



# Ülkemiz Islahçı Çeşitlerinden Remzibey- 05 Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Tohumlarından Üretilen Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi

Hülya KARABAŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi Arıfiye Meslek Yüksekokulu Arıfiye/SAKARYA  
Tel: 0.264.2301028, Fax: 0.264.2301029  
e-posta: hulyakrbs@gmail.com

Geliş tarihi: 16.10.2012, Kabul tarihi: 12.02.2013

**Özet:** Bu çalışmada ülkemizde ıslah edilmiş Remzibey-05 aspir tohumundan elde edilen yağdan üretilen metil esterinin biyodizel yakıtı olarak alternatif hammadde olabilirliği incelenmiştir. Ülkemizde aspir yetiştiriciliği giderek artmaktadır. Bu artışta aspirin kurak ve kıraç alanlarda yetiştirilebilmesi etkilidir. Çalışmanın ilk aşamasında aspir tohumlarından solvent ekstraksiyon yöntemiyle ham yağ elde edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda elde edilen maksimum yağ oranı % 30 olmuştur. Ham aspir yağının eldesinden sonra parametrik çalışmalar yapılarak katalizör olarak sodyum hidroksit (NaOH) kullanılarak bazik transesterifikasyon yöntemi ile aspir tohumu yağı metil esteri üretilmiştir. Maksimum ester dönüşüm oranı % 98 olmuştur. Üretilen metil esterinin yakıt analiz sonuçları EN 14214 ve ASTM D 6751 biyodizel standartlarıyla kıyaslanmış ve aspir tohumu yağı metil esteri biyodizel standartlarına uygun bulunmuştur. Sonuçlar göstermiştir ki aspir tohumu yağı metil esteri dizel motorlarda alternatif dizel yakıt olarak kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Aspir tohumu yağı, Transesterifikasyon, Biyodizel, Metil ester.

## Safflower Remzibey-05 (*Carthamus tinctorius* L.) Seed Oil as an Alternative Feedstock for the Production of Biodiesel in Turkey

**Abstract:** Safflower Remzibey-05 (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil (SSO) was investigated as an alternative feedstock for the production of a biodiesel fuel. Oilseed crops have always been an important segment in Turkey agriculture. Production of safflower in Turkey is going to increase in the years ahead. Bio-fuels project is one of the most important opportunities for improvement. In the case of production increase, safflower seems most likely for drought lands. In the first phase of this study parametric studies have been done by using safflower seed solvent extraction method as to get safflower seed oil (SSO). SSO is obtained in 30 wt %, by solvent extraction. After obtaining SSO parametric studies have been done and the NaOH catalysts are used in the transesterification method to produce safflower seed oil methyl ester (SSOME). The maximum oil to ester conversion was 98 %. All of the measured properties of the produced safflower seed oil methyl ester is being compared

to the current quality requirements according to EN14214 and ASTM D 6751. The comparison shows that the methyl esters of safflower seed oil could be possible used as diesel fuel replacements.

**Key Words:** Safflower seed oil, Transesterification, Biodiesel, Methyl ester.

## Giriş

Günümüzde enerji kaynakları olarak kullanılan fosil yakıtlar hızla azalmaktadır. Artan enerji ihtiyacıyla birlikte tüm dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili çalışmalarda artmaktadır. Ülkeler bu nedenle şeker kamışı, şeker pancarı, mısır, kanola, aspir, ayçiçeği, soya vb. tarım ürünlerinden enerji üretilmesi konusunda çalışmalara yönelmişlerdir (Shay, 1993). Tarıma gıda fonksiyonu yanında enerji ihtiyacını karşılama gibi stratejik bir fonksiyon daha eklenmiştir. Enerji tarımı; gıda güvenliğinin riske edilmediği, marjinal tarımsal alanların değerlendirilebildiği, sera gazları içerisinde en önemli paya sahip olan CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmak için önemli bir seçenek olarak görülen, biyoteknolojinin kullanıldığı yaygınlaşmakta olan üretim tarzıdır (Öğüt ve ark., 2007). Biyoyakıtlar içinde yer alan biyodizel; bitkisel, hayvansal ve atık her türlü organik yağdan üretilen petrol dizeline alternatif, petrol dizeline pek çok özelliğiyle daha üstün bir yakıttır. Güneş enerjisini bünyelerine kimyasal enerji olarak bağlayan bitkiler, enerji sektöründe yeni ve yenilenebilir kaynak olarak düşünülmüşlerdir.

