

Kanola Yağı Alkil Esterlerinin Bir Dizel Motorunun Performansına ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi

Bahar ALPGİRAY¹, A. Konuralp ELİÇİN², Recai GÜRHAN²

¹New Holland Trakmak Traktör ve Ziraat Makinaları Sanayi ve Tic. A.Ş.
balpgiray@trakmak.com.tr

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü

Özet: Bu çalışmada, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından standart kabul edilen EN 14214 kanola biyodizelinden elde edilen alkil esterlerin bir dizel motorunda gösterdikleri performans ve emisyon karakteristikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, tek silindirli, direkt püskürtmeli, 4 zamanlı ve 5,5 kW anma gücünde bir dizel motoru kullanılmıştır. Önce kanola yağının yakıt özellikleri belirlenmiş, yeniden esterleme yöntemi (transesterifikasyon) ile kanola yağı metil ve etil esterleri elde edilmiş, emisyon ve motor denemeleri gerçekleştirilmiştir. Yağ asiti esterleri kullanımında moment ve gücün dizel yakıtına yakın, ancak daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ester yakıtların yakıt tüketimi değerlerinde biraz artış gözlenmiştir. Yeniden esterleme yönteminin kanola yağına uygulanması sonucu bitkisel yağların viskozitelerinin azaldığı, ısı değerlerinde bir miktar artış olduğu ve özgül ağırlıklarının azaldığı belirlenmiştir. CO ve CO₂ gibi emisyon değerleri No 2-D dizel yakıtından daha düşük, NO ise daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yeniden esterleme, biyodizel, kanola yağı, motor performansı, emisyon.

Determination of Effects a Diesel Engine Performance and Emission Characteristics of Canola Oil Esters

Abstract: In this study, the performance and the emission characteristics of alkil ester in a diesel engine that obtained from canola biodiesel which was approved by EPDK. For this aim, a diesel engine is used as a test material with single cylinder, direct injection, in four-stroke and 5.5 kW. First, canola oil's fuel specifications is determined, with transesterification method, canola oil methyl and ethyl ester are obtained, emission and engine experiments made. In the usage of oil acid esters, it is investigated that, torque and power is much more close to diesel fuel, but less than diesel fuel. Further more, it is determined that, ester fuel consumption values increased. With the transesterification method that resulting to canola oil, It is determined that vegetable oil's viscosity is decreased, heating values a little increased and density is decreased. Exhaust emission values ,like CO and CO₂ are less then diesel fuel, but Nox value is high.

Keywords: Transesterification, biodiesel, canola oil, engine performance, emission

GİRİŞ

İçinde yaşadığımız dönem, yenilenme özelliği olmayan ve süratle tükenen fosil kökenli yakıtların küresel ısınmayı körüklediği ve ülkemiz açısından dışa bağımlılığın arttığı bir dönemdir. Endüstrinin gelişmesiyle paralel ilerleyen dünya nüfusundaki artış her geçen gün daha çok enerji gereksinimine neden olmaktadır.

Enerji insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamada gereksinim duyduğu en önemli olgudur ve ekonomik kalkınmanın bir lokomotifidir. Neredeyse bütün

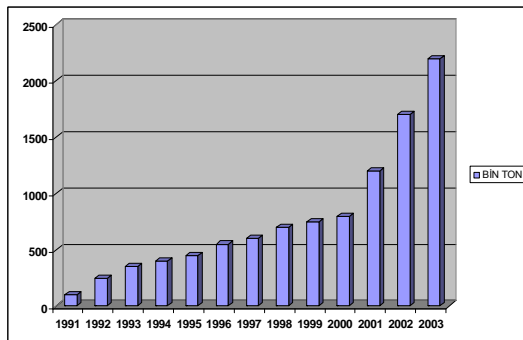
toplumların enerji sorunu ile karşı karşıya kalması göz önüne alındığında, enerji konusu önemli bir yer tutmaktadır. Dünyada enerji gereksiniminin %80'i kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil kaynaklı yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil yakıtların dünyada bilinen rezerv dağılımları, petrol eşdeğeri olarak, %68 kömür, %18 petrol ve %14 doğalgaz olarak bilinmektedir. Yapılan araştırmalara göre: petrolün 41, doğalgazın 62, kömürün ise önümüzdeki 218 yıl içinde tükeneceği belirlenmiştir (Altun ve Gür, 2005). Petrol türevi

