

# ÇEŞİTLİ BİTKİSEL YAĞLARDAN BİYODİZEL ÜRETİMİNDE KATALİZÖR VE ALKOL MİKTARININ YAKIT ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

**Ozan ÇİLDİR ve Mustafa ÇANAKÇI\***

Makina Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, İzmit, 41040 Kocaeli, [ocildir@kou.edu.tr](mailto:ocildir@kou.edu.tr)

\* Makina Eğitimi Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, İzmit, 41380 Kocaeli, [canakci@kou.edu.tr](mailto:canakci@kou.edu.tr)

(Geliş/Received: 08.03.2005; Kabul/Accepted: 31.05.2006)

## ÖZET

Bu çalışmada, biyodizel olarak kullanılabilen metil esterler; ayçiçek yağı, mısırözü yağı ve kolza yağından elde edilmiştir. Laboratuvar şartlarında iç ester değişim yöntemi kullanılarak katalizör ve alkol miktarının reaksiyon üzerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen esterlerin dönüşüm oranları, gliserin miktarları, kinematik viskoziteleri, yoğunlukları, akma noktaları, asit numaraları ve parlama noktaları incelenmiştir. Sonuç olarak; ayçiçek, kolza, mısırözü yağlarından elde edilen metil esterlerin, yüksek akma noktasındaki problemin giderilmesinden sonra dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilmesi görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Dizel motor, biyodizel, bitkisel yağ, iç ester değişimi.

## AN INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CATALYST AND ALCOHOL AMOUNTS ON THE FUEL PROPERTIES OF BIODIESEL FROM VARIOUS VEGETABLE OILS

### ABSTRACT

In this study, methyl esters used as biodiesel were obtained from various vegetable oils such as sunflower oil, corn oil and rapeseed oil. Under laboratory conditions, the effects of catalyst amount and alcohol molar ratio on the reaction were investigated by using transesterification method. Conversion rates, glycerin amounts, kinematic viscosities, densities, pour points, acid numbers and flash points of these methyl esters were investigated. The results showed that sunflower oil, rapeseed oil and corn oil methyl esters could be used as diesel engine fuel if problem associated with high pour point is solved.

**Keywords:** Diesel engine, biodiesel, vegetable oil, transesterification.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gelişme hızı, uyguladıkları ekonomik politika, siyasal gelişme, nüfus artışı, sahip oldukları enerji kaynakları ve iklim koşulları ülkelerin enerji tüketimini etkilemektedir. Bu nedenle alternatif enerji kaynaklarına ilgi artmıştır. Bu kaynaklar arasında yenilenebilir biyokütle enerjisinin önemi büyüktür. Bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler “Biyokütle Enerji Kaynağı”, bu kaynaklardan üretilen enerji ise “Biyokütle Enerjisi” olarak tanımlanmaktadır [1]. Günümüzde motorlu taşıtların temel yakıt kaynağı petroldür. Petrolün tükenebilir bir kaynak olması petrole alternatif

olacak yeni yakıtların araştırılarak ortaya konmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu konuda bitkisel yağlar ön plana çıkmaktadır [2].

Alternatif dizel yakıtı olarak bitkisel yağlar önemli bir yer tutmaktadır. Alternatif yakıtlara ilgi 1973 petrol krizi ardından artış göstermiş, 90’lı yıllarda ise uygulama ve araştırmalar yoğunluk kazanarak günümüze kadar ulaşmıştır. Amerika’da soya ve kanola, Avrupa’da kolza bitkisi biyodizel yakıtı üretiminde temel hammadde olarak kullanılmaktadır [3,4]. Ülkemizde ise ayçiçeği üretimi Trakya, Marmara, İç Anadolu ve Ege Bölgelerinde yaygın olarak yapılmaktadır [5].

Türkiye araç parkının 1965-1985 yılları arasındaki dönemde 10'ar yıllık değişimlerine bakıldığında, hem otomobil hem de toplam araç parkında önemli artışların olduğu görülmektedir. Bu artışlar ortalama olarak toplam ve otomobil parkında %200'ler seviyesinde gerçekleşmiştir. Ancak, 1999-2001 dönemi incelendiğinde krizlere bağlı olarak talebin azalması nedeniyle araç parkının diğer 10 yıllık dönemlere göre önemli oranda artmadığı dikkat çekmektedir. 2000 yılı sektör açısından oldukça iyi bir yıl olmasına rağmen, 2001 yılında toplam araç parkı 1995 yılına göre %52, otomobil parkı ise %48 oranında artmıştır. Türkiye'de 4,5 milyon otomobil olmak üzere toplam motorlu araçlar parkı 2002 yılında 6,1 milyon adede ulaşmıştır. Parkın %32 gibi önemli bir bölümü Marmara Bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölgeyi %22 ile Orta Anadolu ve %16 ile Ege Bölgesi izlemektedir [7].

