

PhD Research Article / Doktora Çalışması Araştırma Makalesi
**DETERMINATION OF BIODIESEL PLANTS THAT ARE NATIVE TO
TURKEY FOR BIODIESEL PRODUCTION AND IDENTIFICATION OF
APPROPRIATE PRODUCTION TECHNOLOGIES**

Mehmet KOÇ^{*1}, Eralp ÖZİL, Z. Düriye BİLGE²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yıldız-İSTANBUL

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Received/Geliş: 21.03.2011 Accepted/Kabul: 16.11.2011

ABSTRACT

It is indicated that reserves of conventional energy sources used in recent years has been decreasing and oil reserves will be exhausted in the near future. Rapidly increasing population and industrialization has led to an increase in world energy consumption and as a result of this, the necessity of taking new and urgent measures in terms of energy has become essential. In addition to efficient and rational use of existing resources, harnessing new and renewable energy resources is gaining rapid significance. Among these sources, biomass has one of the greatest potentials. The most important alternative for biomass-based fuel is production of biodiesel.

A model was developed for biodiesel production which takes into account the agricultural specifications of home grown plants, their possible uses and its physical and chemical properties. Finally most viable production specifications based biodiesel production technologies were identified.

Keywords: Alternative fuels, biodiesel, biodiesel production technology, oil plants.

**BIYODİZEL ÜRETİMİNE UYGUN TÜRKİYE'DE YETİŞEN VE YETİŞEBİLECEK BİTKİLERİN
VE BIYODİZEL TEKNOLOJİLERİNİN BELİRLENMESİ**

ÖZET

Son yıllarda kullanılan konvansiyonel enerji kaynakları rezervleri azalmakta ve petrol rezervlerinin yakın bir gelecekte tükeneceği belirtilmektedir. Hızla artan nüfus ve endüstrileşme, dünya enerji tüketiminde artışa yol açmakta, bunun sonucu olarak da enerji açısından yeni ve acil önlemlerin alınması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bilinen kaynakların rasyonel ve verimli kullanılmalarının yanı sıra yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi bu önlemlerin başında gelir. Bu yenilenebilir kaynaklar arasında biyokütle (biyomass) en büyük potansiyellerden biridir. Biyokütle kökenli en önemli alternatif, yakıt olarak üretilen biyodizeldir.

Geliştirilen modelde, yakıt olarak kullanılmak istenen bir bitkinin, zirai özellikleri, kullanım alanları, fiziksel, kimyasal özelliklerine bağlı olarak en uygun üretim teknolojileri saptanmış ve standartlar oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Alternatif yakıt, biyodizel, biyodizel üretim teknolojileri, yağ bitkileri.

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: mehkoc2000@yahoo.com, tel: (535) 739 14 31
İl Tarım Müdürlüğü, Erenköy-İSTANBUL

1. GİRİŞ

İnsanoğlu yaşamı boyunca enerjiye ihtiyaç duymuştur. Enerji olmadan yaşamının mümkün olmadığı fiziksel bir olgudur. Tarih boyunca meydana gelen birçok büyük sosyal, siyasal, ekonomik çalkantılar ve savaş felaketlerinin temelinde yatan en büyük etken, toplumların, ihtiyaç duydukları enerjiyi temin etmek ve ülkelerine dışarıdan enerji akışını sürekli kılmak arzularıdır.

Klasik enerji kaynaklarının birçoğunun bir süre sonunda tükeneceği beklenmektedir. Bu tür kaynaklar çevre için büyük ve geri dönüşümü olmayan tehlikeler yaymakta, artan ihtiyacı ve gelişen teknolojiyi beslemekte yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, bugünkü dünya ülkelerinin her biri gelecekte alternatif olarak ne tür bir yakıt kullanacaklarını ve bu yakıtın kaynağının rezerv durumunun ne düzeyde olduğunu iyi hesaplamak zorundadırlar. Geleceğin yakıt türünün seçimini etkileyen en önemli faktörlerin başında rezervlerin büyüklüğünün yanı sıra, yakıtın ekonomikliği ile fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uygunluğu gelmektedir. Bununla beraber, yakıtın yanması sonucu oluşan kirlenici emisyonların insan ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri de alternatif yakıtın türünü belirlemede kısıtlayıcı bir faktör olacaktır [1].

