



## Dizel motorlarda alternatif yakıt olarak karpuz çekirdeği biyodizelinin değerlendirilmesi

Aslı Abdulvahitoğlu\*, Gökhan Tüccar

Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

### Ö N E Ç İ K A N L A R

- Biyodizel ve yakıt karışımlarının içten yanmalı motorlarda kullanımı
- Karpuz Çekirdeği Biyodizeli (KÇB) ve yakıt karışımlarının yakıt değerleri
- KÇB ve yakıt karışımlarının dizel motor performansı ve egzoz emisyonları

### Makale Bilgileri

Geliş: 31.12.2015  
Kabul: 04.04.2016

### DOI:

10.17341/gazimmfd.300610

### Anahtar Kelimeler:

Karpuz çekirdeği yağı,  
biyodizel,  
transesterifikasyon,  
yakıt özellikleri,  
motor performansı

### ÖZET

Petrolün tükenmesi bilim adamlarını yeni enerji kaynaklarını araştırmaya itmiş ve biyodizel yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilir olmasından dolayı en popüler alternatif yakıtlardan biri haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, dizel motorlarda alternatif yakıt olarak karpuz çekirdeği yağı biyodizel (KÇB) kullanılabilirliğini değerlendirmektir. Bu çalışmada, KÇB ve KÇB20 (hacimsel olarak %80 dizel ile %20 KÇB) yakıt karışımının fiziksel yakıt özelliklerine bakılmıştır. Ölçülen fiziksel yakıt değerleri, yoğunluk, setan sayısı, viskozite akma noktası ve parlama noktasıdır. Buna ek olarak, test yakıtları dizel motorda KÇB kullanımının motor performans parametreleri, azot oksitler ve karbon monoksit gibi, egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla test edilmiştir. Motor performans deneyleri sonuçlarına göre; KÇB kullanımıyla test motorunda tork ve fren güç değerlerinin biraz azaldığı, emisyon değerlerinin ise KÇB kullanımı ile düzeldiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, karpuz çekirdeği yağı esteri çevre dostu yanma profiliyle alternatif dizel yakıt katkısı olarak tavsiye edilmektedir.

## Evaluation of watermelon seed biodiesel as an alternative fuel in diesel engines

### H I G H L I G H T S

- The use of biodiesel fuel and blends in internal combustion engine
- Fuel properties of Water Melon Biodiesel (WMB) and its blends
- Performance and exhaust emissions of WMB and its blends in diesel engine

### Article Info

Received: 31.12.2015  
Accepted: 04.04.2016

### DOI:

10.17341/gazimmfd.300610

### Keywords:

Watermelon seed oil,  
biodiesel,  
transesterification,  
fuel properties,  
engine performance

### ABSTRACT

The exiguity of oil forces scientists to investigate new energy resources and biodiesel became one of the most popular alternative fuel since it can be obtained from renewable sources. The aim of this study is to evaluate availability of watermelon seed oil biodiesel (WMB) in diesel engines as alternative fuel. In this work, some physical fuel properties of obtained WMB and its blend with diesel fuel from %20 to %80 by volume (WMB20) were tested. The measured fuel property values were density, cetane number, viscosity, pour point and flash point. In addition, test fuels were utilized in a diesel engine in order to evaluate effect of WMB usage on engine performance parameters and exhaust emissions such as nitrogen oxides and carbon monoxide. According to engine performance experiments results; although both torque and brake power values of the test engine were slightly decreased, emission values were improved with WMB utilization. Therefore, the ester of water melon seed oil is advised to be a suitable alternative fuel additive to diesel fuel with its environmental friendly combustion profile.

\* Sorumlu Yazar/Corresponding author: aabdulvahitoglu@adanabtu.edu.tr / Tel: +90 322 455 0000

