodizel içerisinde değişik nedenlerle ve oranlarda bulunan metil alkol ve gliserinin sistemdeki parçalarda oluşturabileceği etkilerin araştırılması amaçlanmıştır.

Tablo 5. Karışım oranı (ml)

Biyodizel	Metil Alkol
99	1
98	2
97	3
96	4
95	5

Tablo 6. Karışım oranı (ml)

Biyodizel	Gliserin
99	1
98	2
97	3
96	4
95	5

Hazırlanan bu karışımlara Şekil 3'de görülen (40 mm uzunluğunda kesilmiş ve yine 40 mm uzunluğunda boyuna

kesilmiş) aracın yakıt hortumundan alınan plastik numuneler koyulmuştur.



Şekil 3. Deney öncesi hazırlanan plastik numuneler



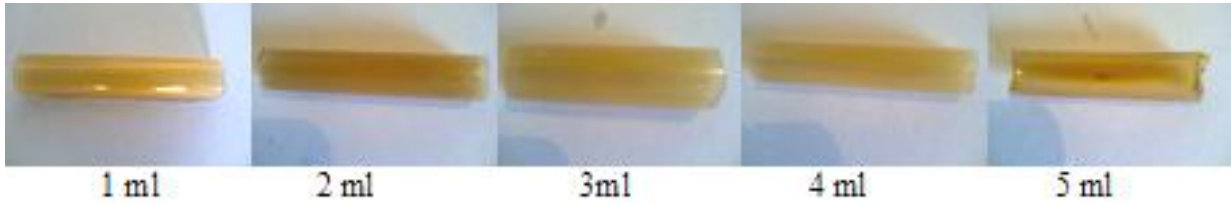
Şekil 4. Deney öncesi hazırlanan metal numuneler.

Benzer şekilde, her bir biyodizelden 60 ml alınıp karıştırılarak homojen bir karışım sağlanmıştır. Bu biyodizel karışımına daha önce hazırlanan oranlardan en yoğun oranı sağlayacak şekilde 5 ml metil alkol ve 5 ml gliserin eklenmiştir. Boyutları 120x35x1 mm olan, aracın yakıt deposundan alınan metal numuneler hazırlanan bu karışımların içerisine konulmuştur (Şekil 4).

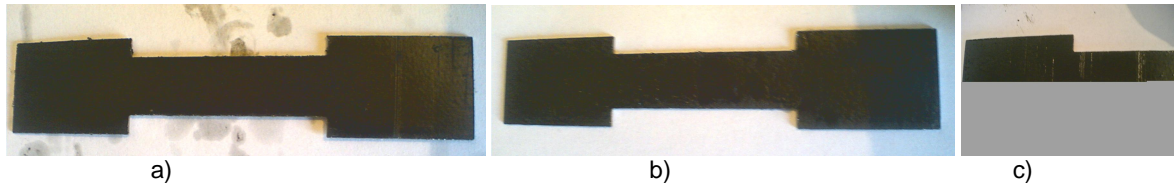
Belirtilen karışımlarda bekletilen numuneler her ay kontrol edilmek koşulu ile 24 ay süresince karışımlardan çıkarılıp kontrol edildikten sonra tekrar aynı karışım içerisine konularak incelemeye devam edilmiştir.



Şekil 5. Metil alkol oranı %1-5 olan karışımlardaki numunelerin deney sonrası görüntüleri



Şekil 6. Gliserin oranı %1-5 olan karışımlardaki numunelerin deney sonrası görüntüleri.



Şekil 7. a) %100 biyodizel, b) %5 Gliserin, c) %5 Metil alkol içeren karışımda bekletilmiş metal numunelerin deney sonrası görüntüleri

3. Deney Sonuçları

Biyodizel içerisine farklı oranlarda katılan metil alkol ve gliserin ile (Tablo 1 ve Tablo 2) hazırlanmış karışımlarda 24 ay süre ile bekletilen numunelerin her ay özellikleri kontrol edilmek koşulu ile bozunma ve özellik kayıpları dikkatle incelenmiştir.

Bu aylık periyotlarla yapılan incelemeler sonucunda Şekil 5 ve Şekil 6'da görüldüğü gibi plastik parçalarda sertlik değişimi (yumuşama) ve plastiğin özelliğini kaybetmesi gibi durumlarla karşılaşmamıştır. Şekil 7'de görüldüğü gibi metal parçalarda da korozyon veya yüzey bozunması gibi etkileşimler ve özelliklerinde kayıplar olmamıştır.

Dizel bir araca ait yakıt sisteminde biyodizel kullanılması durumunda ve biyodizelin yapısından kaynaklanabilecek metil alkol ve gliserin içermesine de bağlı olarak, bu sistemde metal ve plastik parçalarda herhangi bir malzeme özellik kaybı oluşmamıştır.

