

# Kışlık Kanola Çeşitlerinden Californium'dan Üretilen Biyodizelin Diesel Motorlarda Kullanıma Uygunluğunun İncelenmesi

Hülya Karabaş<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Arifiye Meslek Yüksekokulu, Motorlu Taşıtlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, 54580 Arifiye, Sakarya.

## Özet :

Biyodizel üretiminde özellikle standart hammadde olan kanola üretiminde ülkemizin yetersiz olması, dışa bağımlı olma sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada ilk aşamada kışlık kanola çeşitlerinden olan Californium tohumlarından solvent ekstraksiyon yöntemi ile diethyl ether solventi kullanılarak ham yağ elde edilmiştir. Elde edilen ham yağın özellikleri belirlenmiş ve biyodizel hammaddesi olabileceği tespit edilmiştir. İkinci aşamada % 1'lik potasyum hidroksit katalizörü kullanılarak 55 °C sıcaklıkta, 1 saat reaksiyon süresinde ve 1:8 yağ:alkol molar oranı şartlarında transesterifikasyon yöntemiyle kanola yağı metil esteri üretilmiştir. Bu şartlarda metil ester dönüşüm oranı % 98 olmuştur. Yakıt analiz sonuçları EN 14214 biyodizel standartlarıyla karşılaştırıldığında setan sayısı ve soğuk filtre tıkanma noktasının kışlık değerleri dışında tüm ölçüm değerleri standartlara uygun bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kanola yağı; metil ester; solvent ekstraksiyon; transesterifikasyon.

## Investigation of Diesel Engines Suitability by Using Biodiesel Produced of Californium a Kind of Winter Canola

### Abstract

The standard raw materials, especially canola production of biodiesel production in our country is insufficient, raises the problem of being dependent. The first stage of this study the seeds of winter canola varieties Californium the crude oil extracted using diethyl ether by solvent extraction method. The obtained crude oil properties were determined, and this oil can be used as raw material for biodiesel production. In the second stage canola oil methyl ester was produced, 1 % catalyst concentration using potassium hydroxide at 55 °C reaction temperature, 1 hour reaction time, and 1:8 molar ratio by transesterification method. Under these conditions the methyl ester conversion rate is 98 %. Fuel analysis results were compared with EN 14214 biodiesel standards. Cetane number and cold filter plugging point, except for the winter values of all measured values were found in compliance with the standards.

**Key Words:** Canola oil; methyl ester; solvent extraction; transesterification

### GİRİŞ

Günümüzde enerji arzının güvenliği ve sürekliliği ülkelerin birincil önceliği durumuna geldiği için kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kökenli, birincil enerji kaynaklarının yanı sıra, yeni-yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji teknolojisinde değerlendirilmesi konusunda artan bir ilgi ve uygulama yoğunluğu vardır. Ülkeler bir yandan tarım-çevre; tarım-sanayi ilişkileri sonucunda küresel ısınma ile birlikte varlıklarını sürdürebilmek, bir yandan devam eden soğuk savaşlar nedeni ile bağımsızlıklarını koruyabilmek için enerji arzlarının güvenliği ve sürekliliği yanında yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler.

Güneş enerjisini bünyelerine kimyasal enerji olarak bağlayan bitkiler, enerji sektöründe yeni ve yenilenebilir kaynak olarak düşünülmektedir. Bitkisel biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürerek depolanması sonucu oluşmaktadır. Odun, yağlı tohum bitkileri, karbohidrat bitkileri, elyaf bitkileri, protein bitkileri, bitkisel artıklar, hayvansal atıklar ile şehirselle ve endüstriyel atıklar biyokütle enerji teknolojileri kapsamında değerlendirilmekte ve mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlar elde edilmektedir. Biyokütle kökenli, en önemli Diesel

motoru alternatif yakıtı biyomotorin (biodiesel) dir. Biyodizel; bitkisel yağların ham ya da kullanılmışlarından ve hayvansal yağlardan kimyasal yöntemler yardımıyla üretilen biyoyakıtlar kapsamında olan, çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli sıvı halde bir yakıttır. Biyodizel hammaddesini kanola, ayçiçek, soya, aspir, pamuk, palm, jatropha vb yağlı tohumlar, hayvansal kökenli yağlar, algler ve atık yağlar oluşturmaktadır (Karaosmanoğlu, 2006).

