

# Tall Yağı Biyodizeli Üretimi ve B80 Oranının Dizel Yakıtı Olarak Kullanımı

Ali KESKİN\*, Metin GÜRÜ\*\*, Duran ALTIPARMAK\*\*\*, M. Akif KUNT\*\*\*\*

\* Mersin Üniversitesi Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi  
33450 MERSİN

\*\* Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

\*\*\* Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi  
06570 ANKARA

\*\*\*\* Dumlupınar Üniversitesi Tavşanlı Meslek Yüksek Okulu  
43300 KÜTAHYA

## ÖZET

Fosil kökenli yakıtların çevreye verdikleri zararların yanı sıra son zamanlarda fiyatlarında meydana gelen artışlar, bu yakıtların yerini alabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini daha da artırmıştır. Bunlardan bir tanesi olan biyodizel, bitkisel veya hayvansal yağlardan üretilen, çevreye karşı daha duyarlı ve yenilenebilir özelliğe sahip alternatif dizel yakıtıdır.

Yapılan bu çalışmada kağıt fabrikalarında proses esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan tall yağından biyodizel üretimi ve üretilen biyodizelin dizel yakıtı ile %80 oranındaki karışımının (B80) motor performans ve emisyon değerlerine olan etkileri tek silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda tam yük şartlarında test edilmiştir. B80 yakıtının tork ve güç değerlerinde dizel yakıtı değerlerine göre önemli bir değişim görülmezken, ısı değer farkından dolayı özgül yakıt tüketiminde %8,55'e kadar varan artışlar olmuştur. CO ve is emisyonlarında sırasıyla %13 ve %30'a varan oranlarda azalmaların olduğu tespit edilmiştir. NO<sub>x</sub> emisyonları yapılan bütün ölçümlerde dizel yakıtı değerinden daha yüksek ölçülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Biyodizel, Esterleşme, Dizel Yakıtı, Tall Yağı

# Production of Tall Oil Biodiesel and Use of B80 as Diesel Fuel

## ABSTRACT

Importance of renewable energy resource is risen because increasing in price of fossil based fuels and harmful emissions after using them. Biodiesel as an alternative diesel fuel is generally produced from animal or vegetable oils and it is also environment friendly fuel.

In this study, biodiesel was produced from tall-oil which is the residual of paper plant and effects of the mixture of biodiesel with 80 % diesel fuel on a diesel engine performance and emission. Comparing with normal diesel fuel performance, no considerable changes were observed for the engine power output and torque, but specific fuel consumption was increased up to 8.55 % with the fuel mixture, because of calorific value of the mixture. But, CO and smoke values were determined to reduce by 13% and 30% respectively. NO<sub>x</sub> emission of the mixture was measured slightly higher than that normal diesel fuels.

**Keywords:** Biodiesel, Esterification, Diesel Fuel, Tall Oil

## 1. GİRİŞ

Dünyada enerji ihtiyacı gün geçtikçe hızla artmaktadır. Kişi başına enerji tüketimi, ülkelerin gelişmişliğinin ve refah düzeyinin önemli bir ölçüsüdür (1). Bugün dünyada tüketilen enerjinin yaklaşık %85'i fosil kökenli enerji kaynaklarından temin edilmektedir (2-3). Son dönemlerde; fosil kökenli enerji kaynaklarının fiyatlarındaki artışlar, temininde yaşanan belirsizlikler ve kullanımı sonucunda ortaya çıkan çevresel problemler, bir çok devletin yenilenebilir alternatif enerji kaynakları üzerindeki araştırmaları arttırmasına neden olmuştur. Bu enerji çeşitlerinden en önemlileri, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, güneş enerjisi, hidro-elektrik enerji,

dalga enerjisi, hidrojen enerjisi ve biyokütle enerjisidir (4). Son zamanlarda üzerinde en fazla durulan ve biyokütle enerjisi çeşitlerinden bir tanesi olan biyodizel, bol güneş alan ve geniş tarım alanlarına sahip olan ülkemiz için gelecek vaad etmektedir. Biyodizel bitkisel veya hayvansal kökenli yağlardan kimyasal proses sonucunda üretilen alternatif dizel motor yakıtıdır.

