



Kanola Yağının Diesel Motorunun Performansına ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi*

Bahar ALPGİRAY¹

Recai GÜRHAN²

Geliş Tarihi: 06.02.2007

Öz: Bu araştırmanın amacı, yakıt olarak kullanılan kanola yağının tek silindirli bir diesel motorunun performansına ve emisyon karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, direkt püskürtmeli, 5,5 kW anma gücünde 4 zamanlı bir diesel motor kullanılmıştır. Araştırmada çalışmalar iki ana bölümden oluşmuştur. Birinci bölümde kanola yağı diesel yakıtına hacimsel olarak % 20, 40, 60, 80 oranlarında karıştırılarak seyreltilmiş, daha sonra emisyon ve motor denemeleri yapılmıştır. İkinci bölümde ise, transesterifikasyon ile kanola yağı metil esteri elde edilmiş, emisyon ve motor denemeleri gerçekleştirilmiştir. Denemelerde devir sayılarına bağlı olarak, dönme momenti, emisyon değerleri ve yakıt tüketim değerleri ölçülmüştür. Kanola yağı kullanımı ile motor momenti ve gücünde diesel yakıtına kıyasla az da olsa düşüşlerin meydana geldiği, yağ asidi metil esteri kullanımı ile moment ve gücün ham kanola yağlarına oranla daha yüksek olduğu ve diesel yakıtına daha yakın olduğu belirlenmiştir. Transesterifikasyon yönteminin kanola yağına uygulanması sonucu bitkisel yağların viskozitelerinin ve özgül ağırlıklarının azaldığı belirlenmiştir. Bu özellikleri ile kanola yağı metil esteri diesel yakıtına daha yakın özellikler göstermiştir. Kanola yağı ile yapılan testlerde duman koyuluğunun diesel yakıtına oranla daha yüksek olduğu, fakat yağ asidi metil esterinin kullanımı ile duman yoğunluğunun seyreltme yöntemi ile elde edilen yakıtlara oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Karışım ve metil ester yakıtların CO₂, CO ve O₂ değerleri de belirlenmiştir. Sonuç olarak kanola yağı metil esterinin diesel yakıtına daha yakın değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, kanola yağı, motor performansı, seyreltme, yeniden esterleme, emisyon

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

Abstract: The aim of this research is to determine the effects of a diesel engine performance and emission characteristics of canola oil in one cylinder diesel engine. For this purpose, a diesel engine of a rated power 5,5 kW, having direct injection and 4 stroke cycle, were used. Studies are based on two main parts in this research. In the first part, canola oil is blended to diesel fuel % 20, 40, 60, 80 % by volume than emission and engine tests were done. In the second part, canola oil methyl ester is produced by transesterification method and used in emission and engine test. During the tests, torque, emission values and fuel consumption were measured with respect to the engine speed. The consumption of fuel specific and hourly are determined by calculation method. Compared with diesel fuel the values of engine moment and power increased a little bit when canola oil methyl ester was used. The values of engine moment and power were higher than canola oil, the viscosity and density values of oil are decreased and canola oil shows similar properties with diesel fuel. Tests with canola oil showed that the colour of smoke was dark. However, smoke density gets smaller values when oil acid methyl ester was used instead of smoke blended fuel. It was observed that CO₂, CO and O₂ values of fuels with methyl ester. As a result, canola oil methyl esters have very close performance values of diesel fuels.

Key Words: Biodiesel, canola oil, engine performance, blend, transesterification, emission

Giriş

Petrol sektörü, gerek dünya ve gerekse Türkiye ekonomisinde çok önemli bir yere sahiptir. Ulaşım başta olmak üzere, endüstriyel imalat ve küçük ölçekli

tüketim gibi farklı alanlarda kullanılan petrol ve petrol ürünleri, dünya enerji gereksiniminin önemli bir kısmını karşılamaktadır. Ancak diğer fosil yakıtlar gibi petrolün

* Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmıştır.

¹ New Holland Trakmak Traktör ve Zir.Mak.Tic.A.Ş.-Ankara

² Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-Ankara

de tükenmekte olduğu ve fosil yakıt kullanımının atmosferdeki CO₂ miktarını artırarak serbest oksijen miktarını azalttığı, küresel ısınmayı körüklediği; öte yandan, sera etkisine bağlı küresel ısınmanın endişe verici çevresel sıkıntılar başgöstermesine neden olacağı, bilinen gerçeklerdir. Araştırmaları günümüze değin uzanan alternatif yakıtlardan birisi de, yakıt olarak özellikle bitkisel ya da hayvansal kaynaklı yağlardan yakıt (biyodizel) eldesidir.

Almanya, 3 yıl öncesine kadar 1.8 milyon ton kanola üreten bir ülkeyken, biyodizel uygulamasının planlı bir biçimde devreye sokulması sonucunda 2005 yılında 5.2 milyon ton kanola üretimini gerçekleştirmiştir. % 6.2 Türkiye geneli olan yağlık tohum üretiminin rahatlıkla % 20'lere çıkarılabilmesi olanaklı görülmektedir.

Biyodizel üretimine ülkemiz açısından bakacak olursak herşeyin yolunda olduğunu söylemek de güçtür. Petrol konusunda dışa bağımlılığımız söz konusudur ve biyodizelin Türkiye için ne ölçüde kurtarıcı bir işlev üstlendiğini de iyi görmek gerekecektir. Çünkü ülkemiz, petrolden sonra en yüksek tutarlı dışalımını, yağlık tohum yetiştiriciliğinde yaşamaktadır. Halen destek ve prim sistemleriyle üretim artışı sağlanmaya çalışılmasına karşın, istenen düzeylere ulaşılması için, alınan ulusal önlemlere işlerlik kazandırılması ve çiftçilere önderlik yapılması zorunluluğu bulunmaktadır.