Türkiye'deki dizel yakıtla çalışan ticari araçların sayısı her geçen gün artmaktadır. Dizel araçların ticari amaçla kullanılması yakıt tüketimi ve çevre açısından önemi büyüktür [8]. Yapılan araştırmalara göre ülkemizde dizel yakıtı tüketimi, tüm petrol ürünleri içinde yaklaşık olarak %30,61'e tekabül etmektedir. Ayrıca, Türkiye petrol ihtiyacının yaklaşık olarak %80-85'ini dış alımla karşılamaktadır [9]. Bu durum ülkemizin, petrol ihtiyacının karşılanması açısından, ne kadar dışa bağımlı olduğunu göstermektedir. Bu noktalar göz önüne alındığında, alternatif bir dizel yakıtı olarak bitkisel yağların önemi ortaya çıkmaktadır.

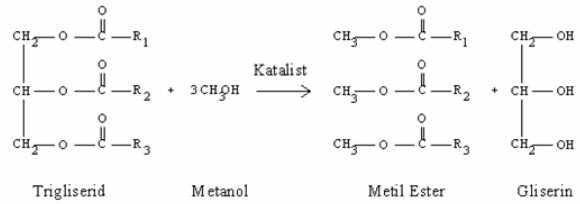
Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılabilirliklerini sağlamak amacı ile iki yönde çalışmalara ağırlık verilmiştir. Bu çalışmalardan biri, bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi, diğeri ise motor aksamının değiştirilmesidir. Yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi konusunda çalışmaların ağırlığını bitkisel yağların viskozitelerinin azaltılması oluşturmaktadır. Bitkisel yağların viskozitelerinin azaltılmasında, ısı ve kimyasal olmak üzere iki yöntem uygulanmaktadır. Isıl yöntemde, yakıt olarak kullanılacak olan bitkisel yağların, ön ısıtma ile sıcaklığının yükseltilmesi, viskozitenin azaltılması amaçlanmaktadır. Ancak, bu yöntemin özellikle hareketli bir araç motorunda uygulama zorluğu vardır. Kimyasal yöntem ise dört alt gruba ayrılmaktadır. Bunlar; inceltme, mikroemülsiyon oluşturma, piroliz, ve iç ester değişimidir [10].

## 2. BİYODİZEL ÜRETİMİ (BIODIESEL PRODUCTION)

Biyodizel, bitkisel veya hayvansal yağlardan türetilen yağ asidi zincirinin mono alkil esteri olarak tanımlanmaktadır. Baştaki "biyo" kelimesi yakıtın yenilenebilir ve biyolojik olduğu, "dizel" kelimesi ise dizel motorlarında kullanımını ifade etmektedir. Dünyada 28 ülkede biyodizel üretimi ve bu yakıtların dizel motorlarında kullanımı ile ilgili çalışmalar yoğun olarak sürmektedir. Fransa ve Almanya, bu ülkeler arasında Avrupa'daki en büyük üreticilerdir. 2000 yılında Fransa'da  $2,5 \times 10^5$  ton, Almanya'da  $2,3 \times 10^5$  tondan fazla biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir.

2002 yılında ise Amerika Birleşik Devletleri'nde sadece atık hayvansal yağlardan  $2,4 \times 10^4$  ton ile  $3,2 \times 10^4$  ton arasında biyodizel üretimi gerçekleştirildiği tahmin edilmektedir. Türkiye'nin petrolde dışa bağımlılığı dikkate alınrsa, biyodizel üretiminin önemi büyüktür. Ülkemizde biyodizelden vergi alınmaması olup [11], biyodizel üretimi teşvik edilmektedir. Avrupa Komisyonu, biyo-yakıtlara şu anda %2, 2020 yılına kadar ise %12'lik bir pazar payı öngörmektedir ve biyo-yakıtların çok önemli bir kısmını ise biyodizel oluşturacaktır.

Biyodizel üretiminde kullanılan en yaygın yöntem iç ester değişimidir. İç ester değişimi; bitkisel ve hayvansal yağları oluşturan trigliseritlerdeki glisoksi grubu ile mono alkoks gruplarının yer değiştirmesi olan bir iç ester dönüşüm işlemi ya da kısacası gliserin esaslı triesterlerin alkil esaslı monoesterlere dönüştürülmesidir. Stokiyometrik (teorik) bir iç ester değişiminde bir mol yağ için üç mol mono alkol kullanılır. Ürünler ise üç mol yağ asidi mono alkil esteri (biyodizel) ve yan ürün olan bir mol gliserindir. Şekil 1'de teorik bir iç ester değişimi işlemi görülmektedir.



