

## Palm Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarının Yakıt Özelliklerinin Tahmini

Ceyla ÖZGÜR\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 05.01.2017

Kabul tarihi: 14.03.2017

### Öz

Bu çalışmada palm yağından transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretilmiştir. Üretilen palm biyodizeli dizel yakıtıyla %5, 10, 20, 30, 40, 50 ve 75 oranlarında karıştırılmıştır. Yakıt karışımlarının yoğunluk, üst ısıl değer, akma noktası, bulutlanma noktası ve soğuk filtre tıkanma noktası özellikleri ölçülmüş ve bu yakıt özellikleri lineer regresyon yöntemi kullanılarak tahmin ettirilmiştir. Yakıt karışımlarının ölçülen ve hesaplanan değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, yakıt karışımlarının ölçülen ve hesaplanmış değerleri arasında iyi bir uyum olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Palm biyodizeli, Dizel, Yakıt özellikleri, Karışım oranı

### Prediction of Fuel Properties of Palm Biodiesel-Diesel Fuel Blends

#### Abstract

In this study, biodiesel was produced from palm oil by transesterification process. The produced palm oil biodiesel was blended with diesel fuel at volumetric ratio of 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75%. The density, higher heating value, pour point, cloud point and cold filter plugging point of fuel blends were measured and linear regression equation was used to predict of these fuel properties. The measured and calculated values of fuel blends were compared. The results showed that there is a good agreement between measured and calculated values of fuel blends.

**Keywords:** Palm biodiesel, Diesel, Fuel properties, Blend ratio

---

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ceyla ÖZGÜR, cgungor@cu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Taşımacılık sektöründe önemli bir yere sahip olan dizel motorların kullanımının artması ile birlikte neden oldukları egzoz emisyonları çevre kirliliğini büyük ölçüde arttırmaktadır [1]. Bu nedenle pek çok araştırmacı dizel motorlarda kullanılabilecek alternatif yakıt arayışına girmiştir. Bitkisel ve hayvansal yağlardan kimyasal yöntemler kullanılarak üretilen biyodizel dizel motorlarda en çok tercih edilen biyoyakıttır [2]. Biyodizel üretimi için 4 farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler seyreltme, termal kraking, mikro emülsiyonlama ve transesterifikasyon yöntemleridir. Günümüzde bu yöntemler içerisinde en çok transesterifikasyon yöntemi tercih edilmektedir [3]. Biyodizelin dizel yakıtına kıyasla en önemli avantajları biyolojik olarak parçalanabilmesi, yenilenebilir olması, anti-toksik olması ve çevre dostu olmasıdır [4-6]. Biyodizel yakıtı dizel motorlarda ufak bir modifikasyonla ya da direkt olarak kullanılabilir [7]. Bu nedenle de dizel motorlarda biyodizel kullanımı oldukça artmıştır [8]. Literatürde Biyodizel-dizel yakıt karışımlarının yakıt özelliklerinin tahmini için farklı ampirik korelasyonlar geliştirilmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Alptekin ve Çanakçı [9] 2 farklı dizel yakıtı ile 6 farklı yağdan ürettiği biyodizelleri (Ayçiçek, kanola, soya, pamuk tohumu, mısır yağları ve atık palm yağı) %2, 5, 10, 20, 50 ve 75 oranlarında karıştırarak elde ettiği yakıt karışımlarının yoğunluk ve viskozite değerlerini ASTM Standartlarına göre ölçmüştür. Yoğunluk ve viskozite değerlerinin tahmini için Arrhenius ve Grunberg ve Nissan denklemlerini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre bütün karışımlar için ölçülmüş ve hesaplanmış değerler arasında iyi bir uyum olduğu gözlemlenmiştir.

Enweremadu ve arkadaşları [10] shea yağı biyodizeli ve dizel yakıtı %2, 5, 10, 20, 50 ve 75 oranlarında karıştırarak hazırladıkları yakıt karışımlarının yoğunluk, viskozite, bulutlanma ve donma noktası değerlerini ASTM Standartlarına göre ölçmüşlerdir. Bu özelliklerin tahmininde

genelleştirilmiş ve ampirik formüller kullanılmıştır.