Biyodizel, temel olarak tarımsal ürün kaynaklı hammaddeden yola çıkılarak işlendiği için "Tarım ve sanayiye, kullanım aşamasında enerji-çevre-maliye'yi" doğrudan ilgilendirmektedir. Biyodizel tarımsal sanayinin güçlenmesini sağlayarak kırsal alandan göçü azaltır, sürdürülebilir tarımsal yapı oluşturur, yağ bitkileri tarımını yaygınlaştırarak aynı zamanda gıda alanındaki yağ açığının kapatılmasına destek olur, ekim nöbetini yaygınlaştırarak toprak verimliliğinin artırılması ve polikültürü desteklemesi, üreticilerin en büyük maliyet gideri olan enerji ihtiyacının kendisi tarafından üretmesini sağlar. Tarımsal üretimde çeşitliliği sağlayarak "tohumunu getir, yakıtını götür" sloganı ile "enerji tarımı" kültürünü oluşturmaya yardımcı olur. Tarımsal üretimde sanayi ve enerjiye entegrasyon ile sözleşmeli tarım modelinin benimsenmesini kolaylaştırması yönüyle biyodizel tarımsal özellikleri olan bir yakıttır (İşler, 2007). Biyodizel, ülkelerin enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve enerjide dışa bağımlılıktan kurtulabilme stratejileri için destek olan, hem küçük (evsel) hemde sanayi tipi üretimde ekonomik uygulanabilirliği olan, atık yağların değerlendirilerek yeraltı sularının kirletilmesinin önüne geçilmesi ve böylece ekonomiye geri kazanımı, motorun daha sessiz çalışmasını sağlaması ile gürültü kirliliğini önleyici etkileri ile ön plana çıkan, savaş ve zorunlu hallerde stratejik yakıt olarak kullanılabilen, taşıma ve depolanması itibarıyla dünya standartlarında "tehlikeli madde" kapsamında yer almayan güvenli ve çevre dostu kabul edilen bir yakıttır. Biyodizel, traktör ve biçerdöverlerde, deniz araçlarında, tır, kamyon, otobüs ve iş makinelerinde, otomobillerde motor yakıtı olarak kullanılmaktadır (Kolsarıcı vd., 2005).

Ülkemizin Avrupa Birliği (AB) ne uyum süreci dikkate alındığında, biyodizel enerji konusunda önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. AB'nin tarım alanlarını ve buna bağlı olarak biyodizel üretimini arttırmakta sıkıntılar yaşamaması, ülkemiz gibi AB'nin biyodizel potansiyeline katkı sağlayacak üye ülkelerin şansını önemli ölçüde arttırmaktadır.

Mevcut koşullarımıza göre, ancak enerji tarımı yapılarak biyodizel üretimi maliyeti makul ve teknik açıdan uygulanabilir olacaktır. Almanya, Avusturya gibi ülkelerin başarılı uygulamalarının arkasında kanola tarımı vardır. Almanya, kanola da yeni bir çeşit geliştirerek elde edilen yağ oranını % 48'e çıkarmayı başarmış ve biyodizel üretiminde dünya birincisi olmuştur. Yine Almanya kanola üretimini altı yıl içinde biyodizelin lokomotifliğinde 0,4 milyon tondan, 7 milyon tona çıkarmıştır. Ulusal ürünü soya olan ABD, Avrupa Birliği'nin biyodizel standardı EN 14214'ü kanola'nın standardı olduğu için kabul etmemektedir.

Bir yağ bitkisi olan kanola (*Brassica napus Oleifera* sp.), Ülkemize 1960'lı yıllarda Balkanlardan gelen göçmenler tarafından getirilmiştir. Orijini Kuzey Avrupa'dır. Kanadalı bitki ıslahçıları 1970'li yıllarda kolza bitkisi üzerinde yaptıkları yoğun ıslah araştırmalarıyla elde ettikleri, yağında % 2'nin altında erusik asit ve küspesinin her gramında 30 mikromol'ün altında glukozinolat içeren, yeni çeşitlere kanola adını vermişlerdir. Ülkemizde rapiska, rapitsa, kolza isimleriyle de bilinen kanola, kışlık ve yazlık olmak üzere iki fizyolojik döneme sahip bir yağ bitkisidir. Dünya yağlı tohum üretiminde soya ve palmyeden den sonra üçüncü sırada yer almaktadır (Özgüven, 2000; Angın ve Vurarak, 2012).