Biyodizel üretiminde; bitkisel veya hayvansal yağlar, güçlü baz yada asit katalizörler yardımı ile alkollerle belirli sıcaklıkta kimyasal reaksiyona sokularak yeni esterler elde edilir. Bu reaksiyona transesterifikasyon ve elde edilen esterlere ise biyodizel denir. Reaksiyonun yan ürünü olarak gliserin elde edilir. Reaksiyon kullanılacak katalizörün belirlenmesinde en

önemli faktör yağ bünyesindeki serbest yağ asidi miktarıdır. Eğer yağ içerisindeki serbest yağ asidi miktarı yüksek ise baz katalizörlerin kullanımı mümkün değildir. Çünkü baz katalizör esterleşme prosesi esnasında serbest yağ asitleri ile reaksiyona girerek sabun oluştururlar. Bu olay baz katalizörün etkisizleşmesine neden olduğu için verim azalır yada reaksiyon hiç gerçekleşmez (5-7). Bu nedenle serbest yağ asidi yüksek olan yağlardan biyodizel üretiminde, baz katalizörlü reaksiyondan önce asit katalizörlü bir ön reaksiyon ile yağ içerisindeki serbest yağ asitlerinin esterleştirilmesi gerçekleştirilir. Bu ön proses, nötrleştirme olarak adlandırılır.

Birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarda, biyodizel yakıtların kullanımının dizel motorlarda hidrokarbon (HC), karbon monoksit (CO), kükürt oksit (SO<sub>x</sub>) ve is emisyonlarında önemli oranlarda azalmalar sağladığını ortaya koymuştur (8-11). Bununla birlikte, biyodizel yakıtların kükürt içermemeleri, setan sayılarının ve parlama noktalarının yüksek olması, moleküler yapılarında oksijen bulunması ve yağlama özelliklerinin daha iyi olması en önemli avantajlarıdır. Bunun yanı sıra bulutlanma noktası ve soğuk filtre tıkanma noktalarının yüksek olması en önemli dezavantajlarıdır.

Yapılan bu çalışmada kağıt fabrikalarında yan ürün olarak elde edilen tall yağından biyodizel üretimi ve bunun dizel motor performans ve emisyonuna etkisi araştırılmıştır. Tall yağın tercih edilmesinin en önemli nedeni diğer yağlara göre çok daha ucuz olmasıdır. Tall yağın kimyasal yapısı, kağıt üretiminde kullanılan ağacın cinsine, yetiştirildiği coğrafi şartlara, depoda bekleme süresine ve üretim prosesine bağlı olarak değişim gösterir. Tall yağı %40-50 oranında reçine asidi, %30-40 oranında yağ asidi ve %10 sabunlaşmayan maddeler (B-sitesterol) içerir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Yağ Asitlerinin Elde Edilmesi

Üzerinde çalışma yapılan tall yağı örneği Çaycuma Kağıt Fabrikasından temin edilmiştir. Biyodizel üretiminde kullandığımız serbest yağ asitleri ham tall yağından distilasyon yöntemi uygulanarak ayrılmıştır. Distilasyon düzeneği, manyetik karıştırıcıli termostat kontrollü ısıtıcı, yüksek sıcaklığa dayanıklı kavanoz şeklinde bir balon, düz soğutucu ve 370°C sıcaklığa kadar ölçüm yapabilen termometreden oluşmaktadır. Distilasyon, ürünlerin buharlaşma sıcaklığı dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Distilasyon, sabit ısıda her seferinde aynı miktarda tall yağı kullanılarak yapılmıştır. Değişik sıcaklıklarda distile olan ürünlerin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılarak ürünlerin distile oldukları sıcaklıklar belirlenmiştir. Ham tall yağından ilk distile olan ürün su olmuş, daha sonra ise sırasıyla yağ asitleri ve reçine asitleri distile olmuştur.

### 2.2. Yağ Asitlerinin Esterleştirilmesi

Esterleşme reaksiyonu; cam reaktörde, serbest yağ asitlerinin kütlece %20'si kadarı metil alkol reaktif olarak ve %5'i kadarı da sülfürik asit katalizör amacıyla kullanılarak, 75°C sıcaklıkta, 3 saat reaksiyon süresinde, gerçekleştirilmiştir. Reaksiyonda kullanılan alkol oranı teorik olarak reaksiyonda ihtiyaç duyulanın yaklaşık iki katıdır. Kimyasal tepkime sonunda elde edilen ham metil esterinin içerisindeki, sülfürik asit ve kimyasal tepkimeye girmeyen maddeleri ayırmak için sodyum bikarbonat çözeltisi ile iki defa yıkanıp ayırma hunileri yardımıyla metil esterden ayrılmıştır. Yıkama sonrası elde edilen metil ester distilasyon yöntemi ile rafine edilmiştir. Bu esnada tall yağı metil esteri içerisinde kalan reçine asitleri de bünyeden ayrılmıştır.

Test yakıtı %80 oranında tall yağı biyodizeli ve %20 oranında dizel yakıtı hacimsel olarak karıştırılarak oluşturulmuştur. Test yakıtı "B80" olarak adlandırılmıştır.