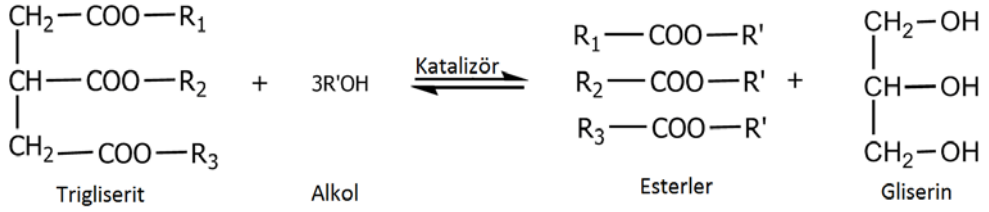
Çevre dostu yakıt olan biyodizelin üretilmesi için yağ içeriği yüksek yağ bitkilerinin yetiştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu amaçla her ülke kendi yerel şartlarına en uygun yağ bitkilerini gıda sektöründe bir açık meydana getirmeden yetiştirmek zorundadır. Biyodizel kullanımı Kyoto Protokolüne imza atarak küresel ısınma sorununa çözüm getirme aşamasında taahhütleri bulunan ülkemiz açısından önemli bir gerekliliktir. Biyodizelin düşük emisyon özelliklerine sahip çevreci bir yakıt olması, özellikle deniz taşıtlarında, kent içi taşımacılıkta, seralarda ve tarım traktörlerinde kullanımını ön plana çıkarmaktadır (Demirbaş, 2009).

Bitkisel yağların sahip olduğu yüksek viskozitelerinden dolayı motorlarda yanma, püskürtme ve malzeme sorunları meydana gelmektedir (Ma ve Hanna, 1999). Sorunların giderilmesi amacıyla bitkisel yağlarda çeşitli modifikasyon teknikleri kullanılarak özellikle bitkisel yağların viskozitelerinin düşürülmesi sağlanmıştır.

Bu modifikasyon teknikleri seyreltme, piroliz, mikroemülsiyon ve transesterifikasyondur (Gerpen, 2006). Bu teknikler içerisinde en yaygın olanı transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon reaksiyonunda hammadde olarak kullanılacak yağ, monohidrik bir alkolle (etanol, metanol), katalizör (asidik, bazik katalizörler veya enzimler) varlığında ana ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek esterleşir (Fukuda ve ark., 2001). Transesterifikasyon reaksiyonu Şekil 1 de gösterilmiştir.

*Compositae* familyasının bir üyesi olan aspir (*Carthamus tinctorius* L.) yağ, boya, vernik, yem ve ilaç sanayi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilen tek yıllık bir bitkidir. Dünyadaki toplam ekim alanı 1.121.212 ha'dır. 700.000 ha alanı ve 400.000 ton üretim ile Hindistan ilk sırada yer almaktadır ve dünya aspir üretiminin yaklaşık % 70'ini karşılamaktadır. Bunu ABD, Meksika ve Çin izlemektedir. Ülkemizde 1929 yılından beri aspirin yağ bitkisi olarak ekimi yapılmaktadır. 1946'da 590 ha olan ekim alanı, 1550 ha kadar yükselmiş, 1965 yılında ise 900 ha'a 90'lı yıllarda ürün pazarının olmayışı, küçük

yağhanelerin kapanması ve işleyecek tesislerin olmaması nedeni ile ekim alanları azalarak 70 ha düşmüştür (Akınerdem ve Öztürk, 2007). FAO (2010), istatistiklerine göre Türkiye'de sadece 165 ha alanda 150 ton aspir tohumu üretimi yapılmaktadır.