Diğer yağ bitkilerine göre farklı birtakım üstün özelliklere sahip olan kanola, Türkiye'de diğer yağ bitkilerinin yetişme mevsimi ve bölgesi dışında yetiştiği için büyük avantaja sahiptir. Yazlık ve kışlık varyetelerinin bulunması, birim alandan yüksek verim sağlanması ve tohumlarında yağ oranının yüksek olması (% 38-48) ekiminden hasadına kadar bütün yetiştirme tekniğinin mekanizasyona uygun olması üstün bir yağ bitkisi olduğunu göstermektedir (Fereidon, 1990). Kanola, zengin protein içeriği (% 39-40) nedeniyle hayvan besleme alanında önemli bir yere sahiptir. Kanola, yeşil yem ve silaj olarak da kullanılabilir. İlkbaharda ilk çiçek açan kültür bitkisi kanoladır. Bu özelliği bakımından arıcılıkta büyük önem taşımaktadır. Kanola kazık kökleri ile toprak altının havalanmasını sağladığından hububat ve ayçiçeği için iyi bir münavebe oluşturur. Boş kalan araziye değerlendirir ve kış erozyonuna engel olur. Yazlık-kışlık çeşitleri olan kanolanın yetişme devresi diğer yağ bitkilerine göre daha kısadır (Kolsarıcı vd., 2005).

Kanola bitkisi toprak ve iklim koşulları bakımından fazla seçici olmadığı için üretimi bütün dünyada yapılabilir. Kanola tohumu üretimin en yaygın

olduğu ülkeler Çin, Kanada, Hindistan, Almanya, Fransa ve İngiltere, Polonya, ABD ve Pakistan'dır. Ülkemizde giderek ekilişi artan kanola bitkisi, yetiştiriciliğinin kolay, birim alana getirisinin yüksek olması ve kolay pazarlanabilmesi sayesinde ülkemizin birçok yerinde üreticilerin ekim nöbetine girmektedir (Kırıcı ve Özgüven, 1995). Kanola üreticilerinin yağlı tohumlara uygulanan prim ödemelerinden de yararlanabilmeleri ekiliş alanlarının artmasına katkı sağlamıştır. Kanola başta Tekirdağ olmak üzere, Trakya Bölgesi'nde üretimi yaygın bir bitkidir. Son yıllarda ise Akdeniz, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde ekiliş alanları yaygınlaşmaktadır.

Angın ve Vurarak (2012), Çukurova koşullarında 6 farklı kolza çeşidi (Jura yazlık, Oase, Bristol, Elvis, Californium ve Licord kışlık çeşitler) ile adaptasyon denemeleri yapmışlardır. Harnupta tane sayısına bakıldığında en yüksek değer (24 adet/bitki) Californium çeşidinde tespit edilmiştir. Verim açısından ise en yüksek değer Jura yazlık çeşidine aitken, kışlık çeşitler arasında en yüksek verim 185 kg da<sup>-1</sup> ile Californium çeşidine ait olmuştur.

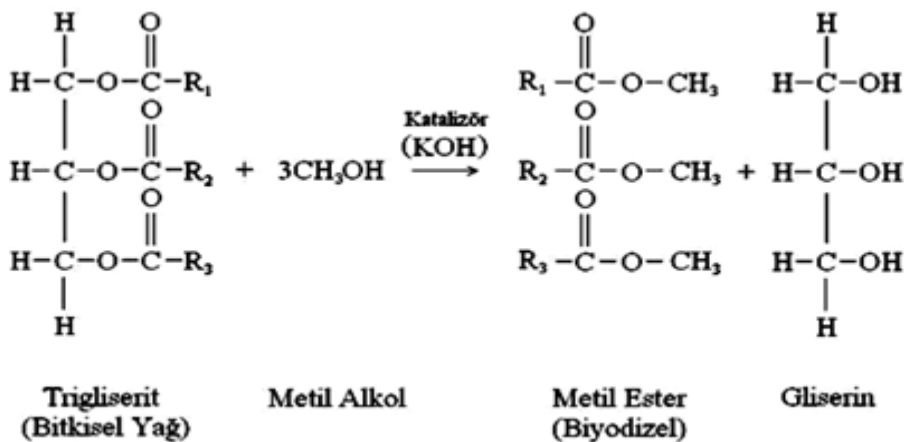
Yağlar uzun süreli olmamak şartıyla acil durumlarda yakıt olarak kullanılabilirler. Yağların yakıt olarak kullanılabilmesi için viskozitelerini düşürecek işlemlere tabi tutulmaları gerekmektedir. Yücesu ve arkadaşları (2001) içlerinde kanolanın da yer aldığı dokuz farklı yağ kullanarak tek silindirli bir dizel motorda yaptıkları çalışmada bitkisel yağların motor performans değerlerinin dizel yakıtından daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Yağların viskozitesi ısı veya kimyasal yöntemler uygulanarak azaltılabilir. Isıl yöntemde, ön ısıtma ile yağların viskozitesinin düşürülmesi amaçlanmaktadır. Isıl yöntemin hareketli bir araç motorunda uygulanması sırasında oluşabilecek problemler

nedeniyle kimyasal yöntemler daha çok kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan kimyasal yöntemler; inceltme, mikro-emülsiyon oluşturma, piroliz ve transesterifikasyondur (Goering vd., 1982; Fereidon, 1990; Çanakçı ve Gerpen, 2001). Bu yöntemler içerisinde en çok tercih edilen transesterifikasyon yöntemidir. Şekil 1'de transesterifikasyon reaksiyonu görülmektedir.

