



Benzin-Biyoetanol Karışımlarının Motor Yakıtı Olarak Kullanılmasında Performans ve Ekonomikliğinin İncelenmesi (*)

Derya KOÇTÜRK¹ Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU^{2*}

¹Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Hidroloji Şube Müdürlüğü, Ankara

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Ankara

*email: onurbas@agri.ankara.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 17.07.2013

Online baskı tarihi (Printed Online): 16.09.2013

Kabul tarihi (Accepted): 08.09.2013

Yazılı baskı tarihi (Printed): 06.12.2013

Özet: Bu çalışmada; biyoetanol belirli oranlarda benzine karıştırılarak tarım kesiminde sulama amaçlı kullanılan küçük güçlü buji ile ateşlemeli bir motorda yapılan denemelerle performans değerleri belirlenmiştir. Biyoetanol, dünyada yaygın olarak kullanılan %5, 10, 15 ve 20 oranlarında benzin içerisine karıştırılmıştır. Bu karışım oranları motorda herhangi bir değişiklik yapılmaksızın kullanılmıştır. Daha sonra farklı hammaddeler (şeker pancarı, buğday, arpa, mısır, patates) için üretim maliyetleri hesaplanmıştır. Deneme sonuçları ve maliyet hesapları dikkate alınarak performans özellikleri ve ekonomiklik açısından en uygun biyoetanol hammaddesi belirlenmiştir. Motor denemelerinde; en yüksek efektif motor gücü benzine çalışmada, en düşük efektif güç ise E20 yakıtlarından elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı arttıkça efektif güçteki azalma da artmıştır. Karışım içerisindeki biyoetanol miktarı arttıkça benzine göre yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değerlerinde artış olmuştur. En yüksek özgül yakıt tüketimi E20 yakıtında en düşük benzinde elde edilmiştir. Biyoetanol hammaddelerinin üretim maliyetlerinin hesaplanması ve 1 litre biyoetanol üretimi için gerekli hammadde miktarları da dikkate alınarak hammadde üretim maliyetleri; şeker pancarı için 1,1 TL l⁻¹, buğday için 1,74 TL l⁻¹, arpa için 2,16 TL l⁻¹, mısır için 1,32 TL l⁻¹ ve patates için 2,1 TL l⁻¹ olarak belirlenmiştir. Hammaddelerin tarımsal özellikleri, ekonomik özellikler ve biyoetanol özellikleri dikkate alındığında en uygun biyoetanol hammaddesi şekerpancarı, daha sonra da sırasıyla mısır ve buğday olmaktadır. Ancak yetiştiricilik özellikleri açısından şeker pancarı ve mısıra göre daha avantajlı olan buğday Ülkemiz için en uygun biyoetanol hammaddesi olarak önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoetanol, biyoetanol hammaddeleri, biyoetanol maliyeti, biyoyakıt

Performance and Economical Investigation of Using Gasoline-Bioethanol Mixtures as Motor Fuel

Abstract: In this study, the performance values of a small spark ignition engine which is widely used in the agricultural sector were determined in trials with mixing bioethanol to gasoline in certain proportion. Bio-ethanol was mixed by 5%, 10, 15 and 20 percent into gasoline which is widely used in the world. This mixture ratios were used in the engine without any changes. Then, ethanol production costs and sales values were calculated for different raw materials (sugarbeet, wheat, barley, corn, potatoes). The most suitable raw material for bioethanol was determined by taking into account of the trial results and cost calculation. In the engine trials; The highest engine effective power was obtained working with gasoline, the least engine power was obtained from E20. While bioethanol amount increase in mixture fuel, reduction in effective power also increased. The highest specific fuel consumption was obtained in E20 and the lowest value obtained in gasoline. Calculation of the costs of raw materials for bioethanol production and quantities of the raw materials necessary for the production of 1 liter of bioethanol production costs by taking into account the raw material for sugarbeet 1.1 TL l⁻¹, for wheat 1.74 TL l⁻¹, for barley 2.16 TL l⁻¹, for corn 1.32 TL l⁻¹ and for potatoes 2.1 TL l⁻¹ were determined. Agricultural characteristics

(*): Bu çalışma, Doktora tezinden türetilmiştir.

of raw materials, given the economic characteristics and properties of bio-ethanol, the most suitable raw material for bioethanol are sugar beet then corn and wheat respectively. But wheat is recommended for the most suitable raw material for bio-ethanol for our country than that of sugar beet and maize in terms of the more advantageous cultivation properties.