4. Tartışma

Biyodizel kimyasal yönden dizele benzer olduğundan doğrudan bu motorlarda kullanılabilir. Bunun ekonomik, çevresel ve sağlık açısından birçok avantajları da vardır. Biyodizelde daha az emisyon bulunması, üretiminin kolay ve ucuz olması, motorun performansını etkilememesi ve kullanımının kolay olması en önemlileridir. Son zamanlarda en önemli sorun olan küresel ısınmaya da engel olması ile tercih edilmektedir [1, 11-20].

İnsan sağlığı açısından, kansere neden olan bileşenlerden polisilik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve nitrite PAH bileşenlerinin saf biyodizel emisyonlarında seviyesi daha azdır. Yine biyodizelde tanecikli olarak astım ve diğer hastalıklarla ilgili emisyonlar % 47 daha azdır ve zehirli bir gaz olan karbon monoksit % 48 daha da azaltılmıştır [3-5, 17-20]. Bu avantajlarının yanında çalışmamızın sonucunda görüldüğü gibi, dizel motorlarda ve yakıt sisteminde sorun oluşturmaması da biyodizel kullanımını tercih edilir hale getirecektir.

Kaynaklar

- [1] http://www.eie.gov.tr/biyodizel/bd_dunyatesvik.html
- [2] Ma, F., and Hanna, M. A., Biodiesel Production: A Review, Bioresource Technology, Cilt 70, 1-15, 1999.
- [3] <http://www.biyomotorin-biodiesel.com/biodiesel.html>
- [4] Demirbaş, A., Biodiesel Fuels from Vegetable Oils Via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Alcohol Transesterifications and Other Methods: A Survey, Energy Conversion and Management, Vol. 44, No 13, 2093-2109, 2003.
- [5] <http://www.biyosiad.org/yayinlar.php>
- [6] Çildir O. ve Çanakçı M., Çeşitli Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör ve Alkol Miktarının Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 2, 367-372, 2006.
- [7] Kaplan, C., Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.
- [8] Haas MJ, Bloomer S, Scott K., Simple, high-efficiency synthesis of fatty acid methyl esters from soapstock Journal Of The American Oil Chemists Society 77 (4): 373-379, 2000.
- [9] Darnoko D, Cheryan M., Kinetics of palm oil transesterification in a batch reactor Journal Of The American Oil Chemists Society 77 (12): 1263-1267, 2000.
- [10] Prankl H, Standardization of Biodiesel; Final Report of Non Technical Barriers to the Development of Liquid Biofuels in Europe. Federal Institute of Agricultural Engineering Austria, March 2000.
- [11] <http://www.pal.metu.edu.tr/>
- [12] Ulusoy Y. ve Alıbaş K., Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Teknik ve Ekonomik Olarak İncelenmesi, Uludağ. Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, C. 16, S. 37-50, 2002.
- [13] Sekmen Y., Karpuz Çekirdeği ve Keten Tohumu Yağı Metil Esterlerinin Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması, Teknoloji, Cilt 10, Sayı 4, 295-302, 2007.
- [14] Bouaid, A., Martinez, M. and Aracil J., A Comparative Study of the Production of Ethyl Esters from Vegetable

- Oils as a Biodiesel Fuel Optimization by Factorial Design, Chem. Eng J, Vol. 134, No.1-3, 93-99, 2007.
- [15] Canakci, M., and Gerpen, J.V., The Performance and Emissions Characteristics of Vegetable Oil-Based and Fat-Based Biodiesel, ASAE Paper No: 01-6050. 2001.
- [16] İlkılıç C. Biyodizel Yakıtın Dizel Motoru Performansına Etkileri, Mühendis ve Makine, Cilt 48, Sayı 565, 2007.
- [17] Lin, Y.F., Wu, Y.G. and Chang, C.T., Combustion Characteristics of Waste-Oil Produced Biodiesel/Diesel Fuel Blends, Fuel, 86, 1772-1780, 2007.
- [18] Çetinkaya, M. and Karaosmanoğlu, F., Optimization of Base-Catalyzed Transesterification Reaction of Used Cooking Oil, Energy and Fuels, 18, 1888-1895, 2004.
- [19] Murillo, S., Miguez, J.L., Porteiro, J., Granada, E. And Moran, J.C., Performance and Exhaust Emissions in the Use of Biodiesel in Outboard Diesel Engines, Fuel, 86, 1765-1771, 2007.
- [20] Keskin A. ve Ekşi A., Dizel Motorlarda Mısır Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanımının Motor Performansına ve Emisyonuna Etkisi, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi 2.1 S. 49 55, 2006.