Transesterifikasyonda katalizörlü ve katalizörsüz olmak üzere iki metod vardır. Katalizörlü transesterifikasyon reaksiyonları daha çok alkali, asidik ve enzimatik katalizör kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda mikroporöz zirkonyum, sülfatlı zirkonyum ve titanyum temelli zeolit gibi heterojen katalizörlerde kullanılmaya başlanmıştır (Çanakçı ve Gerpen, 2001; Moser, 2008). Katalizörsüz reaksiyonlarda süper kritik proses veya ko-solvent sistemleri kullanılmaktadır. Alkali katalizör olarak NaOH, KOH, karbonatlar ve alkoksitler (sodyum metoksit, sodyum etoksit, sodyum bütoksit vb.) biyodizel üretiminde kullanılmaktadır. Alkali katalizörlü reaksiyon, asit katalizörlü reaksiyona göre daha hızlı gerçekleştiğinden ticari olarak en çok kullanılan yöntemdir (Freedman ve Pryde, 1982; Meher vd., 2006). Komers ve ark. (2002) KOH katalizörü kullanarak kolza yağından biyodizel üretiminin kinetiği üzerine yaptıkları çalışmada yağ, alkol ve katalizör çeşidindeki değişimin yakıt özellikleri üzerinde çok etkili olabileceğini istatistiksel olarak da göstermişlerdir.

Kanolanın dünyada ve ülkemizde en yaygın kullanım alanlarından biriside biyodizel üretimidir. Bu çalışmada ülkemizde kışlık ekimi yapılan Californium çeşidine ait kanola tohumlarından elde edilen ham yağdan transesterifikasyon yöntemiyle elde edilen biyodizelin yakıt özellikleri biyodizel standartları ile kıyaslanarak incelenmiştir.



Şekil 1 Trigliseritin metanol ile transesterifikasyon reaksiyonu

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Çalışmada kullanılan Californium cinsi kanola tohumları Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilmiştir. Yağ eldesinde solvent olarak Labkim marka % 99,7 saflıkta diethyl ether kullanılmıştır. Tohumların öğütülmesinde elektrikli değirmen kullanılmıştır. Yağ eldesinde ve transesterifikasyonla biyodizel üretiminde BUCHI marka (Rotavapor R-210) dönel vakum evaporatör kullanılmıştır. Askı halinde kalan partiküllerin çöktürülmesinde NUVE marka NF400 model santrifüj cihazı kullanılmıştır.

### Yöntem

#### Ham Kanola Yağının Eldesi

Kanola tohumlarından yağ eldesinde solvent ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. İçlerinde bulunan yabancı maddelerden temizlenen kanola tohumları 120 °C sıcaklıkta 40 dakika süreyle fırınlanarak bünyelerinde bulunan su uzaklaştırılmıştır. Daha sonra tohumlar elektrikli değirmende öğütülerek tanecek çapları küçültülmüştür. Şekil 2'de görülen dönel vakum evaporatörün cam balonuna alınan öğütülmüş tohumlar 1:3 oranında diethyl ether solventiyle karıştırılmıştır. Cihaz 2 saat süreyle dakikada 600 devir dönme hızında ve 50 °C su banyosu sıcaklığında çalıştırılmıştır. Süre sonunda filtreden geçirilen karışımdaki küspe kısmı ayrılmış, geriye kalan yağ-solvent karışımı tekrar evaporatörün cam balonuna alınarak karışım içindeki solvent basınç altında uçurulmuştur. Elde edilen ham yağın içindeki askı halinde kalan partiküller santrifüj cihazında



Şekil 2 Dönel vakum evaporatör (Rotavapor R-210)

çöktürüldükten sonra ham yağ serin ve karanlık ortamda muhafaza edilmiştir. Kanola yağının (KY) yağ asitleri kompozisyonu ve kimyasal özellikleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi Petrol Araştırma Merkezinde (ODTÜ-PAL) yaptırılmıştır.