### 2.3. Motor Test Düzeneği

Motor testlerinde teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiş olan tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motoru kullanılmıştır. Testler, 1800-3200 min<sup>-1</sup> motor hızları arasında 200 min<sup>-1</sup> aralıklarla tam yük şartlarında yapılmıştır. Tork ölçümleri için bir elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Yakıt tüketim değerleri hacimsel olarak ölçülmüştür. Emisyon ölçümlerinde ise VLT 2600 S marka duman ölçer ve Gaco-SN marka gaz analiz cihazları kullanılmıştır. Deneysel üç kez yapılmış ve ölçülen değerlerin ortalamaları alınmıştır.

Çizelge 1. Deneysel motorunun teknik özellikleri

Marka ve model	Lombardini 6LD 400
Çalışma prensibi	4 zamanlı, direkt enjeksiyonlu
Soğutma şekli	Hava Soğutmalı
Silindir sayısı	1
Silindir hacmi	395 cm <sup>3</sup>
Silindir çapı	86 mm
Strok	68 mm
Sıkıştırma oranı	18:1
Enjektör püskürtme basıncı	200 bar

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

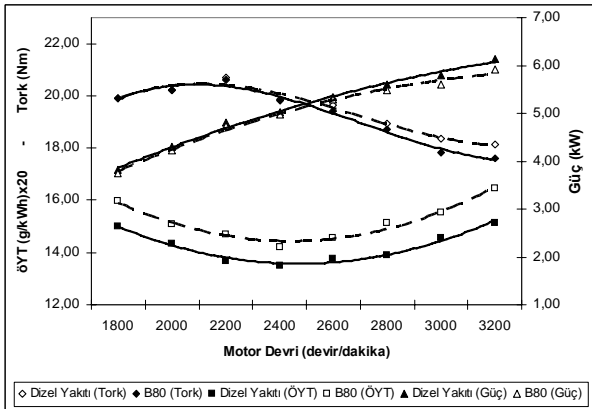
B80 yakıtı, setan sayısı, kükürt içeriği ve tutuşma noktası gibi özellikleri ile dizel yakıtından daha avantajlı, diğer yakıt özellikleri ise dizel yakıtı özelliklerine yakındır. B80 yakıtının soğuk filtre tıkanma noktası, akma noktası ve bulutlanma noktası değerleri dizel yakıtı değerlerinden yüksek olmakla birlikte, ılıman iklimte sahip bölgelerde çok rahat bir şekilde kullanılabilceği görülmektedir. B80 yakıtının özellikleri genel olarak TS-EN 14214 standardı ile uyum göstermektedir.

Çizelge 2. Dizel yakıtı ve B80 yakıtının özellikleri

	Dizel Yakıtı	B80
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ) 15°C	835	878
Isıl değer (kJ/kg)	43760	40781
Kükürt (kütlece %)	0,2579	0,0523
Soğukta filtre tıkkama noktası; CFPP (°C)	-8	-5
Akma Noktası (°C)	-23	-9
Parlama noktası (°C)	73	92
Bulutlanma noktası (°C)	-6	-1
Setan sayısı	47	51
Viskozite 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	2,6	6,0

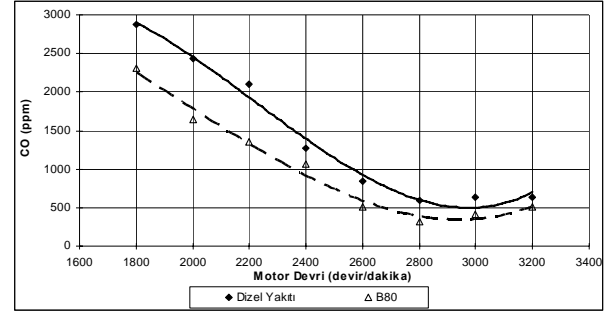
B80 ve dizel yakıtı ile motorun tam yük şartlarında elde edilen tork, güç ve özgül yakıt tüketimi değerlerinin motor devrine bağlı değişimleri Şekil 1.'de görülmektedir. B80 yakıtının tork ve güç değerlerinde, dizel yakıtı değerlerine göre önemli bir farklılık görülmemektedir. Her iki yakıt için; 2200 min<sup>-1</sup>'de maksimum tork değerleri, 3200 min<sup>-1</sup>'de ise maksimum güç değerleri elde edilmiştir. B80 yakıtının tork ve güç değerleri, dizel yakıtı değerlerine göre sırasıyla %0,30 ila %2,96 arasında azalma göstermiştir. Meydana gelen ortalama azalma miktarı ise %1,10 olmuştur. Şekil 1'de görüldüğü gibi tork ve güç değerlerindeki azalma oranları 2400 min<sup>-1</sup>'den sonraki motor devirlerinde daha fazladır. B80 yakıtı ile düşük motor devirlerinde daha iyi performans elde edilmiştir.

