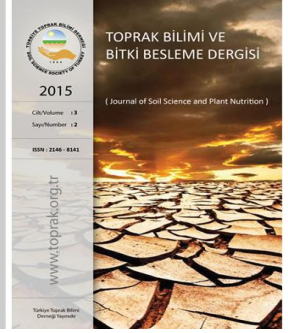




TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Biyoyakıt Bitkileri ve Teknolojisi

Ayhan Horuz *, Ahmet Korkmaz, Güney Akınoğlu

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Özet

Bu çalışmada biyoyakıt üretiminde kullanılan bitkiler ve biyoyakıt teknolojileri araştırılmıştır. Biodizel ve biyoetanol üretiminde hammadde olarak kolza, buğday, saman, sorgum, pirinç, patates, çavdar, arpa, mısır, şeker pancarı, şeker kamışı, tatlı sorgum ve tütün gibi bitkiler kullanılmaktadır. Biyogaz üretiminde ise hayvansal, zirai, gıda endüstrisi, sebze, meyve, yağ endüstrisi ve mezbaha artıkları ile atık su arıtma çamurları kullanılmaktadır. Biyoyakıtlar biyoetanol, biodizel, biyogaz, biyometanol, biyodimetil eter ve biyoyağ olarak gruplandırılmaktadır. Biyoyakıtların günümüzde en yaygın olanları ise biyoetanol ve biodizel'dir. Biyoyakıtlar yenilenebilir biyolojik kaynaklara dayanması, biyolojik bozunabilirliğinin çok iyi olması, zehirli olmaması, yakıldığında çok düşük emisyonlara sebep olması ve çevre dostu olması gibi nedenlerden dolayı kullanılabilirliğini arttırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoyakıt, bitki, teknoloji

Biofuel Plants and Technology

Abstract

In this study, the plants used in biofuel manufacture and biofuel technologies were investigated. In biodiesel and bioethanol manufacture, plants such as colza, wheat, straw, sorghum, rice, potato, rye, barley, corn, sugar beet, sugar cane, sweet sorghum and tobacco were used as a raw material. In biogas manufacture was also used animal, agricultural, food industry, vegetable, fruit, oil industry, tankage and treatment of waste water muds. Biofuels were classified such as bioethanol, biodiesel, biogas, bioethanol, biodimethyl ether and bio oil. The most current of biofuels were bioethanol and biodiesel. The usability of biofuels was increased due to endurance renewable biological resource, very good a biodegradability, cause very low emissions in burn, no toxic and ecologically friendly.

Keywords: Biofuel, plant, technology.

© 2015 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Genel olarak biyokütle enerjisi; doğada yaygın olarak mevcut tarımsal kökenli ürünlerden değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle üretilen, ticari özelliğe sahip, temel ve belirli özellikleri standartlaştırılmış olan katı, sıvı ve gaz haldeki bitkisel enerji kaynaklarıdır (Taşyürek ve Acaroğlu, 2007). Biyokütlenin kimyasal bileşimi türlere göre değişmektedir. Ancak, bitkiler yaklaşık olarak %10-25 lignin, %40-60 selüloz ve %20-40 hemiselüloz içerirler. Selüloz, biyoküttele karbonun en bilinen formudur ve glikozun biyopolimeridir. Hemiselüloz, 5 ve 6 karbonlu şekerler ile uronik asit içeren kısa, yüksek oranda dallanmış şeker zinciridir. Lignin ise şeker olmayan molekülleri içerir. Karondioksitin (CO₂) fotosentez yoluyla organik bileşiklere dönüştürüldüğü biyoküttele bağlanan karbonda tutulan güneş enerjisi biyokütlenin büyümesinde en önemli adımı oluşturur. Bitkinin büyüme yapı taşı olarak bilinen karbohidratlar, temel organik üründür. Fotosentezi yürüten güneş enerjisi, biyokütlenin yapısal bileşiklerinin kimyasal bağlarında depo edilir. Bağlanan her bir gram mol C yaklaşık 470 kJ (112 kcal) enerji absorbe eder (Emeklier, 2014).

