

Türkiye Koşullarında Üretilen Biyodizelin Bazı Özelliklerinin Standartlara Uygunluğunun ve Yakıt Püskürtme Miktarı Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi¹

Ö. Güven²

T. Aktaş²

E. Kılıç³

²Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Tekirdağ

³Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Meslek Yüksekokulu Makine Programı, Tekirdağ

Bu çalışmada, ülkemizde üretilen biyodizelin reolojik özelliklerinden biri olan viskozite değerleri ve bunun yanında motor performans eğrilerine doğrudan etkili olan özelliklerden biri olan özgül ağırlık değerleri saptanmıştır. Bu değerlerin standartlara uygunluğu incelenmiştir. Sıcaklığın viskozite değişimleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla 20 ve 40 °C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta viskozite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Standartlara uygun şekilde özgül ağırlık değerleri de 15 °C’ de belirlenmiştir. Bu çalışma, piyasadan toplanan ve kullanımda olan 8 adet biyodizel numunesi (4’ü Sanayi Ticaret İl Müdürlüklerine kayıtlı, diğer dördü ise kayıtlı değildir) ve karşılaştırma yapabilmek amacıyla da 1adet motorin numunesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Viskozite ve özgül ağırlık ölçümlerinin yanı sıra farklı marka traktör motorlarında yaygın olarak kullanılan 3 farklı tip enjektör kullanılarak, viskozite ve özgül ağırlık değişimlerinin enjektörlerden püskürtülen yakıt miktarı üzerine ve püskürtülen yakıtın yanma odası içerisindeki dağılımına etkileri de belirlenmiştir. Yanma odası içerisindeki yakıt dağılımını saptamak amacıyla traktör motorundaki yanma odası ile aynı ölçülere sahip bir yanma odası modeli oluşturulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, örneklerin sıcaklık değerlerinin artmasıyla viskozite değerlerinin oldukça düştüğü saptanmıştır. Kayıtlı olan firmalara ait örneklerde dahil olmak üzere biyodizellerin büyük çoğunluğunda viskozite ve özgül ağırlık değerlerinin standart dışı olduğu belirlenmiştir. Yüksek özgül ağırlık ve viskoziteden dolayı püskürtülen yakıt miktarı tüm biyodizel örnekleri ve enjektörler için motorine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Yanma odası içerisindeki dağılıma göre en yüksek yakıt miktarı 9 numaralı yüksek viskoziteli biyodizel örneğinde saptanmıştır. Motorin yanma odasında biyodizel örneklerine göre daha uzak bölgelere püskürtülmüş ve dağılımın daha homojen olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Biyodizel, standartlar, viskozite, özgül ağırlık, yakıt püskürtme.

Determination of Compatibility of Some Biodiesel Properties Produced under Turkey Conditions to Standards and Effects of Fuel Spraying Amount

In this study, viscosity values that is one of the rheological properties of biodiesel samples that have been produced under Turkey conditions. In addition to this, specific weight values that are effective on directly to engine performance curves were also determined. Compatibility of these values to standards were examined. Kinematic viscosity measurements at two different temperatures namely 20 and 40 °C were carried out to determine the effect of temperature on viscosity change. Density measurements according to the standard at 15 °C was also set. In this study, eight biodiesel samples were collected from markets (4 of them are enrolled to Industry and Commerce provincial Directorates, the other four are not registered), and 1 diesel sample as comparison sample were used. In addition to viscosity and specific weight measurements, effect of viscosity and specific weight changes on the amount of fuel sprayed from injector by using 3 different types injectors that are used in different brand widely used tractor engines was determined. In addition to these effects of fuel with different density and viscosity on distribution of sprayed fuel in combustion chamber was determined by manufacturing a model combustion chamber that has identical with tractor combustion chambers. According to research results, increasing of the temperature decreased the viscosity values highly. Including the registered samples, in the great majority of biodiesel samples viscosity and specific weight values were determined to be non-standard. Due to high specific weight and viscosity, amount the sprayed fuel were found higher for all injector and biodiesel samples compared to sprayed diesel amount. According to distribution in combustion chamber, the highest fuel amount was found for biodiesel 9 that has the maximum viscosity. Diesel was sprayed the furthest points in combustion chamber and its distribution was found more homogeneity compared with those biodiesel samples.

Keywords : Biodiesel , standards, viscosity, specific weight , fuel spraying.

¹ Bu makale Yüksek Lisans Tez çalışmasının bir parçasıdır.

Giriş

Biyodizel Avrupa Birliği ülkelerinde ve ABD’de endüstriyel ölçekte üretilmektedir. Biyodizel Standartları temel olarak Avrupa (Anonymous, 2003) ve Amerikan (Anonymous, 2007) standartlarıdır. Bu standartları karşılayan biyodizel üretimi yapıldığında, biyodizel birçok modern motorda modifikasyona gerek duymaksızın güvenli ve dayanıklı olarak kullanılabilir (Alptekin ve Çanakcı, 2007).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından piyasaya sunulan biyodizelin, TS EN 14214 standardına uygunluğu zorunlu hale getirilmiştir. Her ne kadar Biyodizelin standardında 25 parametre bulunsun da Enerji piyasası Düzenleme Kurulu biyodizel üreticilerinin üretim tesislerinde 7 parametreyi analiz etmelerini yeterli bulmuştur (Yıldız, 2008). Bu parametreler ester muhtevası, iyot sayısı, asit sayısı, parlama noktası, su muhtevası, 15 °C sıcaklıkta ölçülen özgül ağırlık ve 40 °C sıcaklıkta ölçülen viskozite değerleridir. Biyodizelin kinematik viskozitesi motorlardan biraz fazla ve ham yağdan oldukça düşüktür. Bitkisel yağların viskozitesi; filtrede, enjeksiyon pompası ve enjektörde kolay akışı sağlayacak düzeyde olmalıdır. Yüksek viskozite yüksek pompalama basıncı gerektirmektedir. Düşük viskoziteli yakıtlar ise; yakıt pompasında kaçaklara yol açacaktır ve böylece yakıt tüketiminde artış oluşacaktır. Bir diğer önemli parametre olan özgül ağırlık değeri motor performans eğrilerine doğrudan etki eden bir yakıt özelliğidir. Yakıt enjeksiyon sistemleri yakıtı hacimsel olarak ölçmektedir ve bu yüzden yakıtın yoğunluğunun değişmesi farklı kütlede yakıt enjekte edilmesine neden olacaktır (Alptekin ve Çanakcı, 2007). Yoğunluğun değişimi yakıt sarfiyatının yanında yanma ısısına da önemli düzeyde etki etmektedir. Yoğunluğun yüksek çıkması da, prosten gliserinin yeterince uzaklaştırılmadığının göstergesidir. Bu sebeplerden dolayı biyodizelin viskozite ve özgül ağırlık değerlerinin standartlara uygun olması büyük önem taşımaktadır. Avrupa’da kullanılan ve ülkemizde de kabul edilen EN 14214 standardına göre biyodizelin viskozite değeri 3.5- 5.0 mm²/s arasında, ASTM D-6751 (American Society for Testing and Materials) standardına göre ise 1.9-6.0 mm²/s arasında değişmektedir. Özgül ağırlık değeri ise yine EN 14214 standardına göre 860-900 kg/m³ aralığında olmalıdır.