Keywords: Bioethanol, raw materials for bioethanol, bioethanol cost, biofuel

1.Giriş

Dünyada biyoyakıtlar içerisinde en yaygın olarak kullanılan yakıt biyoetanoldür ve biyoetanol üretiminin %95'inden fazlası tarımsal ürünlerin işlenmesi ile elde edilmektedir. Kullanılan hammaddenin içerik özellikleri ve içerdiği şeker oranı, fermantasyon sonunda elde edilecek biyoetanol verimini önemli derecede etkilemektedir. Temel olarak şekerli bileşikler, nişastalı bileşikler ve selülozik materyaller olmak üzere üç farklı hammaddeden biyoetanol üretimi yapılabilmektedir. Genellikle şekerli ve nişasta içeren ürünler ortak alanda ele alınırken, selülozik yapıları hammaddeler, ön işlem olarak daha uzun ve karmaşık prosesler gerektirdiğinden ayrı tutulmaktadır (Roehr 2001).

Biyoetanol (C_2H_5OH) temiz, renksiz bir sıvıdır, toksit oranı az ve dökülünce çok az çevresel kirlenmeye yol açmaktadır. Biyoetanol yüksek oktanlı bir yakıttır ve benzinin içine oktan sayısını artırıcı olarak katılmaktadır. Biyoetanolin benzine karıştırılmasıyla yakıt karışımı daha iyi yanmaktadır. Temiz yanan bir yakıttır. Yanma sonu sıcaklıklarının düşük olması ve yapısında oksijen bulundurması nedeni ile yanma ürünleri içinde daha düşük oranda azotoksitler ve karbonmonoksit bulunmaktadır (Onurbaş ve ark. 2011).

Biyoetanol yaygın olarak motorlarda kullanımı düşüncesi daha çok geniş tarım alanlarına sahip ülkelerde görülmektedir. ABD' de tarımla uğraşan eyaletlerde, % 80 biyoetanol ile %20 benzin karışımından oluşan E80 yakıtı, yıllardan beri otomobillerde kullanılmaktadır. Petrol rezervlerinin hemen hemen olmadığı fakat özellikle şeker kamışının bol bulunduğu Brezilya'da otomobiller 1988 yılından beri biyoetanolle çalışmaktadır (Yıldız ve ark. 2003). AB ülkelerinde de biyoyakıt kullanım şartı vardır. 2003 yılında alınmış olan "EU Biofuels Directive" ile 2005 yılından itibaren minimum

biyoetanol ilavesi %2 ile başlayarak giderek artırılmıştır (Demirbaş 2008). Günümüzde bu değer %5.75 iken 2020'de %10 ve 2030'da %25'e çıkması beklenmektedir.

2000'li yılların başında dünyada yaşanan gelişmelere paralel bir şekilde, biyoyakıtlar Türkiye'de ilgili kuruluşlar tarafından tekrar ele alınmaya başlanmıştır. Türkiye'de kurulan biyodizel ve biyoetanol üretim tesislerine rağmen, biyoyakıt sektörünün üretim ve tüketim rakamlarının çok düşük düzeyde seyrettiği görülmektedir (Hatunoğlu 2010).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun, "Benzin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği" ile de piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol içeriğinin; 2013, 2014 yıllarında sırasıyla %2, %3 olmasını zorunlu hale getirmiştir (Anonim 2011). 27 Eylül 2011 tarihli ve 28067 sayılı Resmi gazete yayınlanan biyoetanol ve biyodizel ile ilgili tebliğlerin Türkiye'de biyoyakıt ve tarım sektörüne katkılar yapması beklenmektedir (Öğüt ve Oğuz 2011).

Ülkemizde bulunan biyoetanol üretim tesislerinde çoğunlukla şeker pancarından, kısmen de buğday ve mısırdan biyoetanol üretilmektedir (Anonim 2004, Oruç 2008). Bu hammaddeler Türkiye tarımında gıda amaçlı kullanılan önemli ürünlerdir. Dolayısıyla bunların biyoetanol üretiminde kullanılabilmesi için; ekim miktarları, birim maliyetleri gibi özelliklerinin dikkate alınarak biyoetanol hammaddesi politikasının oluşturulması gerekmektedir.

