

AYÇİÇEK YAĞI BİYODİZELİNİN ESTER DÖNÜŞÜM ORANI ÜZERİNE ETKİLİ OLAN PARAMETRELERİN OPTİMİZASYONU

Hülya KARABAŞ¹

ÖZET

Bu çalışmada, soğuk presyon tekniğiyle üretilen ham ayçiçek yağından elde edilen biyodizel kullanılmıştır. Laboratuvar şartlarında transesterifikasyon yöntemi kullanılarak ayçiçek yağı biyodizelinin ester dönüşüm oranı üzerine etkili olan parametreler istatistiki olarak incelenmiştir. Ayçiçek yağı metil esteri (AYME) üretiminde katalizör miktarı ile sıcaklık ve yağ/alkol molar oranı parametrelerinin etkilerini ortaya koymak amacıyla deneyler 30 °C, 40 °C ve 50 °C reaksiyon sıcaklıklarında; 1/3, 1/6, 1/8 ve 1/10 yağ/alkol molar oranlarında, yağ kütlelerinin % 0.5, % 1 ve % 1.5'u oranlarında KOH katalizör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda elde edilen AYME miktarını maksimum yapan deneysel şartlar % 1 katalizör miktarı, 30 °C sıcaklık ve 1/10 molar orandır. Bu şartlarda maksimum ester dönüşüm oranı % 98 olmuştur. Optimal şartlarda üretilen metil esterinin yakıt analiz sonuçları EN 14214 biyodizel standartlarıyla kıyaslanmış ve ayçiçeği yağı metil esteri biyodizel standartlarına uygun bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçek yağı, transesterifikasyon, metil ester, ANOVA

The Effective Parameter Optimization on the Conversion Rate of the Sunflower Oil Biodiesel

ABSTRACT

In this study biodiesel, which is produced of raw sunflower oil by using cold pression technique, is used. Under lab conditions transesterification method is used to statistical analysis the parametres of the sunflower oil biodiesel upon the effective rates of the conversion rate. In order to put forth the effects of the catalyst concentration, reaction temperature, oil/alcohol molar ratio parametres of the sunflower oil methyl ester (SOME) production the experiments are carried out in 30 °C, 40 °C and 50 °C reaction temperature, the alcohol/oil molar ratios are 1/3, 1/6, 1/8 and 1/10 and the oil mass rates are stated as 0.5 %, 1 % and 1.5 % using KOH catalyst. At the end of the statistical analysis the derived SOME amount which makes the experimental conditions in a maximum level is stated as 1 % catalyst concentration, 30 °C reaction temperature and the molar rate is given as 1/10. Under these optimal conditions the maximum methyl ester conversion rate is 98 %. The results of the fuel analysis which are produced in optimal conditions are compared to EN 14214 biodiesel standards and according to the stated results sunflower oil methyl ester is suitable for biodiesel standards.

Key Words: Sunflower oil, transesterification, methyl ester, ANOVA

GİRİŞ

Ülkemizde halen yemeklik yağ olarak tüketilen bitkisel yağlar ekiliş ve üretim alanı açısından enerji üretimine yanıt verecek miktarda değildir. Bitkisel yağların motor yakıtı olarak ülkemizde kullanılmasının yaygınlaşmasının ardından yağ bitkileri üretimin artırılma olanağı vardır. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nca yağlı tohumlara teşvik edici prim sisteminin uygulanması, yağlı tohumlara uygun fiyat paritesinin belirlenmesi, GAP alanı içerisinde yağlı tohumların yer alması yağlık tohum ve bitkisel yağ ihtiyacımızın tamamının ulusal kaynaklarımız tarafından elde edilmesini sağlayabilecektir.