Buna karşın, yenilenebilir enerji kaynakları kökenli enerji tüketiminin, yaklaşık %3'lük ortalama yıllık artış hızıyla, en hızlı artışı göstereceği tahmin edilmektedir. Özellikle fosil kökenli yakıtların çevreye olumsuz etkilerinin toplum tarafından anlaşılacak şekilde önemsenmesi ve gelişmiş ülkelerin uygulamaya başladıkları teşvik politikaları ve programlarının katkısıyla, yenilenebilir enerji kaynakları dünya enerji piyasasındaki önemini ve üretimde aldığı payı sürekli olarak arttıracaktır. Buna rağmen, sıvı yakıtların halen %36'larda olan payının, 2030'lara gelindiğinde ancak %30'lara düşmesi beklenmektedir. Günümüz koşullarında elektrik enerjisi üretimi sektörü başta olmak üzere sanayinin de petrol ve sıvı yakıtlardan hızla kaçacağı ve üretimi daha ekonomik yakıtlarla ikame edeceği söylenebilir. Aynı şekilde konutlarda ve ticari sektörde de sıvı yakıtların yanında önemli düşüşler beklenmelidir [2].

Uluslararası arenada çok sık gündeme gelen ve başta Avrupa Ülkeleri olmak üzere Türkiye'nin de içinde bulunduğu birçok ülke Kyoto Protokolü'ne imza atmıştır. Bu protokolün başlıca amacı tüm dünyada hızla artan çevre kirliliğini önüne geçilmesini sağlamaktır. Biyolojik bozunabilirliği çok yüksek olan biyodizel, enerji ihtiyacının karşılanması bakımından çevreye dost önemli bir enerji kaynağıdır. Biyodizelin olumsuz bir toksik etkisi bulunmamaktadır [3].

Biyodizel, Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde dizel yakıt içerisine %2 oranında karıştırılarak satılmaktadır. Avrupa Birliği enerji politikalarının belirtildiği "Beyaz Kitap"a göre biyodizelin dizel karışım oranının 2005 yılında %5,75'e, 2010 yılında %10'a ve 2020 yılında %20'ye çıkartılması hedeflenmiştir.

Türkiye gibi petrol konusunda dışa bağımlı bir ülkenin alternatif bir yakıt üretebileceği ve bu yakıtın kullanımı sonucunda çevreye zararlı emisyon değerlerinin azalacağı gerçeklerinin gündeme getirilerek; biyodizel kullanımının yaygınlaştırılması ve kullanıcılarının bilgilendirilmesi, içinde bulunduğumuz Avrupa Birliği uyum süreci açısından da önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı; dizel yakıtının özelliklerine yakın, temiz, ucuz alternatif bir yakıt olan biyodizel üretiminin, havayasal atık yağlarından yapılması, böylece atık yağların değerlendirilerek alternatif yakıtta dönüştürülmesi ile milli gelire katkı sağlamak ve yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi olanaklarının araştırılması ile biyodizel üretiminin yaygınlaştırılmasını sağlayarak dışa bağımlılığı azaltmaktır [4].

2. YAĞLARA UYGULANAN TİCARİ TEKNOLOJİLER

Gelişen teknolojiyle birlikte biyodizel elde etmek için yağlara uygulanan teknolojilerde gelişmektedir. Teknolojilerin farklılıkları, bitkinin kimyasal özellikleriyle doğrudan ilgilidir. Bu bağlamda teknolojileri birbirinden ayıran özelliklerin başında serbest yağ asidi (SYA) gelir. Tüm teknolojilerde amaç en son aşamada SYA oranını %4'ün, mümkünse %1'in altına düşürmektir. Bu işlem tek adımda veya çok adımda gerçekleştirilmektedir. Serbest yağ asidinden sonra ikinci

olarak bakılan husus ise üründeki sabun miktarıdır. İmpüritelerle birlikte sabun miktarı teknoloji adımlarını yakından belirler.

SYA aslında bazik bir katalizör (NaOH, KOH) ile reaksiyona girip sabun oluşturur. İşlemin sonunda yağ asidi tuzlarını (sabun) içeren sulu çözelti filtre veya santrifüjle ayrılır.

ASTM D 6751'e göre yağlarda bulunan sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum miktarları sabun ile doğrudan ilişkili kabul edilmektedir. Bunlar arasında sodyum en büyük öneme sahiptir. Element dönüşüm faktörleri verilmiştir (Çizelge 2.1). Yağlarda bulunan ppm düzeyindeki bu elementler bu dönüşüm faktörü ile çarpılarak sabun miktarı bulunur. (Örneğin en çok bulunan sodyum 5 ppm ve dönüşüm faktörü 13.2 ile çarpılarak 66 ppm bulunur). Bulunan 66 ppm en yüksek değerdir ve literatürde ppm olarak bakılıyor. 5 ppm sodyum ve potasyum toplamı veya 5 ppm magnezyum ve kalsiyum toplam kombinasyonu olarak bakılır. Ayrıca sabun molekülleri SYA ve su tarafından oluşturuluyor [5].