Bitkisel yağlar, bazı tarım ürünlerinin meyve, çekirdek ve tohumlarının işlenmesi neticesinde elde edilmektedir. Bunlar petrol esaslı yağlardan farklı kimyasal yapıya sahiptirler. Dizel yakıtı büyük oranlarda parafinler ve aromatiklerden oluşmasına karşılık, bitkisel yağlar yağ asitlerinin gliserinle yapmış olduğu esterlerdir. Bu esterlere gliserid adı verilir. Gliserin molekülünün oluşturan 3 alkol grubu yağ asitlerinin esterleşmesi ile trigliserid adını alır. Trigliseriddeki doymamış yağ asitlerinin cinsi ve miktarı, bitkisel yağın özelliklerini oluşturmaktadır (Erdoğan ve Mohammed 1997).

Bitkisel yağlar dizel motorlarda hiçbir değişiklik gerektirmeden kullanılabilirler. Motor test ve çalışma sonuçları arasında bazı ayrılıklar bulunmakla beraber ester yakıtların motorin eşdeğer veya farklı motor karakteristikleri ve egzoz emisyonu gösterebilecekleri belirtilse de genel sonuç bitkisel yağların çevre dostu, mevcut en iyi motorin alternatifi olduğu şeklindedir.

Dizel yakıtına göre düşük karbon içerikli ester yakıtlar, kül oluşumunu azaltarak, % 0,005' den düşük kükürt içeriği ile SO₂'den ileri gelen kirliliğini hemen hemen ortadan kaldırmakta, fotosentez çevrimi gereği

sera etkisini artırmamakta, özellikle partikül emisyonlarında olmak üzere CO, HC, NO_x emisyonlarında da olumlu düşüşlere neden olmaktadır. Ayrıca bitkisel yağlar zehirli olmayan, biyolojik olarak kolay ve çabuk ayrışabilen maddelerdir (Purcell 1996, Oğuz ve ark. 2001).

Biyodizelin yoğunluk, viskozite, ısıl değer, setan sayısı, bulutlanma ve akma noktaları, distilasyon, parlama ve tutuşma noktaları değerleri ISO normlarına göre karakterize edilmiştir (Encinar ve ark. 2002, Demirbaş 2002). Karbon kalıntısı bakımından bitkisel yağların, dizel motorlarındaki en önemli etkisi; piston başı, segman, segman yuvası, silindir başı, supaplar, supap kılavuzları ve enjektör memesi gibi elemanlarda karbon birikmesine neden olmasıdır. Bu birikintiler, çalışma süresi ile birlikte artmakta ve olumsuz etkilere neden olmaktadır. Karbon kalıntısı bitkisel yağlarda, %0,22 - %0,30 arasında bulunmuştur. Bu değerler ASTM (Amerikan Standart Test Yöntemi) sınır değeri olan %0,35'in altındadır. Dizel yakıtların tutuşma özelliğini belirleyen setan sayısı, uzun düz zincirli doymuş hidrokarbonlarda yüksektir. Orta veya uzun zincirli doymuş hidrokarbonların setan sayıları yüksektir. Yüksek setan sayısı tutuşma gecikmesi süresini azaltır.

Bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olarak değerlendirilebilmesi için, öncelikle yüksek viskozite probleminin çözülmesi gerekmektedir. Buna göre yüksek viskozite problemi, saf bitkisel yağlara çeşitli yöntemler uygulanarak çözülmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemlerin başlıcaları; seyreltme, mikroemülsiyon oluşturma, piroliz, süperkritik ve yeniden esterleştirme (transesterifikasyon) yöntemleridir (Oğuz ve Ögüt 2001).

Transesterifikasyon, bitkisel yağın küçük molekül ağırlıklı alkolle bir katalizör eşliğinde gliserin ve yağ asiti oluşturmak üzere reaksiyona girmesidir. Yani metanol (odun alkolü), sodyum hidroksitle karıştırılır ve sodyum metoksit elde edilir. Bu tehlikeli sıvı bitkisel yağla karıştırılıp dinlenmeye bırakılınca, gliserin dibe çöker ve metil ester üstte kalır (Gürleyük 2003). Bu reaksiyon sonucu biyodizel elde edilmektedir. Bitkisel yağların, dizel yakıtı alternatifi olarak uygunlaştırılmasında izlenen en önemli kimyasal yöntemdir (Alibaş ve Ulusoy 2002).

Seyreltme yönteminde, bitkisel yağlar belirli oranlarda dizel yakıtı ile karıştırılarak seyreltilmekte, böylelikle viskozite değeri bir miktar düşürülmektedir. Seyreltme yöntemi uygulamalarında en çok tercih edilen bitkisel yağlara örnek olarak, ayçiçek yağı, soya yağı, aspir yağı, kanola yağı, yer fıstığı yağı, kullanılmış kızartma atık yağları sayılabilir.

Mikroemülsiyon oluşturma yöntemi; metanol ya da etanol gibi kısa zincirli alkollerle bitkisel yağın mikroemülsiyon durumuna getirilmesi ile viskozite değerinin düşürülmesi işlemidir. Bu yöntemde, alkollerin setan sayılarının düşük olması nedeniyle mikroemülsiyonunda setan sayısının düşük olması, düşük sıcaklıklarda karışımın ayrışma eğilimi göstermesi sakıncaları olarak görülmektedir (Erdoğan 1991). Tepkime sırasında düşük kaynama noktalı bileşenlerin buharlaşarak patlamasıyla sprey karakteristikleri iyileşir. Bütanol, hegzanol ve oktanol ile gerçekleştirilen bütün mikroemülsiyonlar da diesel yakıtları için uygun en düşük viskoziteler elde edilir.