**Şekil 1.** Transesterifikasyon reaksiyonu

Ülkemizde sıvı yağ tüketimi giderek artmaktadır. Türkiye’de yıllık sıvı yağ açığı 700 bin ton civarındadır. Bu açık ithalat yoluyla kapatılmaktadır. İfade edilen bu açığın kapatılabilmesi için, yağlı tohum üretiminin artırılması ve çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda ülkemizde artan yağ açığına karşı alternatif yağ araştırmaları ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde ekimi yapılan zeytin, ayçiçeği, mısır, pamuk, soya, susam v.b. yağ bitkilerinin sulanabilir arazilere ihtiyaç duyması sebebiyle üretim alanları sınırlı kalmaktadır. Daha az yağışlı ve toprak derinliği az, verimliliği düşük topraklarda yetişebilmesi, % 38’e kadar yağ içermesi aspiri önemli bir yağ bitkisi yapmaktadır (Coşge ve ark., 2007).

Türkiye’de aspirin tohum üretimi çok az olduğundan, bitkisel yağ olarak işlenmemektedir. Aspir, kuraklığa ve nispeten tuzluluğa olan yüksek toleransı nedeniyle özellikle kuru tarım alanlarında değerlendirilebilecek alternatif ürünlerden birisidir. Kuraklığa olan dayanıklılığı sayesinde günümüzde küresel ısınmanın yol açtığı yetiştiricilik problemleri göz önüne alındığında, önemini gittikçe artırması beklenmektedir. Yapılan ıslah çalışmaları sayesinde aspir tohumlarının yağ içeriği de arttırılmaktadır (Öğüt ve ark., 2007). Türkiye’nin hemen hemen her bölgesinde hem kuru hem de sulu şartlarda tarımı yapılabilmektedir. Özellikle ülkemizde GAP bölgesinde yer alan geniş tarım alanları ve ekolojik şartlar aspir tarımı için çok uygundur ve gelir düzeyi düşük olan bölge insanına iyi bir iş imkanı sağlayacaktır. Ülkelerin yemeklik yağ açığı kapatıldıktan sonra yağ bitkilerinin, yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan ve ham maddesi yağ olan çevre dostu yakıt olan biyodizel üretimi amaçlı olarak değerlendirilmesi gereklidir. Biyodizelin sürekli üretiminin sağlanması için her ülkenin kendi yerel şartlarına uygun yağ oranı yüksek yağlı tohum bitkilerini üretebilmesi gerekmektedir. Bu amaçla biyodizel üreten firmaların çiftçilerle anlaşarak sözleşmeli tarım uygulamasına gitmeleri gereklidir. Ülkemizde de bu tür uygulamalar başlamıştır. Bu yüzden de alternatif yağ bitkileri yanında mevcut yağ bitkilerinin de ıslah çalışmalarıyla yağ oranlarının arttırılmasına ihtiyaç vardır.

Ülkemizde Remzibey-05, Yenice ve Dinçer olmak üzere üç çeşit aspir tohumu kullanılarak yetiştiricilik yapılmaktadır. Bu çalışma da amaç ülkemizde tarımı yapılan Remzibey-05 aspir çeşidine ait tohumlardan solvent ekstraksiyon yöntemi ile yağ elde edilerek, bu yağın transesterifikasyon yöntemi ile biyodizele dönüştürülmesidir.

# Materyal ve Yöntem

## Materyal

Bu çalışmada Remzibey-05 çeşidine ait aspir tohumları (*Carthamus tinctorius* L.), Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edildi. Laboratuvar çalışmalarında solvent olarak LABKİM marka n-hekzan ( $C_6H_{14}$ ), alkol olarak metil alkol, katalizör olarak sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır. Tohumların öğütülmesinde elektrikli değirmen, yağ ekstraksiyonu ve 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.