Çizelge 2.1. Element dönüşüm faktörleri

Element	Dönüşüm Faktörü
Sodyum	13.2
Potasyum	8.2
Magnezyum	24.1
Kalsiyum	15

Ticari Teknoloji: 1

SYA < % 1 ise, genellikle yapışkan maddeden temizlenmiş rafine hammadde: Çoğunlukla soya yağı kullanılır.

- Transesterifikasyon,
- Varsa sabunlar ayrıştırılır,
- Asitle muameleye tabi tutularak SYA'ya dönüştürülür,
- Yan ürün olarak satılabilir,
- Veya küçük gruplar halinde metil esterlere dönüştürülür,
- Ham gliserin satılır veya rafine edilerek diğer ürünlere dönüştürülür.

Ticari Teknoloji: 2

%1 < SYA < % 4 ve (Kostik)Yağ asidi tuzları (sabun) (66 ppm'den fazla) ve su var ise;

- Kostik sökme işlemiyle hammaddedeki sabunlar ve su uzaklaştırılır,
- Trigliseridler, büyük bir sorunla karşılaşılmadan, transesterifikasyon işlemine tabi tutulur,
- Geri kazanılan sabunlar asitle reaksiyona girer ve kalan SYA'lar kazanılır,
- Küçük miktarlarda çalışılabilir ve sistemde kalan SYA varsa, nötralize edilerek hammaddeye geri yollanır,
- Gliserin biraz daha kaliteli ve hiç sabun yoktur.

Ticari Teknoloji: 3

%1 < SYA < % 4 ve (Kostik)Yağ asidi tuzları (sabun) (66 ppm'den az) ve su yok ise;

- Transesterifikasyonla birlikte kostik sökme işlemi de gerçekleştirilir,
- Trigliseridler, transesterifikasyon işlemine tabi tutulur,
- Yüksek sabun düzeyleri köpükleşmeye yol açabilir, emülsifikasyon üretimi etkiler ve soruna yol açabilir,

- Sabunlar gliserin içinde uzaklaştırılır,
Sabunlar geri kazanılır ve yukarıda anlatılan 2 no'lu teknolojiye benzer yöntemle SYA'lar biyodizele dönüştürülür.

Ticari Teknoloji: 4

$\%4 < SYA < \% 20$ ise,

- Bütün hammadde asit esterifikasyonuna tabi tutulur. Böylece;
- SYA'lar biyodizele dönüşür,
- Reaksiyon suyu uzaklaştırılır,
- Fazla asitler ve metanol uzaklaştırılır,
- Daha sonra tüm hammadde transesterifikasyon reaksiyonuna girer. Bu arada ilave katalizörler kullanılarak asitler ve kalan SYA'lar nötralize edilir.
- Kalan sabunlar ve SYA'lar, hammadde grubuna geri döndürülür.

Biyodizel Üretiminde Kullanılan Diğer 5. Teknolojiler

$SYA > \% 20$ ise,

- Hammaddeler karıştırılarak istenilen SYA düzeyine ulaşılır,
- Yukarıda anlatılan 2 – 4 no'lu teknolojilerden birisi kullanılır,
- Çok adımlı kesikli işlemle sonucu $\% 50$ 'ye varan SYA dönüşümlerine ulaşılmıştır.
- Birbirini takip eden asit esterifikasyonu ve transesterifikasyon işlemi arasında su uzaklaştırılır. Su uzaklaştırılırken çok adımlı kostik sökme adımları bulunmaktadır. Yağlara uygulanan ticari teknolojiler verilmiştir (Şekil 2.1).

3. HAMMADDELERLE İLGİLİ SORUNLAR

Renk;

- Renk teknik kalite için bir gösterge değildir,
- Biyodizel renksiz olabilir veya siyaha kadar çeşitli renkler alabilir,
- Müşteri memnuniyeti açısından renksiz veya açık renkli olması tercih edilmelidir,
- Ağartma işlemi ve karbon filtrasyonu gerekebilir,
- Bu işlemler yabancı maddelerin de uzaklaştırılmasına katkıda bulunabilir.