Benjumea ve arkadaşları [11] palm yağı biyodizeli dizel yakıt karışımlarının yoğunluk, viskozite, ısıl değer, bulutlanma noktası, setan indeksi, destilasyon sıcaklıklarını ASTM Standartlarına göre ölçmüş ve bu özelliklerin tahmininde Kay ve Arrhenius denklemlerini kullanmışlardır.

Bu çalışmanın amacı palm biyodizel-dizel yakıt karışımlarının yakıt özelliklerinin hesaplanmasıdır. Bu amaçla palm biyodizeli dizel yakıtıyla %5, 10, 20, 30, 40, 50 ve 75 oranlarında karıştırılmıştır ve yakıt karışımlarının yoğunluk, üst ısıl değer, akma noktası, bulutlanma noktası ve soğuk filtre tıkanma noktası değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu yakıt özelliklerinin tahmini için lineer regresyon denklemi kullanılmış olup ölçülen ve hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır.

## 3. MATERYAL VE METOT

### 3.1. Materyal

Bu çalışmada biyodizel üretiminde hammadde olarak yerel marketlerden temin edilen palm yağı, alkol olarak %99,9 saflıkta metil alkol ve katalizör olarak sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır. Biyodizel üretim işlemleri ve elde edilen yakıt karışımlarının yakıt özellikleri Çukurova Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü Yakıt Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

### 3.2. Metot

Palm yağından biyodizel üretiminde esterleşme (transesterifikasyon) yöntemi kullanılmıştır. Biyodizel üretimi sırasında katalizör olarak yağın kütlece %1 oranında NaOH katalizörü ve 6:1 oranında metil alkol kullanılmıştır. Kullanılan yağ, katalizör ve alkol miktarları hassas terazi kullanılarak ölçülmüştür. İlk olarak sodyum metoksit karışımını elde etmek için sodyum hidroksit ve metil alkol ayrı bir cam kap içerisinde karıştırılmıştır. Elde edilen homojen karışım daha önceden 65°C'ye kadar ısıtılan palm yağı içerisinde ilave edilerek 60 °C'de 60 dakika karıştırılmıştır.

Reaksiyon tamamlandıktan sonra elde edilen ham metil ester oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 8 saat ayırma hunisinde bekletilmiş bu sayede biyodizelin gliserin fazından ayrılması sağlanmıştır. Sonunda, elde edilen ham metil ester sıcak suyla 3 kere yıkandıktan sonra su atıklarını uzaklaştırmak için 105°C'de 1 saat boyunca kurutulmuş ve filtre işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen palm biyodizeli ve dizel yakıtının yakıt özellikleri Çizelge 1'de verildiği gibi ölçülmüştür.

**Çizelge 1.** Palm biyodizeli ve dizel yakıtının yakıt özellikleri

Yakıt Özellikleri	Dizel	Palm Biyodizeli (PB)
Yoğunluk 15°C	833,6	881,4
Viskozite (40 °C'de) (cSt)	2,76	4,239
Akma Noktası (°C)	-19	12
Bulutlanma Noktası (°C)	-15	15
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (°C)	-18	13
Üst Isıl değer (kJ/kg)	45,856	38,850
Setan Sayısı	59	52

### 2.3. Data Analizleri

Her bir yakıt karışımının yoğunluk, üst ısıl değer, akma noktası, bulutlanma noktası ve soğuk filtre tıkanma noktası özellikleri ölçülmüştür ve bu yakıt özellikleri aşağıda verilen lineer regresyon denklemi kullanılarak tahmin ettirilmiştir.

$$y=mx+b \quad (1)$$

m ve b değerleri regresyon katsayıları, x değeri de biyodizel oranıdır.

### 2.4. Yoğunluk Ölçümü

Yakıt karışımlarının yoğunluk ölçümünde Kyoto Electronics (KEM) marka, DA-130 tipi tam otomatik dijital yoğunluk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın ölçüm aralığı 0 ile 2 kg/l olup hassasiyeti 0,001 kg/l ve ölçüm sıcaklık aralığı 0-40°C'dir.