yakıtların atmosferdeki CO₂ miktarını arttırıp, sera etkisi yaratarak, çevresel problemlerin baş göstermesine neden olması giderek kirlenen dünyamız için yeni ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Ayrıca enerji üretiminde petrol türevlerinin yanı sıra nükleer ve hidrolik enerjiden de yararlanılmaktadır.

1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi sonucu ham petrol fiyatlarının yükselmesi özellikle sanayileşen ülkelerin yeni arayışlara yönelmesinde etken olmuştur. 1892' de dizel motorun keşfiyle başlayan biyodizel araştırmaları günümüze değin uzanmış ve en çok araştırılan yakıt alternatiflerinden biri olmuştur.

Günümüz itibarıyla ekonomik bir değer oluşturacak biyodizel üretim kaynakları; yağ bitkileri tarımı ve yağlı tohumlar, atık kızartma yağları ve mezbaha artığı hayvansal yağlardır. Çok az bir oranla diğer endüstri iş kollarında hammadde ya da ara madde gereksinimi karşılıyorsa da, söz konusu atıklar açılan çukurlara depolanmakta ve yeraltı suyu kirliliğine yol açmaktadır. Buradan yola çıkarak biyodizel' e, 5015 sayılı Petrol Piyasası Yasası'nda da yer aldığı biçimiyle bir tanımlama getirilirse şöyle denmektedir: "Bitkisel yağların yeni ya da kullanılmışlarından ve hayvansal yağlardan kimyasal yöntemler aracılığıyla elde edilen biyoyakıtlar kapsamındaki çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli bir yakıttır". Bitkisel yağların, hayvansal atık ve artıkların da geri kazanım yoluyla kullanımı, otomotiv endüstrisinin ve işletmelerin enerji gereksinimini karşıladığı gibi çevre korunmasına da çeşitli yönlerden katkı sağlamış olacaktır (Alpgiray 2006).

Günümüzde biyodizel üretimi artık ticari bir boyut kazanmaktadır. Biyodizel üretimi dünyada her geçen gün artmakta, üretim yapan ülkelere her geçen gün yeni ülkeler ilave olmaktadır.



Şekil 1. Dünyada biyodizel üretim miktarları (Ar,2005)

Şekil 1'de Dünya'da biyodizelin üretimindeki artışın yıllara göre dağılımı verilmiştir.

Biyodizel mono alkali yağ esterleridir ve bitkisel yağlar, kullanılmış yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilebilmektedir. Başta ABD ve Avrupa ülkeleri olmak üzere dünyada temiz alternatif enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. ABD'de soya yağından, Avrupa ülkelerinde ise kolza yağından üretilen biyodizelin yine dünya üzerinde en geniş tarımsal üretim potansiyeline sahip kolza (kanola) yağından üretim miktarına sahip olduğu bilinmektedir. Günümüzde bir çok ülkede biyodizel ve karışımları (%5-%90 arasında) motor yakıtı olarak kullanılmaktadır. Biyodizel ve dizel yakıtının içeriği için en önemli farklılık oksijen bileşimidir. Biyodizel bileşiminde % 10-11 dolayında oksijen vardır ve bu özellik yanma karakteristikleri ile egsoz emisyonları üzerinde önemli etki oluşturmaktadır. Biyodizelin dizel yakıtına kıyasla yanma karakteristiklerini etkileyen diğer özellikleri ise yüksek vizkozite ve setan sayısı, yüksek ısı kapasitesi ve yüzey gerilimidir (Karabektaş 2004). Ayrıca biyodizelin iyi yanma karakteristikleri sonucu ısı verimi arttığından yakıt tüketimi artışı makul seviyelerde olmaktadır.