Biyodizel ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde yapılan araştırmaların genel olarak farklı oranlarda hazırlanan biyodizel-motorin karışımının çeşitli özelliklerinin saptanması ve bu karışımın motor performansı üzerine etkilerinin belirlenmesi yönünde olduğu görülmektedir. Ayrıca standartlara uygun biyodizel üretim yöntemleri ile ilgili pek çok araştırmaya da rastlanmıştır. Fakat günümüzde kullanılmakta olan biyodizel örneklerinin viskozite ve özgül ağırlık özellikleri açısından standartlarda belirtilen değerleri karşılayıp karşılamadığı ve bu özelliklerin yanma odasında yakıt dağılımı homojenliği üzerine etkilerinin nasıl olduğuna ilişkin bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple bu çalışma kapsamında biyodizelin yakıt olarak kullanımında motor performansının korunması açısından en önemli özelliklerden olan kinematik viskozite ve özgül ağırlık değerleri saptanmıştır. Ülkemizde üretilmiş ve kullanılmakta olan biyodizel örneklerinde saptanan bu değerlerin TS EN 14214 standardına uygun olup olmadığı incelenmiştir. Sıcaklığın viskozite değişimleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla 20 ve 40 °C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta viskozite ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında farklı marka traktör motorlarında yaygın olarak kullanılan 3 farklı tip enjektör kullanılarak, viskozite ve özgül ağırlık değişimlerinin enjektörlerden püskürtülen yakıt miktarı üzerine etkileri saptanmıştır. Ayrıca yanma odasındaki dağılımın homojenliğinin örnek biyodizellerin viskozite ve özgül ağırlık değerlerine bağlı olarak değişimi yanma odasının ölçülerinde bir model oluşturularak belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Biyodizel Numuneleri

Çalışma kapsamında farklı firmalardan, piyasada kullanılmakta olan 8 Adet Biyodizel numunesi toplanmıştır. Kontrol numunesi olarak motorin kullanılmıştır. Biyodizel numunelerinden 2 ve 6 numaralı numuneler pamuk yağından, 3 ve 8 numaralı numuneler ayçiçeği yağından, 4, 7 ve 9 numaralı numuneler kanola yağından ve 5 numaralı numune ise palm yağından elde edilmiş numunelerdir. Makale boyunca motorin 1 numaralı örnek olarak, biyodizel örnekleri ise 2’den 9’a kadar numaralandırılmış örnekler olarak tanımlanmıştır. Bu biyodizel

örneklerinden sadece 2, 5, 6 ve 7 numaralı örnekler Sanayi Ticaret İl Müdürlüklerine kayıtlı olan üreticilerden alınan örneklerdir. 3, 4, 8 ve 9 numaralı örnekler ise herhangi bir yere kayıtlı olmayan fakat piyasada kullanılmakta olan örneklerdir.

Ölçüm Sistemleri ve Araçları

Bu çalışmada biyodizel ve motorin örneklerine ek olarak viskozimetre, enjektör test ekipmanı, piknometre, 3 farklı marka enjektör, hassas terazi, otomatik laboratuvar pipeti ve laboratuvar cam malzemeleri ve enjektör püskürtme şeklinin saptanması amacıyla dijital kamera materyal olarak kullanılmıştır.

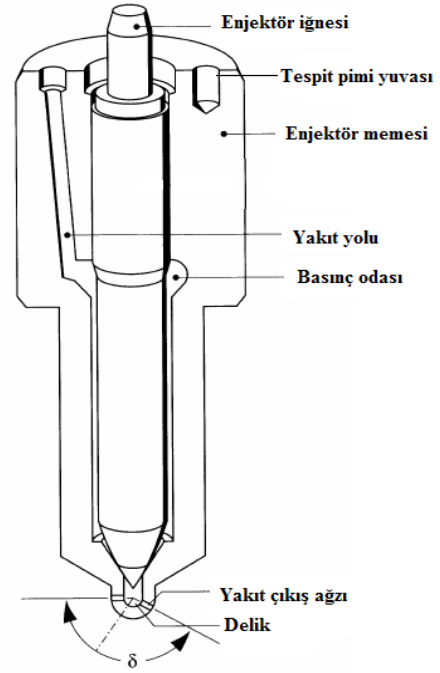
Bu çalışmada kullanılan 3 enjektörde delikli tip enjektörlerdir. Bunlar genellikle direkt püskürtmeli dizel motorlarında kullanılmakta ve tek delikli olabileceği gibi çok delikli enjektör tipleri de bulunmaktadır. Çok delikli enjektörde genelde enjektör eksenine boyunca delikler simetrik olarak yerleştirilmekte, delik sayısı yanma odası özelliklerine göre seçilmekte olup, 12 adede kadar çıkabilmektedir. Delik çapları ise genelde 0.2 mm ile 1.0 mm arasında değişmektedir. Bu çalışmada kullanılan enjektörlerden birisinin delik sayısı 3, iki tanesinin ise 4'tür.

Bu çalışmada yakıt püskürtülmesinde kullanılmış olan farklı çalışma basınçlarında çalışan ve flanşlı bağlantı şekline sahip olan enjektörlerin şematik şekli Şekil 1'de ve teknik özellikleri de Çizelge 1'de görülmektedir.