#### Kanola Yağı Metil Esterinin Eldesi

Metil esterler, metanol ve bitkisel yağ esterlerinden elde edilen biyodizel ifade etmektedirler. Çalışmada transesterifikasyon yöntemiyle kanola yağı metil esteri (KYME) üretiminde 100 g ham yağ 50 °C sıcaklığa kadar ısıtılarak evaporatörün cam balonuna alınmış üzerine 30 g metil alkolde (1:8 yağ: alkol molar oranı) çözdürülen 1 g (% 1 katalizör) potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi eklenmiştir. Karışım 1 saat süreyle dakikada 800 devir dönme hızında 55 °C su banyosu sıcaklığında reaksiyona tabi tutulmuştur. Süre sonunda karışım Şekil 3'te görülen ayırma hunisine alınarak faz ayrışmasının gerçekleşmesi sağlanmıştır.



Şekil 3 Faz ayrışması

Sekiz saatlik dinlenme sonunda ayırma hunisinin alt kısmında toplanan gliserin ayrıldı, üst fazda yer alan kanola yağı metil esteri alınarak ısıtılmış saf su ile 5 kez yıkanarak metil esterinin saflaştırılması sağlandı. Her yıkamadan sonra faz ayrışması meydana gelmiş ve altta kalan su fazı ayırma hunisinin altından alınarak atılmıştır. Daha sonra evaporatörün cam balonuna alınan metil esterinin içinde olabilecek su ve metanol fazlası vakum altında uzaklaştırılmıştır. Kanola yağı

metil esterinin yakıt analizleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde yapıldı. Biyodizelle ilgili olarak dünyada AB tarafından kabul edilen EN 14214 ve EN 14213 biyodizel standartları yaygın olarak kullanılmaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) biyodizeli otobiyodizel ve yakıt biyodizeli olmak üzere ikiye ayırmıştır. AB biyodizel standartları dikkate alınarak Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından 2005 yılında hazırlanan, kabul edilen ve halen yürürlükte olan; TS EN 14214 Otomotiv yakıtları–Yağ asidi metil esterleri otobiyodizel standardı, TS EN 14213 Isıtma yakıtları–Yağ asidi metil esterleri (YAME) yakıt biyodizeli standartları kullanılmaktadır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### KY'nin Yağ Asitleri Kompozisyonu ve Fizikokimyasal Özellikleri

Kanola yağının bileşimi, yerfıstığı ve zeytin yağı bileşimlerine benzer. Kanola en önemli avantajlarından birisi doymuş yağ asidi içeriğinin düşük olmasıdır. Kanolanın bileşiminde bulunan tokoferol ise kanola yağının raf ömrünü uzatarak proses ve depolama işlemlerinde oksidasyonu önler. Kırıcı ve Özgüven (1995) tarafından Çukurova koşullarında yetiştirilen kanola çeşitlerinde palmitik asit % 2,9–4,2, stearik asit % 1,4–1,6 oleik asit % 62,3–67,7 linoleik asit % 18,8–21,8 ve linolenik asit % 6,6–8,5 arasında değişmiştir. Özgüven ve Kırıcı (1999) tarafından Çukurova koşullarında yetiştirilen 24 kanola çeşidinde palmitik asit % 3,4–4,7 stearik asit % 1,4–5,6 oleik asit % 39,8–65,0 linoleik asit % 15,8–25,5 ve linolenik asit % 8,1–32,7 arasında değişmiştir.

Çizelge 1'de bu çalışmada kullanılan KY'nin yağ asitleri kompozisyonu yer almaktadır.

**Çizelge 1.** Kanola yağının yağ asitleri kompozisyonu

| Yağ asitleri       | K.Y (%) |
|--------------------|---------|
| Palmitik (C16:0)   | 0,30    |
| Stearik (C18:0)    | 1,90    |
| Eikosenoik (C20:1) | 1,82    |
| Oleik (C18:1)      | 63,20   |
| Linoleik (C18:2)   | 21,82   |
| Linolenik (C18:3)  | 10,30   |
| Diğerleri          | 0,66    |

Yağ asitleri analizi sonucunda doymamış yağ asitleri içerisinde en yüksek oranı % 63,2 ile oleik asit oluşturmuş, bunu % 21,82 ile linoleik asit izlemiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde ise en yüksek oranı % 1,90 ile stearik asit almaktadır. Çizelge 2'de kanola yağının fizikokimyasal özellikleri yer almaktadır.