Koku;

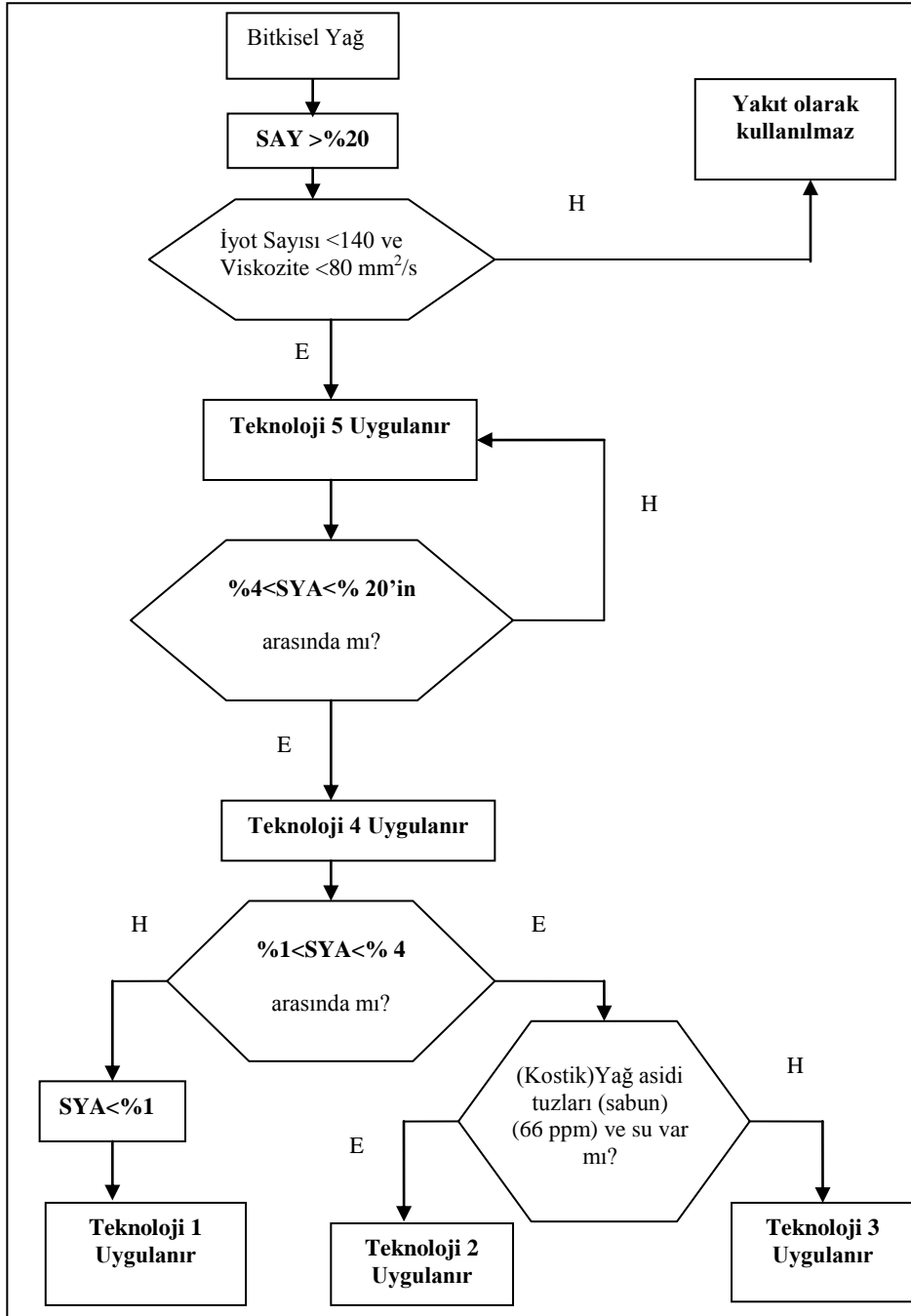
- Konu teknik kalite için bir gösterge değildir,
- Deodorizasyon işlemi gerekebilir,
- Bu işlem yabancı maddelerin de uzaklaştırılmasına katkıda bulunabilir.

Gliserin Miktarı;

- SYA miktarı yüksek hammaddelerde gliserin miktarı düşük olacaktır,
- Üretilen biyodizel bazında yan ürünler geliri düşük olacaktır,
- Genelde yabancı maddelerin gliserin içinde birikme eğilimi, gliserinin değerini düşürecektir ve gliserinin iyileştirilmesi işlemi de oldukça pahalı olduğundan gliserin elde kalabilir.