Biyodizelin oksijen içeriği yanma karakteristiğini etkilediğinden yanma verimi ve ısı veriminin artması sonucu CO ve HC emisyonlarında azalma ortaya çıkmaktadır (Karabektaş 2004). Biyodizelin alternatif yakıt olarak kullanılması durumunda dünyada egsoz gazlarının etkisiyle giderek artan sera etkisi de azaltılabilecektir. Bunun nedeni, biyodizelin yakıt olarak kullanılmasıyla egzozlardan çıkan CO₂ gazları, tekrar biyodizel üretmek için yetiştirilecek olan bitkilerin fotosentezinde kullanılacağı için çevrede kalmayacak böylelikle yaşamsal döngü sağlanacaktır (Nocker *et al.* 1998). Biyodizel bitkisel yağlardan farklı proseslerle üretilebilmektedir. Bunlardan en yaygın olanı esterleştirme (transesterifikasyon) olarak adlandırılmakta ve en önemli etkisi saf bitkisel yağ göre viskozitede meydana gelen azalma olmaktadır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, biyodizel kullanılarak dizel motorun performansını ölçmek ve pilot dizel yakıtı ile karşılaştırmak için amacı ile bitkisel yağdan biyodizel elde edilmiştir. Manisa yöresinde yetiştirilen kanola

bitkisi tohumu yağı ile bu yağlardan elde edilen kanola yağı metil ve etil esterleri yakıt olarak kullanılmıştır. Elde edilen bu alternatif yakıtlar, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümün' de bulunan motor test ünitesinde denenmiştir. Denemede kullanılan motora ait genel özellikler aşağıdaki Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan dizel motorunun özellikleri

Marka	Lombardini
Model	LDA 450
Silindir sayısı	1
Yanma odası	Direkt püskürtmeli
Yakıt	Dizel
Silindir çapı	85 mm
Silindir stroğu	80 mm
Silindir hacmi	454 cm ³
Sıkıştırma oranı	17.5 : 1
Enjeksiyon zamanı	25 ° BTDC
Maksimum tork (1700 d/d)	28.5 Nm
Nominal devir	3000 d/d
Maksimum güç	5.5 kW

Çizelge 2. Motor test ünitesinin özellikleri

Tip	Hidrolik Dinamometre
Maksimum performans	0–40 kW
Maksimum hız	0–6000 min ⁻¹
Maksimum tork	0–175 Nm
Hız değeri ölçüm aralığı	0–3250 min ⁻¹
Maksimum performansta su verdisi	0–1.2 m ³ /h
Dönüş yönü	Tek yönlü

Test ünitesine ait teknik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir. Yakıtların yanması sonucu oluşan atık gazların ölçümü için Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde bulunan TSI 6200 Combustion Analyzers marka mikroşlemci kontrollü gaz analiz cihazından yararlanılmıştır.

Yöntem

Kanola yağından elde edilen metil ve etil esterler ile motor ve emisyon denemeleri yapılmıştır.

Yakıt olarak kullanılacak yağlardaki ilk işlem vizkozite ve yoğunluğunu azaltmaktır. Bu amaç için transesterifikasyon olarak bilinen bir yöntem olan yağları alkolle esterleştirme işlemi alkolün katalizör etkisindedir faydalanmak amacıyla tercih edilmektedir (İlkılıç 2007). Kanola yağından metil ya da etil ester elde etme yönteminin esası, bir trigliserid olan bitkisel yağın metil ya da etil alkolle uygun miktarlarda karıştırılması, uygun katalizörün ilave edilmesi ve belirli bir sıcaklıkta reaksiyonun gerçekleştirilmesidir. Kanola yağından metil ve etil ester elde etmek için mikroşlemci destekli küçük ölçekli bir biyodizel üretim düzeneği kullanılmış ve biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma için bir küçük mikser, ısıtma için bir fritöz, havalandırma için akvaryum hava taşı motoru kullanılmış ve tüm bu bölümler mikroşlemci ile kontrol edilmiştir (Eliçin 2005).

Kanola yağından biyodizel elde etmek için aşağıdaki işlem aşamaları izlenmiştir (Eliçin 2005).