**Çizelge 2.** Kanola yağının fizikokimyasal özellikleri

| Özellikler  | KY    |
|---|-------|
| Kinematik viskozite ( $\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$ )(20 °C'de) | 75,3  |
| Yoğunluk, ( $\text{g cm}^{-3}$ ) (20 °C'de)                   | 0,915 |
| Kırılma indisi (40 °C)  | 1,466 |
| Serbest yağ asitliği (Oleik asit cinsinden %)                 | 0,7   |
| Asit değeri, ( $\text{mg KOH g}^{-1}$ )                       | 1,4   |
| Peroksit sayısı ( $\text{meq kg}^{-1}$ )                      | 0,8   |
| Sabunlaşma sayısı ( $\text{mg KOH g}^{-1}$ )                  | 189   |
| Sabunlaşmayan madde miktarı (%)                               | 0,6   |
| İyot sayısı ( $\text{mg I}_2 100 \text{ g}^{-1}$ )            | 114   |
| Tohumların yağ içeriği, (%)                                   | 40    |
| Oda sıcaklığındaki fiziksel durum                             | Sıvı  |

Her iki çizelgedeki özellikler Californium cinsi kanola tohumlarından üretilen ham kanola yağının biyodizel üretimi için uygun olduğunu göstermektedir.

### KYME'nin Yakıt Özellikleri

1:8 yağ:alkol molar oranı, % 1 katalizör miktarı, 55 °C reaksiyon sıcaklığı ve 1 saat reaksiyon süresi koşullarında üretilen kanola yağı metil esterine (biyodizel) ait yakıt analiz sonuçları, EN14214 biyodizel standartlarıyla birlikte Çizelge 3'te yer almaktadır.

Çizelge de yer alan sonuçlar göstermiştir ki kanola yağının yüksek kinematik viskozitesi ( $75,3 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ ) bazik transesterifikasyon işlemi sonunda  $4,6 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$  ye düşürülmüştür. Motorda yanma ve atomizasyon sorunlarının oluşmaması için yakıtların viskozite değerlerinin standartlara uygun olması çok önem teşkil eder. Çizelge incelendiğinde KYME'nin setan sayısı değeri EN 14214 standart değerlerinin altında bulunmuştur. Gis ve arkadaşları (2011) kolza yağının fizikokimyasal ve yakıt özelliklerinin belirlendiği çalışmalarında kolza metil esterinin setan sayısının 48-59 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Mittelbach (1993) yaptığı çalışmada kanolanın setan sayısını 48 olarak belirlemiştir fakat özellikle tropikal bölgelerden alınan tohumlardan üretilen etil esterlerde bu oranın 59'a çıkabileceğini vurgulamıştır. Graboski ve McCormick (1998) yaptıkları çalışmada yüksek doymuşluk oranına sahip yağlardan üretilen esterlerin setan sayılarının yüksek ve yoğunluklarının da düşük olduğunu belirlemişlerdir. Yağın fiziksel özellikleri üzerinde en etkili faktör yağın doymuşluk oranıdır.

Bu çalışmada Californium cinsi kanola tohumlarından üretilen ham yağın doymuşluk oranı % 1,2 ve doymamışlık oranı ise % 98,8 dir. Daha düşük doymuşluk oranına sahip ham yağdan üretilen metil esterinin setan sayısı da düşük olacaktır. Bu çalışmada elde edilen setan sayısının düşüklüğü literatürdeki bilgiyle uyumaktadır. Setan sayısını artırıcı özellikteki katkı maddeleri kullanılarak KYME'nin setan sayısı değerleri arttırılabilir (Öcal, 2006; Knothe vd., 2006).