B80 yakıtının ısı değerinin dizel yakıtından %7,63 oranında daha düşük olmasının sonucu olarak, dizel yakıtı değerlerine göre daha yüksek özgül yakıt tüketimi değerleri ölçülmüştür (Şekil 1). Dizel yakıtı ve B80 yakıtı ile ölçülen en düşük özgül yakıt tüketimi değeri 2400 min<sup>-1</sup>'de sırası ile 270,07 ve 284,60 g/kWh olarak ölçülmüştür. B80 yakıtının özgül yakıt tüketimi değerleri dizel yakıtına göre ortalama %6,76 oranında artış göstermiştir. Özgül yakıt tüketiminde ölçülen maksimum artış oranı 3200 min<sup>-1</sup>'de %8,55 dir. Özgül yakıt tüketiminin daha yüksek çıkmasının nedeni, B80 yakıtının kalorifik değerinin daha düşük olmasından kaynaklanabilir.



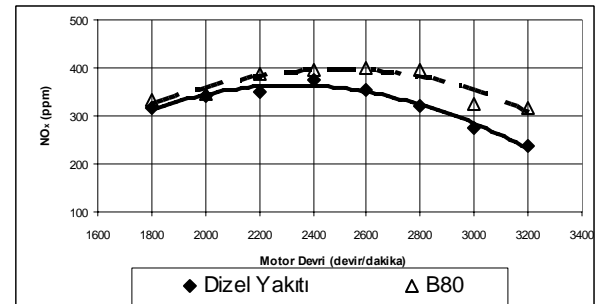
Şekil 1. Dizel yakıtı ve B80 yakıtının tork, güç ve özgül yakıt tüketimi değerleri

Eksik yanma ürünü olan ve içten yanmalı motorlardan kaynaklanan kirlenici emisyonların en önemlilerinden bir tanesi olan CO emisyonun motor devrine bağlı değişimi Şekil 2'de görülmektedir. B80 yakıtı ile ölçülen CO emisyonu değerleri, özellikle düşük motor devirlerinde dizel yakıtı değerlerine göre büyük oranlarda azalmalar göstermiştir. Ölçülen minimum CO emisyonu değerleri dizel yakıtı ile 2800 min<sup>-1</sup> motor hızında 520 ppm iken B80 yakıtı ile aynı hızda 450 ppm dir. B80 yakıtı ile CO emisyonları dizel yakıtı değerlerine göre ortalama %13 oranında azalmıştır.



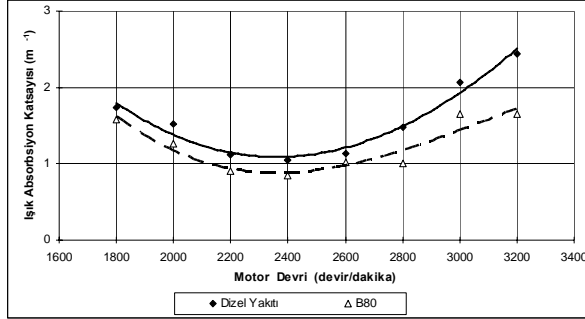
Şekil 2. Dizel yakıtı ve B80 yakıtının CO emisyonu değerleri

Dizel yakıtı ve B80 yakıtının NO<sub>x</sub> emisyonlarının değişimleri Şekil 3'de görülmektedir. Yanma prosesinde NO<sub>x</sub> emisyonu oluşumu, yanma sonucunda ulaşılan sıcaklığa, oksijen ve azot gazı konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterebilmektedir. Yapılan bu çalışmada, dizel yakıtı değerlerine göre, B80 yakıtı ile bütün devirlerinde daha yüksek NO<sub>x</sub> emisyonu değerleri ölçülmüştür. Atış oranları yüksek motor devirlerinde daha fazla olmuştur. Maksimum NO<sub>x</sub> emisyonu artışı 3200 min<sup>-1</sup> 'de %34,74 oranında iken, ortalama artış oranı ise %14 dür. Meydana gelen artışların temel nedeni, B80 yakıtının moleküler yapısında bulunan aminoasitlerin yüksek sıcaklıklarda oksitlenmesiyle NO<sub>x</sub>'in oluşmasıdır. Benzer sonuçlar, daha önce yapılan araştırmalarda da tartışılmıştır (7,11).