- Kanola yağı bir tanka konularak 70 °C' ye kadar ısıtıldı. Mikroşlemcili bir termostat kontrolü ile bu sıcaklığın tüm reaksiyon boyunca sabit kalması sağlanmıştır. Yağ sıcaklığının her noktada aynı kalmasını sağlayabilmek amacı ile karıştırıcı ile yağ sürekli karıştırılmıştır.

- Kullanılan kanola yağının hacimsel olarak %20'sine karşılık gelen metanol/etanol ve kanola yağının ağırlıkça 2.5 g/l yağ oranında KOH ayrı bir kaptaki karıştırılmış ve bir süre bekletilmiştir.

- Karışım süre ve sıcaklık kontrollü olan reaktörde 6 saat boyunca karıştırılmıştır. Reaktörde reaksiyonun iyi bir şekilde gerçekleşebilmesi için kullanılan karışımın sıcaklık değeri, karıştırma hızı ve reaksiyon süresi etkili olmaktadır.

- Karıştırma işleminden sonra karışımdan bir miktar numune cam kavonoza alınarak gliserinin ayrışmasının gözlenmesi amaçlanmıştır.

- Dinlendirmeye alınan karışım 12 saat dinlendirilerek biyodizel ile gliserinin ayrışması sağlanmıştır. Bu arada turnusol kağıtları ile üstteki biyodizelin pH'ına bakılmıştır. Reaksiyon bazik karakterli olduğu için nötürleşinceye kadar sülfürik asit ilavesi yapılmıştır.

- Yıkama işleminde saf suyla kabarcık yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntemle elde edilen biyodizel 1/1 oranında saf su ile karıştırılmıştır. Bir hava pompasına

(akvaryum hava motoru) bağlanan hava taşı karışımın içerisine yerleştirilerek, içeriye hava gönderilmiştir. Böylece kabarcıkların oluşması sağlanarak ve pH değeri ölçülerek karışım değeri 7 oluncaya kadar sülfürik asit ilave edilmiştir.

- 4 saat süren yıkama işlemi esnasında karışım kontrol edilerek köpürme yapmaması gerekmektedir.
- Su ile biyodizelin faz oluşturarak suyun dibine çökmesi için 12 saat beklenmiş ve su tahliye edilmiştir. Yıkama tankının içerisinde kalan biyodizelde su kalma ihtimaline karşın, suyun kaynama noktası olan 100 °C'ın üzerinde ısıtılarak biyodizel içindeki suyun buharlaşması sağlanmış ve böylece kanola yağından biyodizel üretilmiştir.

Motor performans denemeleri TSE Deneme normlarına uygun olarak yapılmıştır yani motor işletilmeye hazır durumdadır ve motorun efektif gücü ölçülmüştür. Denemeler 3 tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan rafine kanola yağının yağ asitleri kompozisyonlarının yüzde olarak, Yonca – Ege Yağ Sanayi ve Ticaret A.Ş. Bitkisel yağ Ar – Ge laboratuvarında ölçümü yapılmıştır. Bu sonuçlar çizelge 3 'de verilmiştir.

Viskozite bitkisel yağların, yağ asidi bileşimlerine, yoğunluklarına ve çevre sıcaklıklarına göre değişmektedir. Çizelge 4'de deneme yakıtları ve kanola yağının oda sıcaklığı koşullarında viskozite değerleri görülmektedir.

Çizelge 3. Kanola yağı yağ asitleri bileşikleri

Yağ Asitleri Bileşikleri		
Asitler	Değer	Limit
Miristik Asit	0.03	< 0.2
Palmitik Asit	4.88	2.5-7
Palmitoleik Asit	0.19	< 0.6
Stearik Asit	1.64	0.8-3
Oleik Asit	62.52	51-70
Linoleik Asit	19.26	15-30
Linolenik Asit	7.69	5-14
Araşidik Asit	0.58	0.2-1.2
Gadoleik Asit	1.39	0.1-4.3
Behenik Asit	0.35	< 0.6
Doymuş Yağ Asitleri (%)	9.8	–
Serbest Yağ Asiti (%)	0.3	–
Enerji (kcal/100 g)	126	–

