

Endüstri Bitkileri ve Bitki Artıklarının Biyoyakıt Olarak Kullanımı

Derleme / Review

Geliş Tarihi / Received
01.11.2017

Kabul Tarih / Accepted
12.01.2018

DOI
10.28955/alinterizbd.348459

ISSN 2564-7814
e-ISSN 2587-2249

Murat SEZEK

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum/Turkey

*e-posta: sezekmutar@gmail.com

Öz: Biyoyakıt üretiminde başlıca pirinç, patates, ayçiçeği, kolza, şeker kamışı, tütün, pamuk, fındık, soya, mısır, palmye, aspir gibi bitkiler kullanılmaktadır. Biyoyakıtlar, biyoetanol, biyodizel, biyometanol, biyodimetiler, biyoyağ, biyogaz gibi biçimlerde elde edilmektedir. Günümüzde ise en yaygın kullanım şekilleri ise biyoetanol, biyogaz ve biyodizel şekillerinde elde edilmektedir. Dünya nüfustaki hızlı artışla beraber teknolojik gelişmeler enerji ihtiyaçlarını da beraberinde artırmaktadır. Fosil yakıt kaynakları kısıtlı rezerv durumlarından dolayı günümüz dünyasında stratejik bir öneme sahip olmuş ve artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için rüzgar, su ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmanın yanı sıra yağlı tohumlu bitkiler ile bazı buğdaygil türü bitkiler ve endüstriyel bitki artıkları, lif artıkları, lifsel atıklar, lif özelliğinde olan sebze ve meyve artıklarından yakıt üretimi üzerinde durulmaya başlanmıştır. Biyoyakıt üretimi bir yandan enerji ihtiyacının karşılanmasına katkı sağlarken aynı zamanda tarımda ürün çeşitliliği ve istihdamı da olumlu yönde etkileyecektir. Ayrıca, tarımsal bitki artıklarının geri dönüşüme kazandırılmasıyla birlikte çevreye dost enerji kaynakları üretilmiş olacaktır.

Anahtar kelimeler: Biyoyakıt, endüstri bitkileri, biyoetanol, biyodizel

Using of Industrial Plants and Plant Residues as Biofuel

Abstract: To obtain biofuels are mainly used plants such as rice, potato, sunflower, rapeseed, sugar cane, tobacco, cotton, hazelnut, soybean, corn, palm and aspir. Biofuels are obtained in form such bioethanol, biodiesel, biomethanol, biodimethylether, biofuels, biogas. In today, most common forms of use are bioethanol, biogas and biodiesel. Along with rapid increase in the world population, technological developments increase the energy needs together. Fossil fuel sources have a strategic importance in today's world due to their limited reserve status besides the benefiting from renewable energy sources such as wind, water and sun in order to meet increasing energy demand, the production of oilseed plants and some grains of vegetable species industrial plant residues, fiber residues, fibrous waste vegetable and fruit residues of fiber. Biofuels production will contribute to meeting the energy needs while at the same time affecting product diversity and employment in agriculture in a positive way. In addition, environmentally friendly energy sources will be produced with the recycling of agricultural plant wastes.

Keywords: Biofuels, industrial plants, bioethanol, biodiesel.

Lütfen aşağıdaki şekilde atf yapınız / Please cite this paper as follows:

Sezek, M., 2018. Endüstri Bitkileri ve Bitki Artıklarının Biyoyakıt Olarak Kullanımı. Alinteri Journal of Agriculture Sciences, 33(1): 105-111

1. GİRİŞ

Günümüz Dünyasında sanayi ve nüfustaki hızlı artışa paralel olarak enerjiye olan gereksinim de büyük oranda artış göstermiştir. Bilindiği üzere Dünyadaki en büyük enerji talebini karşılayan yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan petrol, doğalgaz, uranyum gibi kaynaklar dünya enerji kaynaklarının % 94'ünü karşılamaktadır (Günel ve Öztürk, 2006). Ayrıca kullanım miktarlarına bakıldığında zaman kömür rezervlerimiz 100-110 yıl, daha az miktarda bulunmakta olan petrol ve doğalgaz kaynaklarımızın ise 20-25 yıl sonra (Saraçoğlu, 2004) veya en fazla 50-60 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir.

Dünyada mevcut doğalgaz, petrol, uranyum gibi kaynakların azalması, küresel ısınma ve ozon tabakasının delinmesi gibi çevreyi ve dünyayı tehdit eden sebepler insanoğlunu yeni arayışlara itmiştir. Özellikle kullanılmakta olan bu fosil yakıtlar günümüz dünyasını ve gelecek nesilleri büyük oranda tehdit etmektedir. Bunlara alternatif olarak kullanılan güneş enerjisi, jeotermal enerji, dalga enerjisi, rüzgar enerjisi gibi enerji kaynaklarının yanı sıra biyoyakıt olarak tabir ettiğimiz enerji kaynağı da yenilenebilir enerji kaynakları arasında değerlendirilmektedir (Anonim, 2014).