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji tedariki, dünya çapında ekonomik gelişmenin anahtarı haline gelmiştir. Fosil yakıtlar sınırlı ve yenilenemez olmasına rağmen talep önlenemez bir şekilde artmıştır [1]. Demirbaş [2], Panwar vd. [3] ve Gülüm vd. [4] yapmış oldukları çalışmalarda petrol fiyatlarının katlanarak artma eğiliminde olmasına ve rezervlerinin hızla tükendiğinin bilinmesine rağmen enerji talebinin büyük bir kısmının kömür, petrol ve doğal gaz gibi geleneksel enerji kaynaklarından karşılanmakta olduğunu belirtmişlerdir. Fosil yakıtlar, dünya çapında en önemli enerji kaynağıdır ve kısa vadede paylarında azalma beklenmemektedir. Sıvı yakıtlar -çoğunlukla petrol tabanlı- en çok tüketilen enerji kaynağı olmasına rağmen tüketim yüzdesinin 2035 yılında yüzde 28'düşmesi beklenmektedir. Başka bir deyişle, dünya petrol fiyatlarının artması nedeniyle birçok enerji kullanıcısının farklı enerji kaynaklarını araştırmaya sevk edeceği tahmin edilmektedir [5]. Petrol bazlı yakıtlar sınırlı rezervleri ile dünyanın belirli bölgelerinde yoğunlaşmış olarak bulunmaktadır. Bu kaynaklar üretimi eşğine ulaşmak üzeredir. Fosil yakıt kaynaklar her geçen gün azalmaktadır. Bilinen petrol rezervlerinin kıtlığı yenilenebilir enerji kaynakları daha cazip hale getirmektedir [6]. Özellikle, karbon monoksit, partikül madde ve yanmamış hidrokarbonlar gibi emisyonları düşürmesinden dolayı biyodizel tüm biyoyakıtlar arasında fosil yakıtların en iyi alternatifi olarak değerlendirilmektedir. Yüksek parlama noktası ve yağlayıcı özellikleri de biyodizelin diğer avantajlarıdır. Buna ek olarak, biyodizel esasen kükürtsüz ve aromatik değilken geleneksel dizel 500 ppm SO<sub>2</sub> ve ağırlıkça 20-40 % aromatik bileşik içerebilir [7]. Devan ve Mahalakshmi [8], Çanakçı vd. [9], Çelik vd. [10] biyodizel yakıt özelliklerini hidrokarbon tabanlı dizel yakıtlara yaklaştırmak amacıyla deneysel çalışmalar yapmışlardır. Ayçiçeği, aspir, soya, pamuk, kış kolzası, kanola ve yer fıstığı en yaygın yağ içeren yakıt alternatifi olarak düşünülen bitkilerdir. Buna ek olarak çalışmalar transesterifikasyon, petrol işleme ve depolama, filtrasyon ve motor test yönleriyle de ele alınmıştır [8]. Genel olarak bir dizel motorda yakıt olarak petrodizel yerine biyodizel kullanıldığı zaman duman, partikül maddeler, karbon monoksit ve hidrokarbon emisyonları azalır; motor verimi etkilenmez veya gelişir [8, 9]. Ancak, NO<sub>x</sub> emisyonları dizel yakıt yerine dizel-biyodizelin harmanlanarak kullanımı sonucunda artar [11]. Türkiye çerez üretim ve tüketiminde önemli bir konuma sahiptir. Kavun ve karpuz çekirdeği Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde çerez olarak tüketilmektedir [12]. 2010 yılı FAO istatistikleri verilere göre; yetiştirilen karpuz 1708415 milyon ton (MT) olarak gerçekleşmiş ve Türkiye bu miktar ile dünyada ikinci büyük karpuz üreticisi haline gelmiştir [13]. Bu çalışmada Mardin ili kırsalında yetiştirilen ve çerez olarak tüketilen karpuz (*Citrullus Vulgaris*) çekirdekleri biyoyakıt kaynağı olarak incelenmiştir. 100% KÇB (karpuz çekirdeği yağı biyodizel) ve dizelle KÇB karışımı dört silindirli bir dizel motorda alternatif yakıt olarak kullanılmıştır. Karpuz tohumları yağ içeriği bakımından

zengindir. Karpuz tohumun yağı yüzdesi gübre kullanımı ile 51,43 kadar % artırılabilir; kullanılan karpuz çekirdeği kuru arazide herhangi bir gübre kullanımı olmadan yetiştirildiği için %30 yağ içerir [14]. Karpuz çekirdeği tohumu biyodizel üretiminde en yüksek harcama kalemidir. Türk pazarının karpuz çekirdeği fiyatı ise yaklaşık 1,2\$'dır. Bu nedenle, karpuz çekirdeğinin bir kilogram hasat tahmini maliyeti yaklaşık 0,7-0,8\$'e etmektedir. Karpuz tohumlarının ortalama yağ içeriği ağırlıkça 30% olarak kabul edilirse, yaklaşık bir litrelik karpuz çekirdeği yağı temin etmek için gereken biyokütlenin maliyeti 2,4\$'ı bulmaktadır. Diğer harcamalar ve vergilerin de eklenmesiyle biyodizelin litre maliyeti 4,2\$'a ulaşmaktadır. Ancak, karpuz yağı biyodizelinin, petrodizel ile rekabet edebilmesi için, karpuz çekirdeği yağı maliyetinin 0,4\$/L'ye azaltılması gerekmektedir.