Piroliz yönteminde, moleküller yüksek sıcaklıkta daha küçük moleküllere parçalanmaktadır. Bu yöntem sayesinde viskozite oldukça düşürülmekte fakat işlemler ek gider gerektirmektedir. Bitkisel yağların piroliz ürünlerini elde etmek için iki yöntem vardır. Bunlardan birincisi, bitkisel yağları ısı etkisi ile kapalı bir kaptan parçalamak; diğeri ise standart ASTM distilasyonu ile ısı parçalanma etkisinde tutmaktır (Ulusoy ve ark. 1999).

Süperkritik yöntemde, bitkisel yağlar transesterifikasyon yönteminden farklı olarak, katalizör kullanmadan 350 °C gibi yüksek sıcaklık ve 240 saniye gibi kısa sürelerde gerçekleştirilmektedir (Kusdiana and Saka 2000, Demirbaş 2001, Oğuz 2004).

Materyal ve Yöntem

Kanola yağı, öncelikle saf olarak diesel yakıtıyla %20/80, %40/60, %60/40 ve %80/20 oranlarında karıştırılarak motor ve emisyon denemeleri yapılmıştır. Daha sonra kanola yağından elde edilecek olan metil esterle, motor ve emisyon denemeleri yapılmıştır. Kanola yağından metil ester elde etmek için tamamiyle tasarımı ve imalatı mikroişlemci teknolojisi ile desteklenen küçük ölçekli bir biyodizel üretim düzeneği kullanılmış ve biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen biyodizelin ve karışımların viskozitesi, yoğunluğu, nem miktarı gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri deneyleri çeşitli laboratuvarlarda ölçülmüştür. Elde edilen bu alternatif yakıtlar, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde bulunan motor test ünitesinde, küçük güçlü bir diesel motorunda denenmiştir. Şekil 1'de motor deney tesisi görülmektedir.

Denemede kullanılan motora ait genel özellikler aşağıdaki Çizelge 1 'de verilmiştir.

Yapılan araştırma çalışmaları iki ana bölüm olarak planlanmıştır. Birinci bölümde kanola yağı, diesel yakıtı ile literatür bilgilerine dayanılarak belirli



Şekil 1. Motor deney tesisi

Çizelge 1. Denemede kullanılan diesel 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

oranlarda karıştırılarak ve daha sonra emisyon ve motor denemeleri yapılmıştır. İkinci bölümde ise, önceden hazırlanmış basit biyodizel üretim tesisinde kanola yağı metil ester elde edilecek, bu elde edilen yakıtın kimyasal ve yakıt özellikleri incelendikten sonra motor ve emisyon denemeleri yapılmıştır.

Aşağıda denemelerin aşamaları özetlenmiştir.

- Kanola yağı ile diesel yakıtı % 20/80, % 40/60, % 60/40 ve % 80/20 oranlarında karıştırılacak, tüm karışım numunelerinin yoğunlukları belirlenecek, viskozite değerlerinin ölçülebilmesi için her bir karışımdan 200 ml numune cam kavanozlara alınması,
 - Numuneler alındıktan sonra her bir karışım yakıttan 3 tekrar olarak motor ve emisyon testlerinin gerçekleştirilmesi,
 - Dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanım değeri olan kanola yağı metil esterinin üretilmesi,
 - Bu üretilen kanola yağı esterinin fiziksel, kimyasal ve yakıt özelliklerinin belirlenmesi,
 - Üretilen ester yakıtın 3 tekrar halinde motor ve emisyon denemelerinin yapılması,
 - Sonuçların değerlendirilmesi.

Kanola yağı, yağ asitleri bileşimleri bakımından dizel motorlar için alternatif yakıt olarak değerlendirilebilmektedir. Yüksek viskozite probleminin çözülmesi, diğer biyodizel yakıtlarında da bilindiği üzere kanola yağından biyodizel üretmek için de ön şarttır. Bu araştırmada, vizkozite azaltma yöntemlerinden biri olan yeniden esterleştirme (transesterifikasyon) işlemi kullanılmıştır. Yeniden esterleştirme yöntemi bitkisel yağların viskozitesini düşürmede kullanılan yöntemler arasında en sağlıklı olan ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Kanola yağı metil ester elde etme yönteminin esası, bir trigliserid olan bitkisel yağın metil alkolle uygun miktarlarda karıştırılması, uygun katalizörün ilave edilmesi ve belirli bir sıcaklıkta reaksiyonun gerçekleştirilmesidir. Biyodizel olarak adlandırılan tüm yağların yeniden esterleştirme işlemi metanol veya etanol kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Genellikle baz katalizörler, reaksiyon zamanını kısaltıcı etkisinden dolayı tercih edilmekte ve bu nedenle denemelerde KOH tercih edilmiştir. Kanola yağından biyodizel elde etmek için, yağ biyodizel üretim düzeneğinde motorda kullanılacak hale gelinceye kadar aşağıdaki akış şemasında görülen işlemlerden geçirilmiştir.

- Kanola yağı bir tanka konularak 70 °C' ye kadar ısıtılmıştır. Mikroişlemcili 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 ve kanola yağının ağırlıkça 2,5 g/l yağ oranında KOH ayrı bir kaptaki karıştırıldı ve bir süre bekletilmiştir.

- Karışım süresi 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 sağlandı. Bu arada turnusol kağıtları ile üstteki biyodizelin pH'ına bakılmıştır. Reaksiyon bazik karakterli olduğu için nötürleşinceye kadar sülfürik asit ilavesi yapılmıştır.

- Bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel içerisinde kalan yağ asitleri, reaksiyona girmeyen alkol, katalizör madde ve ayrışma esnasında kalma ihtimali söz konusu olan gliserinin bünyeden uzaklaştırılması

in için yıkama işlemi yapılması gerekmektedir. 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 (Eliçin 2005).

- 4 saat süren yıkama işlemi esnasında karışım kontrol edilerek köpürme yapmaması gerekmektedir.

- Su ile biyodizelin faz oluşturarak suyun dibine çökmesi için 12 saat beklendi ve su tahliye edilmiştir. Yıkama tankının içerisinde kalan biyodizelde su kalma ihtimaline karşın, suyun kaynama noktası olan 100 °C'in üzerinde ısıtılarak biyodizel içindeki suyun buharlaşması sağlanmıştır ve böylece kanola yağından biyodizel üretilmiştir.

Bitkisel yağların yakıt olarak direkt kullanılamamalarının ana nedeni viskozitedir. Viskozite bitkisel yağların, yağ asidi bileşimlerine, yoğunluklarına ve çevre sıcaklıklarına göre değişmektedir. Viskozite bitkisel yağın karbon zinciri uzunluğu ile orantılı olarak artmaktadır. Çizelge 2'de karışımların ve esterlerin oda sıcaklığı koşullarında viskozite ve yoğunluk değerleri görülmektedir.

Deneme yakıtlarının yoğunlukları da oda sıcaklığı koşullarında 3 tekrar olarak ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Motor denemeye alınırken, emme donanımı, egzoz donanımı, yakıt donanımı, elektrik donanımı, soğutma donanımı, aşırı doldurma donanımı üzerinde takılı ve doğru bir şekilde yerleştirilmiş olmalıdır. Araç motorlarının üzerinde bulunan, ancak motorun çalışmasına etkisi olmayan klima düzeni, direksiyon güç pompası, hava kompresörü, hidrolik kaldırma pompası gibi donanımların da çıkarılması gerekmektedir. Bu donanımların çıkarılmadığı durumlarda, bunların yüksüz durumda çektikleri güç, ölçülen motor gücüne eklenmektedir. Denemede kullanılacak motorun tüm ayarları önceden yapılmalı ve deneme süresince sabit tutulmalıdır. Denemeler, motorun devir sayısı ve sıcaklığı kısa bir süre sabit kalmadıkça, motor kararlı devir sayına ulaşmadan yapılmamalıdır. Motor devir sayısı, ayarlanan ölçme kademesinde \pm %1 veya \pm 10 d/d'dan fazla sapmamalıdır. Dönme momenti, yakıt tüketimi ve emme havası sıcaklığı aynı anda ölçülmelidir. Moment ve yakıt tüketimi ölçümü ard arda iki kez yapılmalı ve bunların ortalaması alınmalıdır. İki ölçme arasındaki fark %2'den fazla olmamalıdır. Su soğutmalı motorlarda, soğutma suyu sıcaklığı 80 ± 5 °C'de tutulmalıdır. Hava soğutmalı motorlarda ölçüm noktasındaki sıcaklık, imalatçı tarafından verilen en

Çizelge 2. Elde edilen yakıt türlerinin viskozite ve yoğunluk değerleri

Yakıt Türü	20 °C'da Viskozite değeri (cSt)	20 °C' da Yoğunlukları (g/cm ³)
Dizel yakıtı	3,626	0,779
Kanola yağı	59,487	0,886
%20 KY + %80 Dizel yakıt karışımı	7,829	0,733
%40 KY + %60 Dizel yakıt karışımı	14,785	0,740
%60 KY + %40 Dizel yakıt karışımı	21,653	0,746
%80 KY + %20 Dizel yakıt karışımı	32,245	0,751
Kanola yağı metil esterleri	6,542	0,804

Su soğutmalı motorlarda, soğutma suyu sıcaklığı 80 ± 5 °C'de tutulmalıdır. Hava soğutmalı motorlarda ölçüm noktasındaki sıcaklık, imalatçı tarafından verilen en yüksek sıcaklık değerinden en fazla 20 °C düşük olabilir (Eliçin 2005).

Denemelerin son kısmında, elde edilen farklı oranlardaki yakıt / kanola yağı karışımları ve kanola yağı metil esterinin, küçük güçlü bir dizel motorunda performans etkilerini ve emisyon karakteristiklerini incelemek için motor denemeleri yapılmıştır. Deney tesisatını motor, hidrolik dinamometre, duman yoğunluğu ölçüm cihazı, beş gaz analiz cihazı, yakıt sarfiyatı ölçüm düzeneği ve kontrol üniteleri oluşturmaktadır. Motor, elde edilen karışımlar ve metil ester ile çalıştırılmadan önce, tesisin emniyeti açısından önemli olan, bağlantı elemanlarının kontrolü ve test düzeneğinin kalibrasyonu için başlangıçta dizel yakıtı kullanılarak sistem boşa denenmiştir. Daha sonra dizel yakıtı referans yakıt olarak denenmiş ve motor yüklenerek değerler alınmış ve diğer yakıt türleri için denemelere geçilmiştir. Her bir yakıt türü için denemeye başlanmadan önce mutlaka dizel yakıtı ile boşa çalıştırılarak diğer yakıt türünden yakıt kalıntısının kalmamasına çalışılmıştır.

Motor denemeleri tam gaz konumunda hidrolik bir dinamometre ile yapılmıştır. Denemeler her bir yakıt türü için 3 tekrar halinde yapılmış ve tekrarlar arasında en az 2 saat motorun soğuması için beklenmiştir (Eliçin 2005).