Günümüzde biyokütle yakıt olarak kullanımı çok yaygın olmamasına rağmen gelecek dönemlerde yenilenebilir enerji formlarının en yaygınının olması beklenmektedir (McKendry, 2002). Biyoyakıt enerji kaynakları, biyokütle hammaddesi orman ürünleri, yağlı bitkiler, lifli bitkiler, kentsel ve endüstriyel artıklar yağlı tohumlar, karbonhidrat

kaynaklı bitkiler olduğu düşünülürse çok geniş bir alanı temsil etmektedir (Anonim, 2014). Hayvansal atıklar, karada ve suda yetişebilen bitkiler, ormanlardan elde edilen orman ürünleri, endüstri de kullanılan bitkisel ürünler ve kent atıkları, ana ürün sonrası yan bitkisel ürünler, karbonhidratlı bileşiklerden üretilen enerjiler de biyokütle enerjisi olarak değerlendirilmektedir. (İlleezz, 2004; Olgun ve ark., 2001; Tüplek, 2011). Başka bir deyişle biyokütle, doğamızda halihazırda bulunmakta olup değişik türdeki tarımsal ürünlerden elde edilmiş olan ayrıca kimyasal ve biyolojik olarak üretilmesi mümkün olan ve esas özellikleri standart olan katı, sıvı ve gaz haldeki enerji kaynaklarıdır (Taşyürek ve ark., 2007).

Bitkiler %10-25 lignin, %40-60 arasında selüloz ve % 20-40 oranında hemiselüloz içermektedir. Biyoküttele selüloz karbonun en tanınan formudur ve bu glikozun polimerini oluşturmaktadır. Hemiselüloz ise 5 ya da 6 karbonlu olabilmekte ve üronik asit içeren kısa ve yüksek oranda dallanma gösteren şeker zincirlerinden oluşmaktadır. Şeker olmayan moleküller ise lignini oluşturmaktadır. Ayrıca karbondioksit (CO₂) fotosentez yardımıyla organik ürünlere dönüştürülmekte ve bu da biyokütleye bağlı bulunan karbonun da yardımıyla güneş enerjisi biyokütlenin büyümesinde temel rol oynamaktadır. Fotosentez de temel rol alan güneş enerjisi, yapısal olarak biyokütlenin kimyasal bağlarında depo edilmekte olup ve buna bağlanmakta olan bir mol C 470 kJ enerjiyi absorbe edebilme özelliğine sahiptir (Emeklier, 2014). Ortaya çıkan bu enerji insanlar tarafından farklı şekillerde kullanılmaktadır. Kimyasal bağlarda depolanan bu enerji yakarak ısı elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Mevcut biyoküttele her yıl yaklaşık 200 milyar ton karbon tutulmaktadır ve insanlar ancak bunun 800 milyon tonunu gıda olarak kullanabildiği tahmin edilmektedir (El Bassam, 1998).

Bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, endüstriyel atıklar ve sanayi atıkları ve yağ bitkileri ve bunların artıkları biyokütle teknolojisinde gelişmelere katkı sağlamakta, katı, sıvı ve gaz formlarında üretilen biyoyakıtlar mevcut yakıtlara bir alternatif oluşturmaktadırlar (Eser ve ark., 2007).

Ülkemizde tarla bitkileri üretimi 15 milyon ha ve toplam üretim ise yaklaşık olarak 38 milyon tondur. Elde edilen bu ürünlerin hasadından sonra yaklaşık olarak 45 milyon ton atık birikmektedir ve oluşan bu atık miktarının ısı değeri 226 milyar GJ olan yaklaşık 13 milyon tonu kullanılmaktadır (Anonim, 2006a). Bu değer 5,4 milyar ton petrole eşdeğer olup tarla bitkilerinden elde edilen artıklardan 2044 yılında birincil enerji tüketimimizin yaklaşık % 6'sını karşılayabilmek mümkün olabilecektir (Akdoğan ve ark., 2007).

Biyoyakıt Üretim Şekilleri

Biyokütle kullanılarak günümüzde en çok biyodizel, biyogaz, biyoetanol şeklinde biyoyakıtlar üretilmektedir.

Biyodizel

Biyodizel aspir, pamuk, palmye, ayçiçeği, soya, kanola gibi yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen yağların kısa zincirli olan bir alkol yardımıyla (metanol yada etanol) reaksiyon geçirmesi sonucu elde edilen ve motorine eşdeğer olan bir yakıt türüdür (Dağdelen ve ark., 2016; Henry, 2010).

Ayrıca hayvansal yağlar, yağ sanayisinde elde edilen yağ ürünleri ve bu yağların rafinasyonunda kullanılmakta olan ağartma toprakları biyodizel üretiminde önemli kaynaklardır (Ar, 2010). Ayrıca ülkemiz iklim ve toprak koşullarına uygun bitki yetiştirmeli ve buna ilave olarak hibrid ağaç türleri üzerinde durması gerekmektedir (Anonim,2006c).

Buna ilave olarak susam, badem, defne, ceviz, yağ keteni, hurma, yer fıstığı, mısır, hint yağı gibi bitkiler de biyodizel üretimi amacıyla kullanılmaktadırlar (Adıyaman ve ark., 2008). Ayrıca son yıllarda mikroalglerin biyodizel üretiminde kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır (Cirik ve ark., 2011).

Çizelge.1. Yağ bitkisi türlerinin biyodizel ve etanol verimliliği açısından kıyaslanması (El Bassam, 1998).