Bitkisel yağların enerji içerikleri, petrol kökenli dizel yakıtları ile hemen hemen aynı düzeydedir. Ancak dizel yakıtına göre 10-20 kat daha fazla yüksek viskoziteye sahip olmaları sebebiyle; enjektörlerde tıkanma, yağlama yağı problemleri ve motor ömrünün kısalması ana sorunları ile belirtilebilecek pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır (Srivastava ve Prasad, 2000; Meher ve ark., 2006). Bitkisel yağların direkt püskürtmeli dizel motorlarında uzun süreli

kullanımları uygun değildir. Yalnızca rafine yağların ön yanma odalı dizel motorlarda bazı sınırlamalar ile kullanılmaları mümkündür (Karaosmanoğlu ve Aksoy, 1994; İlkılıç, 2009; Vellguth, 1983). Bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olarak değerlendirilebilmesi için, biyodizel dönüşürülmesi gerekmektedir.

Biyodizel üretiminde en önemli kriterlerin, verim artışı ve onun yanında maliyetlerin azaltılması olduğu düşünülürse, tarım sektöründe en pahalı girdilerden birisi, bu amaca yönelik mekanizasyon faaliyetleridir. Biyodizel maliyetinin % 84'ü hammadde olan yağa aittir. Yağı çıkarılacak ürünün fazlalığı biyodizelin enerji içeriğini daha da arttırmaktadır. Biyodizel üretimi amacıyla, bitkisel ürün tarladan hasat edildikten sonra saplar tarlada bırakıldığında bile biyodizel üretiminin enerji bilançosu pozitif vermektedir. Biyodizelin sahip olduğu toplam enerji; gübreleme, ilaçlama, yağ eldesi, artıma, kimyasal işlem ve biyodizelin taşınması dahil harcanan enerjiden daha yüksektir. Amerika Enerji Dairesi'nin yayımladığı "Kentiçi ulaşım amaçlı kullanımda Biyodizel ve Petrodizel'in döngüleri"

¹Sakarya Üniversitesi Arifiye Meslek Yüksekokulu Motorlu Taşıtlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, 54580 Arifiye, SAKARYA

çalışmasında: “Biyodizel, kendi üretim döngüsü içinde, tarımsal ürün yetiştiriciliğinden yakıt üretimi için gerekli birim fosil yakıt tüketimi karşılığında 3,2 birim enerji çıktısı sağlar” bilgisi verilmektedir. Petrodizelin üretim döngüsünde 1 birim fosil yakıt tüketimiyle sağlanan yakıt enerjisi 0,843 birim olmaktadır” denmektedir. (İlhan, 2007)

Biyodizel üreticilerinin enerji tarımı yapması veya sözleşmeli tarım uygulaması, yani hammadde girdilerini bizzat sağlamaları şarttır. Çünkü enerji tarımına bağlı olmayan biyodizel üretimi güçlü bir temele oturmamış olur. Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılabilmelerini sağlamak amacı ile iki yönde çalışmalara ağırlık verilmiştir. Bu çalışmalardan biri, bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi, diğeri ise motor aksamının değiştirilmesidir (Çildir ve Çanakçı, 2006; Patil ve Deng, 2009).

Biyodizel üretiminde kullanılan en yaygın yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Bu yöntemle gliserin esaslı triesterlerin alkil esaslı monoesterlere dönüştürülmesi sağlanır. Stokiyometrik (teorik) bir transesterifikasyonda 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. Transesterifikasyon reaksiyonlarında alkol olarak kolay reaksiyona girmesi ve ucuzluğu sebebiyle metanol tercih edilir. Reaksiyonu hızlandırmak için baz (NaOH, KOH), asit (H₂SO₄, HCl) veya enzim (biyolojik) katalizör kullanılabilir. Asit ve enzim katalizörler, baz katalizörlere oranla çok daha yavaşlardır (Schuchardt ve ark., 1998; Ma ve Hanna, 1999; Lang ve ark., 2001; Saraf ve Thomas, 2007).