Çizelge 4. Deneme yakıtlarının viskozite değerleri

Yakıt Türü	20 °C'da Viskozite Değeri (cSt)
Dizel Yakıtı	3.626
Kanola Yağı	59.487
Kanola Yağı Metil Esteri	6.542
Kanola Yağı Etil Esteri	7.242

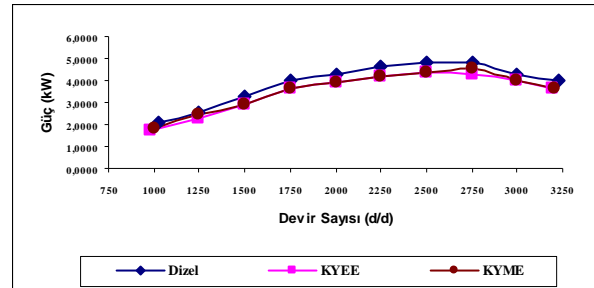
Çizelge 5. Deneme yakıtlarının özgül ağırlık değerleri

Yakıt Türü	20 °C'da Özgül ağırlıkları (g/cm ³)
Dizel Yakıtı	0.7798
Kanola Yağı	0.886
Kanola Yağı Metil Esteri	0.804
Kanola Yağı Etil Esteri	0.8112

Deneme yakıtlarının özgül ağırlıkları da oda sıcaklığı koşullarında 3 tekrar olarak ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Çizelge 5' de özgül ağırlıklar verilmiştir.

Motor Performansı Deneme Sonuçları ve Emisyon Değerlerinin Değişimi

Kanola yağı etil ve metil esterlerinin motor devir sayısına bağlı olarak güç değerlerinin değişimleri Şekil 2' de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, pilot dizel yakıtı ile yapılan denemelerde maksimum güce 2750 d/d' da ulaşılmıştır. Bu devir sayısında bulunan değer 4,8022 kW' dır. Kanola yağı metil ve etil esterleri aynı devir sayısında 4,5197 kW olarak aynı güç değerini sağlamışlardır. Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi pilot dizel yakıtı kanola yağı alkil esterlerine göre yaklaşık olarak %6 oranında daha yüksek bir güç geliştirmiştir.

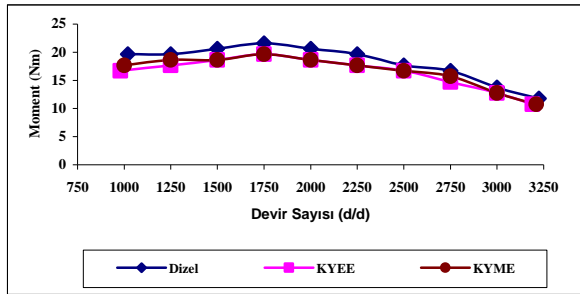


Şekil 2. Dizel yakıtı, kanola yağı metil ve etil esterlerinin efektif güç değerlerine etkisi

Kanola yağı etil ve metil esterlerinin motor devir sayısına bağlı olarak moment değerlerinin değişimleri Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3' de görüldüğü gibi, yine en yüksek moment değerlerini pilot dizel yakıtı sağlamıştır. Pilot dizel yakıtı 1750 devirde 21,582 Nm moment geliştirirken, kanola yağı metil ve etil esterleri

aynı devir sayısında 19,620 Nm yani pilot dizel yakıtından yaklaşık % 10 oranından daha düşük bir moment geliştirmişlerdir.

Kanola yağı alkil esterlerinin özgül yakıt tüketim değerlerine etkisi Şekil 4'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, dizel yakıtı en düşük özgül yakıt tüketimini 2250 d/d' da 0,3040 kg/kWh değeriyle göstermiştir. Kanola yağı metil ve etil esterlerinin özgül yakıt tüketimleri çok birbirine yakın değerler almakla beraber, değişen devir sayılarında pilot dizel yakıtına kıyasla kanola yağı etil esteri ortalama %26, kanola yağı metil esteri ise yaklaşık %25 oranında daha yüksek özgül yakıt tüketimi göstermişlerdir.