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı; etkin bir üretim planlaması yapabilmek, verimlilik ve üretici karını arttırabilmek, arz-talep dengesini sağlayabilmek, kamu finansman yükünü azaltmak, uluslararası rekabette daha güçlü konuma gelmek gibi hedeflerle "Türkiye Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modeli" geliştirmiştir. Bu model çerçevesinde ekolojik

olarak benzer, ülkenin idari yapısına uygun, yönetilebilir büyüklükte, tarım ürünlerinin ekolojik ve ekonomik olarak en uygun yetiştirilebildiği bölgeleri ifade edecek şekilde yapılan sınıflandırma sonunda 30 tarım havzası belirlenerek 23 Temmuz 2009 tarih ve 27297 sayılı Resmi Gazete de yayımlanmış, ardından da 7 Eylül 2010 tarih ve 27695 sayılı Resmi Gazete ilgili yönetmelik çıkarılmıştır (Anonim 2010a). Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modeli çerçevesinde; uygun tarımsal ürünü, doğru yerde, verimli ve yeterli miktarda yetiştirme amacına yönelik olarak “Havza Bazlı Fark Ödemesi Kapsamında Desteklenen Ürünler” listesi yayımlanmakta ve dinamik bir üretim planlaması yapılmaya çalışılmaktadır (Öğüt ve Oğuz 2011).

Biyometanolün benzine alternatif olarak kullanılması, gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayabilecek olmasıyla birlikte, sürdürülebilir ve güvenli bir enerji piyasası oluşturulması, tarımsal iş hacminde genişleme sağlaması, petrolde dışa bağımlılığı azaltılması, ekonomiye katkı sağlaması ve temiz bir enerji olmasından dolayı önem taşımaktadır.

Biyometanol motorlarda tek başına veya benzin-alkol karışımları şeklinde kullanılabilir. Her iki seçenek de motor performansı, yakıt ekonomisi ve egzoz emisyonları bakımından bazı üstünlüklere ve yetersizliklere sahiptir (Şahin 1995, Turan 1993). Belirli oranlarda biyometanol içeren karışımlar motor tasarımı ve yakıt sistemi üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan motorlarda kullanılabilir (Soruşbay ve Arslan 1998, Vezir 2006). Literatürde, biyometanolün ve biyometanol-benzin karışımı yakıtların benzin motorlarında kullanımı ve performans özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili olarak değişik tip ve güçteki motorlar üzerinde birçok araştırmalar yapılmıştır (Sümer 1999, Hsieh ve ark. 2002, Al-Hasan 2003, Bayraktar, 2005, İmrağ 2006).

Biyometanol hammaddelerinin maliyetleri ile ilgili çok az çalışma olup; Rice (1999), biyometanol hammaddesi değerlendirmesi için; ekim alanları, üretim miktarları, hektar başına verim, biyometanol verimi, hammadde maliyeti, yan ürün değerleri, hammadde işleme maliyeti ve taşıma maliyeti kriterlerini dikkate almıştır. Henke et all. (2005),

bazı etanol hammaddelerinin tarlada yetiştirilmesinden (gübreleme, ilaçlama, taşıma vb. için harcanan enerji) etanole dönüştürülmesine kadar harcanan enerjileri ve sera gazı etkilerini değerlendirme için ortaya koymuştur. Salter (2006) ise, hammaddenin çevresel etkisi, biyometanol verimi, hammadde yetiştirilmesi için harcanan girdi enerji, toprağın kullanılma durumu ve hammaddenin diğer kullanım alanları kriterlerini kullanmıştır.

Türkiye’de yapılan çalışmalarda; Bulut (2006) anket çalışması bulguları ve Bulanık AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) metodu kullanılarak Türkiye için biyometanol üretiminde kullanılacak en uygun hammadde seçimi çalışması yapmıştır. Hatunoğlu (2010), çalışmada biyoyakıtlar için farklı harmanlama senaryoları; üretim altyapı kapasitesi, gıda güvencesi, çiftçi gelirleri ve kırsal kalkınma ile bütçe değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada; biyometanol-benzin karışımlarının (%5, 10, 15 ve 20 biyometanol) motor yakıtı olarak kullanılmasıyla, tek silindirli benzinli motorda denemeler yapılmış ve motor performans değerlerinin değişimi incelenmiştir. Performans özellikleri yanında; farklı hammaddelerden (şeker pancarı, buğday, arpa, mısır ve patates) elde edilen biyometanolün maliyetleri de hesaplanarak en uygun biyometanol hammaddesinin seçilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Biyometanol benzin karışımı yakıtların performans özelliklerinin belirlenmesi amacıyla; 2010 yılında yapılan denemelerde materyal olarak, deneme motoru, hidrolik dinamometre, yakıt tüketim ölçüm düzeninden yararlanılmıştır. Honda GX160-5.5 marka motorun deneme raporunda bildirilen gücü 4 kW (4000 1/min) ve maksimum dönme momenti 1.2 kpm (2500 1/min)’dir (Anonim 1998). Dinamometre Taylan marka, ölçebileceği maksimum güç 40 kW, maksimum hız 6000 1/min ve maksimum tork değeri 175 Nm olan hidrolik dinamometredir. Denemelerde yakıt olarak 95 oktan kurşunsuz benzin ile medikal şirketlerden temin edilmiş %96 saflıktaki biyometanol kullanılmıştır.