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), günümüzün en önemli yağ bitkilerinden birisidir. Ayçiçeği kara iklim kuşağında ve ılıman iklimin yağışlı bölgelerinde yetiştirilen tek yıllık bir bitkidir. Çok geniş bir adaptasyon alanına sahiptir. Amerika, Avrupa, Asya, Afrika ve Avustralya kıtalarında bulunan pek çok ülkede tarımı yapılmaktadır. Ülkemizde yıllara göre değişmekle beraber yaklaşık 550-600.000 hektar arasında ayçiçeği ekilmektedir. Türkiye'deki ayçiçeği ekiliş alanlarının % 73' ü Trakya-Marmara, % 13'ü İç Anadolu, % 19'u Karadeniz, % 3'ü Ege ve % 1'i Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindedir (Süzer, 2012).

Ayçiçeği; içerdiği yüksek orandaki (% 22-50) yağ miktarı nedeniyle, bitkisel ham yağ üretimi bakımından önemli bir yağ bitkisidir. Ayçiçeği yağı; içerdiği çoklu doymamış yağ asitleri oranının yüksek (% 69), doymuş yağ asitleri oranının ise düşük (% 11) olması nedeniyle, beslenme değeri en yüksek olan bitkisel yağlardan birisidir (Moser, 2008). Ayçiçeği yağında bulunan yüksek orandaki linoleik yağ asiti kurumayı çabuklaştırıcı özelliğe sahiptir. Bu nedenle, yağlı boya yapımında çok önemli bir yere sahiptir. Ayrıca, kağıt, plastik, sabun ve kozmetik ürünler yapımında hammadde olarak kullanılmaktadır. Hasat sonrası artta kalan sapları ile tohum kabukları yakacak olarak değerlendirilmektedir. Sapların yakılmasından

elde edilen külde yüksek oranda (% 36-40) potasyum bulunmaktadır. Bu küller tarlaya serilmek suretiyle, gübre olarak değerlendirilmektedir (Sugözü ve ark., 2009).

Bu çalışma da amaç ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ayçiçeği tohumlarından soğuk presyon yöntemi ile ham yağ elde edilerek, bu yağın transesterifikasyon yöntemi ile biyodizele dönüştürülmesi ve deneysel çalışmalar yapılarak AYME üretiminde katalizör miktarı, sıcaklık ve yağ/alkol molar oranı parametrelerinin metil ester dönüşüm oranı üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak belirlenmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada Trakya Yağlı Tohumlar Tarım Satış Kooperatifleri Birliğinden temin edilen hibrit ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) tohumları kullanılmıştır. Ham yağ eldesinde Tokul marka EKOTOK 1 model tek kafalı soğuk pres makinası kullanılmıştır. Laboratuvar çalışmalarında alkol olarak metil alkol, katalizör olarak potasyum hidroksit (KOH) kullanılmıştır. Biyodizel üretiminde, BUCHI marka dönel vakum evaporatör (Rotavapor R-210), HEIDOLPH marka RZR 2021 model mekanik karıştırıcı ve NUVE marka NF400 model santrifüj cihazı kullanıldı.

Ayçiçek Yağının Elde Edilmesi

Ham ayçiçeği yağı eldesinde soğuk pres yağ sıkma prensibiyle çalışan tek kafalı soğuk pres makinası kullanılmıştır. 200 kg/gün kapasiteli, 2.2 kW güçlü olan makina dijital ısı kontrol sistemine sahiptir. Giriş haznesinden boşaltılan tohumlar preslendikten sonra ham ayçiçeği yağı sıkma kafasının altındaki hazneye boşalırken, tohumun yağı alınan proteince zengin küsbe kısmında pelet halinde sıkıştırılmış olarak çikış kanalından alınmıştır.

Elde edilen ayçiçeği yağı (AY) içinde askı halinde kalan partiküllerin çöktürülmesi için santrifüj cihazı 4200 d/d ve 3600 RFC de 40 dakika çalıştırıldı. Soğuk presyon yöntemiyle üretilen ham ayçiçek yağı TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde analiz ettirilerek yağ asidi kompozisyonları ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ayçiçek yağının toplam yağ içeriği Gerhardt Soxtherm ST40 sistemiyle, yağ asitleri kompozisyonu ise Shmadzu GC- 2010 serisi Supelco SP2380 model gaz kromatogramı ile belirlenmiştir.

Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Elde Edilmesi

Transesterifikasyon yöntemi ile ham ayçiçek yağından maksimum oranda metil esteri elde etmek amacıyla optimum reaksiyon şartlarını belirleyebilmek için; 1/3, 1/6, 1/8 ve 1:10 yağ/alkol molar oranlarında; 30, 40 ve 50 °C reaksiyon sıcaklıklarında, yağ kütlelerinin % 0.5, % 1 ve % 1.5'u

oranlarında KOH katalizörü kullanılarak 60 dakika reaksiyon süresinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Her bir deneysel çalışmada hesaplanan molar oranlar için tartımı yapılan miktardaki metanol de farklı konsantrasyonlar da ki KOH katalizörü çözdürülüp, karışım dönel vakum evaporatörün cam balonuna alınarak ısıtılan 100 g ham yağ üzerine boşaltılmıştır. Evaporatörün su banyosu gerekli sıcaklığa getirilmiş ve gerekli reaksiyon süresi boyunca cihaz 600 d/d karıştırma hızında çalıştırılmıştır. Reaksiyon süresi sonunda cam balon içindeki metil ester ayırma hunisine alınarak 1 gün süreyle dinlenmeye bırakılmıştır. Süre sonunda faz ayrışması meydana gelmiş ve ayırma hunisinin alt kısmında gliserin üst kısmında ise metil ester yer almıştır. Gliserinden ayrılan metil ester tekrar ayırma hunisine alınarak ılık saf su ile dört kez yıkanmıştır. Bu sayede metil ester içindeki sabun ve fazla metanolün uzaklaştırılması sağlanmıştır.

En son aşamada metil ester içinde askı halinde kalan küçük partiküller santrifüj cihazında 4200 d/d da 40 dakika sürede çöktürülmüştür. Deneysel çalışmalar sonunda elde edilen metil ester numuneleri cam kaplara alınarak serin şartlarda muhafaza edilmiştir. Deneysel çalışmalar sonunda en yüksek oranda metil ester elde edildiği optimum şartlar 1/10 yağ/alkol molar oranı, % 0.5 katalizör miktarı, 30 °C reaksiyon sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda üretilen AYME'ne ait yakıt analizleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde yaptırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

AY'nın Yağ Asitleri Kompozisyonu ve Fizikokimyasal Özellikleri

Bitkisel yağlar çeşitli doymuş ve doymamış yağ asitlerinin bileşiminden oluşurlar. Çizelge 1 de bu çalışmada kullanılan AY'nın yağ asitleri kompozisyonu yer almaktadır.

Çizelge 1. Ayçiçek yağına ait yağ asitleri kompozisyonu

Yağ asitleri	A.Y (%)
Palmitik (C16:0)	5.8
Stearik (C18:0)	4.5
Oleik (C18:1)	20.3
Linoleik (C18:2)	69.2
Linolenik (C18:3)	0.2

Yağ asitleri analizi sonucunda doymamış yağ asitleri içerisinde en yüksek oranı % 69.2 ile linoleik asit oluşturmuş, bunu % 20.3 ile oleik asit izlemiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde ise en yüksek oranı % 5.8 ile palmitik asit almaktadır. Yağ asitliği kompozisyonu sonuçları kullanılarak AY'nın moleküler ağırlığı 874.20 g/mol olarak hesaplanmıştır. Çizelge 2 de ayçiçeği yağının fizikokimyasal özellikleri yer almaktadır.

Çizelge 2. Ayçiçek yağının fizikokimyasal özellikleri

Özellikler	AY
Kinematik viskozite (mm ² /s)(40 °C'de)	33.2
Yoğunluk, (g/ml) (15 °C'de)	824
Kırılma indisi (40° C)	1.4662
Serbest yağ asitliği (Oleik asit cinsinden %)	0.042
Asit değeri, (mgKOH/g)	0.948
Peroksit sayısı (mgO ₂ /kg)	6.262
Sabunlaşma sayısı (mgKOH/g)	182.32
Sabunlaşmayan madde miktarı (%)	1.18
İyot sayısı (mg I ₂ /100 g)	116.85
Tohumların yağ içeriği, (%)	41±0.5
Oda sıcaklığındaki fiziksel durum	Sıvı