Biodizel elde edilen bitkiler	Birim alan tohum verimi (t/ha)	Yağ oranı(%)	Birim alan yağ verimi(t/ha)
Kolza	2-3,5	40-50	1,26
Pamuk (çiğit)	1,2	15-25	0,29
Keten	1,8	30-48	0,70
Yerfıstığı	2,0	45-53	1,00
Zeytin	1-12,5	40	0,4-0,5
Ayçiçeği	2,5-3,2	35-52	0,88-1,67
Aspir	1,8	18-50	0,63
Soya	2,1	18-24	0,38
Susam	0,5	50-60	0,25

Etanol elde edilen Bitkiler	Şeker/nişasta		
	Verim(t/ha)	% içerik(yaş)	Verim(t/ha)
Arpa	5,8	58,0	2150
Kassava	9,0	35,0	2900
Hayvan pancarı	98,5	8,2	4923
Mısır	6,9	65,0	2874
Patates	32,4	17,8	3693
Şeker pancarı	57,4	16,0	5600
Şeker kamışı	80,0	10,0	5400
Tatlı patates	12,0	25,0	2400
Şeker sorgum	90,0	10,0	5400
Buğday	7,2	62,0	2854

Çizelge.1 incelendiği zaman endüstri bitkilerinden biyoyakıt elde etmek için üretilen endüstriyel bitkilerinin önemli olduğu görülmektedir. Zira ayçiçeği, aspir, yulaf ve susam gibi bitkilerin yüksek oranda sahip olduğu yağ oranı biyoyakıt elde etmede oldukça önemli bir unsur olmaktadır. Diğer yandan birim alandan yüksek verim elde edilebilen, etanol üretilen bitkiler de biyoyakıt üretimi açısından oldukça önemlidir.

Avrupa biyodizel üretiminde ilk sıralardayken, daha sonra ABD artan çalışmalarıyla biyodizel üretiminde söz sahibi olmuş ve dünya piyasasında % 20 'lere ulaşmayı başarmıştır. Dünyada toplam biyodizelin pazar durumuna bakıldığı zaman 82,7 milyar dolarlık bir piyasa değeri olduğu görülmüştür, bu değer ABD ile kıyaslandığı zaman hiç de azımsanmayacak bir boyutta olduğu sonucuna varılabilir (Anonim, 2015c).

Ülkemizde biyodizel üretimi 2003 yılında 5015 sayılı petrol piyasaları kanununda ele alınmış ve 2004 yılında petrol piyasaları lisans yönetmeliği ile biyodizel yakıt olarak ele alınmıştır. Sonraki süreçlerde akaryakıt olduğu sonucuna varılmış, satışı için lisans oluşturularak piyasadaki yerini almıştır (Dağdelen ve ark., 2016). Biyodizel kullanımı için yapılacak üretimin gerekli koşul ve şartları açıklanmıştır (Anonim, 2015a).

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının verilerine göre 2014 yılında ayçiçeği üretimi yağlık çeşitler için 1.638.000 ton, soya da 150.000 ton, aspir'de 62.000 ton ve kolza da ise 110.000 tonluk bir üretim değeri olduğu görülmektedir (Anonim, 2015b), yağlı tohumlardan elde edilen ham yağı işleme oranı 3 milyon ton olmuşken, bu miktarın yaklaşık olarak 2 milyon tonu sıvı yağ üretiminde değerlendirilmektedir (Onurlubaş ve ark., 2007). Dünya bitkisel yağ üretimi ise 2012 yılında 446 milyon tonu bulmuştur (Akınerdem ve ark., 2014).

Tarımsal üretim esas itibarıyla insanların besin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla gerçekleştirilmektedir. Artan dünya nüfusunun ihtiyacı olan sağlıklı besin madde gereksinimi karşılandıktan sonra arta kalan tarımsal ürünlerin başka amaçlarla kullanım durumları olabilmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de insan beslenmesi için öncelikli olarak kullanılması gereken bitkisel yağların biyodizel üretimi amacıyla kullanımı sosyo-ekonomik açıdan çok cazip olmamaktadır. Dolayısıyla ya mevcut insan besini ihtiyacını karşılayacak üretim potansiyelini gerçekleştirip arta kalan üretimi biyodizel üretim amacıyla değerlendirmek ya da yağlı tohumlu bitkilerden insan beslenmesi amacıyla kullanım açısından gerekli nitelikleri taşımayan bitki türlerinin kullanılması daha uygun olacaktır.