Biyoetanol (%0, %5, %10, %15 ve %20 hacimsel oranlarında) ve benzin karışımlarının yakıt olarak motor performans özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan motor testlerinde devir sayısı, motor momenti, saatlik yakıt tüketimi değerleri ölçülmüş, motor gücü ve özgül yakıt tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Deneylerin yapıldığı ortam sıcaklığı ile atmosfer basıncı değerleri dikkate alınarak düzeltilmiştir (Saral ve Onurbaş Avcioğlu 2006). Faz ayrışmasını önlemek için karışımlar denemelere başlamadan hemen önce hazırlanmıştır.

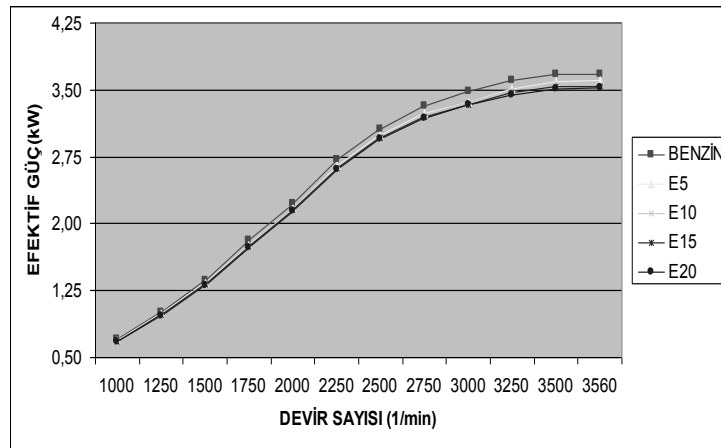
Farklı hammaddelerden elde edilen biyoetanoller için maliyet hesabı yapılırken; hammadde üretim maliyetleri dikkate alınmıştır. Hammadde maliyeti hesaplanırken; toprak işleme, bakım işleri, hasat-harman- taşıma, çeşitli girdiler, ortak girdiler dikkate alınmıştır. Veriler Eskişehir Ziraat Odasından alınarak hesaplanmıştır (Koçtürk 2011).

Benzin motorlarında biyoetanol kullanımında; optimum karışım oranı ve hammaddenin belirlenmesi amacıyla; benzin, her biyoetanol hammaddesi (şekerpancarı, buğday, arpa, mısır ve patates) ve karışım oranları (E5, E10, E15, E20) için; yakıtın verdiği enerji (kWh litre^{-1}), karışım içerisindeki biyoetanol hammaddesi üretim maliyeti (TL litre^{-1}) hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

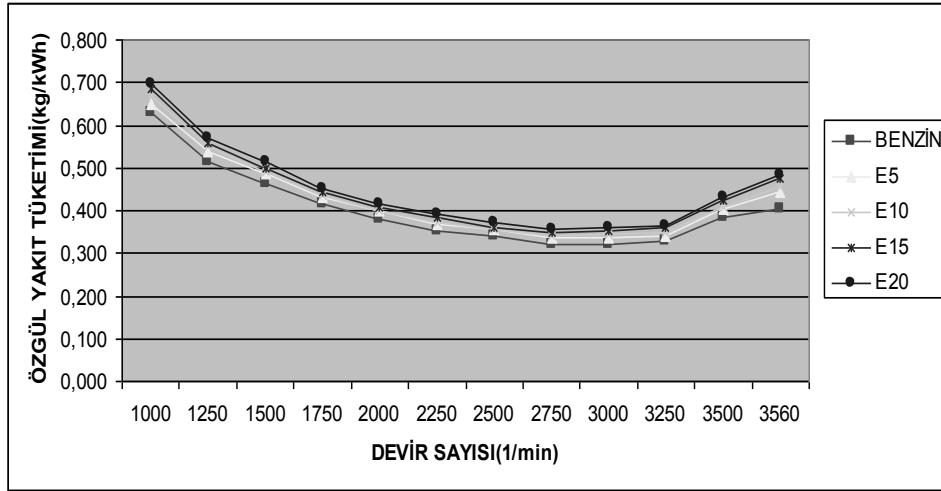
Şeker pancarı, buğday, arpa, mısır ve patatesten elde edilen biyoetanol ve benzin karışımları (E5, E10, E15, E20) ile yapılan motor denemelerinde moment, güç, özgül yakıt tüketimi ve saatlik yakıt tüketimi değerleri belirlenmiştir. Farklı karışım oranları için motor efektif gücü eğrileri Şekil 1’de, özgül yakıt tüketimi eğrileri de Şekil 2’de verilmiştir. Farklı hammaddelerden elde edilmiş biyoetanollerin kimyasal yapısının aynı olması nedeniyle elde edilen değerler de çok yakın olarak belirlenmiştir. Şekillerde farklı hammaddelerden biyoetanol denemelerinin aynı karışım oranları için ortalamaları alınarak verilmiştir.