Çizelge 3 te AYME ait yakıt analiz sonuçları EN 14214 biyodizel standartlarıyla karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Parametrelerin AYME Miktarı Üzerine Etkisi

AYME miktarı üzerinde katalizör miktarının etkili olduğu görülmüştür. Parametrik çalışma

Çizelge 3. Ayçiçek yağı metil esterinin yakıt analiz sonuçları

Analizler	Birim	Metod	AYME	EN 14214
Ester içeriği	%(m/m)	EN 14103	96.6	min 96.5
Kinematik viskozite (40°C)	mm ² /s	EN ISO 3104	4.78	3.5 - 5.0
Yoğunluk, (15 °C)	g/cm ³	EN ISO 3675	0.88	0.86 - 0.90
Monoglisericid içeriği	%(m/m)	EN14105	0.69	max 0.80
Diğlisericid içeriği	%(m/m)	EN14105	0.18	max 0.20
Triglisericid içeriği	%(m/m)	EN14105	0.17	max 0.20
Serbest gliserol	%(m/m)	EN14105	0.014	max 0.02
Akma noktası	°C	ISO 3016	-10	max 0
Parlama noktası	°C	ASTM D93	125	min 120
Setan sayısı	-	EN ISO 5165	46.8	min 51
Bakır şerit korozyon (3saat, 50 °C)	-	EN ISO 2160	1a	1a
Soğuk filtre tıkanma noktası	°C	EN 116	-6	+5 – (-15)
İyot sayısı	g iyot/100 g	EN14111	116.2	max 120
Su içeriği	mg/kg	ENISO12937	240	max 500
Metanol içeriği	%(m/m)	EN14110	0.1	max 0.20
Net yanma ısısı	Mj/kg	ASTM D 240	39.678	min 35

neticesinde en yüksek metil ester eldesi % 0.5 KOH katalizör kullanımı durumunda, 30 °C sıcaklıkta ve 1/10 molar oranda 98 g olarak gerçekleşmiştir. Sonuç olarak parametrik çalışmada ele alınan şartların tamamı dikkate alındığında sıcaklık değişiminden fazla etkilenmeyecek tarzda bir ester üretimi arzulandığında % 0.5 KOH katalizörü kullanmak avantajlı görülmektedir.

Çalışmada AYME eldesinde kullanılan katalizör miktarı, sıcaklık ve yağ/alkol molar oranı faktörlerinin KOH katalizörü kullanılarak elde edilen AYME miktarı üzerine etkisi ANOVA varyans analizi ile incelenmiştir. Çizelge 4 te AYME miktarı üzerine etkili faktörlerin ANOVA tablosu görülmektedir.

Çok yönlü varyans analizi tablosu incelendiğinde AYME miktarı üzerine katalizör miktarı, sıcaklık ve yağ/alkol molar oranının istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olduğu görülmüştür (P<0.05). ANOVA testi sonucu gruplar arasında anlamlı fark bulunan gruplarda, farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Tukey testi sonuçları Şekil 1'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Katalizör miktarı faktörünün seviyeleri için uygulanan Tukey çoklu karşılaştırma testinde (% 95 güven aralığında) iki farklı alt grup belirlenmiştir. Katalizör miktarı faktörünün sırasıyla % 0.5, % 1 ve % 1.5 olmak üzere üç ayrı seviyesi bulunmaktadır. Tukey testi sonuçlarına göre % 0.5 ve % 1 lik katalizör miktarlarında elde edilen AYME miktarlarının, % 1.5 luk katalizör miktarından istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğu; % 0.5 ve % 1 lik KOH katalizör miktarları arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı görülmektedir.