Dünyada ham yağ üretimine baktığımız zaman 2014-2015 döneminde bir artış olduğu görülmüştür. Bu dönemde %3,3'lük bir artışla yağ üretimi 176 milyon tona ulaşmıştır. Ülkeler bazında baktığımız zaman dünyadaki ham yağ üretiminin %34'ü ve ihracatının %61'ini Endonezya ve Malezya gibi ülkeler yapmaktadır. Dünya ham yağ üretiminin %64'ü palm ve soya yağından elde edilmektedir. Ülkemize baktığımız zaman ise bu değer oldukça düşüktür. Ülkemiz 2014 yılında 1,5 milyon tonluk üretimle dünya sıralamasında oldukça geri seviyede kalmıştır. Rafine yağ üretimine baktığımız zaman ise ülkemiz yine altıncı sırada yer almaktadır. Ülkemiz de yaklaşık 153 bitkisel yağ üreten firma vardır. Bu tesislerin bir kısmı rafine yağ üretme teknolojisine sahipken, birçok işletme de mevcut tesisler yeterli değildir. Yine 2014 yılında 110 adet yağlı tohum üretimi yapan tesisin kapasitesi 7,4 milyon/ton seviyesindeyken, bu kapasiteyi kullanım oranı %60'larda kalmıştır. Diğer 100 adet rafine tesisin kapasitesi 4 milyon/ton'ken mevcut kapasiteyi kullanım oranı ise %75'lerde olduğu görülmüştür. Bu durumlar değerlendirildiği zaman Türkiye'nin yağlı tohum üretiminde oldukça eksik olduğu ve bu eksikliğini ithalatla karşıladığını söylemek mümkündür. Rafine edilmiş olan bitkisel yağlara bakıldığı zaman kolza ve ayçiçeği bitkisinde belirgin bir artış varken, pamuk bitkisinde ise 2014 yılında elde edilen gelirin düşmesiyle bir azalma görülmüştür. Yine ülkemiz de pamuk tohumu (çiğit), ayçiçeği, soya fasulyesi ve kolza gibi yağlı tohumlu bitkiler en başta olmak üzere 17 farklı bitki türü yetiştirilmektedir. Bunlar arasında en fazla tohum ekim alanına ve üretim alanlarına sahip bitki ayçiçeği tohumu olduğu görülmüştür. Ülkemizde 2014/2015 yıllarında ayçiçeği ve pamuk tohum üretimi toplam üretimin %88'lik kısmını oluşturmuştur. Ayrıca son 5 yılda aspir ekilen alanlarda önemli artışlar olmuş, pamuk ekim alanlarında ise bir gerileme yaşanmıştır. Ayrıca ülkemizde kişi başı yağ tüketimi 17-19 kg iken, sağlıklı bir kişinin tüketmesi gereken yağ ihtiyacı 23 kg seviyesinde olmalıdır. Bu da mevcut talebe göre potansiyeli göstermektedir (Öztürk, 2016). Ülkemizin mevcut yağlı tohumlu bitki yetiştirilme oranlarına bakıldığı zaman baya gerilerde olduğu anlaşılmaktadır. Artan nüfus ve ihtiyaca binaen bu sektörde yeterince gelişim gösteremediğimiz görülmektedir. Bu yönden baktığımız zaman insan besini olarak büyük oranlarda yağ açımız varken, biyodizel üretiminde kullanılması mevcut durumda yeterli görülmemektedir. Biyodizel üretiminin gerek maliyetli oluşu ve biyodizel işletme tesislerinin yetersizliği yağlı tohumlu bitkilerin enerji bitkisi olarak kullanımını sınırlı kılmıştır. Ülkemizde 2014 yılında soya, ayçiçeği ve kolza gibi yağlı bitkilere ödenen döviz miktarı 4,3 milyar dolar seviyesine kadar gelmiştir. Bütün buna rağmen sadece 1 milyar dolar civarında bitkisel yağ ve margarin ihracatı yapılmıştır. Ülkemizde mevcut 110 kadar tohum işleme ve 100 kadar rafineri olmasına rağmen bu tesisler ham madde yetersizliğinden ötürü ancak %50'lik bir kapasite ile çalışmaktadırlar (Baydar, 2016). Bu sonuçlar da göstermektedir ki ham yağ ihtiyacımız gün geçtikçe artmakta ve yağ bitkileri tarımının geliştirilmesi gerekmektedir. Ülkemizde tarıma ayrılan yaklaşık 15 milyon ha tarım arazisinin 2 milyon ha'lık alanı endüstri (sanayi) bitkileri için kullanılmaktadır. Bu kadarlık bir alanda ülkemiz yağ ihtiyacını karşılayamazken, mevcut şartlarda enerji amaçlı yağlık tohumluk üretmek çiftçiler açısından ekonomik olmayacaktır.

Biyogaz

Kökleri organik olan maddelerin oksijensiz bir ortamda değişik türdeki mikroorganizma faaliyetleri sonucu ve ardından biyometanlaştırma yardımıyla elde edilen bir yakıt türüdür (Denizsel, 2007). Ayrıca biyogaz elde edebilmek için bitkisel ve hayvansal artıklardan da faydalanılmaktadır. Günümüz de hayvansal artıklardan elde edilen ürünler fermentasyon sonucu daha yararlı hale geldikleri için kullanımları daha uygun olmaktadır.

Çoğu bitkilerden sadece ana ürün elde edilmekte, yan ürünlerinden ekonomik olarak faydalanılamamaktadır. Bu tür bitkilerin oldukça yüksek verime sahip olan yan ürünleri fermentasyona tabi tutularak biyogaz üretimi amacıyla değerlendirilmesi ile gerek enerji ihtiyacına katkı gerekse yeni bir sektör oluşumu ile istihdama katkı sağlanmış olunacaktır. Bu amaçla organik evsel atıklar da değerlendirilerek çevre sağlığına da katkı sağlanmış olunacaktır.

Üretilen biyogazlar farklı alanlarda kullanılmakta olup, en yaygın olarak ısınma, yakıt ve elektrik üretimi gelmektedir. Başta ABD olmak üzere Brezilya, Çin gibi ülkeler biyogaz üretimi konusunda önde gelen ülkelerdir.

Yakıt Alkolü (Biyöetanol)

Yakıt alkolü, genel olarak metil alkol ve etil alkolü tanımlayan bir terim olmasına rağmen, bu terim etil alkol (etanol-biyöetanol) tanımlamasını da içermektedir (Avcıoğlu ve ark., 2011). Biyöetanol günümüz dünyasında oldukça fazla kullanılan bir yakıt türüdür. Ayrıca tarımsal ürünlerin büyük çoğunluğunun işlenmesi sonucu biyöetanol elde edilebilmektedir.