Motor tam gazda iken, motor mili kademe kademe yüklenerek motor devir sayısı maksimum devirden 250'şer 250'şer azaltılarak gerekli ölçümler alınmıştır. Aynı devir ve yükte yakıt ölçme düzeneği ile 50 ml yakıtın harcanması için geçen süre ölçülmüştür. TSE'ye göre; ölçülen güç hava şartları dikkate alınarak düzeltilmektedir. Elde edilen tüm değerler anında kaydedilmiş ve Excel programına aktararak gerekli hesaplamalar yapılmış ve grafiklerin çizimi gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Referans yakıt olan dizel yakıtı ile bitkisel yağların yakıt özelliklerinin karşılaştırılması, bitkisel yağların yakıt özelliklerinin belirlenmesi ve iyileştirme çalışmaları, bitkisel yağların yakıt olarak kullanılması ile ilgili araştırmaların temelini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada yakıt olarak kullanılan kanola yağı, Avrupa standardı olarak kabul edilmesi, ülkemizde de bu standardın geçerli olması, çiftçiye teşviki yapılan bir ürün haline gelmesi ve özellikle yeniden esterleme yöntemi ile elde edilen kanola yağı metil esterinin yakıt özelliklerinin, referans yakıt olan dizel yakıtına yakın değerlere sahip olması nedeniyle kanola yağının seçilmesinde oldukça doğru bir seçim yapıldığı görülmüştür.

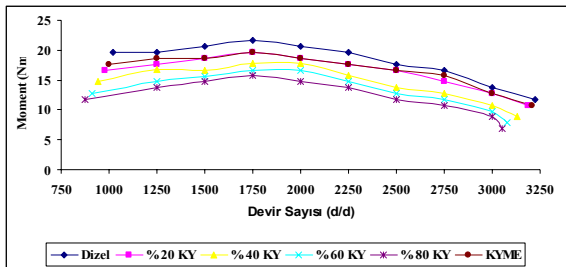
Kanola yağı % 51 – 71 oranında oleik asit ve %15 – 30 linoleik asit içeren bir yağdır. Araştırma ve uygulamalar, kimyasal yapı olarak uzun, dallanmış ve tek çift bağlı yağ asitlerini içeren yağların uygun dizel yakıtı alternatifini olduğunu ve artan doymamışlık derecesinin setan sayısını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu durum oleik asitçe zengin yağların alternatif yakıt olarak ön plana çıkmasına sebep olmuştur. Yüksek oleik asitli bitkisel yağların oksitlenme direnci daha iyidir. Her bir yağda yağ asidi zincirinin farklı tiplerinin oranı olarak bitkisel yağların kompozisyonları değişmektedir. Monodoymamış zincirler oksitlenme direnci için iyidir. Polidoymamış zincirler fakir oksitlenme direnci verir, fakat düşük sıcaklıkta davranış özelliği iyileşmektedir. Doymuş yağ asidi zincirinin düşük sıcaklık direnci çok azdır. Bu yüzden istenen yağ çoğunlukla monodoymamış, polidoymamış zincirler ve minimum doymuş zincirlerin karışımına sahip olacaktır. Bitkisel yağların transesterifikasyonundaki temel amaç; yağ içerisindeki gliserini ayırmak, yağın kaynama noktasını, parlama noktasını, akma noktasını ve özellikle viskozitesini düşürmektir (Oğuz 2004).

Yapılan motor denemeleri sonucunda, dizel yakıtının, değişik oranlardaki dizel yakıtı / kanola yağı karışımlarının, kanola yağı metil esterinin tam gaz konumunda güç, moment, saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketim değerleri devir sayısının fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Motor karakteristik eğrilerinden, motor momentlerinin motor devir sayılarına bağlı olarak değişimleri Şekil 2' de görülmektedir. En yüksek moment değerlerine dizel yakıtı kullanıldığında ulaşılmıştır. Dizel yakıtı 1750 devirde 21,582 Nm moment geliştirirken, aynı devirde %20 KY + %80 dizel yakıtı karışımı 19,620 Nm, %40 KY + %60 dizel yakıtı karışımı 17,758 Nm, %60 KY + %40 dizel yakıtı karışımı 16,667 Nm, %80 KY + %20 dizel yakıtı karışımı 15,696 Nm moment geliştirmiştir.

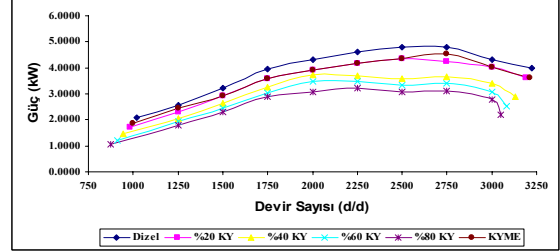
Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere karışıma ilave edilen her %20' lik kanola yağı'na karşılık yaklaşık olarak %10' luk bir moment düşüşü görülmüştür. Yine aynı şekilde, kanola yağı metil esteri arasında herhangi bir değişim görülmezken (1750 d/d'de 19,620 Nm), dizel yakıtından ise yaklaşık %10 oranında daha az bir momente sahip olduğu saptanmıştır.

Dizel yakıtı ve kanola yağı/dizel yakıtı karışımlarından ve kanola yağı metil esteri yakıtından elde edilen motor güçlerinin motor devir sayılarına bağlı olarak değişimleri Şekil 3'de görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi, dizel yakıtı ile yapılan denemelerde maksimum güce 2750 d/d'da ulaşılmış ve güç değeri ise 4,8022 kW olarak elde edilmiştir. Aynı devir sayılarına bakıldığında, %20 KY + %80 dizel yakıtı karışımı 4,2373 kW, %40 KY + %60 dizel yakıtı karışımı 3,6723 kW, %60 KY + %40 dizel yakıtı karışımı 3,3898 kW, %80 KY+ %20 dizel yakıtı karışımı 3,1073 kW güç geliştirmiştir.