Yöntem

Kinematik Viskozite Değerlerinin Saptanması

Bu çalışmada motorin ve biyodizel örneklerinin viskozite ölçümlerini gerçekleştirmek amacıyla AND MARKA SV-10 model titreşim metodu ile çalışan, 30 Hz titreşim frekanslı, seçilebilir geniş ölçüm aralığına (0,3-10000 mPas) sahip, sıvı sıcaklığını da eş zamanlı olarak ölçen, 0-100 °C aralığında sıcaklık ölçümü yapabilen bir viskozimetre kullanılmıştır. Bu cihazdan alınan ölçüm sonuçları bir yazılım (WinCT-Viscosity) ve RS-232C kablosu ile bilgisayara aktarılmakta ve sonuçlar tablo ve grafik şeklinde elde edilmektedir.



Şekil 1. Enjektör iğne ve memesinin şematik şekli

Figure 1. Schematic illustration of injector needle and nozzle

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan 3 farklı tip enjektöre ait teknik özellikler

Table 1. Technical properties of 3 different injectors used in trials

Enjektör adı	Püskürtme basıncı (bar)	Meme delik sayısı	Meme çapı (mm)
1-LRB6703303 DOT-303 (3 SİLİNDİR FİAT 60-56)	260	3	9-17
2C264513020593106(nc) (PERKİNS- 29639 4 SİLİNDİRLİ)	180	4	9-17
3-LRB6703304dpt-304 LUCAS MARKA 4 SİLİNDİRLİ FİAT 70-56	260	4	9-17

Biyodizel ve motorin örneklerinin viskozitelerinin ölçümü için 50'şer mg örnek içeren kaplara, 30 Hz titreşim frekansına sahip 2 adet sensor plakası ve sıcaklık ölçüm sensörü daldırılmakta ve sonuçlar ayarlanan zaman aralığında elde edilmektedir (Şekil 2). Ölçümler standartlara uygun şekilde örnekler 40 °C sıcaklığa getirilerek gerçekleştirilmiştir (Güven ve ark., 2009).

Özgül Ağırlık Değerlerinin Saptanması

Özgül ağırlık, biyodizel için önemli parametrelerden birisidir. Yoğunluğun yüksek çıkması, prosten gliserinin yeterince uzaklaştırılmadığının göstergesidir. Standartlarda yoğunluğun 15 °C'deki sınır değeri gösterilmektedir. Denemelerde motorin ve biyodizel örneklerinin Özgül ağırlık değerlerinin saptanması amacıyla bir piknometre kabı kullanılmıştır. Öncelikle piknometrenin boş ağırlığı tartılmış, daha sonra ağzına kadar örnek ile doldurup kapağı kapatılmış ve tekrar tartılmıştır. Ağırlık tartımları Sartorius marka A 200 S tipinde 0,0001 duyarlılıkla ölçüm yapabilen hassas Teraziler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak örneklerin özgül ağırlıkları hesaplanmıştır (Güven ve ark., 2009).

$$d=m/V$$

Bu eşitlikte d özgül ağırlık (kg/m³), m örneğin ağırlığı (kg) ve V (m³) örneğin hacmidir.

Enjektör Yakıt Püskürtme Miktarlarının Saptanması

Biyodizel örneklerinin viskozite ve özgül ağırlık değerlerine bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarlarının değişimini saptamak amacıyla Şekil 3'de resmi ve parçaları görülmekte olan enjektör test ekipmanı kullanılmıştır. Bu test ekipmanı mekanik tipte bir test ekipmanıdır ve püskürtme basıncı 400 bar basıncına kadar ayarlanabilmektedir. Ölçümler gerçekleştirilirken test edilecek biyodizel depoya koyularak, kullanılan enjektörün katalog bilgilerine göre (Çizelge 1) püskürtme basınçları ayarlanmıştır. Çalıştırma kolu ile manuel olarak 20 püskürtme oluşturulmuş ve enjektörden püskürtülen yakıt miktarı 100 ml hacme sahip cam malzemeden yapılmış deney tüplerinde biriktirilmiştir. Daha sonra deney tüplerinin ağzı buharlaşmayı önlemek amacıyla tartıma kadar sıkıca kapatılmıştır. Yakıt miktarları Sartorius marka

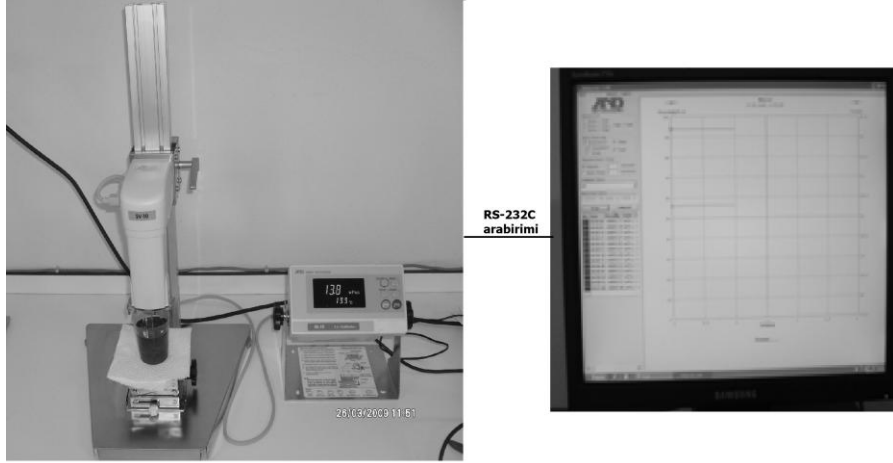
A 200 S tipinde 0,0001 duyarlılıkla ölçüm yapabilen hassas Teraziler kullanılarak ölçülmüştür.