Sıcaklık faktörünün seviyeleri için uygulanan Tukey çoklu karşılaştırma testinde iki farklı alt grup belirlenmiştir. Sıcaklık faktörünün sırasıyla 30, 40 ve

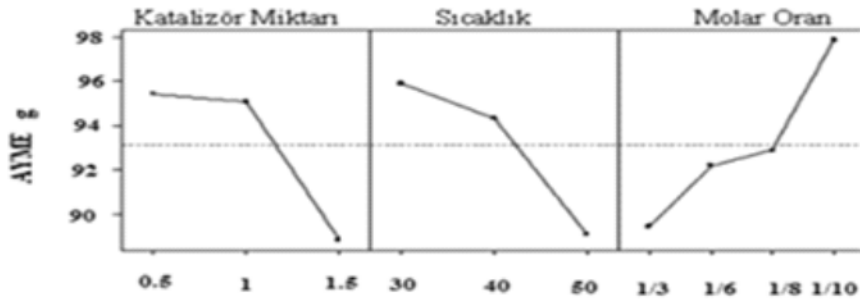
50 °C olmak üzere üç ayrı seviyesi bulunmaktadır. Tukey testi sonuçlarına göre 30 °C ve 40 °C reaksiyon sıcaklıklarında elde edilen AYME miktarlarının, 50 °C den istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğu; 30 °C ve 40 °C reaksiyon sıcaklıkları arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı görülmektedir.

Yağ/alkol molar oranı faktörünün seviyeleri için uygulanan Tukey çoklu karşılaştırma testinde üç farklı alt grup belirlenmiştir. Yağ/alkol molar oranı faktörünün sırasıyla, 1/3, 1/6, 1/8 ve 1/10 olmak üzere dört ayrı seviyesi bulunmaktadır. Tukey testi sonuçlarına göre özellikle 1/3 ve 1/10 yağ/alkol molar oranları arasındaki farklılık istatistiksel olarak çok önemli düzeyde bulunmuştur. Buna göre yağ/alkol molar oranının 1/10 olması KOH katalizörü kullanılarak hazırlanan AYME dönüşüm oranını önemli oranda artırmaktadır.

SONUÇ

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanımının mümkün hale getirilmesi bir tarım ülkesi olan ülkemiz için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Üretim potansiyeli yüksek ülkenin kendi yerel yağ bitkilerinin kullanıldığı bir biyodizel üretiminin ülke ekonomisine katkısı da yüksek olacaktır. Bu nedenle yapılan çalışmada ülkemiz için önemli ve bol bulunan bir yağ hammaddesi olan ayçiçeğinden biyodizel üretilmiş ve ester dönüşüm oranını maksimum yapan parametreler ve bunların seviyeleri istatistiki olarak belirlenmiştir. Yapılan yakıt analizlerinde AYME'nin EN 14214 biyodizel standartlarını sağladığı belirlenmiştir.

Ülkemizdeki bitkisel yağlardan biyodizel yakıtının başarılı bir şekilde üretilmesi ve kullanılabilmesi için yakıt kalitesini artırıcı yönde çalışmaların gerçekleştirilmesine ihtiyaç vardır. Çalışmada bazik (KOH) katalizör kullanılarak elde



Şekil 1. Faktörler ve seviyelerinin ortalama elde edilen AYME miktarı üzerine etkileri

Çizelge 4. KOH katalizörü ile elde edilen AYME miktarı üzerine etkili faktörlerin ANOVA tablosu

Faktörler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Katalizör miktarı	2	320.02	160.01	30.11	0.000
Sıcaklık	2	298.06	149.03	26.14	0.000
Yağ/alkol molar oranı	3	310.00	155	20.00	0.000
Hata	25	135.44	5.41		
Toplam	32	1063.52			