Şekil 1. İç Ester değişimi kimyasal işlemi

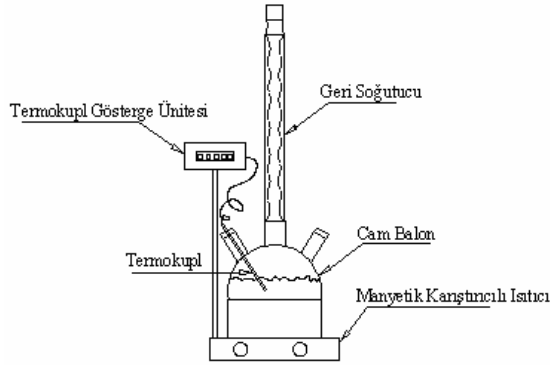
Metanol, etanol ve butanol gibi alkoller iç ester değişiminde kullanılabilir ve elde edilen ürün sırasıyla metil ester, etil ester ve bütil ester adını alır. Bununla birlikte reaksiyonlarda metanol tercih edilmektedir. Bunun temel sebebi ise metanolün daha kolay reaksiyona girmesi ve ucuz olmasıdır. Bu nedenle bu çalışmada da metanol tercih edilmiştir. İç ester değişimini hızlandırmak için baz (NaOH, KOH), asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , HCl) veya enzim (biyolojik) katalizör kullanılabilir. Asit ve enzim katalizörler, baz katalizörlere oranla çok daha yavaşlardır. Örneğin; reaksiyon, aynı miktarda asit ve baz katalizör kullanıldığında, baz katalizör için 4000 kat daha hızlı gerçekleşir [12]. Baz katalizör kullanıldığında oda sıcaklığı yeterli iken asit katalizör durumunda reaksiyon sıcaklığını arttırmak gerekir. Baz katalizör için kütleli olarak reaksiyona sokulan yağın %0,1-1'i yeterli iken, bu oran asit katalizör için %3-5'e çıkar [13]. Ayrıca, asit katalizör kullanıldığında kullanılması gereken alkol miktarı da artar. Baz katalizör ile 6:1'lik oranında elde edilen ester dönüşümünü aynı süre içinde asit katalizör ile elde etmek için 30:1'lik bir oran gerekli olabilir [14]. Yukarıda anlatılan bu olumsuz özellikler nedeniyle biyodizel üretiminde büyük çoğunlukla baz katalizör kullanılır. İç ester değişimi bitkisel yağların viskozitelerini yaklaşık 10 kat azaltmaktadır [15]. Bitkisel yağ esterleri motorlarda kullanılırsa yakıt atomizasyonu,

yanma ve yakıt karakteristikleri saf bitkisel yağdan daha iyi sonuçlar vermektedir [13].

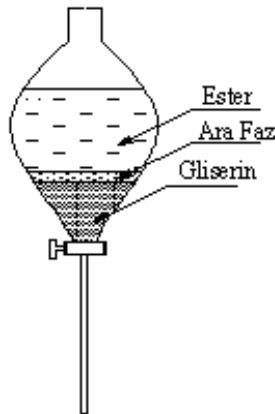
### 3. MATERYAL ve METOT (MATERIAL and METHOD)

Bitkisel yağ metil esteri elde edilmesinde iç ester değişimi kimyasal yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yağın, alkolün ve katalizörün tartılması hassas terazi-de yapılmıştır. Tartılan metil alkol ve katalizör (NaOH) cam behere konduktan sonra, manyetik karıştırıcı ısıtıcıda yaklaşık 30°C'a kadar ısıtılmıştır. Katalizör olarak kullanılan NaOH alkol içinde tamamen çözündüğü zaman beher ısıtıcı üzerinden alınmış ve üç boyunlu cam balon içerisine tartılan bitkisel yağın üzerine ilave edilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, cam balon, kontak termometreli manyetik karıştırıcı ısıtıcı üzerine konularak, reaksiyon esnasında kontrolü sağlamak için termocift ve cam geri soğutucu bağlantıları yapılmıştır. İstenilen sıcaklığa kadar ısıtılan bitkisel yağın içine daha önceden hazırlanmış olan alkol + katalizör karışımı ilave edilerek reaksiyon başlatılmıştır. Karışım 60±1 °C de yaklaşık 300 dev/dak da 1 saat süresince karıştırılmıştır.