Enjektör Yakıt Püskürtme Dağılımlarının Saptanması

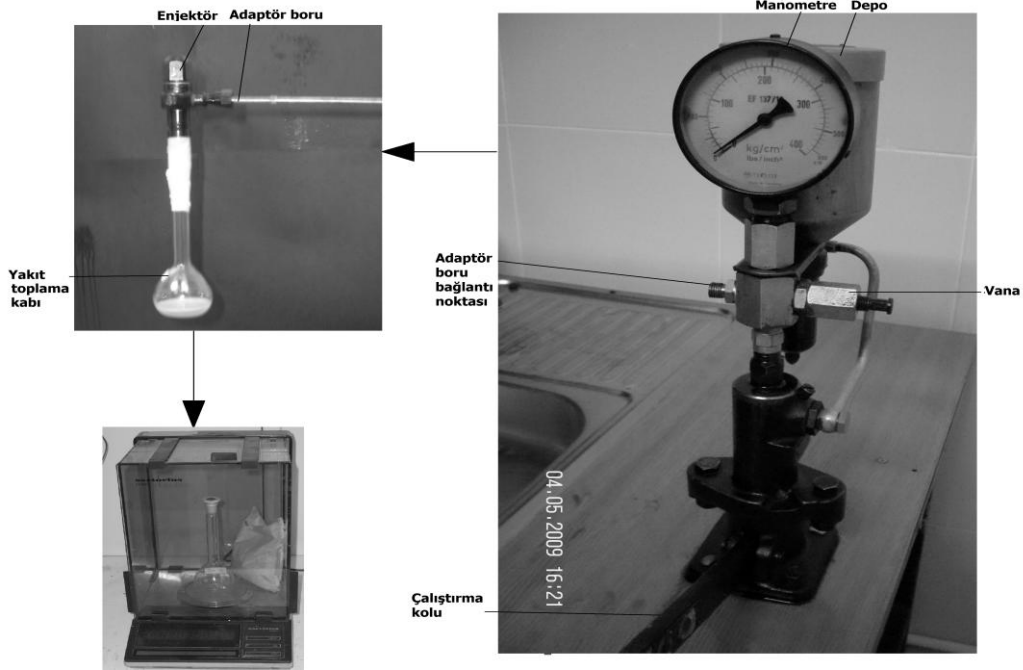
Farklı biyodizellerin viskozite ve özgül ağırlık özelliklerine bağlı olarak yanma odası içerisindeki püskürtme dağılımlarını incelemek amacıyla, polietilen malzemeden yapılan, diesel motorlarındaki yanma odası ile aynı ölçülere sahip yanma odası modeli imal edilmiştir. Yanma odası modeli içerisine püskürtülen yakıt miktarlarının bölgelere göre dağılımını ve miktarlarını tespit etmek amacıyla enjektör test ekipmanı ile yanma odası modeli birbirine irtibatlandırılmıştır. Yanma odası modeli tasarlanırken dizel motorlarda genelde kullanılan direkt enjeksiyonlu sistemlerde basınçlı yakıtın doğrudan silindir içerisine püskürtüldüğü dikkate alınmıştır. Buna bağlı olarak yanma odası piston tepesi üzerinde ve merkezde olacak şekilde yanma odası imalatı yapılmıştır. Mekanik Tipte çalışan enjektör test ekipmanı ile püskürtme basıncı 260 Bar'a ayarlanarak çalıştırma kolu ile 10 püskürtme oluşturulmuş ve yanma odasının üst kısmına akuple edilmiş olan enjektörden püskürtülen yakıt miktarı ve yanma odasının yatay düzleminde oluşturulmuş olan 4 mm çaplı yakıt hücrelerinde toplanan yakıt miktarları otomatik pipet yardımıyla alınarak tek tek tartılmıştır. Polietilen malzemeden yapılan yanma odası modelinin üzerinde oluşturulmuş olan yakıt hücreleri iç taraftan dış tarafa doğru numaralandırılmış olan 9 bölgeden oluşmuştur. Modelin merkezinde bulunan 1. bölgede 1 yakıt hücresi bulunmakta, en dışta kalan bölge olan 9 numaralı bölgede ise 48 yakıt hücresi bulunmaktadır.

Yanma odasında oluşturulmuş bölgeler üzerinde toplam 217 adet yakıt hücresi bulunmaktadır. Şekil 4'te yakıtların yanma odası modeline püskürtülmesi, yakıt hücrelerinden toplanması ve her bir hücredeki yakıt miktarının tartılması işlemi görülmektedir.

Her bir hücredeki yakıt miktarlarını bulmak amacıyla öncelikle her hücre için alüminyum folyodan kaplar hazırlanarak bu kapların ve toplama pipet uçlarının boş ağırlıkları saptanmıştır. Yakıt pipet uçlarına alındıktan sonra tekrar kap ve dolu uçlar tartılmıştır. Aradaki fark pipet uçlarındaki yakıt miktarı olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Denemelerde kullanılan vibro viskometre ve ölçüm sonuçlarının alınması
Figure 2. Vibro- Viscometer used in trials and obtaining of measurement results



Şekil 3. Püskürtülen yakıt miktarlarının saptanmasında kullanılan enjektör test düzeneği ve parçaları
Figure 3. Injector test equipment used for determining of sprayed fuel amounts and its parts

Yanma odasının çeperine yapışan yakıt miktarını saptamak amacıyla öncelikle yanma odası modelinin boş ağırlığı ölçülmüş, daha sonra yakıt püskürtülüp, yakıt hücrelerindeki yakıtlar pipetle çekildikten sonra model tekrar tartılmıştır. Bulunan bu ağırlıkla yanma odasının önceden tartılmış olan boş ağırlığı arasındaki fark yanma odası çeperine yapışan yakıt miktarı olarak kabul edilmiştir.

Yakıt örneklerinin viskozite ve özgül ağırlıklarının yanma odası içerisindeki püskürtme

dağılımına etkisini saptamak amacıyla sadece 1 enjektör kullanılmıştır. Bu enjektör LRB6703303 DOT-303 gövde numaralı Fiat 60-56 traktörde kullanılan, 3 silindirli meme çapı 9-17 mm ölçülerinde ve 260 bar püskürtme basıncına ayarlanabilen enjektördür. Bu çalışmada kullanılan 3 enjektör de aynı tip yani delikli tip enjektör olduğu için ve püskürme dağılımı saptanmasının oldukça emek yoğun bir işlem olması sebebiyle bu ölçümlerde sadece bir enjektör ile yakıt dağılımı saptanmıştır.



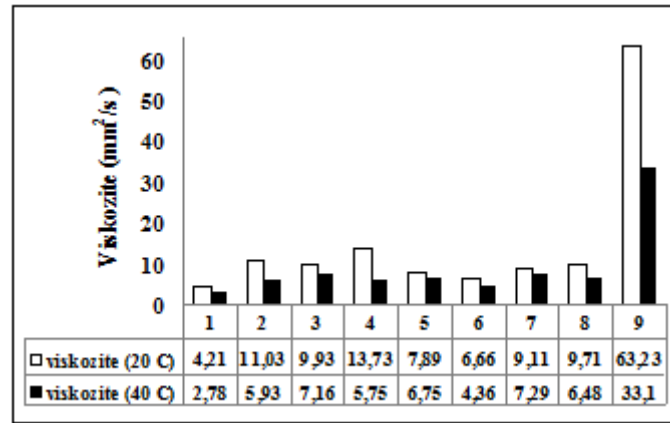
Şekil 4. Yakıt hücrelerine yakıtın püskürtülmesi ve hücrelerde toplanan yakıt miktarlarının saptanması.