Bu çalışma, yakıt olarak kullanıldığında karpuz çekirdeği biyodizelinin ve dizel -biyodizel karışımının bir dizel motorda performans karakteristiklerini ve emisyonlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Motor karakteristikleri üzerinde önemli etkilere sahip olan yoğunluk, viskozite setan sayısı gibi fiziksel özellikler de değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

### 2.1. Yakıt Deneyleleri (Fuel Experiments)

Karpuz çekirdeğini kırma safhası KÇB'nin üretimin ilk adımıdır. Kırıcı bu amaçla kullanılmıştır. Ekstraksiyon öncesinde; kırılmış karpuz tohumları 6 saat boyunca 100°C üzerindeki bir fırında kurutulmuştur. Karpuz çekirdeği fırında kurutulmadan önce ve kurutma işleminden sonra tartılarak içindeki nem miktarı belirlenmiştir. Yapılan bu işlem sonunda karpuz tohumlarının %11 nem muhtevasına sahip olduğu belirlenmiştir.

Karpuz çekirdeği yağı (KÇY) diğer yazarlar tarafından önerilen Sokslet (Soxhalet) Ekstraksiyon yöntemi kullanılarak üretilmiştir [15]. Elde edilen yağın %3,5 serbest yağ aside (FFA) değerine sahip olduğu ölçülmüştür. Esterleşme işlemi için gerekli olan %1'in altında FFA değerine ulaşmak için; iki aşamalı bir asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ön-muamele işlemleri KÇY'ye uygulanmıştır. KÇY'nin FFA değeri ilk adımda %1,7 azalmıştır. İkinci aşama olarak yeniden yapılan asit kataliz ile FFA değeri esterleşme için uygun olan %0,9 FFA'ya düşürülmüştür. KÇB transesterifikasyon yöntemi ile üretilmiştir. Biyodizel haline dönüştürme amacıyla, KÇY elde ettikten sonra, bir süreç olarak adlandırılan transesterifikasyon [16] meydana gelmelidir. Transesterifikasyon işlemi, gliserol ve ester oluşturmak üzere bir alkol ile, bir trigliserid (yağ) reaksiyonudur. Esterleştirme işlemi sırasında, trigliserid, bir katalizör olarak, sodyum hidroksit gibi güçlü bir alkalın genellikle varlığında alkol ile reaksiyona sokulmaktadır. Bu çalışmada alkol olarak metanol ve katalizör olarak da NaOH (ağırlıkça %0,4) kullanılmıştır. Metanol içinde gerekli miktarda NaOH çözündürülmesinden sonra,

**Tablo 1.** Yakıt özellikleri ve ölçüm cihazları (Fuel properties and measurement devices)

Özellikler	Cihaz	Hassasiyet	Ölçüm aralığı
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Kyoto Electronics DA-130	±0,001 (g/cm <sup>3</sup> )	-
Setan Sayısı	Zeltex ZX440	3%	-
Akma Noktası (°C)	Tanaka MPC-102	-	+51 °C ile -40 °C (20 °C musluk suyu) +51 °C ile -65 °C (-35 °C soğutma sıvısı)
Alt Isı Değer	IKA-Werke C2000 Bomba Kalorimetre	0,001 K	-
Kinematik Viskozite 40°C	Saybolt Ünlversal - Viskosimetre	-	Ortam - 240 °C
Parlama Noktası	Tanaka Autometed - Pensky-Martens Closed Cup Flash Point Tester APM-7	-	Ortam - 370 °C