**Çizelge 3.** Kanola yağı metil esterinin yakıt analiz sonuçları

| Analizler                           | Birim                           | Metod        | KYME  | EN 14214           |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------|-------|--------------------|
| Ester içeriği                       | % (m m <sup>-1</sup> )          | EN 14103     | 99,4  | min 96,5           |
| Linolenik asit metil esterleri      | % (m m <sup>-1</sup> )          | EN 14103     | 8,6   | max 12             |
| Çoklu doymamış metil esterleri      | % (m m <sup>-1</sup> )          | EN 14103     | 0     | max 1              |
| Kinematik viskozite (40 °C)         | mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> | EN ISO 3104  | 4,60  | 3,5 – 5,0          |
| Yoğunluk, (15 °C)                   | g cm <sup>-3</sup>              | EN ISO 12185 | 0,883 | 0,86 – 0,90        |
| Monoglisericid içeriği              | % (m m <sup>-1</sup> )          | EN 14105     | 0,06  | max 0,80           |
| Diglisericid içeriği                | % (m m <sup>-1</sup> )          | EN 14105     | 0,19  | max 0,20           |
| Triglisericid içeriği               | % (m m <sup>-1</sup> )          | EN 14105     | 0,08  | max 0,20           |
| Serbest gliserol                    | % (m m <sup>-1</sup> )          | EN 14105     | 0,009 | max 0,02           |
| Toplam gliserol                     | % (m m <sup>-1</sup> )          | EN 14105     | 0,06  | max 0,25           |
| Toplam kirlilik                     | mg kg <sup>-1</sup>             | EN 12662     | 6,3   | max 24             |
| Oksidasyon kararlılığı, (110 °C)    | saat                            | EN 14112     | 9,53  | min 6,0            |
| Akma noktası                        | °C                              | ISO 3016     | -12   | max 0              |
| Parlama noktası                     | °C                              | EN ISO 3679  | 105   | min 101            |
| Setan sayısı                        | -                               | EN ISO 5165  | 41    | min 51             |
| Bakır şerit korozyon (3saat, 50 °C) | -                               | EN ISO 2160  | 1a    | 1a                 |
| Soğuk filtre tıkanma noktası        | °C                              | EN 116       | -12   | Yaz +5 – Kış (-15) |
| İyot sayısı                         | g iyot 100 g <sup>-1</sup>      | EN 14111     | 118   | max 120            |
| Asit sayısı                         | mgKOH g <sup>-1</sup>           | EN 14104     | 0.11  | max 0.50           |
| Su içeriği                          | mg kg <sup>-1</sup>             | EN ISO 12937 | 260   | max 500            |
| Metanol içeriği                     | % (m m <sup>-1</sup> )          | EN 14110     | 0.20  | max 0.20           |
| Kükürt içeriği                      | mg kg <sup>-1</sup>             | EN ISO 20846 | <3    | max 10.0           |
| Fosfor                              | mg kg <sup>-1</sup>             | EN 14107     | <4    | max 4.0            |
| Net yanma ısısı                     | Mj kg <sup>-1</sup>             | ASTM D 240   | 39.96 | min 35             |

Çalışmada soğuk filtre tıkanma noktası parametresi yaz dönemi sınır değerlerine uygun kış dönemi sınır değerlerine uygun değildir. Fröhlich ve Rice (2005) yaptıkları çalışmada metil esterinin yağ asidi kompozisyonundaki değişimin soğuk filtre tıkanma noktası üzerinde etkili olduğunu parametrik çalışmalarla belirlemişlerdir. Yüksek erime noktalı doymuş yağ asitlerinin oranının artmasının, yüksek soğuk filtre tıkanma noktasına sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Literatürdeki bu bilgi doğrultusunda bu çalışmada soğuk filtre tıkanma noktasının kışlık değerinin standartlara göre bir miktar düşüklüğü yağın doymuşluk oranının düşüklüğü ile açıklanabilir.

Bu iki değer dışında kalan tüm analiz sonuçları EN 14214 biyodizel standartlarını sağlamaktadır. KYME'nin pek çok biyodizelden düşük olan iyot sayısı avantaj sağlamaktadır. İyot sayısı oksidatif stabilitenin bir ölçüsüdür. Oksidasyon, korozif asitlerin ve tortuların oluşumuna sebep olabilir. Bu oluşumlarda yakıt pompaları ve enjektörlerin aşınmasına neden olur. 2005 yılında ODTÜ-PAL'de yapılan bir çalışmada analiz için getirilen biyodizellerin iyot sayıları tespit edilmiş ve % 50 sinin standarda uygun olmadığı belirlenmiştir (Karaosmanoğlu, 2006). Kanola metil esterinin iyot sayısı düşük olduğu için oksidasyon ve motor aşınmaları çok daha uzun vadede ve az oranda gerçekleşecektir.

## SONUÇ

Kanola yağı metil esterinin üretiminde hammadde olarak kanola yağının yerli kaynaklardan temin edilmesi ülkemizin ulusal kaynakları açısından

önemlidir. Yerli kaynaklardan üretilen çevre dostu biyoyakıtların, enerji arz güvenliğinde artış sağlama, ekonomiye katkı ve stratejik önemleri de göz ardı edilmemelidir. Üreticilerin kanola yetiştiriciliğinde karşılaştıkları sorunlara rağmen, kanolanın kolay pazarlanması ve desteklenmesi gibi faktörler çiftçilerin ekim nöbetinde kanolayı tercih etmelerine neden olmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde Californium cinsi kanola tohumlarından üretilen yağ oranının yüksekliği ve iyot sayısının düşüklüğü ile uygun bir biyodizel hammadde olarak veya acil durumlarda yakıt olarak kullanılabilir özelliktedir. Ham KY'nden üretilen KYME setan sayısı ve soğuk filtre tıkanma noktası kışlık değerleri EN 14214 biyodizel standart değerlerinin altındadır fakat setan sayısını artırıcı katkı maddeleri veya uygun yağ karışımları ile üretilecek biyodizel bu sınır değerleri sağlayabilecektir. Diğer tüm ölçümlerin standartlara uygun olduğu analiz sonuçlarıyla belirlenmiştir.