Motorun değişik devirlerinde yapılan denemelerde, motor efektif gücü en yüksek benzinle yapılan çalışmalarda, en düşük ise E20 yakıtlarıyla yapılan çalışmalarda elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı arttıkça efektif güç azalmıştır.



Şekil 1. Biyoetanol benzin karışimli yakıtların (E0, E5, E10, E15, E20) motordaki efektif güç değişimleri

Figure 1. Effective power changes of bioethanol and gasoline mixed fuels (E0, E5, E10, E15, E20) in the engine



Şekil 2. Biyoetanol benzin karışımı yakıtların (E0, E5, E10, E15, E20) motordaki özgül yakıt tüketimi değişimleri

Figure 2. Specific fuel consumption changes of bioethanol and gasoline mixed fuels (E0, E5, E10, E15, E20) in the engine

En yüksek efektif güç değeri 3560 min^{-1} da elde edilmiş olup benzine göre E5 yakıtında %2.2, E10 yakıtında %3.0, E15 yakıtında %3.8 ve E20 yakıtında %4.3 güçte azalma olmuştur.

Motorun değişik devirlerinde yapılan denemelerde, özgül yakıt tüketimi en düşük benzine göre E5 yakıtında, en yüksek te E20 yakıtlarıyla çalışmada elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı arttıkça özgül yakıt tüketimi miktarı da artmıştır. En düşük özgül yakıt tüketimi değeri 2750 min^{-1} da elde edilmiş olup benzine göre E5 yakıtında %8, E10 yakıtında %10.5, E15 yakıtında %14.6 ve E20 yakıtında %17.3 artış olmuştur. Elde edilen bu sonuç daha önce yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Şahin 1995, Turan 1993, Sümer 1999, Hsieh ve ark. 2002, Al-Hasan 2003, Bayraktar 2005, İmrağ 2006).

Metot Bölümünde belirtilen veriler ışığında hesaplanan biyoetanol hammaddelerinin üretim maliyet bulguları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede yer alan hammaddelerin verim değerleri Eskişehir Ziraat Odasından alınmıştır (Anonim 2010b). Çizelgede görüldüğü gibi 1 kg biyoetanol hammaddesinin maliyeti; şeker pancarı için 0.11 TL, buğday için 0.58 TL, arpa için 0.54

TL, mısır için 0.44 TL ve patates için 0.21 TL'dir.

1 ton şekerpancarından 110 l, buğdaydan 340 l, arpadan 250 l, mısırdan 360 l ve patatesten 110 l biyoetanol üretilmektedir (Balat ve ark. 2007). Bu değerlere göre; 1 l biyoetanol üretmek için kullanılan hammadde miktarları ve 1 l biyoetanol hammadde üretim maliyet değerleri çizelgede görülmektedir. 1 l biyoetanol üretilmesi için 10 kg şekerpancarı, 3 kg buğday, 4 kg arpa, 3 kg mısır ve 10 kg patatese gerek vardır. Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanolün üretim maliyeti $1,10 \text{ TL } l^{-1}$, mısırın $1,32 \text{ TL } l^{-1}$, buğdayın $1,74 \text{ TL } l^{-1}$, patatesin $2,10 \text{ TL } l^{-1}$ ve arpanın $2,16 \text{ TL } l^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Buna göre arpadan üretilen biyoetanolün üretim maliyeti en yüksektir, en ekonomik olan şekerpancarı, daha sonra sırasıyla mısır ve buğdaydır.

Farklı hammaddelerden üretilmiş biyoetanoller ve benzine farklı karışım oranlarında motorda çalışmada; optimum hammaddenin seçimi için yöntem bölümünde verilen özellikler ve denemelerde elde edilen bulgular Çizelge 2'de verilmiştir.