Figure 4. Spraying of fuel to fuel cells and measurement of fuel amounts.

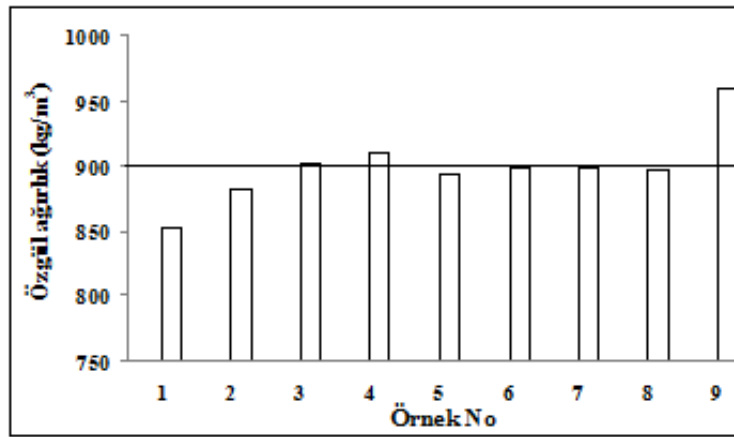
Bulgular ve Tartışma **Biyodizel Örneklerinin Viskozite ve Özgül** **Ağırlık Değerlerinin Değişimi**

Şekil 5'te 20 ve 40 °C sıcaklık için viskozite değerleri verilmiştir. Örneklerin sıcaklık değerlerinin artmasıyla viskozite değerlerinin oldukça düştüğü görülmektedir. Şekil 5'den de görüldüğü gibi biyodizel standartlarına göre 40 °C sıcaklıkta yapılmış olan ölçümler sonucunda, 6 numaralı biyodizel örneğinin viskozite değeri (4,36 mm²/s) hariç diğer 7 örnekte de viskozite değerleri üst sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Tüm biyodizel örneklerinin viskozite değerleri motorine göre oldukça yüksek bulunmuştur (2,78 mm²/s). Ögüt ve ark. 2007'de bazı aspir çeşitlerinden üretilen biyodizelin yakıt özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında benzer sonuçları bulmuşlardır. Özellikle 9 numaralı kanoladan elde edilmiş örneğin viskozitesindeki yükseklik oldukça dikkat çekicidir. Bu değer kanola yağının viskozitesi ile hemen hemen aynıdır (Anonymous, 2010). Bu sonuçlar biyodizel üretim aşamalarında gerçekleştirilen proseslerin yanlış uygulandığını düşündürmektedir. Biyodizelin yüksek viskoziteye sahip olması özellikle esterleşme reaksiyonunun tamamlanmadığını göstermektedir. 6 numaralı örnek hariç 2, 5 ve 7 numaralı örneklerde dâhil bu örnekler kayıtlı olan üreticilerden alınan örneklerdir, viskozite değerlerinin üst sınırdan daha da yüksek olduğu saptanmıştır. Yüksek viskoziteye sahip biyodizelin enjektörde tıkanmaya, yetersiz püskürtme ve silindir içinde kurumlaşmaya neden olduğunu pek çok araştırmacı belirtmiştir

(Demirbaş, 2006; Haşimoğlu ve ark, 2007; Ulusoy ve Alibaş, 2002). 9 numaralı biyodizelin viskozitesi ile diğer biyodizellerin viskoziteleri arasındaki fark 0.01 seviyesinde önemli bulunurken, diğer örneklerin birbirleri arasındaki (motorinde dahil) fark 0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Şekil 6'da standartlara uygun olarak 15 °C'de ölçülmüş olan özgül ağırlık değerleri görülmektedir. Şekil 6 incelendiğinde viskozite değerlerinin değişimi ile özgül ağırlık değerlerinin de benzer bir eğilimle değiştiği görülmektedir. Biyodizel örneklerinin hepsinde özgül ağırlık değerlerinin motorininkine kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ögüt ve ark. 2007'in çalışmalarında da üretilen biyodizellerin özgül ağırlıkları (897, 896kg/m³) motorininkine (838,8 kg/m³) göre oldukça yüksek saptanmıştır. Maksimum özgül ağırlık değeri, en yüksek viskozite değerinin saptandığı 9 numaralı örnekte bulunmuştur. 3 ve 4 numaralı örneklerde de ki bu örnekler Sanayi Ticaret İl Müdürlüklerine kayıtlı olmayan üreticiler tarafından üretilmişlerdir, özgül ağırlık değerleri standardın üzerinde bulunurken diğer örneklerde de bu değer üst sınır değerine oldukça yakın bulunmuştur. Diğer örneklerin özgül ağırlık değerleri ise standartlarda belirtilen sınır değerler arasında kaldığı tespit edilmiştir. 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 numaralı biyodizellerin özgül ağırlık değerleri arasındaki fark önemsiz bulunurken (P>0.05) motorin örneği ile 9 numaralı örneklerin özgül ağırlık değerleri ile diğer biyodizellerin özgül ağırlık değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur (P<0.05).



Şekil 5. Sıcaklığa bağlı olarak 9 örnekte (1 nolu örnek motorindir) viskozite değerlerinin değişimi
Figure 5. Changing of viscosity of 9 samples (Sample 1 is diesel) related to temperature



Şekil 6. Örneklerde özgül ağırlık değerlerinin değişimi
Figure 6. Changing of specific weight values of sample