### 2.5. Üst Isıl Değer Ölçümü

Yakıt karışımlarının üst ısıl değer ölçümünde IKA -Werke marka C2000 tipi kalorimetre kullanılmıştır. Cihazın çalışma sıcaklığı aralığı +15°C ile +35°C'dir.

### 2.6. Akma ve Bulutlanma Noktası Ölçümü

Yakıt karışımlarının akma noktası ve bulutlanma noktası değerleri Tanaka MPC-102 tam otomatik soğuk özellik belirleme cihazı ile ölçülmüştür. Bu cihaz -50 °C ile +50 °C aralığında 1°C hassasiyetle çalışabilmektedir.

### 2.7. Soğuk Filtre Tıkanma Noktası Ölçümü

Yakıt karışımlarının soğuk filtre tıkanma noktası değerleri Tanaka AFP-102 tam otomatik soğuk özellik belirleme cihazı ile ölçülmüştür. Bu cihaz -60 °C ile +60 °C aralığında 0,1°C hassasiyetle çalışabilmektedir.

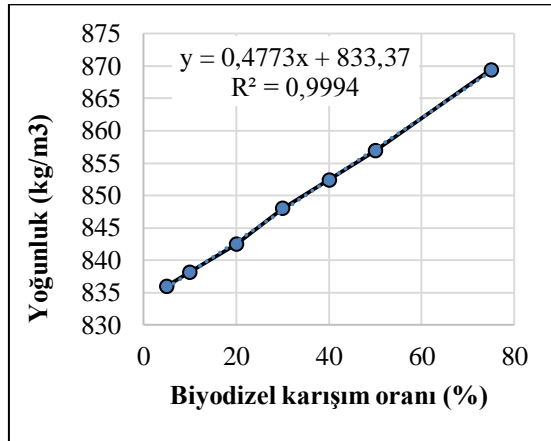
## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Yoğunluk Sonuçları

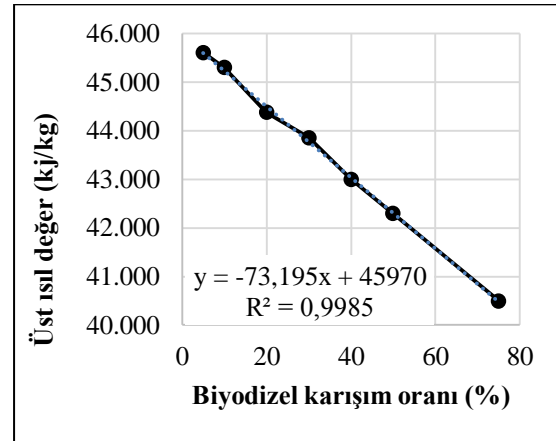
Birçok standartta biyodizellerin yoğunluk değerleri 860 ila 900 arasında değişir [12]. Literatürdeki pek çok çalışmaya göre biyodizellerin yoğunlukları dizel yakıtına oranla daha fazladır. Yapılan bu çalışmada palm biyodizeli-dizel yakıt karışımındaki biyodizel oranı arttıkça karışımların yoğunluk değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Biyodizel karışım oranına göre ölçülen ve hesaplanan biyodizel değerleri, aralarındaki hata ve regresyon katsayıları sırasıyla Çizelge 2'de verilmiştir. Palm biyodizeli-dizel yakıt karışımlarının yoğunlukları Şekil 1'de verildiği gibidir.