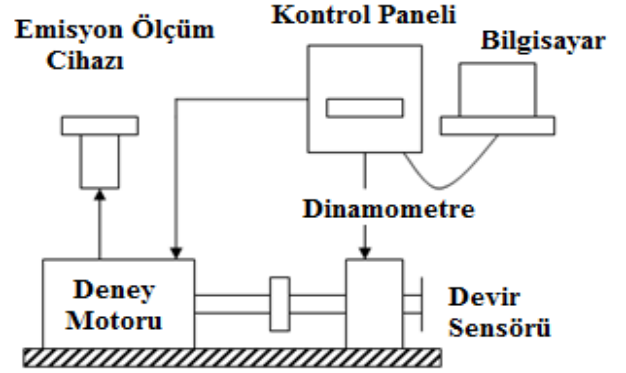
hazırlanan karışım, KÇY ile 1 saat boyunca 60°C transesterifikasyon işlemine tabii tutulmuştur. Karışım, yaklaşık 600 rpm'de bir manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırıp transesterifikasyon reaksiyonunun tamamlanmasından sonra, ester ve gliserin fazın ayrılması için, yaklaşık 8 saat için bir ayırma hunisi kullanılarak yapılmıştır. Ham ester, faz oranı 1/5 olacak şekilde sıcak su ile 3 kez yıkanmasının ardından kurutma işlemi, 1 saat boyunca 105°C biyodizel ısıtılarak yürütülmüştür. Son olarak, filtrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Test yakıtlarının analizleri Çukurova üniversitesi Otomotiv mühendisliği Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bütün yakıt analizlerde EN 14214 Standartlarında belirtilen metotlar uygulanmıştır. Yakıt özelliği belirleme testleri üç kez yapılmış olup transesterifikasyon reaksiyonu ile elde edilen iki farklı numuneye uygulanmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Üç deney arasında farklı numunelerden elde edilmiş en yüksek varyasyon katsayısı, deneyler arasında % 0,5 numuneler arasında ise % 0,6 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla farklı deneylerden ve farklı numunelerden elde edilen değerler arasındaki değişim ihmal edilebilir. Yakıt analiz belirleme deneylerinde kullanılan cihazlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Bu çalışmada, motor performans deneyleri dört zamanlı dört silindirli bir dizel motorunda gerçekleştirilmiştir. Deney motorunun şematik gösterimi ve özellikleri Şekil 1 ve Tablo 2'de sırasıyla gösterilmiştir. Deneyler tam yükte ve en çok kullanılan devir bandı aralığında yapılmıştır. Deney motoru bir adet hidrolik dinamometreye bağlanmıştır. Tablo 3'te kullanılan dinamometrenin teknik özellikleri sıralanmıştır. Test motorunu bir önceki deneyden kalan yakıttan arındırmak amacıyla motor yeni test yakıtıyla deneye başlanmadan önce yeteri kadar çalıştırıldıktan sonra deneye başlanmıştır. Motor performans değerlerini kaydetmek için iki saniye aralıkla değer alabilen dinamometrenin bilgisayar programı kullanılmıştır. Egzoz emisyonları Testo 350-XL gaz analizörü ile kaydedilmiştir. Gaz analizörünün hassasiyet derecesi CO için ±10 ppm, NOx için ±1 ppm'dir.

**Tablo 2.** Motor özellikleri (Engine specification)

Marka - Model	Mitsubishi Canter 4D34-2A
Konfigürasyon	Sıralı dörtlü
Tip	Direkt injection
Motor Hacmi	3907 cc
Çap	104 mm
Strok	115 mm

**Şekil 1.** Deney düzeneği (Layout of experimental setup)**Tablo 3.** Dinamometrenin teknik özellikleri (Technical specifications of the dynamometer)

Tork	0-1700 Nm
Devir	0-7500 rpm
Gövde Ağırlığı	45 kgf
Toplam ağırlık	110 kgf
Gövde Çapı	350 mm
Tork Kolu Uzunluğu	350 mm

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

#### 3.1. Yakıt özellikleri (Fuel Properties)

Dizel yakıtı, karpuz çekirdeği yağı (KÇY), KÇB, KÇB20 ve Avrupa biyodizel standardı (EN 14214) Tablo 4'te verilmiştir. Tabloda karpuz çekirdeği biyodizelinin

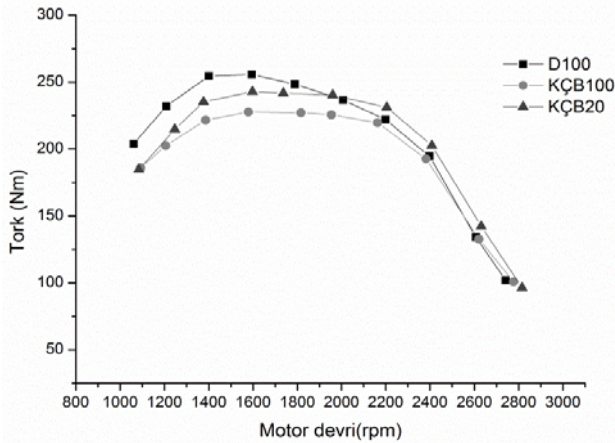
**Tablo 4.** Yakıt özellikleri (Fuel properties)