Gliserin kalitesi;

- Gliserinin rengi ve kokusu değerini çok düşürecektir.
- Aynı şekilde gliserinde bulunabilecek tuz, metanol, metil esterleri, trigliseridler ve solventler de aynı şekilde değerin düşmesine neden olacaktır.



Şekil 2.1. Yağlara uygulanan ticari teknolojiler

4. GELİŞMEKTE OLAN TEKNOLOJİLER

İki solventli işlemler: Biyoxx, Resoydyn

- Trigliseridlerin enzimatik dönüşümü; yavaş ve düşük miktarda ürün eldesi (biyodizel içinde yüksek trigliserid miktarı),
- SYA'ların enzimatik dönüşümü,
- Tohum içinde yağın dönüşümü ve böylece gliserin üretiminin engellenmesi.

Çift Solventli Teknolojiler

SYA < % 20;

- Her ne kadar %50'lere kadar SYA'nında işlenebileceği söylenmekteyse de çok sayıda çalışma gerekli,
- Heksan, MTBE; THF ve diğer solventler kullanılarak SYA ve trigliseridlerin eş zamanlı dönüşümü,
- Tüm hammaddenin çift solvent, metanol ve katalizör ile reaksiyona girmesi,
- Mevcut teknolojilerden yararlanarak biyodizel, çift solvent, gliserin ve metanolün ayrıştırılması,
- Peroksitler gibi istenmeyen yan ürün sorunlarının çözülmesi gereklidir.

5. MUHTEMEL TEKNOLOJİLER

- SYA'ları işlemek için ticari olarak mevcut olan ancak biyodizel kullanımında yararlanılmayan gliseroliz işlemi kullanmak ve SYA'ları önce monogliseride çevirip bilahare transesterifikasyona tabi tutmak;
- Ticari olarak kullanılmakta olan ve enerji yoğun kabul edilen yöntemle yüksek SYA'lı hammaddeyi önce hidrolize daha sonra asit esterifikasyona tabi tutmak;
- Serbest yağ asitlerini, asit esterifikasyonla metil estere dönüştürmek, yüksek miktarda ürün eldesi ve kalan SYA'nın kostik sökme ile dönüştürülmesidir.

5.1. Transesterifikasyon Ticari Teknolojisi

SYA veya trigliseridleri ayırıp asidik veya bazik esterifikasyona tabi tutmaktır.

5.2. Solvent Ekstraksiyonu Teknolojisi

Transesterifikasyon süreci trigliseridleri biyodizele dönüştürür:

- Trigliserid + Metanol + SYA (Eğer varsa) + NaOH (Baz) → Yağ Asidi Metil Esterleri + Gliserin + NaOH + Sabun (Eğer varsa)
- Sıcaklık düzeyi 60-70 °C, atmosferik basınçta,
- Ham biyodizel ve ham gliserin ayrışır,
- Biyodizel hafif asidik bir suyla yıkanır ve aşağıdaki kimyasal ham biyodizel ayrılır.
 - Nötralize edilmiş katalizörler,
 - Suda eriyen gliserin,
 - Sabunlar,
 - Metanol.
- Ham gliserin çeşitli derecelerde saflaştırılır.

5.3. Biyodizelin Saflaştırılması

- Su ile yıkama ve kurutma,
- Katı adsorbent ile filtrasyon,
- İyon değiştirici reçineler,
- Nötralizasyon ve proses seçimi ile saflaştırma,

SYA (Serbest yağ asidi), hidroliz sonucu parçalanır. Kimyasallar, ısıl enerji ve diğer etkenler trigliserid zincirinin kırılmasına yardımcı olur [6].

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bitkiler havadaki CO₂ fotosentez yoluyla alır ve onun yerine atmosfere oksijen bırakır. Oksijen, fotosentezin ana ürünüdür. Atmosferdeki oksijenin yaklaşık % 30'u karadaki bitkiler tarafından üretirken, geri kalan % 70'lik bölüm denizlerde ve okyanuslarda bulunan ve fotosentez yapabilen bitkiler ve tek hücreli canlılar tarafından üretilir. Enerjisinin farklı bir enerji türüne çevrilmesi fotosentez yoluyla çevrilmiş olur. Karbonu bağlaması nedeniyle biyodizel üretiminde bu bitkilerden yararlanılır.