edilen metil ester dönüşüm oranı üzerine etki eden faktörlere ait istatistiksel analiz yapılmıştır. Elde edilen metil ester miktarı üzerine % 99 güven aralığında katalizör miktarı, sıcaklık ve yağ/alkol molar oranı faktörlerinin etkili olduğu görülmüştür. Çalışmamızda yağ/alkol molar oranı arttıkça elde edilen ester miktarında da artış olmuştur ve en yüksek ester eldesine 1/10 molar oran, 30 °C reaksiyon sıcaklığı ve % 0.5 katalizör kullanımında ulaşılmıştır. % 1'i aşan oranlarda katalizör kullanımının ayçiçek yağı metil esteri dönüşüm oranını artırmada etkisinin olmadığı istatistiki olarak görülmüştür. Sıcaklık artışıyla birlikte elde edilen ester miktarında azalma olmuştur. Bu yüzden çalışma esnasında reaksiyon sıcaklığının düşük tutulması üretim maliyetlerini de düşürecek, çünkü sıcaklık artışı ayçiçeği yağı metil esteri üretiminde ester dönüşüm oranını artırmamıştır.

Biyodizel üretiminde yerli ve bol yağ hammaddelerinin kullanılması ve biyodizel üretim parametrelerinin farklı yağ hammaddeleri için ayrı ayrı parametrik çalışmalar ile belirlenerek bu sonuçlara göre parametrelerin optimal seviyelerini kullanarak yapılacak üretimde üretim maliyetleri düşecektir ve kararlı bir üretim gerçekleştirilecektir.

KAYNAKLAR

- Çildir, O., M. Çanakçı. 2006. Çeşitli Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör ve Alkol Miktarının Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak.Der, 21(2): 367-372.
- İlkılıç, C. 2009. "Emission Characteristics of a Diesel Engine Fueled by 25% Sunflower Oil Methyl Ester and 75% Diesel Fuel Blend". Energy Sources, Part A, 31: 480-491.
- İlhan, P., 2007. Çay tohumu yağının biyodizel üretiminde değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi. 120 S, İstanbul.
- Karaosmanoğlu, F., H.A. Aksoy, 1994. Kullanılmış kızartma atık yağının seyreltme yöntemi ile alternatif yakıt olarak değerlendirilmesi. Türkiye 6. Enerji Kongresi, 17-22 Ekim, SS. 461, İzmir.
- Lang, X., A.K. Dalai, N.N. Bakhshi, M.J. Reaney, P.B. Hertz. 2001. Preparation and Characterization of Biodiesels from Various Bio-oils. Bioresource Technology, 80: 53-62.
- Meher, L.C., V.S.S. Dharmagadda, S.N. Naik. 2006. Optimization of alkali-catalyzed transesterification of Pongamia pinnata oil for production of biodiesel. Bioresour Technol, 97: 1392-1397.
- Ma, F., M.A. Hanna. 1999. "Biodiesel Production: A Review", Bioresource Technology, 70: 1- 15.
- 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.
- Patil, P.D., S. Deng. 2009. Optimization of biodiesel production from edible and nonedible vegetable oils. Fuel, 88: 1302-1306.
- Srivastava, A., R. Prasad. 2000. Triglycerides-based Diesel Fuels. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 4: 1245-1256.
- Schuchardt, U., R. Serchelia, R.M. Vargas. 1998. Transesterification of Vegetable Oils: a Review. J Brazil Chem Soc, 9: 199-210.
- Saraf, S., B. Thomas. 2007. Influence of feedstock and process chemistry on biodiesel quality. Process Saf Environ Prot, 85: 360-364.
- Süzer, S., 2012. Ayçiçeği Yetiştirme Teknikleri. Tarım Gündem Dergisi, 7: 54-57.
- Sugözü, İ., F. Aksoy, Ş.A. Baydır. 2009. "Bir Dizel Motorunda Ayçiçeği Metil Esteri Kullanımının Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi". Makine Teknolojileri Dergisi, 6(2): 49-56.
- Vellguth, G. 1983. Performance of Vegetable Oils and Their Monoesters as Fuels for Diesel Engines. SAE No:831358..

Sorumlu Yazar

Hülya KARABAŞ

hkarabas@sakarya.edu.tr

Sakarya Üniversitesi Arifiye Meslek Yüksekokulu
Motorlu Taşıtlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü,
54580 Arifiye, SAKARYA

Geliş Tarihi : 09.01.2013

Kabul Tarihi : 04.05.2013