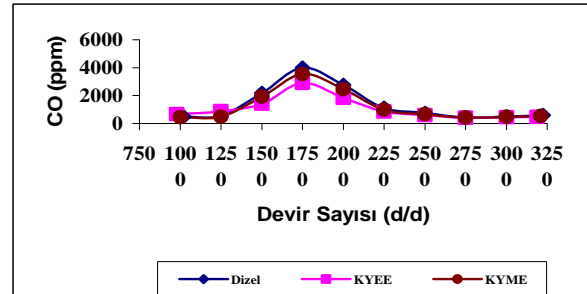


Şekil 3. Dizel yakıtı, kanola yağı metil ve etil esterlerinin moment değerlerine etkisi

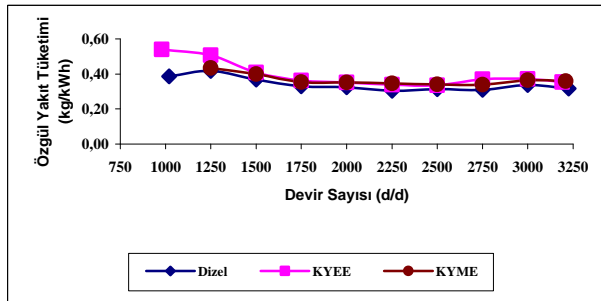
Şekil 5'de kanola yağı alkil esterlerinin O_2 değerlerine etkisi görülmektedir. Pilot dizel yakıtı ve alkil esterler devir sayılarına bağlı olarak birbirlerine yakın değer göstermişlerdir.

Şekil 6'da ise test yakıtlarının CO değerlerinin değişimleri verilmiştir. CO değeri 1750 d/d' ya kadar artış göstermiş ve artan devir sayısına bağlı bir azalma olmuştur. Sonuç olarak CO değerinde de pilot dizel yakıtı ile alkil esterler benzer değerleri vermişlerdir.

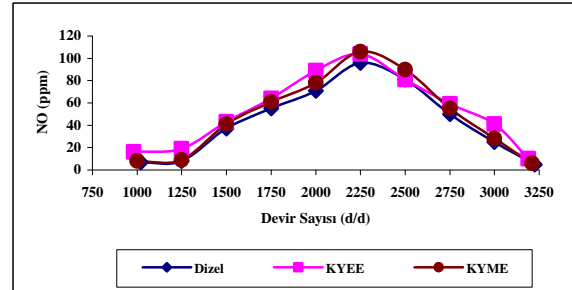
Kanola yağı metil ve etil esterlerinin NO ve CO_2 değerlerine etkisi Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.



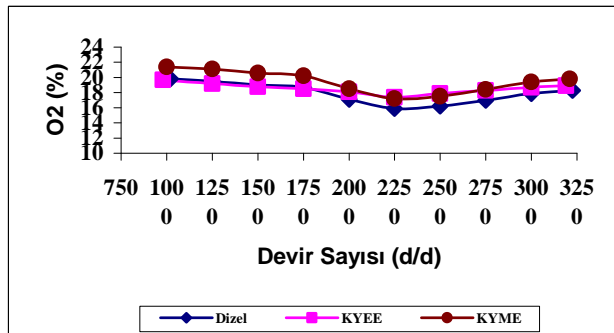
Şekil 6. Dizel yakıtı ve kanola yağı alkil esterlerinin CO değerlerine etkisi



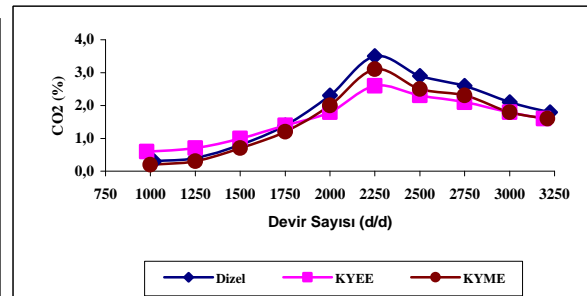
Şekil 4. Dizel yakıtı, kanola yağı metil ve etil esterlerinin özgül yakıt tüketim değerlerine etkisi