Dünyanın birçok ülkesinde biyöetanol kullanımı oldukça fazladır ve bazı ülkelerde biyöetanolün araçlarda kullanımı zorunludur (Bayrakçı, 2009; Koçtürk ve Avcıoğlu, 2012). Biyöetanol hammaddesi olarak çeşitli nişasta-şeker bitkileri kullanılmaktadır. Buğday, arpa, çavdar, pirinç, patates, mısır, şeker kamışı, arpa, saman, melas gibi agroendüstriyel ürünlerin işlenmesinden elde edilmiş olan benzine benzer bir yakıt olan biyöetanol oldukça önemli bir yere sahiptir. Nişasta ve şekerin enzimatik reaksiyonu sonucu meydana gelen sakkaritlerin mikroorganizmalar yardımıyla fermentasyonla üretilen ya da her çeşit selülozik kütleden asidik hidroliz ve bunların distilasyonu sonucu biyöetanol elde etmek mümkündür.

Otomobil ve diğer araç türlerinde benzinle karışım sağlanarak ya da tek başına kullanılabilen bir yakıt türü olan biyoetanolun benzinle kullanımı durumunda oktan sayısını azaltmakta ve CO gibi zararlı gazların etkisini de azaltarak tam yanmaya destek olmaktadır.

Genel bir değerlendirme yapıldığı zaman biyoetanol doğaya dost bir yakıt türü olarak kabul edilmektedir. Fosil yakıt kullanımını azaltma ve bunların çevreye verdikleri zararı azaltmada biyoetanol oldukça önemli bir yakıt türü olup birçok gelişmiş ülkede ciddi boyutta üretim gerçekleştirilmektedir. Petrol ürünlerine alternatif olabilecek bir yakıt türü olan biyoetanol (Anonim, 2010) dünyada yaklaşık olarak 30 milyon ton yıllık üretim ve 13 milyon dolarlık pazar payı olan oldukça önemli bir yakıt çeşididir. Ayrıca mısır, şeker pancarı ve patates gibi biyokütlelerden elde edilen ürün biyoetanol olmakla beraber bu ürün araçlarda petrol yerine kullanılabilen önemli bir yakıt türüdür (Anonim 2006d). Gelecek yıllarda biyoenerji piyasasının entegrasyonu sayesinde biyoetanol hem çevre hem de ekonomi açısından daha da önemli bir yakıt olacaktır (Horoz ve ark., 2015). Genelde yaygın olarak kullanılan karışım oranları %90 petrol ve %10 etanol olacak şekilde ayarlanan (Ballesteros et al., 1991; Anonim, 2006b; Kakaç, 2006) biyoetanolü 1975 yılında Brezilya dış bağımlılığını azaltmak üzere petrol ürünlerine bu karışım oranlarında kullanımını gerçekleştirmiş ve ulusal bir yakıt olması için etanol programı başlatmıştır. Brezilya'da biyokütleden faydalanmak amacıyla enerji ihtiyacından % 20 oranında faydalanılmakta ve bunun bir kısmı (%40'ı) otomobillerde ve %20'lik kısmı ise motorlu taşıtlarda yakıt olarak değerlendirilmektedir.

Ülkemizde 2000'li yıllardan itibaren kullanılmaya başlanmış olan biyoetanol yakıt olarak kullanım açısından çok fazla rağbet görmemiş, gerek üretim maliyetlerinin gerekse üretim ve kullanımla ilgili kanuni düzenlemelerin yeterli olmamasından dolayı bir türlü istenen düzeyde üretim gerçekleştirilememiştir.

Biyokütleden Yakıt Olarak Faydalanma

Ülkemizde tahmini olarak yıllık bitki sapı üretimi 56 milyon ton olmakla beraber bu değer 36 milyon tonunu buğday sapı, 2,5 milyon tonunu mısır sapı, 8 milyon tonunu arpa sapı, 3 milyon tonunu pamuk sapı, 2,5 milyon tonunu ayçiçeği sapı, 1,3 milyon tonu asma budama artığı, 200 bin ton pirinç sapı, 300 bin ton tütün sapı, 240 bin ton çavdar sapı, 200 bin ton göl kamışı ve 2 milyon kendir-kenevir sapından elde edilmektedir (Anonim, 2000). Bunlardan elde edilen sap ve odun kısımların yakıt olarak kullanılması durumunda kWh başına ortalama maliyet petrol, doğalgaz, maden kömürü gibi yakıtlar ile karşılaştırıldığında, 0,013\$ /KWh ile sap ve odundan elde edilen yakıtın maliyeti en düşük seviyede olmaktadır.