Sonuçlara göre, %20 oranında kanola yağı artışlarına karşılık güçte az bir azalma söz konusu olmakla beraber, bu düşüş yaklaşık olarak %6 değerinde olmaktadır. Kanola yağı metil esteri, 2750



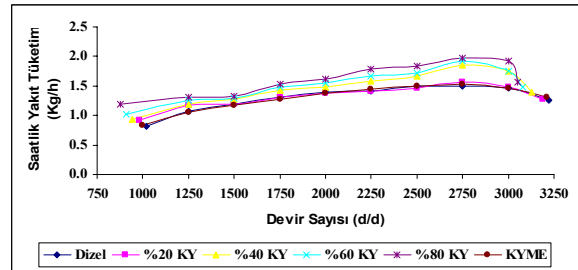
Şekil 2. Dizel yakıtı ve Kanola yağı/Dizel yakıtı karışımlarının motor devir sayısına bağlı olarak moment değerlerinin değişimi



Şekil 3. Dizel yakıtının motor devir sayısına bağlı olarak güç değerlerinin değişimi dizel yakıtı ve kanola yağı / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri

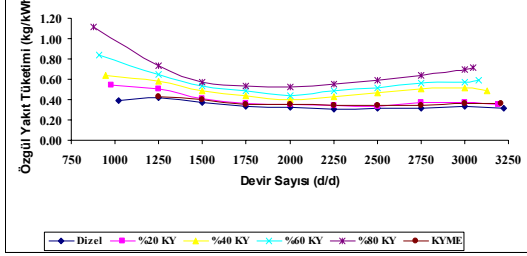
d/d'de 4,5197 kW güç geliştirirken, referans yakıt olan dizel yakıtı ise aynı devirde 4,8022 kW güç geliştirmektedir.

Yakıt tüketimlerinde görülen belirgin artış direkt göze çarpmaktadır. Şekil 4'de dizel yakıtı ve kanola yağı / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esterinin motor karakteristik değerlerinden elde edilen saatlik yakıt tüketimlerinin motor devir sayılarına bağlı olarak değişimleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, her %20' lik yağ oranı artışına karşılık, saatlik yakıt tüketiminde %10' luk bir artış belirlenmiştir.



Şekil 4. Dizel yakıtı ve kanola yağı / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtının motor devir sayısına bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi değerlerinin değişimi

Dizel yakıtı ve kanola yağı/dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtından elde edilen özgül yakıt tüketim değerlerinin motor devir sayılarına bağlı olarak değişimleri Şekil 5'de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, dizel yakıtı en düşük özgül yakıt tüketimine 2250 d/d'da 304 gr/kWh değeriyle sahip olmuştur. Aynı devir değeri ele alındığında, %20 KY + %80 dizel yakıtı karışımı 338,3 gr/kWh, %40 KY + %60 dizel yakıtı karışımı 428,7 gr/kWh, %60 KY + %40 dizel yakıtı karışımı 481,9 gr/kWh ve %80 KY + %20 dizel yakıtı karışımı 551,2 gr/kWh değerleri saptanmıştır. Net olarak anlaşılmalıdır ki, her %20'lik yağ oranı artışına karşılık özgül yakıt tüketimlerinde yaklaşık % 6 oranında bir artış meydana gelmektedir.



Şekil 5. Dizel yakıtı ve kanola yağı / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtının motor devir sayısına bağlı olarak özgül yakıt tüketim değerlerinin değişimi

Bunun nedeni, yakıtın içerisindeki yağ karışım oranının artmasıyla, karışımın ısı değerinin ters orantılı seyretmesidir. Kanola yağı metil esterinin özgül yakıt tüketimi fazla bir değişim göstermemekte ancak dizel yakıtına oranla yaklaşık % 12 oranında daha yüksek bir değere ulaştığı gözlenmiştir.

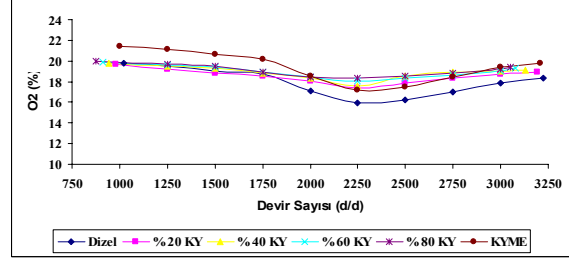
Motor devir sayısına bağlı olarak O₂, CO, NO, CO₂, duman yoğunluğu ve egzoz sıcaklık değerlerinin motor devir sayılarına bağlı olarak değişimleri belirlenmiştir.

Şekil 6'da kanola yağı / dizel yakıt karışımlarının ve kanola yağı metil esterinin dizel yakıtı ile mukayese edilmiş değerleri görülmektedir. Karışımların içerdiği yağ oranlarına bağlı olarak, egzoz gazı içerisinde bulunan O₂ miktarı bir miktar artmıştır. Bunun nedeni, yanmanın tam olarak gerçekleşmemesi, oksijenin silindirin içerisinde reaksiyona girmemesi şeklinde açıklanabilmektedir.

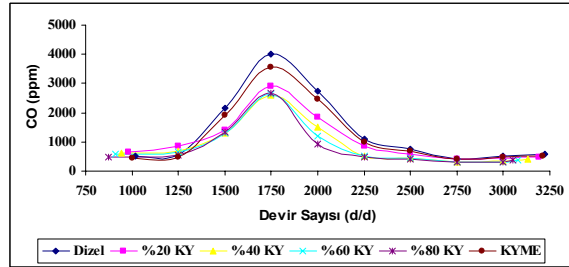
Şekil 7'de ise deneme yakıtlarının CO değerlerinin devir sayısına bağlı olarak gösterdikleri değişimleri görülmektedir. Devir sayısı ve karışım içerisindeki yağ oranının artmasıyla CO miktarı doğru orantılı bir şekilde azalmaktadır. Kanola yağı metil esterinde ise benzer bir durum söz konusu olup, dizel yakıtına benzer bir özellik göstermiştir. CO miktarının 1750 devir' de en yüksek seviyeye geldiği de şekilden net olarak görülebilmektedir.