Özellikler	Dizel	KÇY	KÇB100	KÇB20	EN14214
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	830	920	884	839	860-900
Setan Sayısı	55,58	35	40	52,39	Min 51
Akma Noktası (°C)	-33	-	-1	-20	Yaz <4,0 Kış <-1,0
Alt Isıl Değer	11136	9207	9013	10232	-
Kinematik Viskozite (mm <sup>2</sup> /s)	2,49	24,28	4,25	2,99	3,5-5,0
Flash Point	60,5	>170	169	79,5	-

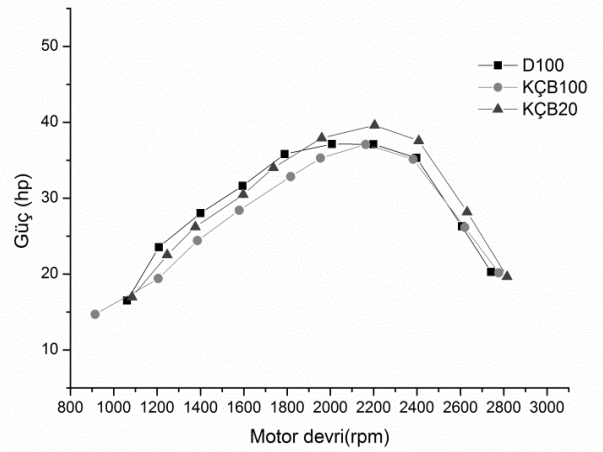
yoğunluk, viskozite, akma noktası ve ısı değer gibi ölçülen fiziksel özelliklerinin dizel yakıtına yakın olduğu görülmektedir. Setan sayısı tutuşma gecikmesini etkilediğinden dolayı dizel motorlarda en belirleyici özelliklerden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Dizel (D100), KÇY, KÇB100 ve KÇB 20 yakıtlarının setan sayıları sırasıyla 55,58, 35, 40 ve 52,39 olarak bulunmuştur. KÇB100 biyodizelinin setan sayısı EN 14214 standardının altında kalmasına rağmen, KÇB20 yakıtının standardı sağladığı görülmektedir. Diğer yandan KÇB100'ün viskozitesi dizel yakıtından daha yüksek ölçülmüştür, ancak ölçülen değer EN 14214 standardı aralığında yer almaktadır.

### 3.2. Güç ve Tork Değerleri (Torque and Power Values)

Farklı test yakıtlarından elde edilen tork ve güç değerlerinin motor devrine göre değişimi sırasıyla Şekil 2 ve 3'de verilmiştir. Bütün yakıtlar için en yüksek tork değeri yaklaşık 1600 dev/dk'da ölçülmüştür. En yüksek tork değerleri KÇB100 ve KÇB20 biyodizeli kullanımı ile sırasıyla %11 ve %5 civarında düşüş yaşamıştır. Deneyler sırasında ölçülen maksimum fren gücü değerleri de bütün test yakıtları için yaklaşık 2200 dev/dk'da ölçülmüştür. KÇB100 kullanımı deney motorunun fren gücü değerinde azalmaya yol açmıştır. Biyodizelin düşük ısı değerinin motorun torkunda ve gücünde azalmaya yol açtığı düşünülmektedir. Ek olarak, biyodizelin dizele göre yüksek oksijen içeriği de düşük tork ve güç değerlerine yol açmıştır.



**Şekil 2.** Test yakıtları için tork devir grafiği (Torque output versus engine speed for the test fuels)



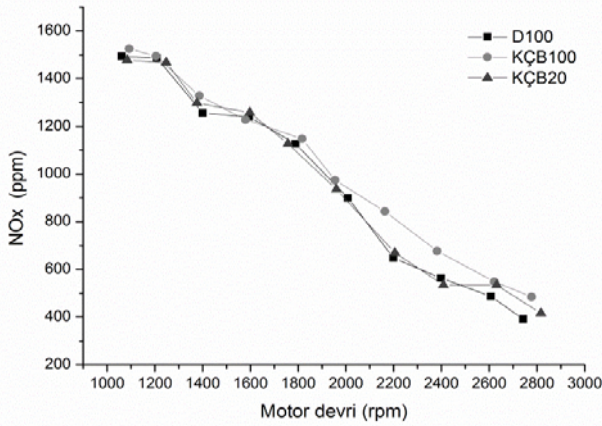
**Şekil 3.** Test yakıtları için güç devir grafiği (Brake power output versus engine speed for the test fuels)