**Çizelge 2.** Yakıt karışımlarının biyodizel oranına göre ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri, aralarındaki mutlak hata (%) ve regresyon katsayıları

Yakıt	Ölçülen (kj/kg)	m	b	R <sup>2</sup>	Hesaplanan	Mutlak Hata	Hata (%)
PB75	869,4	0,4773	833,37	0,9994	869,2	0,2	0,0230
PB50	856,9				857,2	0,3	0,0350
PB40	852,4				852,5	0,1	0,0117
PB30	848				847,7	0,3	0,0354
PB20	842,5				842,9	0,4	0,0475
PB10	838,2				838,1	0,1	0,0119
PB5	836				835,8	0,2	0,0239



**Şekil 1.** Palm biyodizeli-dizel yakıt karışımlarının yoğunluk değerleri



**Şekil 2.** Palm biyodizeli-dizel yakıt karışımlarının üst ısı değerleri

### 3.2. Üst Isıl Değer Sonuçları

Şekil 2 palm biyodizeli-dizel yakıt karışımlarının üst ısı değerlerindeki değişimi göstermektedir. Yakıt karışımlarının ölçülen ve hesaplanan üst ısı değerleri, aralarındaki mutlak hata ve regresyon katsayıları Çizelge 3'te verilmiştir. Beklenildiği üzere elde edilen sonuçlara göre palm biyodizel-dizel yakıt karışımlarındaki biyodizel oranı arttıkça yakıt karışımlarının üst ısı değeri miktarları da azalmaktadır. Ölçülen ve hesaplanan üst ısı değeri miktarı arasındaki maksimum mutlak hata % 0,2817'dir.

### 3.3. Akma Noktası Sonuçları

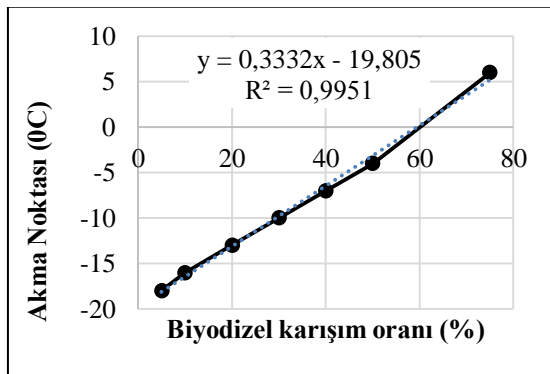
Yakıt karışımlarının ölçülen ve hesaplanan akma noktası değerleri, aralarındaki mutlak hata ve regresyon katsayıları Çizelge 4'te verilmiştir. Şekil 3 palm biyodizeli-dizel yakıt karışımlarının akma noktası değerlerindeki değişimi göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre, palm biyodizel-dizel yakıt karışımlarının akma noktası değerlerinin yakıt karışımları içerisindeki palm biyodizel miktarı arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Akma noktası için hesaplanan maksimum mutlak hata 0,9 olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 3.** Biyodizel karışım oranına göre yakıt karışımlarının ölçülen ve hesaplanan üst ısıl değerleri

Yakıt	Ölçülen (kJ/kg)	m	b	R <sup>2</sup>	Hesaplanan	Mutlak Hata	Hata (%)
PB75	40,500	-73,195	45,970	0,9985	40,480	20	0,0494
PB50	42,300				42,310	10	0,0236
PB40	43,000				43,042	42	0,0977
PB30	43,857				43,774	83	0,1893
PB20	44,381				44,506	125	0,2817
PB10	45,300				45,238	62	0,1369
PB5	45,615				45,604	11	0,0241

**Çizelge 4.** Biyodizel karışım oranına göre yakıt karışımlarının ölçülen ve hesaplanan akma noktası değerleri

Yakıt	Ölçülen (°C)	m	b	R <sup>2</sup>	Hesaplanan	Mutlak Hata
PB75	6	0,3332	-19,8	0,9951	5,2	0,8
PB50	-4				-3.1	0,9
PB40	-7				-6.5	0,5
PB30	-10				-9.8	0,2
PB20	-13				-13.1	0,1
PB10	-16				-16.5	0,5
PB5	-18				-18.1	0,1

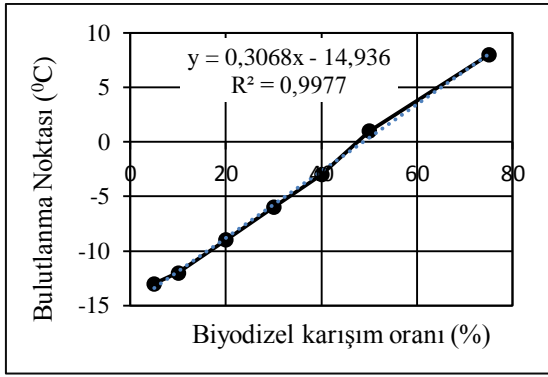
**Şekil 3.** Palm biyodizeli-dizel yakıt karışımlarının akma noktası değerleri