Ayrıca sapın pelet haline dönüştürülmesiyle ortaya çıkan maliyet ve elde edilen sapın da çiftçinin kendi ürünü olması durumunda 40-55 \$/ton, sapın dışardan sağlanması durumunda ise 55-65 \$/ton arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca fuel-oil'in fiyatı 50-90 \$/ton olduğu düşünülürse elde edilen sapın işlenerek yakıt olarak kullanılması avantajlı olmaktadır (Wilén et al., 1985). Yapılan başka bir çalışmada buğday ve ayçiçeği sapsularının yakılması neticesinde; buğday sapsuları ve sap balyası (I.form) ve gevşek saman (II.form); ayçiçeği sapsuları ve tarla hasat artıkları (I. Form) ve bunlar parçalanıp (II.forma) dönüştürüldükten sonra yakılma işlemi gerçekleştirilmiş, buğday ve ayçiçeği sapsularından elde edilen ürünün mevcut tesisin kendi ürünü olması dikkate alınarak, elde edilen maliyet kömür ve fuel-oil fiyatlarıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Yıllık ısı kaybı 1.27×10^8 kJ olan bir tesis binasında, ayçiçeği ve buğday sapsularının yakılması neticesinde 5.15×10^8 kJ/yıl'lık bir ısıya ihtiyaç olduğu görülmektedir. Şayet mevcut tesis bu ısıyı buğday ve ayçiçeği gibi bitki sapsularından karşılaması durumunda maliyet 648 YTL/yıl olduğu görülmekte ve en düşük yakıt maliyeti burdan elde edildiği görülmüştür. Ayrıca buğday sapsularının dışardan satın alınması sonucu maliyetin 2,5 kat artış gösterdiği, yukarıda belirtildiği gibi sapsuların I.formlarda yakılması neticesinde, yıllık yakıt masraflarının 182 YTL artış sağladığı belirlenmiştir. Bu ısının soma kömürü ile karşılanması durumu sonucu yakıt maliyeti, sapsuların her iki çeşidinin ortalamasına göre 5 kat artmıştır. Yine elde edilen ısı fuel-oil ile karşılanırsa mevcut artışın 7 kat civarı olduğu belirtilmiştir (Ünal ve ark., 2002).

Başka bir çalışmada ayçiçeği hasadı sonucu elde edilen sapsuların yakıt olarak değerlendirilmesi durumu incelenmiş ve ortaya çıkan enerji değerleri saptanmaya çalışılmış, ayrıca bunun ülke ekonomisine getirdiği değer incelenmiştir. %50 çam talaşı, %25 buğday sapı ve %25 ayçiçeği sapı karışımı hazırlanmasıyla elde edilen ısı değer 4085 kcal/kg artmıştır. Ayçiçeği sapsularının tek olarak kullanılması durumuna göre %8.9 oranında bir artış vardır. Yukarıda bahsedilen karışıma motor yağının da eklenmesiyle mevcut ısı değer 4396,65 kcal/kg' a çıktığı belirtilmiştir (Eker ve ark., 1990).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan ve bitkisel aksamı odunsu yapıya sahip olduğu için yakıt olarak kullanılabilir bir diğer bitkide pamuktur (Yumak ve ark., 1990; Sumner et al., 1984). Türkiye'de pamuktan birim alanda elde edilen verimin 540 kg/da (kuru sap) civarlarında olduğu belirtilmiştir (Öğütmen ve ark., 1986). Elde edilen araştırma sonuçlarına göre pamuk sapsularının ısı değeri 18,3 MJ/ kg olduğu belirtilmiş olup, bu değer diğer yakıt türleriyle karşılaştırılırsa 1 kg pamuk sapsularının 0.61 kg kömüre veya 0.46 kg fuel-oil'e eşdeğer olduğu ifade edilmiştir (Ebeling et al, 1983; Segal, 1984).

Tarımsal artıkların katı yakıt olarak kullanımının araştırıldığı bir çalışmada yer fıstığı kabuğu,soya sapı, pamuk sapı ve mısır sömeği gibi materyaller kullanılmış, pamuk sapı ve soya sapsularının en fazla neme sahip olduğu

belirlenmiştir. Nemin fazlalığına bianaen kül oranı artmış, soya sapında en fazla kül oranı bulunmuştur. Pamuk sapı ve mısır sömeğinin birim alandaki artık miktarı en fazla olmuştur. En yüksek artık enerji değerinin 20.68 MJ/kg ile pamuk sapında olduğu tespit edilmiştir ve tüm bu bilgilere paralel olarak pamuk sapı ve mısır sömeğinin katı yakıt olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir. Ayrıca yakma işlemlerinin başarılı olabilmesi açısından mevcut materyalin nem oranı en aza indirgenmelidir. Ayrıca yakılacak materyalin uygun forma getirilmesi de yakma işleminde önemli bir aşama olacaktır (Öğütmen ve ark., 1986).

Biyoyakıtların Olumlu ve Olumsuz Etkileri

Biyoyakıtların hem ekolojik denge hem de çevre sağlığı açısından oldukça etkin değerler sağladığı görülmektedir. Zira biyoyakıtlara artan talep sayesinde fosil yakıtlara olan ilgi azalmaktadır. Buna bağlı olarak tarımda yeni alanlar oluşmakta bu da ekilebilir tarım alanlarını artırmaktadır. Buna bağlı olarak tarımsal ürünlerden arta kalan atıklar değerlendirilmekte bu da ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Çevresel açıdan baktığımız zaman ise biyoyakıtlar oldukça önem arz etmektedir. Havadaki yüksek CO₂' in değeri azalmakta, egzoz emisyon değerleri düşmektedir. Çevreye olan faydalı etkisinden dolayı küresel ısınmaya bağlı olan iklimsel farklılıklar büyük oranda azalmaktadır. Biyoyakıtların olumlu etkilerine ilaveten bazı olumsuz sebeplerde ortaya çıkmaktadır. Örneğin, biyoyakıt üretiminin tarımsal faaliyetlere bağlı olmasından dolayı daha fazla tarımsal alanın işlenmesi gerekmektedir. Bunun içinde mevcut orman ve mera alanlarının sürülerek üretime açılması CO₂' in azalmasına sebep olabilmektedir. Buna ilaveten mevcut alanların daralmasına bağlı olarak hayvan otlatmaya bağlı sıkıntılar oluşabilmektedir. Ayrıca azalan tarım alanlarına bağlı olarak büyük arazilerin parçalı arazilere dönüşmesine sebep olmakta ve azalan tarım alanlarından dolayı gıda fiyatlarının yükselmesine neden olmaktadır.

2. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz her geçen gün artan nüfusunun ihtiyacından ve ekonomik büyümeden dolayı enerjiye olan ihtiyaç günden güne artmaktadır. 2016 yılında ülkemizin yenilebilir enerji gücü yaklaşık olarak 35 GW olarak hesaplanmıştır ve toplam elektrik enerjisinin de %35'i yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. 2023 yılına kadar ise elektrik tüketiminin iki kat artacağı düşünülürse yenilebilir enerji kaynaklarına daha fazla ihtiyaç duyulacaktır. Mevcut durum göz önüne alındığında önümüzdeki yıllarda yenilebilir enerji kaynaklarına olan talebin iyice artması beklenmektedir. Dolayısıyla bu alanda yapılacak yatırımlara ihtiyaç olduğu görülmektedir. Ayrıca ülkemizin sahip olduğu coğrafi konum da dikkate alınarak ürün bazında yetiştiricilik teşvik edilmeli ve bu bölgeler de yetişen yıllık ürün miktarları belirlenmelidir. Bu maksatla biyoenerjide kullanılacak bitki ve bitki türlerine ağırlık verilerek biyokütleden yeterince faydalanma sağlanmalıdır. Ülkemizin mevcut potansiyeline bakacak olursak ülkemiz biyogaz ve biyodizel elde etmede oldukça elverişli koşullara sahiptir. Ayrıca ana ürün sonrası kullanılmayan yan ürünlerin de bu amaçla kullanımı ekonomiye önemli katkı sağlayacaktır. Ülkemizde işlemeli tarıma elverişli yaklaşık 4 milyon hektarlık tarım arazisi her yıl nadasa bırakılmakta olup üretim dışı kalmaktadır. Bu alanlar için etkili ve uygun münavebe sistemleri ile her bölge için uygun bitkilerin yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılarak bu sektör için ihtiyaç duyulan hammaddeler sağlanmış olunacaktır. Bu alanda yeterli bilgi ve donanımına sahip yetişmiş eleman da bulmak mümkündür. O nedenle artan ve gelişen nüfusa paralel olarak biyokütleden yeterince faydalanmak ülkemizin ve milletimizin faydasına olacaktır. Ayrıca biyoyakıt elde etmede kullanılan bitkilerin çevre dostu ve çevreye zarar vermeyen yakıt kaynakları olmaları da bu tür enerji üretiminin olumlu yönlerindedir.

KAYNAKLAR

- Adıyaman, A., Günay, S., 2008. " Türkiye'de yüksek tarım maliyeti sorununun çözümünde biyodizelin yeri" Doğu Coğrafya Dergisi, 13:19, 105-122.
- Akınerdem F, Öztürk Ö. 2014. Yağ bitkileri üretim stratejileri. Ayçiçeği Paneli, 18 Mart 2014, Konya.
- Akdoğan, G. ve Emeklier, Y., 2007. Türkiye tarımında biyokitle (biyomas) enerji kaynakları. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası. 12-13 Aralık, 2007, s:31-48, Ankara.
- Anonim, 2000. Turkey industrial plant production. Production yearbook. www.fao.org.
- Anonim, 2006a. Türkiye'de tarımsal artıkların değerlendirilmesi. http://www.agrowaste.tr.org/tr. (Erişim tarihi 13.04.2007).
- Anonim, 2006b. http://www.abengobioenergy.com/bioethanol/index.cfm?page=0lang=1
- Anonim, 2006c. http://www.yenilenebilirenerjikaynaklari.ws.tc/Biyokutle_enerjisi.htm6.4
- Anonim, 2006d. www.esru.strath.ac.uk/EandE/web_sites/0203/biofuels/what_bioethanol.htm
- Anonim, 2010. "Bitkisel atık yağların yönetimi" T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2014. Enerji raporu 2013, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, s: 295.
- Anonim, 2014. Yenilenebilir enerji kaynakları. http://www.ultraenerji.com. (Erişim tarihi: 18.08.2017).
- Anonim, 2015a. "Bitkisel atık yağların kontrolü yönetmeliği" Resmi Gazete, Tarihi ve Sayısı: 06/06/2015; 29378.
- Anonim, 2015b. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. http://www.tarim.gov.tr
- Anonim., 2015c. http://www.Yenilenebilirenerjikaynaklari.biz. Erişim Tarihi:13.04.2017
- Ar, F. F., 2010. "Biyoyakıtlar" DEK-TMK, Yayın No: 0016/2010. Ankara, 2010.
- Avcıoğlu, O., Türker, A., Atasoy, U., Koçtürk, Z., 2011. Tarımsal kökenli yenilenebilir enerjiler biyoyakıtlar.Nobel yayınevi, 519s, Ankara.