Reaksiyon süresi dolduktan sonra manyetik karıştırıcı ısıtıcı kapatılmıştır. Karışım sıcaklığının yüksek olmasından dolayı geri soğutucu cam balondan çıkarılmamış ve karışım soğutulmuştur. Karışımın soğumasından sonra Şekil 3'de görülen cam balondaki karışım ayırma hunisine alınmıştır. Biyodizel+gliserin karışımı çizgi halinde belirginleşinceye kadar beklen-



Şekil 2. Reaksiyon düzeneği



Şekil 3. Fazların ayrılması

miştir. Bir kısım reaksiyonlarda ise ayırıştırma sonunda reaksiyona girmemiş olan bitkisel yağların ara faz oluşturduğu gözlemlenmiştir.

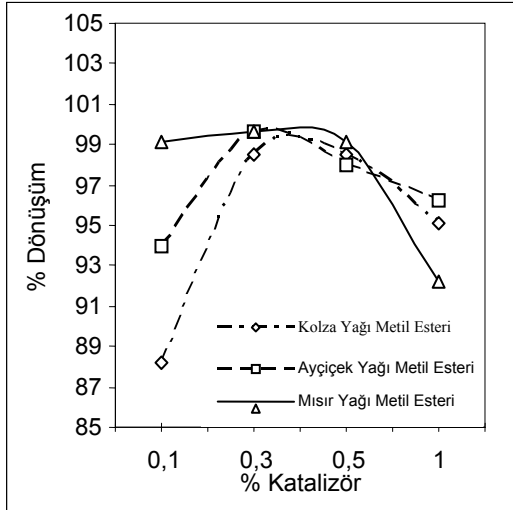
Ayırma işlemi gerçekleştirildikten sonra ayırma hunisinde altta biriken gliserin, ayırma hunisi musluğu yardımı ile saklama kabına boşaltılmıştır. Bu işlem sonunda ayırma hunisi içinde biyodizel kalmıştır. Fakat biyodizel içinde gliserin zerrecikleri bulunduğu için saf su ile yıkama işlemine gerek duyulmuştur. Ayırma hunisinin içine saf su eklenerek ayırma hunisinin kapağı kapatılmış ve ayırma hunisi aşağı yukarı sallanarak biyodizel yıkanmıştır. Spora asılan ayırma hunisinde, yoğunluğu biyodizele göre fazla olan saf su alt fazda toplanmıştır. Biyodizel ise ayırma hunisinin üst kısmında birikmiştir. Alt kısımda biriken saf su ayırma hunisi musluğu yardımı ile kaba boşaltılmıştır. Bu işlem 4 defa tekrarlanmıştır. Bu işlemlerin sonunda ayırma hunisinde kalan biyodizel 12 saat dinlenmeye bırakılmıştır. Yakıtın dinlenmesi sonunda ayırma hunisinin alt kısmında, yakıt içinde kalan saf su ve gliserin zerrecikleri birikmiştir. Daha sonra bunlar ayırma hunisinden boşaltılmıştır. Ayırma hunisinde kalan karışım biyodizeldir. Saklama kabına boşaltılan yakıt buzdolabında saklanmıştır. Deneyler sonucu elde edilen bitkisel yağ metil esterlerinin parlama noktası, akma noktası, asit numarası, yoğunluk ve kinematik viskoziteleri ASTM D93 – D97 – D664 – D4052 - D445 standartlarına göre tespit edilmiştir. Yukarıda anlatılan işlemler aşağıdaki parametreler için tekrarlanmıştır.

<u>Bitkisel Yağlar</u>	<u>Yağ / Alkol Oranı (Molar)</u>
Ayçiçek Yağı;	1:3; 1:6; 1:10
Mısır Yağı;	<u>Katalizör Miktarı (%)</u>
Kolza Yağı	0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 3,0

### 4. TEST SONUÇLARI (TEST RESULTS)

Yapılan deneyler sonucu elde edilen mısır, kolza ve ayçiçek yağı metil esterlerinin % dönüşüm oranları, reaksiyon sonucu elde edilen gliserin miktarı ile esterlerin ASTM standart metotlarıyla bulunan akma noktaları (ASTM D97), asit numaraları (ASTM D664), parlama noktaları (ASTM D93), yoğunlukları (ASTM D4052), kinematik viskoziteleri (ASTM D445) ele alınmış ve yorumlanmıştır. İncelenen verilerin değişimleri grafiklerle verilmiştir.