Ülkemizde hemen her türlü yağ bitkisi yetişebilmektedir. Yağlı tohum üretiminin istenen düzeyde artırılmaması, kapsamlı ve planlı bir çalışma yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Yapılan araştırmalar bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak, motorin ile çalışmaya göre tasarlanmış mevcut dizel motorlarda bitkisel yağların doğrudan yakıt olarak kullanımı sırasında bitkisel yağların bazı yakıt özelliklerinden dolayı problemler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak; bitkisel yağların pahalı olması, mevcut motorların tasarımı ve bitkisel yağların fiziksel özellikleri dikkate alındığında kısa vadede dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılacakları görülmektedir. Son yıllarda birçok dünya ülkesinde bitkisel yağlardan transesterifikasyon reaksiyonu (alkoliz) ile elde edilen biyodizelin üretimi ve yakıt olarak kullanılması yaygınlaşmaktadır. Biyodizel yakıtının sahip olduğu özellikler bakımından dizel motorunda kullanımının son derece uygundur. Biyodizelin yaygınlaşmasının ile ilgili olarak yaşanan en önemli çekince, ham madde yetersizliğiyle beraber, üretim maliyeti olarak görünmektedir.

Biyodizel üretiminin hammaddesi olan yağlı bitkinin ekilmesi ve yetiştirilmesinden başlayarak, biyodizel elde edilene kadarki maliyet analizleri yapılmalıdır.

1. Yağ bitkilerinin yetiştirilmesi (kiralama, ekim, dikim, toprak işleme, bakım, sulama, gübreleme, ilaçlama, mekanizasyon, taşıma, depolama vb.)
2. Yağ elde etme maliyeti (yatırım, rafine vb.)
3. Biyodizel üretim maliyetleri (yatırım, işletme, üretim vb.)
4. Diğer hususlardır.

Ülkemizde yetişen tüm yağlı bitkilerin maliyet analizleri yapılarak, biyodizelin alternatif ürün olarak üretilmesi stratejik açıdan model oluşturulmasına yardımcı olacaktır. Bu nedenle biyodizel maliyeti büyük önem taşımaktadır.

Yetişen yağ bitkisi gıda olarak kullanılacaksa, hammadde olarak atık yağlardan da biyodizel üretimi yapılabilir. Atık yağların neden olduğu, hava ve su kaynaklarının kirletilmesinde karşılaşılan sorunlar, bu yağların biyodizel üretimiyle değerlendirilmesiyle çözülebilir bir özellik göstermektedir.

Türkiye'deki mevcut yağlı bitkilerin özelliklerine göre teknolojilere tabi tutularak bir biyodizel elde edilip veriler oluşturulmalıdır. Biyodizel elde etmek için yağlara uygulanan teknolojilerde büyük önem taşımaktadır. Serbest yağ asitlerine göre teknolojiler belirlenir. Çükü uygulanacak olan prosese göre biyodizelin kalitesi büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizdeki üretim potansiyelinin büyüklüğü, tarımsal potansiyelimizin varlığı, biyodizel üretiminde kullanılan bitkilerin yetiştirilmesi büyük avantaj sağlayabilir. Biyodizelde kullanılan bitkilerin üretimi; enerji arzına katkı, tarımsal potansiyelimiz, teknolojik gelişmelerin ülkemize sağlayacağı katkılar, yağ ve sözleşmeli üretimin sağlayacağı avantajlar, atık yağın değerlendirilmesi, biyodizel üretimi sonrasında elde edilen yan ürünler ve özellikle kırsal alanlara istihdam katkısı şeklinde özetlenebilir.

KISALTMALAR

SYA Serbest Yağ Asidi

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Artukoğlu, B.D., (2006), Hayvansal Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Özelliklerini Geliştirilmesi Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 1-10, Ankara.
- [2] Özil, E. Şişbot, S., Özpnar, A., Olgun, B., (2011),“Elektrik Enerjisi Teknolojileri ve Enerji Verimliliği” Cilt 1; Türkiye Elektrik Sanayicileri Birliği-TESAB, (Basım aşamasında).
- [3] Ögüt, H. ve Oğuz, H., (2006), “Üçüncü Milenyum Yakıtı Biyodizel” 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- [4] Karaosmanoğlu, F., (2007), “Biyomotorin ve Türkiye”, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [5] White, J. M., Shah, P., Sanford, S., Valverde M., Meier, G., (2010), “Feasibility Study to Determine Soap Concentration in Biodiesel from Alkali Metal Content”, Renewable Energy Group, Inc.
- [6] Tyson, K. S., (2003), “Biodiesel Technology and Feedstocks”, Biodiesel for New England Eastern Connecticut State Univ., USA.