Şekil 7. Dizel yakıtı ve kanola yağı alkil esterlerinin NO değerlerine etkisi



Şekil 5. Dizel yakıtı ve kanola yağı alkil esterlerinin O_2 değerlerine etkisi



Şekil 8. Dizel yakıtı ve kanola yağı alkil esterlerinin CO_2 değerlerine etkisi

SONUÇ

Yeniden esterleme yönteminin kanola yağına uygulanması sonucu bitkisel yağ viskozitelerinin azaldığı, ısı değerlerinde bir miktar artış olduğu ve özgül ağırlıklarının azaldığı belirlenmiştir. Bu özellikleri ile kanola yağı metil esteri ve etil esterleri dizel yakıtına yakın özellikler göstermiştir. Devir sayısına bağlı olarak (2250 d/d max.) NO_x emisyonlarında artış, tam yanma problemi nedeniyle O₂ miktarında bir miktar artış, CO₂ ve CO emisyonlarında düşüş gözlenmiştir.

Dizel motorlarının bitkisel yağlar ile çalıştırılması halinde motor elemanlarında oluşan tortuların miktarına bağlı olarak supap ve segman yapışması, kırılması, enjektör meme delik çapında daralma, püskürtme ve atomizasyon bozuklukları görülebilir. Bu arıza ve deformasyonlar çok uzun süren çalışma sonucunda ortaya çıkmaktadır (Altun ve Gür 2005).

Biyodizel üretiminde kanola yağı kullanımı Türkiye koşullarında oldukça mantıklı görünmektedir. Enerji

Piyasası Düzenleme Kurulu' nun biyoyakıtlar ile ilgili yaptığı düzenlemeler sonucunda biyodizel yalnızca satış ve dağıtım boyutu ile ele alınmış ve petrol türevi gibi işlem görmeye başlamıştır. Avrupa Standardı EN 14214, 13 Ekim 2005'de standart olarak kabul edilmiş ve kabul edilen EN 14214 kanola biyodizelinin standardıdır. Devletin teşvik ve desteğiyle ülkemizde kanola ekiminin artması beklenmektedir (Alpgiray 2006). Sonuç olarak tarım sektöründe canlanma ile ülkemizin enerji açısından dışa bağımlılığının azalma göstermesine biyodizel çözüm olabilir.

Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Jeneratör yakıtı, kalorifer yakıtı olarak da değerlendirilebilir. Kükürt içermeyen biyomotorin seralar için mükemmel bir yakıt olabilir. Ayrıca gıda kurutulmasında başarı ile kullanılabilir (Karaosmanoğlu 2004).

LİTERATÜR LİSTESİ

- Alpgiray, B., 2006. Kanola yağının dizel motorunun performansına ve emisyon karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Altun, Ş., Gür, M. A., 2005. Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak dizel motorlarında kullanılması. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9; 35-42.
- Ar, F.F. 2005. Biyodizel. Kimya Mühendisliği Dergisi. Sayı 167.
- Eliçin, A.K., 2005. Yakıt olarak kullanılan fındık yağı ile küçük güçlü Dizel motorunun performans karakteristiklerinin belirlenmesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- İlkılıç, C., 2007. Biyodizel yakıtın dizel motoru performansına etkileri. Mühendis ve Makina Dergisi, Sayı: 565; 20-27.
- Karabektaş, M. 2004. Dizel motorunda yakıt olarak biomotorin kullanımının motor performansına etkilerinin belirlenmesi. 8. Uluslar arası yanma sempozyumu, 8-9 Eylül, Ankara.
- Karaosmanoğlu, F. 2004. Biomotorin ve Türkiye. <http://www.biyomotorinbiodiesel.com/biomoto.htm> I. Erişim Tarihi: 27.04.2006.
- Nocker, L.D., Spirinckx, C. and Torfs, R. 1998. Comparison of LCA and external – cost analysis for biodiesel and Diesel. 2nd International Conference LCA in Agriculture, Agro Industry and Forestry. Brussels, 3 – 4 December.