### 3.4. Bulutlanma Noktası Sonuçları

Yakıt karışımlarının ölçülen ve hesaplanan bulutlanma noktası değerleri, aralarındaki mutlak hata ve regresyon katsayıları Çizelge 5'te verilmiştir. Şekil 4 palm biyodizeli-dizel yakıt karışımlarının bulutlanma noktası değerindeki değişimi göstermektedir. Palm biyodizeli-dizel yakıt karışımlarının bulutlanma noktası değerinin yakıt karışımları içerisindeki biyodizel miktarı arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Bulutlanma noktası için hesaplanan maksimum mutlak hata 0,6 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 5.** Biyodizel karışım oranına göre ölçülen ve hesaplanan bulutlanma noktası değerleri

Yakıt	Ölçülen (°C)	m	b	R <sup>2</sup>	Hesaplanan	Mutlak Hata
PB75	8	0,3068	-14,94	0,9977	8,1	0,1
PB50	1				0,4	0,6
PB40	-3				-2,7	0,3
PB30	-6				-5,7	0,3
PB20	-9				-8,8	0,2
PB10	-12				-11,9	0,1
PB5	-13				-13,4	0,4



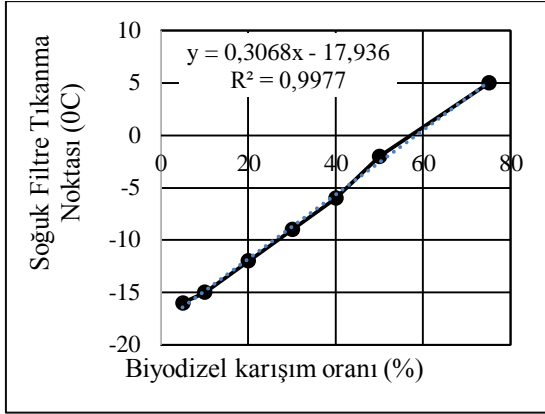
**Şekil 4.** Palm biyodizel-dizel yakıt karışımlarının soğuk filtre tıkanma noktası değerleri

### 3.5. Soğuk Filtre Tıkanma Noktası Sonuçları

Yakıt karışımlarının ölçülen ve hesaplanan soğuk filtre tıkanma noktası değerleri, aralarındaki mutlak hata ve regresyon katsayıları Çizelge 6'da verilmiştir. Şekil 5 palm biyodizel-dizel yakıt karışımlarının soğuk filtre tıkanma noktası değerlerindeki değişimi göstermektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde palm biyodizel-dizel yakıt karışımlarındaki biyodizel oranı arttıkça yakıt karışımlarının soğuk filtre tıkanma noktası değerleri artmaktadır.

**Çizelge 6.** Biyodizel karışım oranına göre ölçülen ve hesaplanan soğuk filtre tıkanma noktası değerleri

Yakıt	Ölçülen (°C)	m	b	R <sup>2</sup>	Hesaplanan	Mutlak Hata
PB75	5	0,3068	-17,94	0,9977	5,1	0,1
PB50	-2				-2,6	0,6
PB40	-6				-5,7	0,3
PB30	-9				-8,7	0,3
PB20	-12				-11,8	0,2
PB10	-15				-14,9	0,1
PB5	-16				-16,4	0,4



Şekil 5. Palm biyodizeli-dizel yakıt karışımlarının soğuk filtre tıkanma noktası değerleri