Karışım oranlarına bağlı olarak benzin-biyoetanol karışımı yakıtlar arasında karşılaştırılma yapıldığında;

-Yakıt enerjisi (kWh l^{-1}) açısından incelendiğinde; E5 yakıt karışımında en yüksek değer elde edilmiştir. Benzine göre E5 karışım oranında %6.2, E10 karışım oranında %8.5, E15 karışım oranında %11.1 ve E20 karışım oranında %12.7 yakıt enerjisinde azalma olmuştur.

Enerji değeri benzine göre düşük olan biyoetanol, aynı miktar benzinden elde edilen

enerjinin yaklaşık %66'sı kadar enerji sağlamaktadır. Buna karşın, oktan seviyesi benzine kıyasla daha yüksek olan biyoetanolün benzinle harmanlanarak kullanılması motor performansını da artırmaktadır (Hatunoğlu, 2010).

Çizelge 1. Biyoetanol hammaddesinin üretim maliyetleri

Table 1. Production costs of bioethanol raw material

Hammadde	Üretim maliyeti (TL da ⁻¹)	Ürün verimi (kg da ⁻¹)	Üretim maliyeti (TL kg ⁻¹)	1 litre biyoetanol için gerekli hammadde miktarı (kg)	1 litre biyoetanol hammadde üretim maliyeti (TL)
Şekerpancarı	642.80	5500	0.11	10	1.10
Buğday	128.60	220	0.58	3	1.74
Arpa	122.02	225	0.54	4	2.16
Mısır	305.65	700	0.44	3	1.32
Patates	727.36	3420	0.21	10	2.10

Çizelge 2. Biyoetanol üretiminde kullanılan hammaddelerin motor performansı ve maliyet açısından karşılaştırılması

Table 2. Comparison of engine performance and cost of raw materials used in bioethanol production

Hammadde	Karışım oranı	Maksimum güç (kW)	Anma devir sayısındaki özgül yakıt tüketimi (kg (kWh) ⁻¹)	Yakıt enerjisi (kWh l ⁻¹)	Karışımındaki biyoetanol hammaddesi üretim maliyeti (TL l ⁻¹)
Benzin	E0	3.68	0.411	1.711	-
	E5	3.60	0.440	1.605	0.055
Şeker pancarı	E10	3.57	0.454	1.566	0.110
	E15	3.54	0.470	1.521	0.165
	E20	3.52	0.482	1.494	0.220
	E5	3.60	0.440	1.605	0.087
Buğday	E10	3.57	0.454	1.566	0.174
	E15	3.54	0.470	1.521	0.261
	E20	3.52	0.482	1.494	0.348
	E5	3.60	0.440	1.605	0.108
Arpa	E10	3.57	0.454	1.566	0.216
	E15	3.54	0.470	1.521	0.324
	E20	3.52	0.482	1.494	0.432
	E5	3.60	0.440	1.605	0.066
Mısır	E10	3.57	0.454	1.566	0.132
	E15	3.54	0.470	1.521	0.198
	E20	3.52	0.482	1.494	0.264
	E5	3.60	0.440	1.605	0.105
Patates	E10	3.57	0.454	1.566	0.210
	E15	3.54	0.470	1.521	0.315
	E20	3.52	0.482	1.494	0.420

-Hammadde maliyeti açısından; en ekonomik hammadde şekerpancarıdır. Şekerpancarının E5 karışım oranındaki hammadde üretim maliyeti 0.055 TL t^{-1} , mısırın 0.066 TL t^{-1} , buğdayın 0.087 TL t^{-1} , arpanın 0.108 TL t^{-1} ve patatesin 0.105 TL t^{-1} 'dir. Biyoetanol olarak kullanılan şekerpancarı hammadde maliyeti açısından, mısıra göre %17, buğdaya göre %37, patatese göre %48 ve arpaya göre %49 daha ucuzdur.

Biyoetanol hammaddeleri motor performansları açısından değerlendirildiğinde; hammadde cinsi ne olursa olsun, kimyasal bileşiminin aynı olması nedeniyle özgül kütle, ısıl değer gibi özellikler açısından farklılıklar olmamaktadır. Biyoetanol için en uygun hammadde seçiminde; hammaddelerin tarımsal özellikleri, ekonomik özellikler ve biyoetanol özelliklerini dikkate almak gereklidir:

Hammaddelerin tarımsal özellikleri olarak; yetiştirilmesi sürecindeki girdi enerji değerleri, hammaddenin hasat sonrası durumundan biyoetanol üretimi aşamasına gelene kadar depolanabilmesi, Türkiye'deki üretim miktarı, hektar başına verim ve yapılan masraflar dikkate alındığında en avantajlı hammadde şeker pancarı, mısır ve bunu buğday takip etmektedir.