* Sorumlu yazar:

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü 55139 Samsun

Tel.: 0(362) 312 19 19

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: ayhanh@omu.edu.tr

İnsanlar, hem yaşaması için gerekli olan enerjiyi hem de hem de ısınma, pişirme vs. gibi nedenlerle ihtiyaç duyduğu enerjiyi kimyasal bağlarda depo edilen bu enerjiden sağlar. Her yıl ototrof bitkiler tarafından biyokütle formunda tutulan karbon miktarı yaklaşık 200 milyar tondur. İnsanlar bunun sadece 800 milyon tonunu (%0,4) gıda olarak kullanmaktadır (El Bassam, 1998). Aynı araştırmacı biyodizel elde edilen yağ bitkisi türlerinin verimlilik yönünden aşağıdaki gibi karşılaştırmıştır (Çizelge 1). Yağlar temel gıda maddelerindedir.

Çizelge 1. Biodizel ve etanol elde edilebilen yağ bitkisi türlerinin verimlilik yönünden karşılaştırması (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	Verim (t/ha)	Şeker/nişasta	
		% 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

Yağ bitkileri üretimi 2000'li yıllardan itibaren sürekli artarak, 2005 yılında toplam yağ bitkileri üretimi yaklaşık 400 milyon ton iken, 2011 de 450 milyon tona ulaşmıştır. Dünya bitkisel yağ üretimi 2012'de 446 milyon ton olmuştur (Aknerdem ve Öztürk, 2014). Yağlı tohum bitkileri, karbo-hidrat bitkileri, bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, şehirselle ve endüstriyel atıklar biyokütle enerji teknolojileri kapsamında değerlendirilerek mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlarına ulaşabilmektedir (Eser ve ark., 2007).

Türkiye'de biyokütle enerji kaynağı olarak değerlendirilebilecek tarla bitkilerinin ekim alanı yaklaşık 15 milyon ton ha ve üretimi 38 milyon ton'dur (Çizelge 2). Gıda olarak kullanılabilen 38 milyon tonluk üretime karşılık bitkiler tarlada ve işlendikten sonra yaklaşık 45 milyon tonluk atık bırakılmaktadır. Bu miktarın yaklaşık 13 milyon tonluk kısmı kullanılabilir ve bu miktarın ısıl değeri yaklaşık 226 milyon GJ'dir (Anonim, 2006). Bu değer 5,4 milyon ton eşdeğer petrole karşılık gelmektedir. Mevcut durumda tarla bitkileri atıklarından sağlanabilecek enerji miktarı Türkiyenin 2044 yılı birincil enerji tüketim miktarının %6'sını karşılayabilmektedir (Akdoğan ve Emekler, 2007).

Yüzyılımızda, biyokökenli endüstriyel ürünler giderek artan oranlarda yaşamımıza girmekle birlikte biyomalzemeler, biyoyakıtlar ve biyokimyasallar olmak üzere çok sayıda "Yeşil ürün" karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojileri içinde, motor biyoyakıtları, hızlı gelişimleri ile akarkayıt sektöründe buldukları ticari konum ve hedeflenen kullanım oranları ile ülke uygulamalarına girmektedir. Motor biyoyakıtları, biyorafineri teknolojisinin önemli biyokökenli ürünleridir. Hayvansal veya bitkisel kökenli, gıda ve yem dışı, yenilenebilir alanlarda kullanım ürünlerine sahip ve bazı istisnalar dışında, sentetik toksik veya çevreye zarar verecek herhangi bir madde içermeyen ürünlere "Biyokökenli ürünler" denmektedir. Biyokökenli ürünler fotosentez kaynaklı olup, bitkilerin depoladığı biyolojik karbondan, biyoteknoloji ile üretilen yeşil ürünlerdir. Biyokökenli ürünler, biyokimyasallar, biyomalzemeler ve biyoyakıtlar olarak sınıflandırılmaktadır (İşler ve Karaosmanoğlu, 2007).

Çizelge 2. Türkiye'nin biokütle enerji kaynağı olabilecek tarla bitkileri üretimleri, atıkları ve toplam ısıl değerleri (Anonim, 2006).

Tarla bitkileri	Atıklar	Üretim (bin ton)	Alan (bin ton)	Kullanılabilir atıklar (bin ton)	Toplam ısıl değeri (bin ton)
Buğday	Saman	22439	9266	3515	62920
Mısır	Sap	2952	565	2979	55109
	Saman	0	0	1143	19889
Arpa	Saman	7922	3550	1259	22036
Çavdar	Saman	253	146	54	940
Yulaf	Saman	323	146	48	840
Darı	Sap	7	4	0	0
	Sap	332	67	126	2100
Çeltik	Kavuz	0	0	62	807
	Sap	181	223	246	3965
Pamuk	Sap	2475	688	1533	27894
	Çırçır atığı	0	0	594	9296
Ayçiçeği		809	546	1368	19426
Yerfıstığı	Saman	72	25	0	0
	Kabuk	0	0	23	475
Soya	Saman	46	15	13	259
Toplam	-	37841	15241	12963	225956