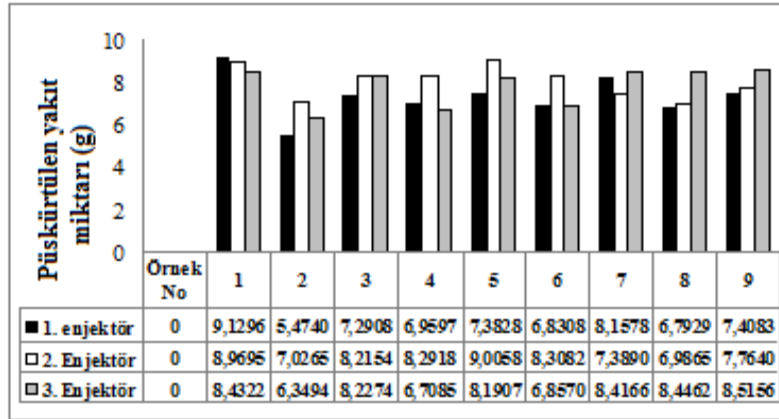
Şekil 7’de 3 farklı tip enjektörün kullanıldığı denemelerde motorin ve farklı biyodizel örneklerinin püskürtülme miktarları görülmektedir. Bu çalışmada 20 püskürtme sonucunda toplanan biyodizel örneklerinin kütlesi; en düşük viskozite ve özgül ağırlık değerine sahip olan motorinin kütlesine kıyasla kütlesinin motorine göre daha yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Püskürtülen yakıt miktarlarının tespiti için yapılan denemeler sırasında viskozitenin yüksekliğine bağlı olarak püskürtülen biyodizel örneklerinde yüksek oranlarda köpüklenmeye de rastlanmıştır. Özellikle biyodizelin ana kaynağı olan bitkisel yağın dizel motorlarında, saf halde direkt kullanılmasının, yüksek yoğunluk, yüksek viskozite, kötü filtreleme olanağı ve kolay buharlaşma özelliğinden dolayı motor çalışmasında birçok olumsuz etkiye sebep olduğunu çalışmalar göstermiştir (Labeckas ve

(1 no’lu örnek) 3 tip enjektörün kullanılması durumunda da daha düşük bulunmuştur. Bu ise tüm biyodizel örneklerinin motorine kıyasla yüksek viskozite ve özgül ağırlık değerlerine sahip olması olarak açıklanabilir. Özgül ağırlığın yüksek olması birim hacme düşen biyodizel

Slavinkas, 2005). Bu olumsuz etkiler yakıtta köpüklenmeye de sebep olabilmektedir. Bu araştırmada da yüksek viskoziteye sahip biyodizel örneklerinde köpüklenmenin görülmesi ile sözkonusu yakıtta buharlaşmanın fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır. **Biyodizel Örneklerinin Yanma Odası İçinde Püskürme Dağılımlarının Değişimi**

Bu çalışmada traktör motorundaki yanma odası ile aynı ölçülere sahip yanma odası modeli içerisine püskürtülen yakıt miktarını ölçmek için ve yakıt dağılımını bulmak amacıyla 9 farklı biyodizel numunesine ait 1953 adet yakıt



Şekil 7. Farklı enjektörler kullanılarak yapılan denemelerde yakıt püskürtme miktarlarına ilişkin sonuçlar

Figure 7. Results of tests performed to obtain fuel spraying amounts using different injectors

hücrelerinde ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonunda 147 adet hücrenin biyodizel yakıtı ile tamamen dolduğu tespit edilmiştir. Çizelge 2’de yanma odası modeli üzerinde oluşturulmuş olan bölgelere göre biyodizel yakıt dağılım miktarları incelendiğinde viskozite ve özgül ağırlık değeri en yüksek bulunan 9 numaralı örnekteki yakıt miktarı toplamı en yüksek bulunmuştur. Viskozite ve özgül ağırlıkları motorin test numunesine göre düşük olan diğer biyodizel numunelerinin yakıt miktarları ise daha küçük değerde bulunmuştur. 4, 5 ve 6 numaralı bölgelerin biyodizel yakıt püskürtme dağılımları incelendiğinde her biyodizele ait bölgelerde dolu hücelere rastlanmıştır. Çizelge 2 ‘deki değerler incelendiğinde en yüksek viskozite değerine sahip olan 9 numaralı biyodizel örneğinin yanma odası modeli içerisine püskürtülmüş olan toplam yakıt kütlesi (yakıt hücrelerinden toplanarak elde edilmiş olan miktar ile yanma odası çeperlerine yapışmış olan yakıt miktarının toplamı) motorin ve diğer biyodizel örneklerinin kütlesine göre oldukça yüksek saptanmıştır (3.767 g). En düşük yakıt kütlesi ise motorinden sonra viskozitesi en düşük olarak saptanmış bulunan 6 numaralı biyodizelde 2.30 g olarak bulunmuştur (motorin miktarı 2.413 g’ dir). Yanma odası modeli içerisine 10 püskürtme sonrası toplanan yakıt miktarlarının yakıt örneklerine göre değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Şekil 8 ve 9’ da motorin ile biyodizel örneğinin

yanma odasında dağılımının farklı olduğu görülmektedir. Şekil 8’ de yanma odası yakıt hücrelerinin püskürtmeye bağlı olarak doluluk oranları ve ulaşabildiği bölgeler incelendiğinde dağılımının McGuire 2009 ile benzer şekilde olduğu yani motorinin püskürtme dairesi çapının biyodizel püskürtülmesi durumunda oluşan püskürtme dairesi çapından daha büyük olduğu görülmektedir. Çizelge 2’ de ve Şekil 8’ de motorin püskürtülmesi sonucunda oluşan damlacıklar biyodizel püskürtülmesi durumunun aksine son bölgeye yani 9. bölgeye kadar ulaşmışlardır. Hatta 9. bölgede tam dolu olan hücre sayısı diğer örneklerinkine göre oldukça yüksek (5) bulunmuştur. 9 numaralı en yüksek viskoziteye sahip olan biyodizelin özellikle orta bölgelerde yüksek doluluk oranına sahip olduğu Şekil 9 ‘da görülmektedir. Diğer biyodizel örneklerinin yakıt dağılımı ve püskürtülen yakıt toplamalarının birbirine yakın olduğu saptanmıştır. 9 numaralı örnekten sonra en yüksek olan 4 numaralı örnek (13.73 mm²/s) içinde yanma odasındaki dağılım 9 numaralı örneğinkine benzer şekilde özellikle 3., 4. ve 5. bölgelerde bulunan yakıt hücrelerinin çoğunun oldukça dolu olduğu saptanmıştır. Çizelge 2’ den de bu açıkça görülmektedir. Bu yakıtın püskürtülmesi durumunda da yanma odası üzerindeki dış bölgelerde oldukça düşük miktarda yakıt toplandığı saptanmıştır.