Biyoetanol özellikleri olarak 1 ton hammaddeden elde edilen biyoetanol miktarını (biyoetanol verimi), biyoetanol üretim özellikleri ve üretim sonrası yan ürünler dikkate alındığında; en uygun hammadde buğday ve bunu mısır takip etmektedir.

Yapılan motor denemeleri ve maliyet analizi incelemesi sonucunda elde edilen bu veriler ışığında; yakıt olarak biyoetanol kullanımında karışım oranı artıkça motor performansında azalma, yakıt tüketiminde ve maliyette artma olduğu belirlenmiştir. Yüksek biyoetanol karışım oranının tek avantajlı yanı egzoz emisyonlarının benzine göre daha iyi olmasıdır. Bu nedenle benzin-biyoetanol karışımı yakıtlar için en uygun karışım oranı olarak; AB kriterleri de dikkate alınarak %5 karışım oranı düşünülmektedir. Hammaddelerin tarımsal özellikleri, ekonomik özellikler ve biyoetanol özellikleri dikkate alınarak en uygun biyoetanol hammaddesi şekerpancarı, daha sonra da sırasıyla mısır ve

buğdaydır. Ancak 1 litre biyoetanol üretmek için 10 kg şekerpancarına ihtiyaç varken mısır ve buğdaydan 3 kg'a ihtiyaç vardır. Biyoetanol üretim maliyetinin yaklaşık %60'ını hammadde maliyeti oluşturduğundan dolayı buğday, şekerpancarına ve mısıra göre daha az masraflı olmaktadır. Bunun yanında Ülkemiz şartlarında şekerpancarı ve mısır yetiştiriciliği yapan bölgeler buğdaya göre daha az sayıdadır. Ayrıca buğdayın bakım ihtiyacı çok azdır ve yetiştiriciliği sırasında çevresel etkilerden (kuraklık, hastalık vb.) daha az etkilenmektedir. Bu durum buğday yetiştiriciliğini şekerpancarı ve mısıra göre daha avantajlı hale getirmektedir.

4. Sonuç

Günümüzde biyoetanol üretimi çoğunlukla tahıllardan, şeker ve nişasta içeren ürünlerden gerçekleştirilmektedir. Dünyada yaygın olarak kullanılan biyoetanol hammaddeleri mısır, şeker kamışı, şeker pancarı ve buğdaydır. Bunların yanında kısmen saman, odun, çimen gibi lignoselülozik hammaddelerden de biyoetanol üretimi yapılabilmektedir. Lignoselülozik atıklardan biyoetanol üretimi henüz ekonomik ve endüstriyel anlamda gerçekleştirilememekte olup bu konuda çalışmalar devam etmektedir. Gelecekte lignoselülozik atıklardan biyoetanol üretiminin çok daha ekonomik olacağı düşünülmektedir.

Dünyada biyoyakıt politikaları incelendiğinde; ülkelerin biyoetanol hammaddelerini kendi tarımsal ürünlerinden sağladıkları görülmektedir. Bu politika yerel üretimle birlikte yeni istihdam ve gelir olanakları da sağlamaktadır. Biyoetanol üretiminde kullanılacak tarımsal hammaddeler yönünden pek çok çeşide sahip olan Ülkemizde, şeker pancarı, mısır ve buğday biyoetanol üretiminde ön plana çıkartılması gereken ürünler olarak değerlendirilebilir.

EPDK'nın belirlediği benzin ve motorine mecburi biyoyakıt karışım oranları kapsamında, 2013 yılından başlayarak ihtiyaç duyulan biyoetanol miktarı artacaktır. Türkiye'de yıllara göre artacak biyoetanol ihtiyacını karşılamak amacıyla ilk aşamada şeker pancarı yanında mısır ve buğday üretiminin de düşünülmesi gerekmektedir. Biyoetanol hammaddesi üretiminin