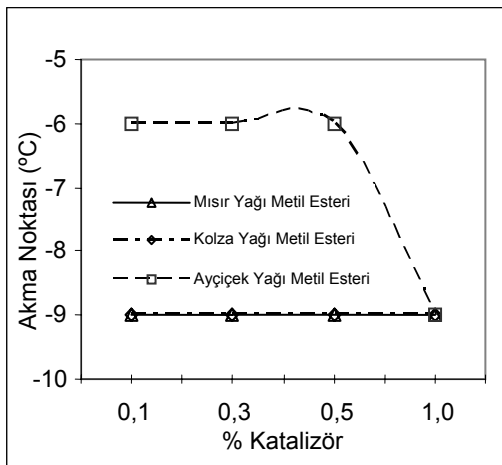
Mısır, kolza, ayçiçek yağı metil esterlerinin % dönüşüm oranlarının reaksiyona katılan katalizör miktarıyla değişimleri, molar oranlar göz önüne alınarak Şekil 4'de verilmektedir. Reaksiyon için kullanılan yağ miktarının, ester üretildikten sonraki ürün miktarına oranı, dönüşüm oranı olarak hesaplanmıştır. Şekil 4'de 1:6 molar oran kullanılarak yapılan reaksiyonlarda elde edilen esterlerin dönüşüm oranlarının maksimum %99,65'e kadar çıktığı ve 1:6 molar oranda yapılan reaksiyonlarda mısır yağı metil esterlerinin dönüşüm oranlarının diğer esterlere göre fazla olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4. Katalizör miktarının dönüşüm oranına etkisi (1:6 molar oran)

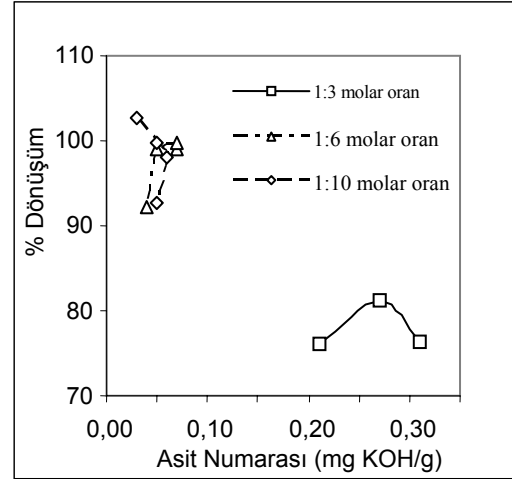
Biyodizel yakıtların düşük sıcaklıklardaki akış özelliklerinden birisi olan akma noktası, kullanılan yağın doyma noktası, asit numarası ve reaksiyonda meydana gelen dönüşüm oranı ile ilişkilidir. Deneylerde kullanılan yağların doyma noktaları büyükten küçüğe mısır (%14), ayçiçek (%9) ve kolza yağı (%4) olarak sıralanmaktadır. Doyma noktası arttıkça akma noktası da artmaktadır. Bununla birlikte akma noktasını; doyma noktası, asit numarası ve dönüşüm oranları etkilediği için grafiklerde akma noktasının orantılı olarak değişmediği görülmektedir.

Şekil 5'de 1:6 molar oranda mısır ve kolza yağı metil esterlerinin akma noktalarının (-9 °C) ayçiçek yağına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilerde mısır, kolza ve ayçiçek yağı metil esterlerinin 1:6 ve 1:10 molar oranlarında stokiometrik 1:3 oranına göre, istisnai durumlar dışında, daha düşük akma noktası gösterdiği görülür. Bunun sebebi molar oranın artmasıyla ester içindeki alkil miktarının artması olarak düşünülmektedir.



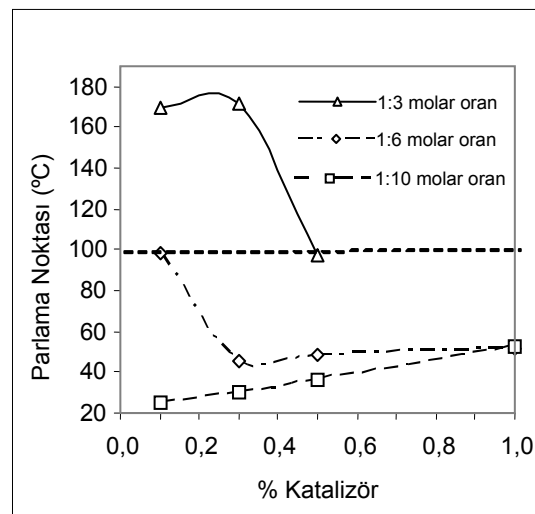
Şekil 5. Katalizör miktarının akma noktasına etkisi (1:6 molar oran)