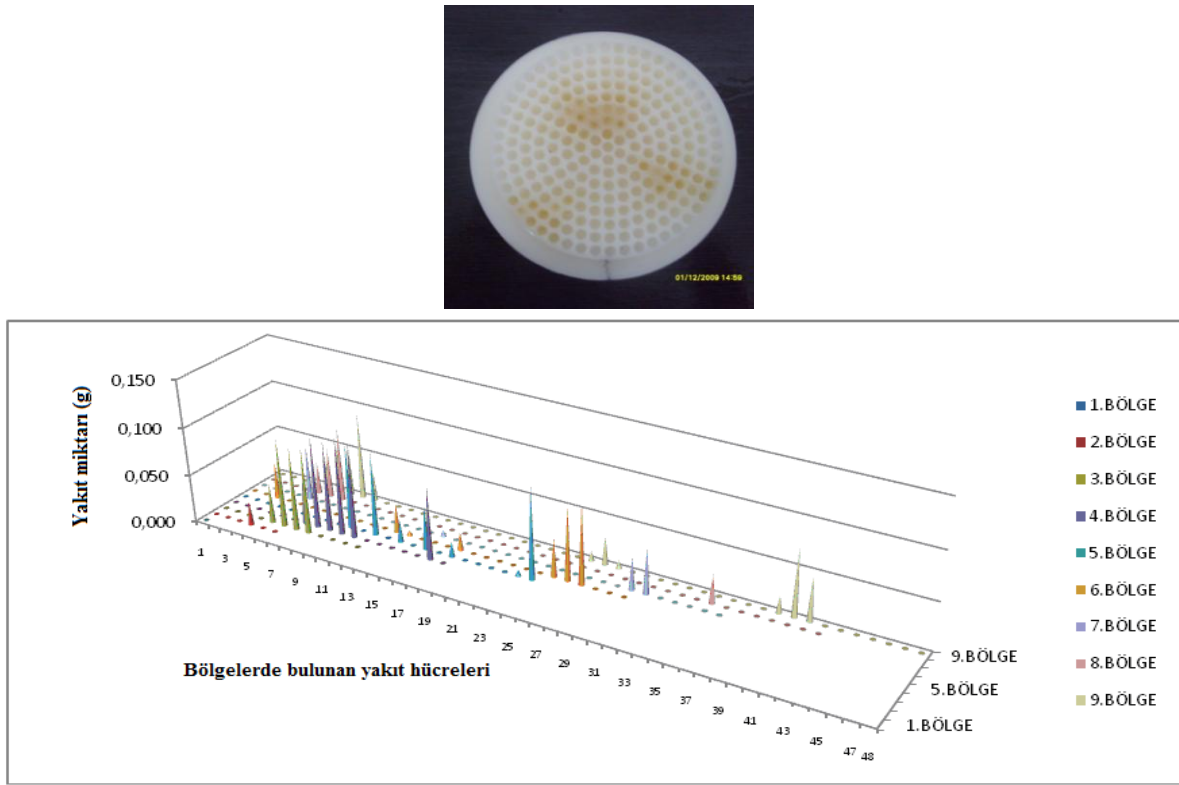
Sonuç ve Öneriler

Genel olarak sonuçlar incelendiğinde ülkemiz koşullarında üretilen biyodizel örneklerinin büyük kısmının standart dışında (üst sınırın

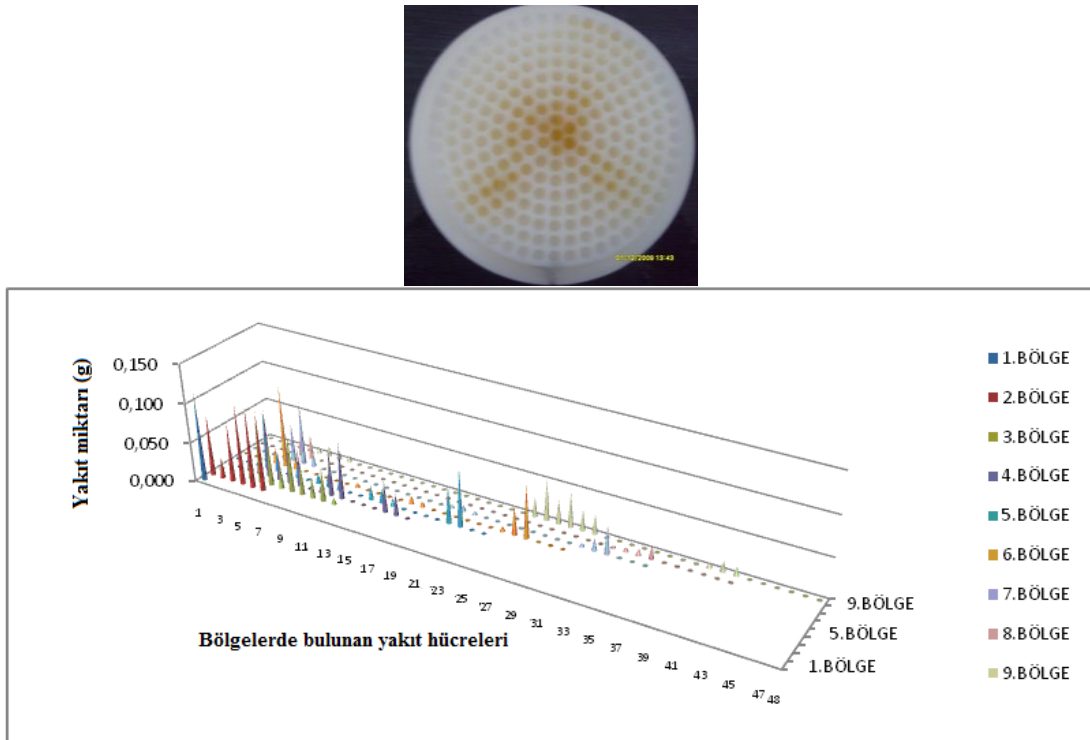
olduğu üzerinde) veya sınırda viskozite ve özgül ağırlık değerlerine sahip oldukları saptanmıştır. Biyodizellerin TS EN 14214 standardına uygun

Çizelge 2. Yanma odası modeli içine püskürtülmüş olan yakıt örneklerinde püskürme dağılımının değişimi
Table 2. Changing of fuel spraying distrubition of fuel samples that sprayed into combustion chamber