### 3.3. NO<sub>x</sub> emisyonları (NO<sub>x</sub> Emissions)

NO<sub>x</sub> emisyonlarının yanma sıcaklığı, oksijen yoğunluğu ve zamana bağlı olduğu bilinmektedir [17]. Özellikle sıcaklık NO<sub>x</sub> oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Yüksek emisyon oluşumu yüksek sıcaklıklarda ve yüksek oksijen yoğunluğunda gerçekleşmektedir. NO<sub>x</sub> emisyonları maksimum yanma sıcaklığının 1800 K'i geçtiği sıcaklıklarda önemli ölçüde artmaktadır [18]. NO<sub>x</sub> emisyon değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir. Beklenildiği gibi, motorda KÇB kullanımıyla birlikte NO<sub>x</sub> emisyonu da artmaktadır. NO<sub>x</sub> oluşumu sıcaklığa duyarlı olduğundan, düşük devirlere doğru yük arttıkça NO<sub>x</sub> oluşumunun arttığı görülmektedir. KÇB'nin viskozite ve yoğunluk değerlerinin dizele göre daha yüksek olduğu Tablo 2'de görülmektedir. Yakıtın viskozite ve yoğunluk değerlerinin NO<sub>x</sub> emisyonları üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Püskürtme esnasındaki yakıt sızıntısı artan viskoziteyle birlikte düşer ve bu durum püskürtme zamanlamasında gecikmeye sebep olur [19]. Püskürtülen yakıtın kütlesi de yoğunlukla ilgilidir çünkü yakıt püskürtme sistemleri püskürtülen yakıt miktarını hacme göre ayarlamaktadır [20]. Enjeksiyon zamanlamasındaki gecikme, püskürtülen yakıtın kütlesinin artması ve KÇB'deki oksijen içeriğinden kaynaklanan yüksek yanma sıcaklığı yüksek NO<sub>x</sub> oluşumunun muhtemel nedenleri arasındadır. Ancak KÇB20 kullanımıyla birlikte NO<sub>x</sub> salınımının KÇB100'e göre düştüğü görülmüştür. Qi D.H. vd. [21], Ong H.C. vd. [22], Çelikten vd. [23], Şahin Z. [24], Sekmen ve Şen [25] yapmış oldukları çalışmalarda biyodizel karışım olarak



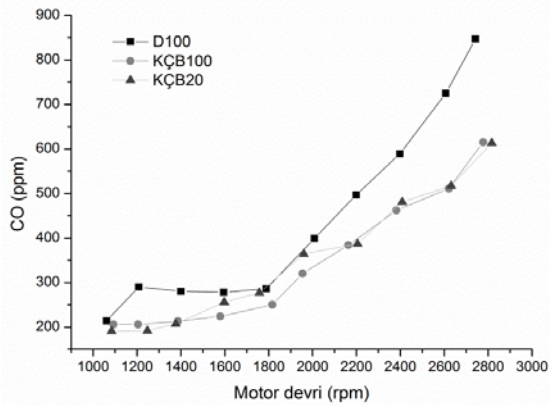
kullandığı zaman saf biyodizel kullanımına göre NOx emisyon değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.** Test yakıtları için NOx emisyonları grafiği (NOx emissions graph for test fuels)

### 3.4. CO emisyonu (CO emission)

CO emisyonu, yakıtın eksik yanmasından dolayı meydana gelen bir emisyon türüdür. Yüksek derecede zehirli ve insan sağlığına zararlıdır. Qi D.H. vd. [26] ve Palash vd. [27] yapmış oldukları çalışmalarda CO oluşumunda motor devri, hava-yakıt oranı, enjeksiyon basıncı ve kullanılan yakıtın türü gibi birçok faktörün etkisinin bulunduğunu belirtmişlerdir. Biyodizelin tam yanmasını sağlayan yüksek oksijen içeriğinden dolayı, biyodizel kullanımıyla birlikte CO emisyonunda azalma görülmektedir. Şekil 5'te de görüldüğü gibi KÇB100 ve KÇB20 kullanımıyla birlikte CO emisyonu azalmaktadır.