Şekil 6'da mısır yağı metil esterinin farklı molar oranlardaki asit numarası-dönüşüm grafiği verilmiştir. Elde edilen verilerde mısır, kolza ve ayçiçek yağı metil esterlerinin dönüşüm oranlarının asit numaralarıyla verdiği değişimlerin 1:6 ve 1:10 molar oranlarında asit numaralarının 0,05 mg KOH/g civarında toplandığı, 1:3 molar oranında elde edilen mısır özü esterlerinde ise asit numaralarının başlangıçtaki yağın asit numarası ile yaklaşık olarak aynı olduğu tespit edilmiştir.

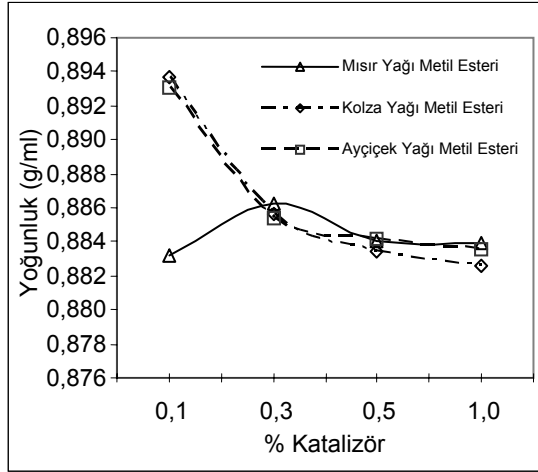


Şekil 6. Mısır yağı metil esterlerinin asit numarası-dönüşüm ilişkisi

Şekil 7'de kolza yağı metil esterlerinin parlama noktasının % katalizör ve molar oran göz önünde bulundurularak değişimleri görülmektedir. %0,3 katalizör kullanılarak elde edilen kolza yağı metil esterinin parlama noktasının 1:3 molar oranda 172 °C, 1:6 molar oranda 45 °C, 1:10 molar oranda 30 °C olduğu gözlemlenmiştir. Mısır, kolza ve ayçiçek yağı metil esterleri için molar oranlar arttıkça parlama noktasının düştüğü görülmektedir. Bunun sebebi olarak biyodizel üretiminde reaksiyona giren alkol miktarının artması gösterilebilir.



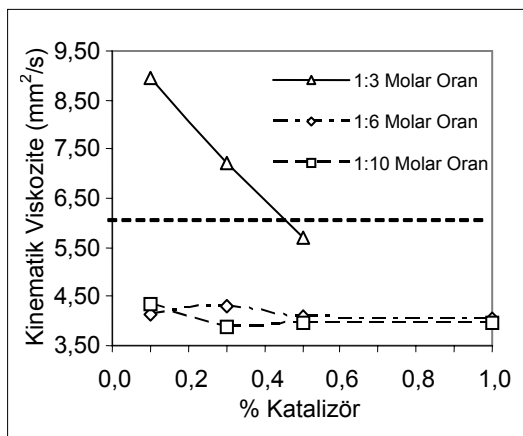
Şekil 7. Kolza yağı metil esterlerinin parlama noktası-katalizör ilişkisi



**Şekil 8.** Katalizör miktarının yoğunluk üzerine etkisi (1:6 molar oran)

Mısır, kolza ve ayçiçek yağı metil esterlerinin yoğunluklarının % katalizör miktarına göre değişimleri Şekil 8'de verilmiştir. 1:6 molar oranda elde edilen ayçiçek yağı metil esterlerinin yoğunluklarını incelediğimizde; %0,1 katalizör kullanıldığında 0,8931 g/ml, %0,3 katalizör kullanıldığında 0,8854 g/ml, %0,5 katalizör kullanıldığında 0,8842 g/ml, %1 katalizör kullanıldığında 0,8836 g/ml olduğu tespit edilmiştir. Dizel No:2'nin yoğunluğu ise yaklaşık olarak 0,86 g/ml'dir. Grafikte görüldüğü gibi katalizör miktarı arttıkça yoğunluk azalmaktadır. Katalizör miktarı %1'in üstüne çıkıldığı zaman ise ester oluşumu gözlenmemekte bunun yerine sabunlaşma artmaktadır.