Örnek No	Yakıt hücresinde toplanan yakıt miktarı (g) (1)	Yanma odası çeperine yapışan yakıt miktarı (g) (2)	Yanma odasındaki Toplam Yakıt miktarı (g) (1+2)	1. Bölge (g)	Dolu Hücre (adet)	2. Bölge (g)	Dolu Hücre (adet)	3. Bölge (g)	Dolu Hücre (adet)	4. Bölge (g)	Dolu Hücre (adet)	5. Bölge (g)	Dolu Hücre (adet)	6. Bölge (g)	Dolu Hücre (adet)	7. Bölge (g)	Dolu Hücre (adet)	8. Bölge (g)	Dolu Hücre (adet)	9. Bölge (g)	Dolu Hücre (adet)	Topl. Dolu hücre (adet)
1	2,311	0,112	2,423	-		0,025		0,316	3	0,517	4	0,370	4	0,297	2	0,148	2	0,196	2	0,442	5	22
2	1,624	0,798	2,422	-		0,107	1	0,261	3	0,517	7	0,350	3	0,197	1	0,155	1	0,037		-		16
3	1,892	1,017	2,909	-		0,044		0,346	3	0,502	4	0,407	6	0,209	1	0,153	1	0,070	1	0,161	1	17
4	1,701	0,762	2,463	-		0,113		0,245	2	0,622	9	0,341	2	0,214	2	0,091		0,030		0,045		15
5	2,413	1,007	3,420	0,020		0,056	2	0,260	5	0,593	4	0,661	4	0,471	3	0,251	1	0,101		-		19
6	1,682	0,618	2,300	0,091	1	0,341	3	0,142	1	0,274	2	0,177	2	0,232	2	0,186	2	0,093		0,146		13
7	1,695	1,030	2,725	0,107	1	0,110		0,111		0,437	5	0,252	2	0,238	3	0,153	1	0,098		0,188		12
8	1,824	1,006	2,830	0,072	1	0,101		0,223	2	0,410	4	0,297	3	0,231	3	0,220	1	0,103		0,167		14
9	2,688	1,079	3,767	0,115	1	0,494	5	0,402	3	0,467	4	0,325	3	0,275	1	0,222	1	0,095		0,273		18



Şekil 8. Motorin örneğinin yanma odasında püskürtme dağılımının bölgelere göre değişimi
Figure 8. Changing of spraying distrubition of diesel in different zones of combustion chamber



Şekil 9. Örnek 9'un yanma odasında püskürtme dağılımının bölgelere göre değişimi
Figure 9. Changing of spraying distrubition of sample 9 in different zones of combustion chamber

olması için yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Günümüze kadar yapılan araştırmalar bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilmesini göstermiştir. Ancak, motorin ile çalışmaya göre tasarlanmış mevcut dizel motorlarda bitkisel yağların doğrudan yakıt olarak kullanımı sırasında bitkisel yağların bazı yakıt özelliklerinden dolayı problemler ortaya çıkmaktadır.

Belirtilen standartları karşılayacak şekilde biyodizel üretimi ise motorlarda herhangi bir modifikasyona gerek duymaksızın güvenli ve dayanıklı olarak kullanılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada saptanan püskürtme dağılım sonuçları yüksek viskozite ve yüksek yoğunluğun, biyodizel yakıtının enjektörden püskürtülmesini güçleştirdiğini ve iyi derecede atomizasyon sağlanmasını önleyerek daha büyük zerrecikler halinde püskürtülmesine yol açtığını ve yanma odası çeperlerine doğru ulaşabilen yakıt miktarını azalttığını göstermiştir. Bu durum dizel motorlarda yanmayı etkileyen en önemli parametre olan tutuşma gecikmesine sebep olacaktır.

Bu durum ise kötü bir yanmaya neden

olacaktır. Bu ise en uygun prosesi kullanarak viskozite özelliğinin standartlara uygun hale getirilmesinin ekonomik açıdan ne kadar önemli olduğunu açıkça göstermektedir.

Bilindiği gibi biyodizel üretim metotları oldukça kolaydır fakat buna rağmen standartlara uygun olmayan ürünler ki bu çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlarda ülkemizde üretilen ve kullanılan biyodizelin çok büyük bir miktarının standart viskozite ve özgül ağırlık değerine sahip olmadığını doğrulamaktadır, biyodizelin ülkemizde tüketiminin yaygınlaşmasını engelleyecek ve oldukça önemli düzeyde ekonomik kayıplara neden olacaktır. Bu sebeple üretim yapacak olan firmaların üretim kalitesini arttırması ve proses sonrasında elde ettikleri ürünlerin analizlerini gerçekleştirerek bunların standartlara uygunluğunu takip etmeleri gerekmektedir. Firmaların bu analizleri yapmak amacıyla gerekli donanımlara sahip laboratuvarlarını kurmaları veya bu mümkün değilse ürettikleri ürünleri yeterli donanıma sahip laboratuvarlarda analiz ettirmeleri ve bu analizlerin sonuçlarına göre ürettikleri ürünü piyasaya kullanıma sunmaları, ülkemiz ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Alptekin E., ve M. Çanakçı, 2007. Biyodizel-dizel yakıt karışımlarının özgül ağırlık ve viskozitelerinin belirlenmesi. I. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, 28-31 Mayıs, Samsun, s. 251-255.
- Anonymous, 2003. EN 14214. Automotive fuels – fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines – requirement methods. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization.
- Anonymous, 2007. ASTM D-6751-07. American Society for Testing and Materials, Standard Specification for Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels, Designation D6751-07.
- Anonymous, 2010. <http://hypertextbook.com/physics/matter/viscosity/>
- Demirbaş A., 2006. Biodiesel production via non-catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics. Energy Conversion and Management. 47: 2271-2282.
- Güven Ö., T. Aktaş, E. Kılıç, 2009. Türkiye koşullarında üretilen biyodizelin bazı özelliklerinin standartlara uygunluğunun ve yakıt püskürtme miktarı üzerine etkilerinin belirlenmesi. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 1-3 Ekim, S.D.Ü., Isparta, s. 117-122.
- Haşimoğlu C., Y. İçingür ve İ. Özsert, 2007. Soya yağı metil esterinin motor performans ve emisyonlarına etkisi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
- Labeckas G., S. Slavinkas, 2005. The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. Energy and Management. 1-14.
- McGuire, T., 2009. Alternative Fuel Spray Length Characterization: Comparing Diesel and Biodiesel Fuels. http://www.ems.psu.edu/~elsworth/courses/EGEE520/2009_Deliverables/reports/Thomas_McGuire_EGEE_520_Project.pdf
- Öğüt H., T. Eryılmaz, H. Oğuz, 2007. Bazı aspir (Carthamus tinctorius L.) çeşitlerinden üretilen biyodizelin yakıt özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. 1. Ulusal Yağlı Tohumlar ve Biyodizel Sempozyumu, 28-31 Mayıs, Samsun, 11-16.
- Ulusoy, Y. ve Alibaş, K., 2002. Dizel motorlarda biyodizel kullanımının teknik ve ekonomik yönden incelenmesi, Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Dergisi. 16:37-50.
- Yıldız M., 2008. Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 60 s.