Şekil 8'de deneme yakıtlarının azotoksit değişimleri görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi karışımli yakıtların ve metil ester yakıtın azotoksit değerleri dizel yakıtından daha yüksek çıkmıştır.

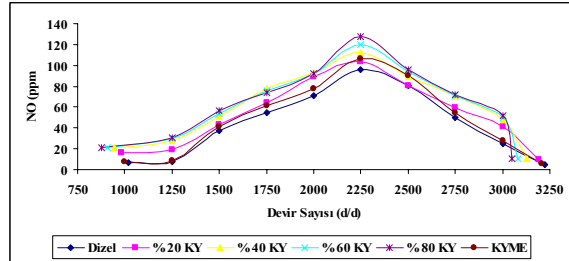
Şekil 9'da deneme yakıtlarının CO₂ değişimleri görülmektedir. Karışımli yakıtların ve metil ester yakıtın CO₂ değerleri dizel yakıtından daha düşük çıkmaktadır. Bunun başlıca nedeni yine tam yanma olayının yüksek devirlerde gerçekleşmemesidir.



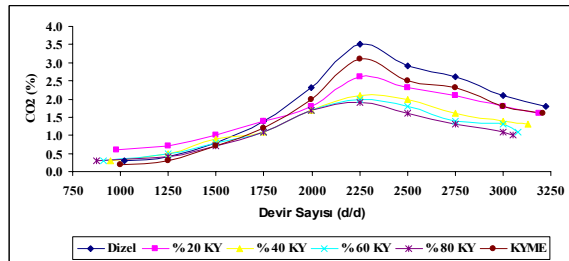
Şekil 6. Dizel yakıtı ve kanola yağı/dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtının motor devir sayısına bağlı olarak O₂ değerlerinin değişimi



Şekil 7. Dizel yakıtı ve kanola yağı/ dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtının motor devir sayısına bağlı olarak CO değerlerinin değişimi



Şekil 8. Dizel yakıtı ve kanola yağı / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtının motor devir sayısına bağlı olarak NO değerlerinin değişimi



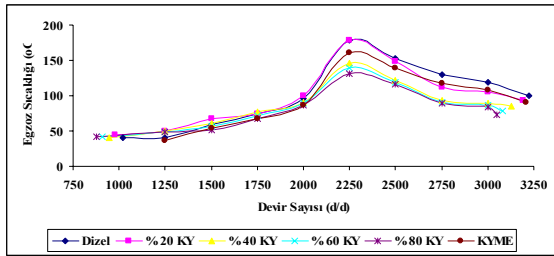
Şekil 9. Dizel yakıtı ve kanola yağı/dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtının motor devir sayısına bağlı olarak CO₂ değerlerinin değişimi

Şekil 10'da deneme yakıtlarının egzoz gazı sıcaklık değişimleri görülmektedir. Kanola yağı metil esteri ve karışimli yakıtların ısı değerleri düşük olduğu için egzoz gazı sıcaklıkları dizel yakıtına göre düşük çıkmıştır.

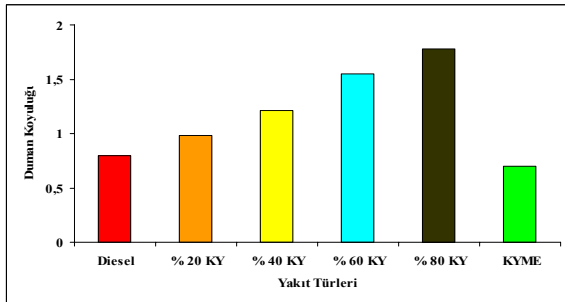
TSE 11365 standardına göre duman koyuluğu, egzoz gazı içerisinde bulunan, şeffaf olmayan parçacıkların, gazdan geçen ışığın aydınlatma şiddetini (aydınlanan birim yüzey için ışık akısını) azaltma yüzdesidir. Tam şeffaf gaz için duman koyuluğu % 0' dir. Işığı tamamen absorbe eden, yani geçirgen olmayan gaz için duman koyuluğu % 100' dür (TSE 11365/ Nisan 1994, Oğuz 2004).

Yapılan denemeler sonucunda seyreltme yöntemi ile elde edilen yakıtların her % 20 yağ oranı artışı ile duman yoğunluğunda az da olsa bir artış gözlemlenmiştir. Deney motorunun dizel yakıtına göre dizayn edildiği göz önüne alınırsa duman yoğunluğunun yağ oranı ile artması olası görünmektedir. Şekil 11'de tüm yakıt türlerinin duman yoğunluğu değerleri görülmektedir.

Yeniden esterleme yönteminin kanola yağına uygulanması sonucu bitkisel yağların viskozitelerinin



Şekil 10. Dizel yakıtı ve kanola yağı/dizel yakıtı karışım ve kanola yağı metil esteri yakıtlarının motor devir sayısına bağlı olarak egzoz sıcaklık değerlerinin değişimi



Şekil 11. Deneme yakıtlarının duman yoğunluğu değerleri

azaldığı, ısı değerlerinde bir miktar artış olduğu ve özgül ağırlıklarının azaldığı belirlenmiştir. Bu özellikleri ile kanola yağı metil esteri dizel yakıtına daha yakın özellikler göstermiştir.