## Yöntem

### Aspir Tohumu Yağının Elde Edilmesi

Remzibey-05 aspir tohumları 1 saat süreyle 120 °C sıcaklıkta kurutularak tohum bünyesindeki fazla su uzaklaştırılmıştır. Kurutulan tohumlar elektrikli değirmende öğütülmüştür. Öğütülen aspir tohumları dönel evaporatörün cam balonuna alınıp 1:3 tohum:solvent karışım oranı ile n-hekzan solventi eklendikten sonra 600 d/d karıştırma hızında, 40 °C sıcaklıkta 2 saat süreyle ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Süre sonunda karışım filtreden geçirildikten sonra tohumun küspe kısmı ayrılmış ve geriye kalan solventle karışık yağ tekrar evaporatöre alınmış ve vakum altında solvent uçurulmuştur.

Elde edilen aspir tohumu yağı (ATY) içinde askı halinde kalan partiküllerin çöktürülmesi için, 4200 d/d ve 3600 RFC de 45 dakika çalıştırıldı. Solvent ekstraksiyon yöntemiyle üretilen ham aspir yağı TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde analiz ettirilerek yağ asidi kompozisyonları ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Aspir tohumu yağının toplam yağ içeriği Gerhardt Soxtherm ST40 sistemiyle, yağ asitleri kompozisyonu ise Shimadzu GC- 2010 serisi Supelco SP2380 model gaz kromatografi ile belirlenmiştir.

### Aspir Tohumu Yağı Metil Esterinin Elde Edilmesi

Transesterifikasyon yöntemi ile ham aspir yağından maksimum oranda aspir tohumu yağı metil esteri (ATYME) elde etmek amacıyla optimum reaksiyon şartlarını belirleyebilmek için; 1:6, 1:10 ve 1:15 yağ:alkol molar oranlarında; 50, 55 ve 60 °C reaksiyon sıcaklıklarında, yağ kütlelerinin % 0.3, % 0.5 ve % 1'i oranlarında NaOH katalizörü kullanılarak; 30, 45 ve 60 dakika reaksiyon sürelerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Her bir deneysel çalışmada hesaplanan molar oranlar için tartımı yapılan miktardaki metanolde farklı konsantrasyonlarda ki NaOH katalizörü çözdürülüp, karışım dönel vakum evaporatörün cam balonuna alınan 100 g yağ üzerine boşaltılmıştır. Evaporatörün su banyosu gerekli sıcaklığa getirilmiş ve gerekli reaksiyon süresi boyunca cihaz 700 d/d karıştırma hızında çalıştırılmıştır. Reaksiyon süresi sonunda cam balon içindeki metil ester ayırma hunisine alınarak 12 saat dinlenmeye bırakılmıştır. Süre sonunda faz ayrışması meydana gelmiş ve ayırma hunisinin alt kısmında gliserin üst kısmında ise metil ester yer almıştır. Gliserin kısmı alındıktan sonra metil ester içinde kalabilecek fazla metanol vakum evaporatör sayesinde 320 mbar basınç altında uçurulmuştur. Daha sonra tekrar ayırma

hunisine alınan metil ester ılık saf su ile beş kez yıkanarak metil ester içindeki sabun ve fazla metanolün uzaklaştırılması sağlanmıştır.

Yıkama işlemi sonunda metil ester içinde kalabilen fazla suda evaporatörde vakum altında 350 mbar basınçta uçurulmuştur. En son aşamada metil ester içinde askı halinde kalan küçük partiküller santrifüj cihazında 4200 d/d da 40 dakika sürede çöktürülmüştür. Elde edilen metil ester cam kaplara alınarak serin şartlarda muhafaza edilmiştir. Optimal şartlarda üretilen ATYME'ne ait yakıt analizleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde yaptırılmıştır.

## Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### ATY'nın Yağ Asitleri Kompozisyonu ve Fizikokimyasal Özellikleri