Şekil 3. Dizel yakıtı ve B80 yakıtının NO<sub>x</sub> emisyonu değerleri

Şekil 4'de görüldüğü gibi, B80 yakıtı ile dizel yakıtı değerlerinden daha düşük is emisyonu değerleri ölçülmüştür. Minimum özgül yakıt tüketimi değeri ve maksimum tork değerlerinin ölçüldüğü devirlerde, her iki yakıt ile daha düşük is emisyonu değerleri kaydedilmiştir. B80 yakıtı ile ölçülen is emisyonu değerleri özellikle yüksek motor hızlarında dizel yakıtı değerle-

rine göre daha düşük kaydedilmiştir. B80 yakıtının is emisyon değeri dizel yakıtına göre yüksek motor hızlarında %30'a varan azalmalar tespit edilmiştir. B80 yakıtının daha az kükürt içermesi, setan sayısının yüksek olması is emisyonunun azalmasında etkin olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Dizel yakıtı ve B80 yakıtının is emisyon değerleri

#### 4. SONUÇ

Yapılan çalışmada, yakıt özellikleri, motor performansı ve emisyon sonuçları değerlendirildiğinde tall yağı biyodizelinin dizel yakıtı ile %80 oranındaki karışımının dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilceği görülmüştür.

B80 yakıtının özellikleri, dizel yakıtı özellikleri ile büyük oranda benzerlik taşımaktadır. Setan sayısının yüksek olması, daha az kükürt içermesi, bulutlanma ve soğuk filtre tıkanma noktası değerlerinin düşük olması en önemli yakıt avantajlarıdır. Ancak, B100 yakıtının özelliklerinde ise dizel yakıtının özelliklerinden ve kanola-soya yağı metil esterleri için geçerli olan TS-EN 14214 standardı değerlerinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle, saf tall yağı metil esterine %20 oranında dizel yakıtı karıştırılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

B80 yakıtı ile motor güç ve tork değerlerinde önemli bir değişim olmamasına rağmen, yakıtın ısıl değerinin dizel yakıtından düşük olmasından dolayı özgül yakıt tüketim değerlerinde ortalama %6,76 oranında artış olduğu tespit edilmiştir.

CO ve is emisyonu değerlerinde önemli oranlarda azalmalar tespit edilmiştir. Azalma oranları CO

emisyonunda %13'e kadar, is emisyonunda ise %30'a kadar olmuştur. Bununla birlikte NO<sub>x</sub> emisyonları ölçüm yapılan bütün motor devirlerinde artış göstermiştir. Ölçülen maksimum artış oranı %34,74'dür.

#### 5. KAYNAKLAR

- 1- Keskin, A., "Tall Yağı Esaslı Biyodizel ve Yakıt Katkı Maddesi Üretimi ve Bunların Dizel Motor Performansı Üzerindeki Etkileri", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 2005.
- 2- Satman, A., Dünyada Enerji Kaynakları, 1. Enerji ve Kalkınma Sempozyumu, İstanbul, 2006.
- 3- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Basın Merkezi, [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr), 2005.
- 4- Mohamed, A. R., Lee, K. T., Energy for sustainable development in malaysia; energy policy and alternative energy, Energy Policy, 34, 2388 – 2397, 2006.
- 5- Zhang, Y, Dube MA, McLean DD, Kates M. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. Bioresource Technology 89, 1-16. 2003.
- 6- Tashtoush, G. M., Al-Widyan, M., Al-Jarrah, M., Experimental study on evaluation and optimization of conversion of waste animal fat into biodiesel, Energy Conversion & Management, 45, 2697-2711, 2004.
- 7- Altıparmak, D., Keskin, A., Koca, A., Gürü, M., Alternative fuel properties of tall oil fatty acid methyl ester-diesel fuel blends, Bioresource Technology, 98, 241-246, 2007.
- 8- Nabi, M. N., Akhter, M. S., Shahadat, M. M. Z., Improvement of engine emissions with conventional diesel fuel and diesel-biodiesel blends, Bioresource Technology, 97, 372 – 378, 2006.
- 9- Labeckas, G., Slavinskis, S., The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions, Energy Conversion & Management, 47, 1954-1967, 2006.
- 10- Zheng, S., Kates, M., Dube, M.A., McLean, D. D., Acid-catalyzed production of biodiesel from waste frying oil, Biomass & Bioenergy, 30, 267-272, 2006.
- 11- Agarwal, D., Sinha, S., Agarwal, A. K., Experimental investigation of control of NO<sub>x</sub> emissions in biodiesel-fuelled compression ignition engine, Renewable Energy, 31, 2356-2369, 2006.