Biyokütle kökenli en önemli alternatif biyoyakıtlar biyoetanol, biyodizel, biyogaz, biyometanol, biyodimetil eter biyoyağ olarak gruplandırılmaktadır. Biyoyakıtların günümüzde en yaygın olanları ise BİYOETANOL ve BİYODİZEL'dir (Eser ve ark., 2007). Ülkelerin biyodizel veya biyoetanol üretiminde kullandıkları tarımsal hammaddeler tamamen kendi şartlarına bağlı olarak belirlenmektedir. Biyodizel üretiminde A.B.D. soyayı, Avrupa ülkeleri kolza (kanola)'yı, kullanmaktadır. Biyodizel hammaddesi olarak kolza (kanola) ve aspir, biyoetanol hammaddesi olarak da buğday ve mısır bu ülkelerdeki en yaygın kullanım olarak belirlenmiştir. Ayrıca Malezya'da palm, Brezilya'da soya, Hindistan'da jotraba bitkisi biyoyakıt üretiminde kullanılan bitkilerin en önemlileridir (Erdin, 2002; Gizlenci ve Acar, 2008).

Genel olarak yakıt etanolü, Türkiye şartlarında benzine katkı maddesi olarak kullanılması ile ön plana çıkmaktadır. Biyoetanol benzine % 5 oranında katılması durumunda iyi bir oktan artırıcıdır. Türkiyede henüz biyoetanol için oluşmuş bir Pazar yapısı yoktur. Bunun temel sebebi biyoetanolün Türkiye için çok yeni bir enerji kaynağı olmasından kaynaklanmaktadır. Etanolün en fazla üretildiği bitkiler şeker kamışı, şeker pancarı, mısır, patates, tatlı sorgum, odunsu atıklar, tarımsal atıklar ve selüloz içerikli evsel atıklardır. Enerji sektörü genel olarak yenilenebilir (güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal ve biyokütle) yenilenemez (fossil ve nükleer) olarak ikiye ayrılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde çoğunlukla bitkisel üretime dayalı ve organik kökenli tüm unsurlardan elde edilen biyokütle; katı, sıvı ve gaz formlarıyla üç'e ayrılmaktadır. Katı formundan biyoetanol, sıvı formundan biyodizel ve gaz formundan da biyogaz elde edilmektedir (Akınerdem, 2014).

Tarımsal Açından Biyoyakıtlar

Dünyada tarım artık sadece gıda üretimi amacıyla yapılmamakta enerji bitkileri tarımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Biyoyakıt hammaddesi olabilecek bitkiler özellikle gıda amaçlı bitkilerin yetiştirilmeyeceği tarımsal alanlarda da yetiştirilebilmekte böylece bu alanlar tarımsal üretime katılabilmektedir. Modern tarımsal planlamalarda, tarımsal üretim alanlarının % 30'unun yem bitkilerine % 20'sinin ise enerji bitkilerine ayrılması hedeflenmektedir. Gelişmiş ülkeler enerji çeşitliliğini artırmakta, yaymakta ve belli enerji kaynağı türlerine bağımlılığı azaltmayı çalışarak alternatif enerji arayışlarını sürdürmektedirler. Biyoyakıtlar en yeni ve hızla yaygınlaşan alternatif kaynakların en başında gelenidir. Biyoyakıtlar tarımsal açıdan ele alındığında;

1. Tarımsal üretimde çeşitliliği sağlayarak, tarımsal ekolojiye olumlu katkıda bulunmak
2. Biyoyakıt üretimi yoluyla organik tarımın gelişimini desteklemek
3. Tarımsal ürün çeşitliliğini sağlayarak sürdürülebilir tarımsal bir yapı oluşturmak
4. Yağ bitkileri tarımını yaygınlaştırarak aynı zamanda yemeklik yağ açığının kapatılmasına imkan sağlamak

5. Çiftçilerin tarımsal giderlerini azaltmak ve alternatif ürün olarak yağ bitkileri yetiştirerek gelirlerini artırmak
6. Tarımda ekim nöbetini yaygınlaştırarak toprak verimliliğini artırmak ve polikültür tarıma imkan sağlamak
7. Biyoyakıt üretiminde geriye kalan organik karakterli artıkların hayvan yemi olarak değerlendirilmesini sağlamak
8. İhracat potansiyeli yüksek, ülke içinde katma değer üretecek olan yeni bitki türlerinin ekonomiye kazandırılmasını sağlayacaktır (Eser ve ark., 2007).