tarım amaçlı kullanılmayan arazilerde ve enerji tarımı şeklinde yapılması uygun olacaktır. Aynı zamanda enerji tarımının devlet tarafından desteklenerek ulusal bir politika haline getirilmesi de önemlidir. “Tarım Havzaları Üretim ve Destekleme Modeli” nin de sağlayacağı katkılarla ülke ekonomisine ve çevreye yarar sağlayacak bir enerji tarımı planlaması yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Al-Hasan M (2003). Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission. *Energy Conversion and Management* 44 (9): 1547-1561
- Anonim (1998). Honda GX160-5.5 Motopomp deneme raporu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara.
- Anonim (2004). Etil alkolün yakıt olarak kullanılması. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Genel Müdürlüğü, 2004 Ankara.
- Anonim (2010a). Tarım havzaları üretim ve destekleme modeli. www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/09/20100907.htm
- Anonim (2010b). Eskişehir Ziraat Odası, <http://www.ezo.org.tr/>
- Anonim (2011). Benzin türlerine ilişkin teknik düzenleme tebliği <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/09/20110927-5.htm>
- Balat M, Balat H and Öz C (2007). Progress in bioethanol processing. *Progress in Energy and Combustion Science* 34 (5): 551-573.
- Bayraktar H (2005). Experimental and theoretical investigation of using gasoline ethanol blends in spark ignition engines, *Renewable Energy* 30: 1733-1747.
- Bulut B (2006). Tarıma dayalı alternatif yakıt kaynaklarından etanol ve Türkiye için en uygun etanol hammaddesi seçimi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (basılmamış), İstanbul.
- Demirbaş A (2008). Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections, *Energy Conversion and Management*, 49: 2106-2116
- Hatunoğlu E (2010). Biyoyakıt politikalarının tarım sektörüne etkileri. DPT Uzmanlık Tezleri İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müd. Ankara.
- Henke JM, Klepper G and Schmitz N (2005). Tax exemption for biofuels in germany: Is bio-ethanol really an option for climate policy?, *Energy* 30: 2617-2635.
- Hsieh W, Chen R, Wu T and Lin T (2002). Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels. *Atmospheric Environment*, 36 (3): 403-410.
- İmrağ H (2006). Benzinli motorlarda etanol kullanımının motor karakteristik değerlerine ve egzoz emisyonlarına etkisinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Balıkesir.
- Koçtürk D (2011). Farklı özelliklerdeki etanol-benzin karışımı yakıtların buji ile ateşlemeli motorlarda kullanılmasının çevresel ve ekonomik yönden değerlendirilmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Ankara.
- Onurbaş Avcioğlu A, Türker U, Atasoy Z ve Koçtürk D (2011). Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler-Biyoyakıtlar. Nobel Yayınevi ISBN: 978-605-5426-71-2, 519 s, Ankara.
- Oruç N (2008). Şeker pancarından alternatif yakıt kaynağı olarak etanol üretimi: Eskişehir Şeker-Alkol Fabrikası Örneği.”VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu.
- Öğüt H ve Oğuz H (2011). Konya’da tarıma dayalı yenilenebilir enerji potansiyeli. I. Konya Kent Sempozyumu Bildiri Kitabı, s.409-421.
- Rice B (1999). Report From The Republic Of Ireland Forming Part Of The Ienica Project”. Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications. Teagasc, Crops Research Centre, Oakpark Carlow.
- Roehr M (2001). The Biotechnology of Ethanol, Classical and Future Applications, Weinheim, Germany. Wiley-Vch Publishing, 62-65.
- Salter A (2006). Selection of Energy Crops - Agroecomic and Environmental Considerations. Cropgen Dissemination, University of Southampton, February
- Saral A ve Onurbaş Avcioğlu A (2006). Termik Motorlar Kitabı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü. Yayın no:1550 Ders kitabı:503. Ankara Üniversitesi Basım Evi,
- Soruşbay C ve Arslan E (1998). Hidrojen yakıtlı içten yanmalı motorlarda yanma performansı. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 29 (339): 231-235.
- Sümer M (1999). Buji ateşlemeli motorlarda etanol kullanımı, performans ve maliyet analizi. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Ankara.
- Şahin N (1995). Alternatif yakıtların benzinli motorlarda kullanılmasının motor performans karakteristikleri ve egzoz emisyonları açısından değerlendirilmesi, Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Kayseri.
- Turan S (1993). Benzin motorlarında benzin-alkol karışımlarının yakıt olarak kullanılması ve bir uygulama, Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Erzurum.
- Vezir A (2006). Metanol –benzin karışımlarının Mgo-Zro₂ termal bariyer çemberli bir motorda performans ve emisyonlara etkisi, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Sakarya.
- Yıldız R, Karataş H, Tekin E ve Aktaş A (2003). Buji Ateşlemeli Motorlarda Kullanılan Alternatif Yakıtlar. Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Otomotiv Öğretmenliği Programı, Zonguldak.