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

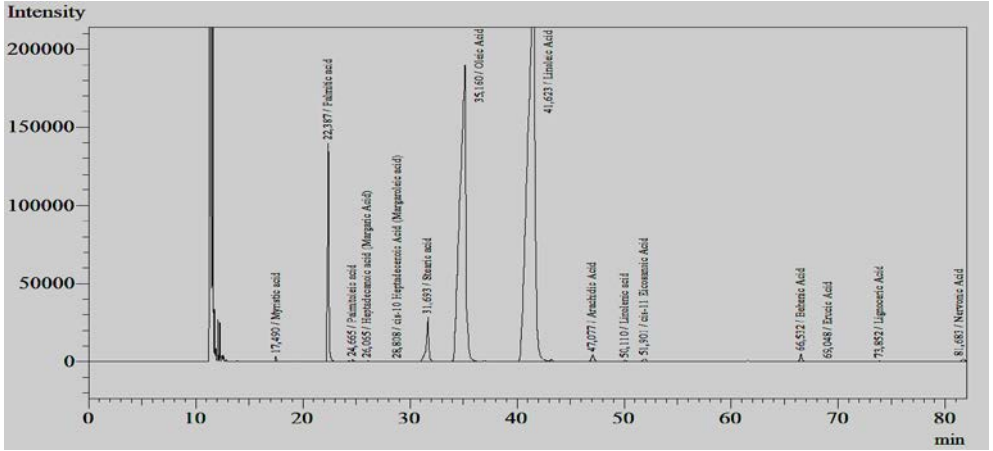
**Çizelge 1.** Aspir tohumu yağının yağ asitleri kompozisyonu

Yağ asitleri	Yağ asitleri kompozisyonu, (%)
Palmitik (C16:0)	5.84
Margarik (C17:0)	0.03
Stearik (C18:0)	2.22
Araşhidik (C20:0)	0.36
Behenik (C22:0)	0.28
Lignoserik (C24:0)	0.01
Palmitoleik (C16:1)	0.09
Oleik (C18:1)	33.98
Linoleik (C18:2)	56.82
Linolenik (C18:3)	0.06
Gadoleik (C20:1)	0.19
Erusik (C22:1)	0.01
Toplam doymuş yağ asitleri	8.83
Toplam doymamış yağ asitleri	91.17

Yağ asitleri analizi sonucunda aspir tohumu yağının % 8.83 doymuş ve % 91.17 oranında doymamış yağ asitlerinden oluştuğu belirlenmiştir. Doymamış yağ asitleri içerisinde en yüksek oranı % 56.82 ile linoleik asit oluşturmuş, bunu % 33.98 ile oleik asit izlemiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde ise en yüksek oranı % 5.84 ile palmitik asit almaktadır. Bu yağın tekli doymamışlık oranı % 34.29 iken çoklu doymamışlık oranı % 56.88 olarak belirlenmiştir. Yağ asitliği kompozisyonu sonuçları kullanılarak ATY'nın moleküler ağırlığı 876.30 g/mol olarak hesaplanmıştır. Şekil 2'de aspir tohumu yağına ait gaz kromatogram eğrisi, Çizelge 2'de ise aspir tohumu yağının fizikokimyasal özellikleri yer almaktadır.

Aspir tohumu yağının 15 °C'deki yoğunluğu 819 g/mL, 40 °C'deki kinematik viskozitesi 16.5 mm<sup>2</sup>/s, serbest yağ asitliği % 0.28, asit değeri 0.56 mg KOH/g, peroksit sayısı 1640 g/kgO<sub>2</sub>, iyot sayısı 133.87 g iyot/100 g, kırılma indisi 1.468, pH 5.18 ve renk

4K-20S olarak ölçülmüştür. Aspir tohumlarının yağ içeriği % 30±0.4 olarak belirlenirken ATY'nin oda sıcaklığındaki fiziksel durumu sıvıdır.



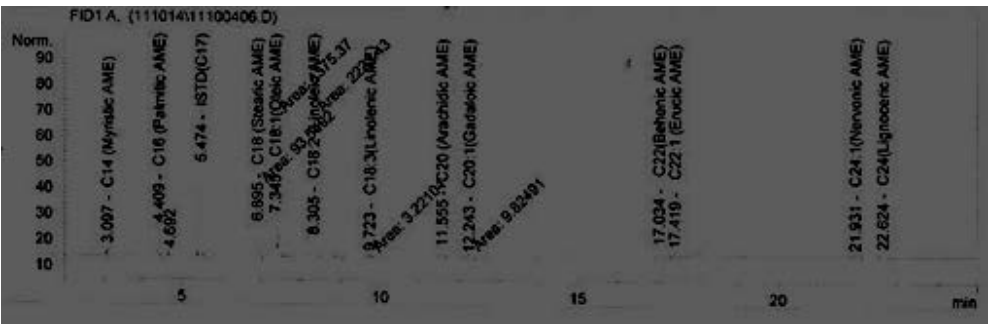
Şekil 2. Aspir tohumu yağının gaz kromatogramı