- Ballesteros, I., Ballesteros, M., Cabanas, A., Carrasco, J., Martin, C. ve Negro, JM., 1991. Selection of thermotolerant yeasts for simultaneous saccharification and fermentation process (SSF) of cellulose to ethanol. *Appl Biochem Biotechnol* 28-29: 307-315.
- Baydar, 2016. Tarla Bitkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü.
- Bayrakçı, A.G., 2009. Değişik biyokütle kaynaklarından etanolün elde edilmesi üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, İzmir.
- Cirik, S., Kuru, E., Can, Ş. S., 2011. Turan, G., Tekoğul, G., “ Mikroalglerden yenilenebilir temiz bir enerji kaynağı olan biyodizelin elde edilmesi” Tübitak Proje No: 107Y013.
- Dağdelen, A., Yüksel, Y., 2016. Yağlı tohum çeşidi ve transesterifikasyon yöntemlerinin biyoyakıt üretimine ve kalitesine etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi Targid Özel sayı* 107-117.
- Ebeling, J.M., Jenkins, B.M., 1983. Physical and chemical properties of biomass fuel, ASAE Paper No:83-3546 St. Joseph, MI 49085.
- Eker, B ve Altan, A., 1990. Ayçiçeği saplarının yakıt olarak değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. 4.Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi (1-4) Ekim, s:678-686.
- El Bassam, N., 1998. Energy plant species, their use and impact on environment and development. James and James (Science Publisher) Ltd. London, UK.
- Emeklier, Y.H., 2014. İç Anadolu Bölgesi'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve enerji bitkileri tarımı. *Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı*, 28-29 Mayıs 2014, 101-108 s. Samsun.
- Eser V, Sarsu F, Altunkay, M. 2007. Biyoyakıt üretiminde kullanılan bitkilerin mevcut durumu ve geleceği. *Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı*.
- Günel, H., Öztürk, İ., 2006. Yenilebilir ve yetiştirilebilir bir enerji kaynağı: Biyokütle. 14-15 Aralık Ege Üniversitesi, İzmir. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 51-62, Ankara.
- Henry, R.J., 2010. Evaluation of plant biomass resources available for replacement of fossil oil *Plant Biotechnol J.* 2010 Apr; 8(3): 288–293.
- Horoz, Ayhan., Korkmaz, A., Akınoğlu, Güney., 2015. Biyoyakıt bitkileri ve teknolojisi. *Toprak bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 3(2), 69-81.
- İllez B. 2004. “Güneş enerjisi destekli sürekli beslemeli tip biogaz üreticinin oluşturulması Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Güneş Enerjisi A.B.D, İzmir.
- Kakaç, S., 2006. Yenilenebilir enerji kaynakları bugünü ve yarını. <http://www.tuba.gov.tr>.
- Koçtürk, D., Avcıoğlu, A.O., 2012. Benzin motorlarında biyoetanol kullanımının çevresel etkilerinin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* 4(2): 65-74.
- McKendry, P., 2002. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology* Volume 83, Issue 1, May 2002, Pages 37-46
- Olgun, H. ve Tırıs M. (2001). “Atıkların enerji dönüşüm sistemlerinde kullanılması”, *Teknoloji Günleri Alternatif Enerji Sistemleri Sempozyumu* (29 Mart 2001), İstanbul.
- Onurlubaş, H. E., Kızılaslan, H., 2007. “ Türkiye’de bitkisel yağ sanayindeki gelişmeler ve geleceğe yönelik beklentiler” TEAE Yayınları, No: 157. Ankara.
- Öğütmen, S. ve Başçetinçelik, A., 1986. Bazı tarımsal artıkların ısı değerlerinin saptanması. *Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi* (5-7 Mayıs), s:295-304 Adana.
- Öztürk, A.B. 2016. Bitkisel yağ imalatı sektörü. *İktisadi Araştırmalar Bölümü*.
- Saraçoğlu, N. 2004. Türkiye ‘nin enerji üretiminde biyokütle kaynaklarından yararlanma olanakları. V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs, 485-497.
- Segal, I., 1984. Utilization of dry bio-residues for energy production in israel. *Proc. Bio- Energy World Conference* p:250-255, Gothenberg- Sweden.
- Sumner, H.R., Monroe, G.E. and Hellwing, R.E., 1984. Harvester for cotton plant residue. *Transactions of the ASAE*, 27(2):366-369.
- Taşyürek M, Acaroğlu, M., 2007. Biyoyakıtlarda (biyomotorinde) emisyon azaltımı ve küresel ısınmaya etkisi. *Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı*, Konya.
- Tüplek A. (2011).“Odun talaşı ve tozundan pellet biyoyakıt üretilmesi ve yanma analizi ”Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Ünal, H., Alibaş, K., 2002. Buğday ve ayçiçeği saplarının yakılmasından elde edilen enerjinin maliyeti ve diğer yakıtlarla karşılaştırılması. *Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 16(2): 101-112.
- Yumak, H. ve Evcim, H.Ü., 1990. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak pamuk sapı. *Türkiye 5. Enerji Kongresi Teknik Oturum tebliğleri* No:2 s:325-331. 22-26 Ekim Ankara.
- Wilén, C., Sipila, K., Stahlberg, P. ve Ahokas, J., 1985. Pelletization of straw. *Bioenergy’84*, Elsevier Applied Science Publishers, Vol:3 p:542-549.