Kanola yağı kullanımı ile motor momenti ve gücünde dizel yakıtına kıyasla düşüşler gözlemlenmiş, kanola yağı metil esteri kullanımı ile moment ve güç değerinin ham kanola yağlarına oranla daha yüksek olduğu ve dizel yakıtına daha yakın olduğu saptanmıştır. Tam yanmanın gerçekleşmemesi nedeniyle karışımların içerdiği yağ oranlarına bağlı olarak, egzoz gazı içerisinde bulunan O₂ miktarının bir miktar arttığı ve CO₂ emisyonunda düşüş, devir sayısına ve karışım içerisindeki yağ oranının artmasına bağlı olarak CO miktarının doğru orantılı bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, kanola yağı metil esteri ve karışimli yakıtların ısı değerleri düşük olduğu için egzoz gazı sıcaklıkları dizel yakıtına göre düşük çıkmıştır. NO_x emisyonlarında en yüksek değer % 80 KY + % 20 dizel yakıtı kullanımında görülmüştür ve bu da göstermektedir ki, karışımdaki yağ oranı arttıkça NO_x emisyonları artış göstermektedir.

Kanola yağlarının kullanılması ile elde edilen efektif moment ve güç değerlerinin, dizel yakıtının efektif güç ve moment değerinden daha düşük seviyede olmasının temel sebebi, kanola yağları ve kanola yağı metil esterinin ısı değerlerinin dizel yakıtına göre daha düşük seviyede olmasıdır. Yüksek viskozite problemi sonucu, kanola yağ karışımları tam istenen atomizasyonu sağlayamamakta ve daha iri zerrecikler halinde püskürmektedir. Bu durumun yanma süresinin uzamasına ve dolayısı ile motor karakteristik değerlerinde düşümlere etkisi olmaktadır.

Kanola yağı ile yapılan denemelerde duman koyuluğunun, dizel yakıtına oranla daha yüksek olduğu, ancak kanola yağı metil esterinin kullanımı sonucunda duman yoğunluğunun bitkisel yağlara oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Kanola yağı karışımları denemeleri, dizel motorunda gerçekleştirilmiş, performans ve emisyon karakteristikleri belirlenmiştir. Bu araştırmanın sonuçları, ülkemizde standart olarak kabul edilmiş kanola yağının hem belli oranlarında dizel yakıtı ile karıştırılarak hem de metil esterinin yakıt olarak, dizel motorlarında kullanılabileceğini göstermiştir.

Kaynaklar

Alibaş, K. ve Y. Ulusoy. 1995. Bitkisel yağların Dizel motorlarda yakıt olarak kullanım olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi Bildiriler: 147. 5-7 Eylül 1995 Bursa.

- Demirbas, A. 2001. Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol. *Energy Conversion and Management* 1620.
- Demirbas, A. 2002. Biodiesel fuels from vegetable oil via catalytic and non – catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods : a survey. *Energy Conversion and Management* 44 (13): 2093 – 2109.
- Eliçin, A. K. 2005. Yakıt olarak kullanılan fındık yağı ile küçük güçlü bir diesel motorunun performans karakteristiklerinin belirlenmesi. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans Tezi. Ankara.
- Encinar, J. M., J. F. Gonzalez, J. J. Rodrigez and A. Tejedor 2002. Biodiesel fuels from vegetable oils, transesterification of *Cyrana cardunculus* L. oils with ethanol. *Energy Fuels* 16: 443-50.
- Erdogan, D. 1991. Bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılması. Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, 25 – 27 Eylül 1991, Konya.
- Erdoğan, D. ve A. A. Mohammed. 1997. Yakıt Olarak Kullanılan Bazı Bitkisel Yağların Dizel motor Performanslarına Etkileri. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, 17 – 19 Eylül 1997, Tokat.
- Gürleyük, S. S. 2003. <http://www.arsiv.emo.org.tr/kartus01/sempozyumlar/yeksem>. Erişim Tarihi: 16.11.2005.
- Kusdiana, D. and S. Saka. 2000. A Novel process of the biodiesel fuel production in supercritical methanol. 1st World conference and exhibition on biomass for energy and industry, 1: 563-566, 5-9 June 2000, Sevilla, Spain.
- Oğuz, H. ve H. Öğüt 2001. Tarım traktörlerinde bitkisel kökenli yağ kullanımı. Selçuk-Teknik Online Dergisi, ISSN 1302-6178, Vol : 2, No : 2.
- Oğuz, H. 2004. Tarım kesiminde yaygın olarak kullanılan dizel motorlarında fındık yağı biyodizelinin yakıt olarak kullanım imkanlarının incelenmesi. Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Konya.
- Purcell, D. L., B. T. Mc Clure, J. Mc Donald and H. N. Basu 1996. Transient testing of soy methyl ester fuels in an indirect injection, compression ignition engine. *JAOCS Journal of The American Oil Chemist Society* 73: 38-388.
- TSE 11365/Nisan 1994 Egzoz Gazı Kirleticileri – Trafikteki Dizel Motorlu Taşıtlar İçin Ölçüm Metodu ve Sınır Değerleri. Ankara.
- Ulusoy, Y. and K. Alibas. 1999. Using various vegetable oil as alternative fuel in diesel engine. 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, 297 – 301, 26 – 27 May 1999.
- Ulusoy, Y. ve K. Alibaş. 2002. Dizel motorlarda biyodizel kullanımının teknik ve ekonomik olarak incelenmesi. Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Dergisi 16: 37-50 s.Bursa.

İletişim adresi:

Bahar ALPGİRAY
New Holland Trakmak Traktör ve Ziraat Makinaları
Tic. A.Ş. - Ankara