**Şekil 5.** Test yakıtları için CO emisyonları grafiği (CO emissions graph for test fuels)

Egzozda CO yoğunluğunun düşmesine neden olan oksijenin biyodizelerde daha yüksek oranda olması bu düşüşün temel nedenidir. CO nun CO<sub>2</sub>'ye dönüşümü egzozdaki CO emisyonunu azaltmıştır. Biyodizeldeki dizele oranla düşük C/H oranı da CO değişmesine neden olmuştur. Yüksek yük değerlerinde görülen artış, düşük hava yakıt oranından dolayı oluşan lokal bölgelerdeki oksijen

eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Gumus [28], Dhar vd. [29], Öztürk [30] yüksek yük değerlerinde görülen artışın, düşük hava yakıt oranından dolayı oluşan lokal bölgelerdeki oksijen eksikliğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Qi D.H. vd. [26] ve Palash vd. [27] biyodizel kullanımıyla birlikte CO emisyonunda düşüş olduğunu gözlemlenmiştir.

## 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Emisyon ve motor performans deneyleri dört silindirli bir dizel motordan gerçekleştirilmiştir. Karpuz çekirdeği biyodizeli ve hacimsel %20'lik dizelle karışımının motor performans, azot oksit ve karbon monoksit emisyonuna olan etkileri ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmadan aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir.

KÇB100 ve KÇB20'nin ölçülen setan sayısı, yoğunluk, viskozite ve akma noktası gibi yakıt özelliklerinin dizel ile yakın özellikte olduğu görülmüştür. Motor performans deneyleri sonucunda KÇB100 ve KÇB20 biyodizelinin kullanımıyla motorun güç ve tork değerlerinde düşüş görüldüğü ortaya çıkmıştır. Emisyon ölçüm testleri KÇB20 kullanımıyla CO ve NOx değerlerinin iyileştiğini ortaya çıkarmıştır. Sonuç olarak Karpuz çekirdeği biyodizelinin dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilceği belirlenmiştir.

## 5. SİMGELER (SYMBOLS)

KÇY	: Karpuz Çekirdeği Yağı
NaOH	: Sodyum Hidroksit
FFA	: Serbest Yağ Asidi
KÇB	: Karpuz Çekirdeği Biyodizeli
KÇB20	: %20 Karpuz Çekirdeği Biyodizeli-%80 Dizel yakıtı
KÇB100	: Karpuz Çekirdeği Biyodizeli %100
NOx	: Azot Oksit
CO	: Karbon monoksit
C/H	: Karbon/Hidrojen oranı

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TBMYO2012BAP2 numaralı proje ile desteklenmiştir.

## REFERANSLAR (REFERENCES)

1. Silitonga A.S., Masjuki H.H., Mahlia T.M.I., Ong H.C., Chong W.T., Boosroh M.H., Overview Properties of Biodiesel Diesel Blends from Edible and Non-edible Feedstock, Renewable Sustainable Energy Rev., 22:346-360, 2013.
2. Demirbas, A., Importance of Biodiesel as Transportation Fuel, Energy Policy, 35 4661-4670, 2007.
3. Panwar N.L., Shrirame H.Y., Rathore N.S., Jindal S., Kurchania A.K., Performance Evaluation of a Diesel Engine Fueled with Methyl Ester of Castor Seed Oil, Appl. Therm. Eng., 30, 245-249, 2010.