#### 4. SONUÇLAR

Bu deneysel çalışmanın amacı palmiye biyodizeli dizel yakıtıyla karıştırıldığında yakıt özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri belirlemektir. Bu amaçla, palm biyodizeli dizel yakıtıyla hacimsel olarak %5, 10, 20, 30, 40, 50, 75 karıştırılmış olup elde edilen yakıt karışımlarının yoğunluk, üst ısıl değer, akma noktası, bulutlanma noktası ve soğuk filtre tıkanma noktası değerleri ölçülmüştür. Bu yakıt özelliklerinin tahmin edilmesinde lineer regresyon denklemi kullanılmıştır. Yakıt karışımlarının ölçülen ve hesaplanan değerleri karşılaştırılmış ve aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir:

Yakıt karışımlarının yoğunluk değerleri dizel yakıtından daha yüksektir. Yakıt karışımlarının yoğunlukları biyodizel miktarı arttıkça artmaktadır.

Üst ısıl değer miktarı yakıt karışımlarındaki biyodizel oranı arttıkça azalmıştır. Ölçülen ve hesaplanan üst ısıl değer miktarı arasındaki maksimum mutlak hata % 0,2817'dür. Korelasyon katsayısı 0,9985 olarak hesaplanmıştır.

Yakıt karışımlarının akma noktası ve bulutlanma noktası değerleri biyodizel miktarı arttıkça yükselmiştir. Akma noktası ve bulutlanma noktası için ölçülen ve hesaplanan değerler arasındaki maksimum mutlak hata sırasıyla 0,9 ve 0,6'dur.

Yakıt karışımlarının soğuk filtre tıkanma noktası değerleri biyodizel miktarı arttıkça yükselmiştir. Soğuk filtre tıkanma noktası için ölçülen ve hesaplanan değerler arasındaki maksimum mutlak hata 0,6'dır.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Sugözü, D., Aksoy, F., Baydır, S. A., 2009. Bir Dizel Motorunda Ayçiçeği Metil Esteri Kullanımının Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(2), 49-56.
2. Karabaş, H., 2013. Kışlık Kanola Çeşitlerinden Californium'dan Üretilen Biyodizelin Diesel Motorlarda Kullanıma Uygunluğunun İncelenmesi, Toprak Su Dergisi, 2(1):45-52.
3. Çanakçı, M., Özsezen A. N., 2005. Atık Mutfak Yağlarının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18(1), 81-91.
4. Ramírez-Verduzco, L. F., Rodríguez-Rodríguez, J. E., Jaramillo-Jacob, A. R., 2012. Predicting Cetane Number, Kinematic Viscosity, Density and Higher Heating Value of Biodiesel from its Fatty Acid Methyl Ester Composition, Fuel, 91, 102-111.
5. Azam, M. M., Waris, A., Nahar, N. M., 2005. Prospects and Potential of Fatty Acid Methyl Esters of Some Non-Traditional Seed Oils for use as Biodiesel in India, Biomass and Bioenergy. 29:293-302.
6. Boz, N., Sunal, O., 2009. Biodiesel Production from Canola Oil Over Zinc Oxide Supported Catalysts, J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. 24, 389-395.
7. Alptekin, E., Çanakçı, M., 2008. Farklı Hammaddelerden Üretilen Metil Ester ve Gliserinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 23(3), 549-556.
8. Gülüm, M., Bilgin, A., 2015. Density, Flash Point and Heating Value Variations of Corn Oil Biodiesel-Diesel Fuel Blends, Fuel Processing Technology, 134, 456-464.
9. Alptekin, E., Çanakçı, M., 2008. Determination of the Density and the Viscosities of Biodiesel-Diesel Fuel Blends, Renewable Energy. 33, 2623-2630.

10. Enweremadu, C. C., Rutto H. L., Oladeji, J. T., 2011. Investigation of the Relationship Between Some Basic Flow Properties of Shea Butter Biodiesel and their Blends with Diesel Fuel, *International Journal of the Physical Sciences*, 6(4), 758-767.
11. Benjumea, P., Agudelo, J., Agudelo, A., 2008. Basic Properties of Palm Oil Biodiesel–Diesel Blends, *Fuel*, 87, 2069–2075.
12. Meher, L .C., Sagar, D. V., Naik, S. N., 2006. Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification-A Review, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 10, 248–268.