Çizelge 2. Aspir tohumu yağının fizikokimyasal özellikleri

Özellikler	Aspir tohumu yağı
Yoğunluk, (g/ mL) (15 °C'de)	819
Renk, (5,25")	4K-20S
pH	5.18
Serbest yağ asitliği, (% oleik asit)	0.28
Peroksit sayısı, (g/kgO <sub>2</sub> )	1640
İyot sayısı, (g iyot/100 g)	133.87
Kinematik viskozite, (mm <sup>2</sup> /s)(40 °C'de)	16.5
Asit değeri, (mgKOH/g)	0.56
Kırılma indisi	1.468
Moleküler ağırlık, (g/mol)	876.30
Tohumların yağ içeriği, (%)	30±0.4
Oda sıcaklığındaki fiziksel durum	Sıvı

### Aspir Tohumu Yağı Metil Esteri Analizleri

Aspir tohumu yağı metil esterleri gaz kromatogramı (GC) analizi Agilent marka 6890N model cihaz kullanılarak yapılmıştır. Gaz kromatografisi cihazında biyodizel numunelerinde ester içeriği tayini DIN EN 14103 (2003-10) standart metoduna göre yapılmıştır. Gaz kromatografisi cihazı ile biyodizel numunelerinde serbest ve toplam gliserol, mono, di ve trigliserid içeriğinin tayini DIN EN 14105 (2003-10) standart metoduna göre yapılmıştır. Toplam gliserol içeriği elde edilen sonuçlardan hesaplanmıştır. Şekil 3'te aspir tohumu yağı metil esterine ait kromatogram yer almaktadır.



Şekil 3. Aspir tohumu yağı metil esteri kromatogramı

### Aspir Tohumu Yağı Metil Esteri Yakıt Özellikleri

Yapılan parametrik çalışmalar sonunda optimum şartlar olarak belirlenen 1:6 yağ:alkol molar oranı, % 1 katalizör miktarı, 60 °C reaksiyon sıcaklığı ve 45 dakika reaksiyon süresi koşullarında üretilen aspir tohumu yağı metil esterine (biyodizel) ait yakıt analiz sonuçları, EN14214 ve ASTM D 6751 biyodizel standartlarıyla birlikte Çizelge 3'te yer almaktadır. Biyodizel, Avrupa Birliği'nde ve ülkemizde EN 14214, Amerika'da ise ASTM D 6751 standartlarına göre tanımlanmaktadır. Yani transesterifikasyon sonrası elde edilen ester ürünün biyodizel olarak tanımlanabilmesi için bu standartları sağlaması gerekmektedir.

Çizelgede yer alan sonuçlar göstermiştir ki alkali katalizör kullanılarak gerçekleştirilen transesterifikasyon işlemi sonunda ham aspir yağının 16.5 mm<sup>2</sup>/s olan kinematik viskozite değeri 4.1 mm<sup>2</sup>/s'ye düşürülmüştür. Dizel yakıtta bu değer 3.068 mm<sup>2</sup>/s'dir. Yakıtın yüksek viskozite değerlerine sahip olması enjektörlerde atomizasyon problemlerine sebebiyet vermektedir ve yanma sorunları ortaya çıkmaktadır. Viskozite yakıt zerrecilerinin büyüklüğünü kontrol ettiğinden mükemmel bir yanma için lüzumlu olan yeterli hava yakıt karışımı elde etmede en mühim faktör olan atomizasyon ve dağılma derecelerini de tayin eder (Srivastava ve Prasad, 2000). Bu sebeple EN 14214 biyodizel standartlarına göre biyodizel yakıtının kinematik viskozite değerleri 3.5-5 mm<sup>2</sup>/s arasında olmalıdır.