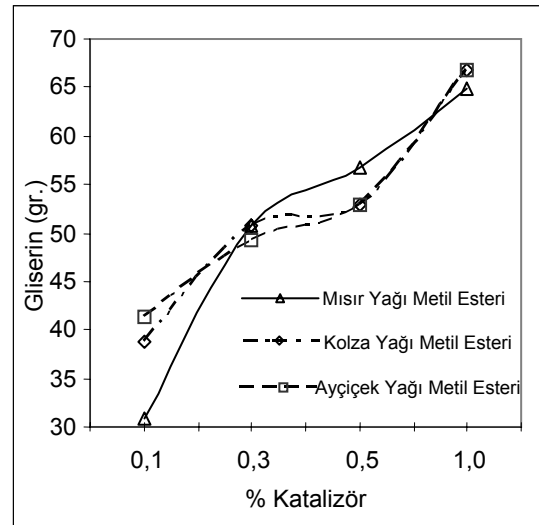
Şekil 9'da ayçiçek yağı metil esterleri kinematik viskozitelerinin % katalizör ve molar oran göz önünde bulundurularak değişimleri sunulmuştur. Şekilde molar oran ve % katalizör oranı arttıkça esterlerin kinematik viskozitelerinde azalma eğilimi tespit edilmiştir. Ayçiçek yağı metil esterlerinin %0,5 katalizör kullanıldığı zaman yoğunluklarının 1:3 molar oranda 5,69 mm<sup>2</sup>/s, 1:6 molar oranda 4,09 mm<sup>2</sup>/s, 1:10 molar oranda 3,96 mm<sup>2</sup>/s olduğu ölçülmüştür. Bu verilerden molar oranın artmasıyla, ester dönüşüm yüzdesi arttığından, kinematik



**Şekil 9.** Ayçiçek yağı metil esterlerinin kinematik viskozite-katalizör ilişkisi

viskozitenin azaldığı görülmektedir. Dizel No:2 yakıtının kinematik viskozitesi 2.6 mm<sup>2</sup>/s'dir. ASTM D6751-02 standartlarında biyodizeller için istenen kinematik viskozite 1.9-6 aralığındadır. Biyodizellerin kinematik viskozitesi Dizel No:2 yakıtından yüksektir. Yüksek viskozite, yakıtın daha kötü atomize olmasına ve yakıt enjektörlerinin daha düşük doğrulukta çalışmasına neden olur. 1:3 molar oranda elde edilen esterlerin kinematik viskozitesinin, yağların kinematik viskozitesinden yaklaşık beşte bir oranda, 1:6 ve 1:10 molar oranda elde edilen esterlerin kinematik viskozitesinin ise yaklaşık sekizde bir oranda daha az olduğu ortaya çıkmıştır.

Şekil 10'da mısır, kolza ve ayçiçek yağlarının % katalizör ve molar oran göz önünde bulundurularak reaksiyon sonucu elde edilen gliserin miktarı gösterilmiştir. Metil esterlerin katalizör oranları düştükçe, elde edilen gliserin miktarlarında azalma olmuştur. Metil esterlerin gliserin miktarları ile yoğunluklarına bakıldığı zaman, gliserin miktarlarının artmasıyla esterlerin yoğunluklarının düştüğü görülmektedir. Bunun sebebi reaksiyon öncesi yağın içindeki gliserin miktarının reaksiyon sonunda azalmasıdır.



**Şekil 10.** Kullanılan katalizör miktarının gliserin miktarına etkisi (1:6 molar oran)

## 5. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Dizel motorlarda kullanılan dizel yakıtı petrol kökenli bir yakıt olduğu için, dünya petrol rezervlerinin hızla azalması ve petrol fiyatlarının yükselmesi dizel yakıtına alternatif olacak yeni ve çevreci yakıtların araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu açıdan, özellikle tarımsal potansiyeli yüksek olan ülkelerde bitkisel yağlar ön plana çıkmıştır. Bir tarım ülkesi olan ülkemizde bitkisel yağların yakıt olarak kullanımının mümkün hale getirilmesi, petrol krizi altında zorlanan ülkemiz için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır.