Çiftçimiz yapacağı kanola üretimi ile, bitkisel yağ ihtiyacını, küspe sayesinde hayvan yemi ihtiyacını karşılamanın yanı sıra kanola yağı metil esterinin üretiminde traktörünün biyodizelini, biyodizel'le çalışan bir jeneratörle elektrik enerjisini rahatlıkla üretebilecektir. Sözleşmeli tarım sayesinde çiftçinin ürünü elinde kalmayacak ve yağ hammadde açığı yüzünden kesintili çalışan biyodizel üretim tesisleri sürekli üretime geçebilecektir.

**KAYNAKLAR**

- Angın N, Vurarak Y (2012). Çukurova Bölgesine Uygun Kolza (*Brassica napus* L.) Çeşitlerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 5(1): 90–92.
- Çanakçı M, Gerpen V J (2001). Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 4: 1429–1436.
- Fereidon S (1990). *Canola and Rapeseed*. Van Nostrand Reinhold Publishers, New York.
- Freedman B, Pryde E H (1982). Fatty esters from vegetable oils for use as a diesel fuel. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 4(82): 117–122.
- Fröhlich A, Rice B (2005). Evaluation of recovered vegetable oil as a biodiesel feedstock. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 44: 129–139.
- Goering E, Schwab W, Daugherty J, Pryde H, Heakin J (1982). Fuel properties of eleven vegetable oils. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 25: 1472–1483.
- Graboski M S, McCormick R L (1998). Combustion of Fat and Vegetable Oil Derived Fuels in Diesel Engine. *Progress Energy Combustion Scienc*, 24: 125–164.
- Gis W, Zóltowski A, Bochenska A (2011). Properties of the Rapeseed Oil Methyl Esters and Comparing them with the Diesel Oil properties. *Journal of KONES Powertrain and Transport* 18(4): 121–127.
- İşler A (2007). Kanola Yağı Etil Esteri ve E-Dizel. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), İstanbul.
- Kolsarıcı Ö, Gür A, Başalma D, Kaya D, İşler N (2005). Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretimi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3–7 Ocak 2005, Ankara.
- Knothe G, Sharp C A, Ryan T W (2006). Exhaust emissions of biodiesel, petrodiesel, neat methyl esters, and alkanes in a new technology engine. *Energy Fuels* 20: 403–408.
- Karaosmanoğlu F (2006). Biyoyakıt teknolojisi ve İTÜ araştırmaları. ENKÜS 2006–İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi, İstanbul, 22–23 Haziran 2006, s: 110–125.
- Kırıcı S, Özgüven M (1995). Çukurova bölgesinde verim, kalite ve erkencilik bakımından uyabilecek kolza çeşitlerinin saptanması. *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 10: 105–120.
- Komers K, Stloukal R, Machek J, Skopal F, Komersová A (1998). Biodiesel from rapeseed oil, methanol and KOH. Analytical methods in research and production. *Fett/Lipid* 100(11): 507–512.
- Meher L C, Sagar D V, Naik S N (2006). Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review. *Renewable and Sustainable Energy Review* 10: 248–268.
- Moser B R (2008). Influence of Blending Canola, Palm, Soybean, and Sunflower Oil Methyl Esters on Fuel Properties of Biodiesel. *Energy & Fuels*, 22: 4301–4306.
- Mittelbach M (1993) Diesel fuel from vegetable oils, V: gas chromatographic determination of free glycerol in transesterified vegetable oils. *Chromatogr* 37(11–12): 623–626.
- Özgüven M (2000). Kolza (*Brassica napus* L., *Brassica campestris* L.) ve yetiştiriciliği. Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Adana.
- Özgüven M, Kırıcı S (1999). Bazı kolza çeşitlerinin Çukurova bölgesinde verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi. *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 14: 41–48.
- Öcal M (2006). Setan Sayısı Hakkında 6 Soru. *Mühendis ve Makine* 48(568): 24–25.
- Yücesu H S, Altın R, Çetinkaya S (2001). Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi. *TÜBİTAK* 25: 39–49.