Yakıt atomizasyonun da önemli faktörlerden biride yoğunluktur. Biyodizel standartlarında 0.86 - 0.90 g/cm<sup>3</sup> arasında olması gereken bu değer ATYME'nde 0.87 g/cm<sup>3</sup> tür. Biyodizelin kütle bazda yaklaşık % 10'luk oksijen içeriği, yanma odasındaki yanma olayına katılan oksijen miktarını artırarak, motorine kıyasla daha iyi bir yanma sağlar (Gerpen, 2006). Motorine yakın güç ve tork eğrileri elde edilir.

ATYME'nin 38.52 Mj/kg olan ısı değeri motorinin 35.6 Mj/kg olan ısı değerinden yüksek bulunmuştur. ATYME 52 olan setan sayısı ile dizel yakıtın 42 olan setan sayısından daha yüksek değere sahiptir. Biyodizelin setan sayısı dizel yakıttan daha yüksek olduğundan tutuşma gecikmesi daha kısadır ve böylece motor daha az vuruntulu çalışır. Ayrıca çok üstün bir yağlayıcılık özelliği vardır.

ATYME parlama noktası 136 °C'dir. Biyodizel, motorinden daha yüksek alevlenme noktasına sahiptir. Bu özellik biyodizeli kullanım, taşınım ve depolama açısından motorine göre daha güvenli bir yakıt yapar. ATYME'nin akma noktası -10 °C'dir. Düşük olan akma noktası bu yakıtı soğuk hava şartlarında kullanma açısından dizel yakıtta göre avantajlı

kılmaktadır. Tabloda yer alan diğer analiz sonuçları da hem EN 14214 hem de ASTM D 6751 biyodizel standartlarını sağlamaktadır.

**Çizelge 3.** Aspir tohumu yağı metil esterinin yakıt özellikleri (ATYME)

Analizler	Birim	Metod	ATYM E	EN 14214	ASTM D6751
Ester içeriği	%(m/m)	EN 14103	97	min 96.5	-
Linolenik asit metil esteri	%(m/m)	EN 14103	0.08	max 12	-
Çoklu doymamış metil esterleri	%(m/m)	EN 14103	0	max 1	-
Karbon kalıntısı	%(m/m)	EN 10370	0.16	max 0.30	-
Kinematik viskozite (40°C)	mm <sup>2</sup> /s	EN ISO 3104	4.1	3.5-5.0	1.9 - 6.0
Bakır şerit korozyon (3saat, 50 °C)	-	EN ISO 2160	1a	1a	max No.3
Soğuk filtre tıkanma noktası	°C	EN 116	-9	+5-(-15)	Belirlenmemiş
Su içeriği	mg/kg	ENISO12937	300	max 500	max 500
İyot sayısı	g iyot/100 g	EN14111	116	max 120	-
Toplam kirlilik	mg/kg	EN12662	18	max 24	-
Metanol içeriği	%(m/m)	EN14110	0.10	max 0.20	-
Monoglisericid içeriği	%(m/m)	EN14105	0.61	max 0.80	-
Diğlisericid içeriği	%(m/m)	EN14105	0.18	max 0.20	-
Triglisericid içeriği	%(m/m)	EN14105	0.04	max 0.20	-
Serbest gliserol	%(m/m)	EN14105	0.02	max 0.02	max 0.02
Toplam gliserol	%(m/m)	EN14105	0.22	max 0.25	max 0.24
Fosfor içeriği	mg/kg	EN14107	2	max 4	max 10ppm
Yoğunluk, (15 °C)	g/cm <sup>3</sup>	EN ISO 3675	0.87	0.86 - 0.90	Belirlenmemiş
Asit sayısı	mg KOH/g	EN 14104	0.06	max 0.50	max 0.5
Akma noktası	°C	ISO 3016	-10	max 0	-15 - 10
Parlama noktası	°C	ASTM D93	136	min 120	min 130
Net yanma ısısı	Mj/kg	ASTM D 240	38.52	min 35	Belirlenmemiş
Oksidasyon kararlılığı,(110°C)	saat	EN 14112	6	min 6	min 3
Setan sayısı	-	EN ISO 5165	52	min 51	min 47
Sülfatlanmış kül içeriği	%(m/m)	EN ISO 3987	0.015	max 0.02	max 0.02