Bitkisel yağ esterlerinin üretimi esnasında kullanılacak olan yağların ve alkollerin seçimi, üretim yapılacak ülkenin bitkisel yağ üretim potansiyeline göre yapılmalıdır. Üretim potansiyeli olmayan bitkisel yağlar üzerinde yapılan çalışmaların ülke ekonomisine yönelik katkısının olması beklenemez. Bu nedenle, yapılan çalışmada ülkemizde üretilen ayçiçek yağı, mısır yağı ve kolza yağı kullanılarak metil esterler üretilmiş ve alkol molar oranı ile katalizör miktarının reaksiyon üzerine etkisi incelenmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda, 1:3 molar oranda üretilen esterlerin dönüşüm oranlarının düşük olduğu, yoğunluk değerlerinin diğer esterlere göre yüksek olduğu, kinematik viskozite değerlerinin ASTM standartlarının üstünde olduğu, asit numaralarının ve parlama noktalarının ASTM standartlarına göre uygun olduğu gözlemlenmiştir. 1:6 molar oranda üretilen esterlerin dönüşüm oranlarının yüksek olduğu, yoğunluklarının tipik biyodizel yoğunluğunda olduğu, kinematik viskozitelerinin ASTM standartları içinde olduğu, asit numaralarının ASTM standartlarına göre uygun olduğu, istisnai durumlar dışında parlama noktalarının ASTM standartlarının altında olduğu gözlemlenmiştir. 1:10 molar oranda üretilen esterlerin dönüşüm oranlarının çok daha yüksek olduğu, yoğunluklarının tipik biyodizel yoğunluğunda olduğu, kinematik viskozitelerinin ASTM standartları içinde olduğu, asit numaralarının ASTM standartlarına göre uygun olduğu, parlama noktalarının ASTM standartlarına göre çok düşük sıcaklıklarda olduğu gözlemlenmiştir. 1:3, 1:6 ve 1:10 molar oran kullanılarak üretilen esterlerdeki ortak problem akma noktalarının dizel yakıtına göre 20–25 °C düşük olmasıdır. Bu durum kış aylarında akış iyileştirici katıklar kullanılarak düzeltilebilir. Ayrıca biyodizel standartları ASTM D6751-02 ve EN 14214 de yer alan diğer yakıt özellikleri de incelenmelidir.

Ülkemizdeki bitkisel yağlardan biyodizel yakıtının başarılı bir şekilde üretilebilmesi ve kullanılabilmesi için yakıt kalitesini artırıcı yönde ve üzerinde fazla çalışılmayan üretim tesislerinin tasarımı konusunda çalışmaların gerçekleşmesi gerekmektedir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDMENT)

Bu deneysel çalışma Kocaeli Üniversitesi-Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından 2001-23 ve 2002-59 No'lu projeler ile desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Özçimen D., Kardeşler D., Çulcuoğlu E., ve Karaosmanoğlu F., "Biyomotorin Nedir?" **III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu**, İTÜ, İstanbul, 15-17 Kasım 2000.
2. Ulusoy Y., "Kullanılmış Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Alternatif Yakıt Olarak Kullanım Olanacağı" **III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu**, İTÜ, İstanbul, 15-17 Kasım 2000.
3. Canakci, M., ve Van Gerpen, J., "Biodiesel Production from Oils and Fats with High Free Fatty Acids", **Transactions of ASAE**, Cilt 44, No 6, 1429-1436, 2001.
4. Tickell J, **From the Fryer to the Fuel Tank**, Tickell Energy Consulting, Tallahassee, FL, ABD, 2000.
5. Yosmaoğlu M., **Ayçiçeği Raporu**, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Araştırma Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı, Aralık 2002.
6. Tüzün A. M., Yenigün R., Almasulu S., Er G.P., ve Kellecioğlu V.A., **Kolzanın Tarımı, Önemi ve GAP Bölgesinde Yapılan Araştırmalar**, Başbakanlık-GAP İdaresi Başkanlığı, 30 Temmuz 2002.
7. Anonim, **2001 Yılı Otomobil ve Toplam Motorlu Araç Parkı Dünya ve Türkiye**, Otomotiv Sanayi Derneği, Kasım 2002.
8. Anonim, **Otomotiv Sanayi Genel ve İstatistik Bülteni 2002-I**, Otomotiv Sanayi Derneği, 2002.
9. Anonim, **Türkiye Ham Petrol ve Petrol Ürünleri Bilgileri**, Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, 2004.
10. Kaplan, C., **Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı**, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.
11. **Resmi Gazete**, 20 Aralık 2003. Sayı: 25322.
12. Formo, M.W., "Ester Reactions of Fatty Materials", **JAACS**, Cilt 67, No 3, 168-170, 1954.
13. Ma, F., ve Hanna, M. A., "Biodiesel Production: A Review", **Bioresource Technology**, Cilt 70, 1-15, 1999.
14. Freedman, B., Pryde, E.H., ve Mounts, T.L., "Variables Affecting the Yields of Fatty esters from Transesterified Vegetable Oils", **JAACS**, Cilt 61, No 10, 1638-1643, 1984.
15. Demirbaş, A., "Biodiesel Fuels from Vegetable Oils Via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Alcohol Transesterifications and Other Methods: A Survey" **Energy Conversion and Management**, Cilt 44, No 13, 2093-2109, 2003.