4. Gülüm M., Bilgin A., Çakmak A., Comparison of optimum reaction parameters of corn oil biodiesels produced by using Sodium Hydroxide (NaOH) and Potassium Hydroxide (KOH), *Journal of the Faculty of Engineering Architecture of Gazi University*, 30 (3), 503-511, 2015.
5. International Energy Outlook 2011, <http://www.eia.gov/pressroom/presentations/howard09192011.pdf>, Erişim 11 Aralık 2015.
6. Demirbas A., Progress and recent trends in biodiesel fuels, *Energy Convers. Manage.*, 50, 14–34, 2009.
7. Sahoo P.K., Das L.M., Babu M.K.G., Naik S.N., Biodiesel development from high acid value polanga seed oil and performance evaluation in a CI engine, *Fuel*, 86, 448–454, 2007.
8. Devan P.K., Mahalakshmi N.V., Utilization of unattended methyl ester of paradise oil as fuel in Diesel Engine, *Fuel*, 88, 1828–1833, 2009.
9. Canakci M., Van Gerpen J. H., Compression of Engine Performance and Emission for Petroleum Diesel Fuel, Yellow Grease Biodiesel, and Soybean Oil Biodiesel, *Trans. ASAE*, 46, 937–44, 2003.
10. Çelik M., Solmaz H., Yücesu H.S., Examination of the effects of n-heptan addition to cotton methyl ester on the engine performance and combustion characteristics, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 30 (3), 361-369, 2015.
11. Konthe G., Biodiesel and Renewable Diesel: a Comparison, *Prog. Energy Combust. Sci.*, 36, 364-373, 2010.
12. Gökseven A., Çerezlik potansiyeli olan karpuz gen kaynaklarının verimliliği ile meyve tohum, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
13. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> Erişim 21.06.2012
14. Ayodele O.J., Shittu O.S., Cost-benefit analysis of melon (egusi) seed and seed oil yield responses to phosphorus fertilizer application, *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3 (5), 152-155, 2014.
15. Rajeshwer Rao Y., Varala R.A., Narendra Reddy J., Santhoshi P.S., Dashrath Kondhare D., Deshmukh Sushma S., Zubaidha P.K., Evaluation of watermelon seed oil as an alternative feedstock for the production of biodiesel in the presence of crystalline manganese carbonate, *International Journal of Alternative Fuels*, 14 (12), 378, 2012.
16. Ejikeme P.M., Egbounu C.A.C., Anyaogu I.D., EZE V. C., Fatty acid methyl esters of melon seed oil: characterization for potential diesel fuel application, *Leonardo Journal of Sciences*, 19, 75-84, 2011.
17. Can Ö., Combustion characteristics, performance and exhaust emissions of a diesel fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture, *Energy Convers. Manage.*, 87, 676-686, 2014.
18. Ileri E., Koçar G. Experimental investigation of the effect of antioxidant additives on NOx emissions of a diesel engine using biodiesel, *Fuel*, 125, 44–49, 2014.
19. Kegl B., Numerical analysis of injection characteristics using biodiesel fuel, *Fuel*, 85, 2377–87, 2006.
20. Palash S.M., Kalam M.A., Masjuki H.H., Masum B.M., Rizwanul Fattah I.M., Mofijur M., Impacts of biodiesel combustion on NOx emissions and their reduction approaches, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 23, 473–490, 2013.
21. Qi D.H., Chen H., Geng L.M., Bian Y.Z.H., Experimental studies on the combustion characteristics and performance of a direct injection engine fueled with biodiesel/diesel blends, *Energy Convers. Manage.*, 51, 2985-2992, 2010.
22. Ong H.C., Masjuki H.H., Mahlia T.M.I., Silitonga A.S., Chong W.T., Leong K.Y., Optimization of biodiesel production and engine performance from high free fatty acid Calophyllum oil in CI diesel engine, *Energy Convers. Manage.*, 81, 30-40, 2014.
23. Çelikten İ., Mutlu E., Solmaz H., Variation of performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel, rapeseed oil and hazelnut oil methyl ester blends, *Renewable Energy*, 48, 122-126, 2012.
24. Şahin Z., Experimental investigation of the effects of using gasoline-diesel fuel blends on combustion, engine parameters and NOx emission in a turbocharged pre-chamber diesel engine, *Journal of the Faculty of Engineering Architecture of Gazi University*, 30 (3), 329-338, 2015.
25. Sekmen Y., Şen S., Biodiesel production from anchovy (*engraulis encrasicolus*) oil and its effect on diesel engine performance and emissions, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31 (1), 19-27, 2016.
26. Qi D.H., Geng L.M., Chen H., Bian Y.Z.H., Liu J., Ren X.C.H., Combustion and performance evaluation of a diesel engine fueled with biodiesel produced from soybean crude oil, *Renewable Energy*, 34, 2706-2713, 2009.
27. Palash S.M., Masjuki H.H., Kalam M.A., Atabani A.E., Rizwanul Fattah I.M., Sanjid A., Biodiesel production, characterization, diesel engine performance and emission characteristics of methyl esters from *Aphanamixis polystachya* oil of Bangladesh, *Energy Convers. Manage.*, 91, 149-157, 2015.
28. Gumus M., Evaluation of hazelnut kernel oil of Turkish origin as alternative fuel in Diesel engines, *Renewable Energy*, 33, 2448–2457, 2008.
29. Dhar A., Kevin R., Agarwal A., Production of biodiesel from high-FFA neem oil and its performance emission and combustion characterization in a single cylinder DIC Engine, *Fuel Process. Technol.*, 97, 118–129, 2012.
30. Öztürk E., Performance, emissions, combustion and injection characteristics of a diesel engine fuelled with Canola oil–Hazelnut soapstock biodiesel mixture, *Fuel Process. Technol.*, 129, 183–191, 2015.