## Sonuç

Aspir bitkisi, kıraç alanlarda yetiştiriciliğe uygunluğu ile ülkemizin gıda sektöründeki yağ açığını kapatmanın yanı sıra biyodizel üretimi açısından da yetiştiriciliğindeki maliyetlerin düşük olması sebebiyle pek çok yağ bitkisine göre avantajlı bir hammadde kaynağıdır. ATY gibi çevre, tarım ve enerji politikalarını destekleyen, dışa bağımlılığı azaltan, ekonomik fayda sağlayan ve ülkenin yerel kaynaklarının kullanıldığı yağlardan üretilen biyodizelin ülke ekonomisine katkısı yüksek olacaktır.

ATYME'nin üretilmesinde kullanılan parametrelerin optimizasyonunun sağlanması için yapılan deneysel çalışmalar göstermiştir ki NaOH katalizörü kullanılarak yapılan çalışmalarda yağ:alkol molar oranı 1:15 seviyesine çıktığında sabunlaşma meydana gelerek elde edilen ester miktarı düşmektedir. Optimum şartlarda % 98 olan ester dönüşüm oranı



sabunlaşmanın görüldüğü şartlarda % 70'e kadar düşmüştür. Sabun oluşumunun görüldüğü şartlarda NaOH katalizörü yerine KOH katalizörü kullanıldığında sabunlaşma meydana gelmemiştir. Bu da ATYME eldesinde katalizör tipi ve yağ:alkol molar oranı değerlerinin seçiminin önemli olduğunu göstermektedir.

Optimal şartlarda (1:6 yağ:alkol molar oranı, %1 katalizör miktarı, 60 °C reaksiyon sıcaklığı ve 45 dakika reaksiyon süresi) üretilen ATYME yakıt analiz sonuçları neticesinde Remzibey-05 çeşidine ait aspir tohumlarından üretilen ATYME'nin EN 14214 ve ASTM D 9751 biyodizel standartlarını sağladığı görülmüştür. ATYME, dizel motorlarda direkt ya da belirli oranlarda dizel yakıtla karıştırılarak kullanılabilir.

## Kaynaklar

- Akınerdem, F., and Öztürk, Ö., 2007. Biyoyakıtlar ve Enerji Tarımı. Enerji Güvenliği, Enerji Tarımı. Küresel Isınma Açısından Biyoyakıtlar Uluslararası Semp: 06 Nisan 2007 TOBB Üniversitesi, Ankara.
- Coşge, B., Gürbüz, B and Kıralan, M., 2007. Oil Content and Fatty Acid Composition of Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Varieties Sown in Spring and Winter. International Journal of Natural and Engineering Science, 1(3): 11-16.
- Demirbas, A., 2009. Progress and recent trends in biodiesel fuels. Energy Conversion and Management. 50: 14–34.
- FAO (2010). Statistical database. Available: [http:// www.fao.org](http://www.fao.org).
- Freedman, B., Pryde, E.H and Mounts, T.L., 1984. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. Journal of the American Oil Chemists. 61: 1638–1643.
- Fukuda, H., Kondo, A and Noda, H., 2001. Biodiesel fuel production by transesterification of oils. J Bioscience and Bioengineering. 92: 405–416.
- Gerpen, J.V., 2006. Biodiesel processing and production. Fuel Processing Technology. 86: 1097–1107.
- Ma, F., and Hanna, M.A., 1999. Biodiesel production: a review. Bioresource Technology. 70: 1–15.
- Öğüt, H., Eryılmaz, T and Oğuz, H., 2007. Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinden üretilen biyodizelin yakıt özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. I. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu: 11-21, 28-31 Mayıs 2007, Samsun.
- Shay, E.G., 1993. Diesel fuel from vegetable oil; Status and opportunities. Biomass and Bioenergy. 4(4): 227–242.
- Srivastava, A and Prasad, R., 2000. Triglycerides-based diesel fuels. Renewable and Sustainable Energy Review. 4: 111–133.