Tarım sektörü, bir ülkenin vazgeçilmezleri arasındadır. Tarımsal üretimi yeterli olmayan ve kendi insanını doyuramayan bir ülkenin tam bağımsızlığından bahsedilemez. Bu anlamda tarım; devlet ve bağımsızlıkla eşdeğer olarak kabul edilmektedir. Canlılığın ve varlığın vazgeçilmezi olan bu sektörün son yıllarda enerji ve gıda güvenliğinin de ana kaynağı olarak görülmektedir (Aknerdem, 2007).

Günümüzde ekonomik ve stratejik açıdan giderek değer kazanan yenilenebilir enerji kaynaklarının farklı ülkelerde enerji tarımına dönüştürülmektedir. Ülkeler kendi ekolojik şartları ve potansiyeline bağlı olarak farklı bitkileri üretmektedirler. Biyodizelde ABD soyayı, Avrupa kolzayı (kanola) hammadde olarak kullanmaktadır. Bugün petrol zengini olan ülkeler dışındaki bütün ülkeler yerli kaynaklarını biyodizel veya biyoetanol kaynaklarına yönlendirmektedir. Konu Türkiye açısından ele alınırsa 2010 yılında yaklaşık 20 milyon ton fosil dizel tüketimine ulaşılması durumunda; AB direktifinde belirlenen % 5,75 karışım oranı ile 1,1 milyon ton biyodizel ihtiyacı olacaktır. Böyle bir durumda bu değerlere ulaşmanın karşılığı 1 milyon hektar tarla arazisi, 3 milyon ton yağlı tohum üretimidir. Buna, mevcut yağ açığımız ilave edilirse; hem yağ ve hem de biyodizel ihtiyacımızın yerli kaynaklardan elde edilmesi için 2010 yılında yaklaşık 2 milyon ha arazinin yağ bitkileri üretimine açılması gerekmektedir (Aknerdem, 2007).

Ülkemizde biyodizel yatırımı ile ilgili hayli yüksek kapasitede bir işletme potansiyeli olduğu söylenebilir. Üretim kapasitesi yıllık 1,5 milyon ton/yıl (Almanya'dan sonra ikinci sırada) olduğu ifade edilmekse de, bu kapasitede tüm işletmelerin standart bir üretime yapabilecek durumda olduğu söylenemez. Burada yanlışlığın temel nedeni, bütün yasal düzenlemelerin yerli üretimi teşvik edecek şekilde düzenlendiği halde, yatırımlar konusunda biraz acele davranılmış, işletmeler daha çok ithal yağa yönelik olarak kurulmuştur. Konu hammadde temini yönünden doğru çalışılmalı; gerek resmi politikalar ve gerekse üreticiler ve kullanıcılar için yasal boyutu ile de ucuz, yerli ve çevreci enerjiye ulaşmada işbirliği yapılmalıdır. Bu programı gerçekleştirmek için en az 5 yıllık bir süreye ihtiyaç vardır. Bu süreçte; yağ bitkileri üretim kültürü öğretilecek, biyodizel ve yan ürünlerin işletme teknolojisi gelişecek, biyodizel işletmeleri kırma ve depolamada belirli kapasiteye ulaşacaktır (Aknerdem, 2007).

Biyodizel üretiminde en fazla kullanılan kolza ve aspirdir. Kolza, tohumlarında % 38-45 yağ bulunması, katı, sıvı, ham yağ olarak kullanılması, yüksek seviyede doymamış yağ asidi içermesi, E vitaminince zengin olması biyodizel için en iyi yağ bitkilerinden birisidir. Dünyada 20 den fazla ülkede yetiştirilmekte, Dünyada üretilen biyodizelin % 86'sı kolzadan üretilmektedir. Kolza Ülkemizin her yerinde yetiştirilebilir. Buğdaydan 1 ay önce hasat edildiği için yöresine göre ikinci ürüne olanak sağlar. Böylece hem üreticinin eline erken para geçmesini sağlar hem de ikinci üründen faydalanılır. Küspesi yem sanayimizde protein kaynağı açığını karşılarken; çiçeklerin kıt olduğu Şubat ve Mart aylarında arılar için değerli bir mer'a oluşturur. Aspir , tohumunda % 45'e kadar çıkan kaliteli yağı ve küspesi, renk veren çiçekleri ile kurağa oldukça dayanıklıdır. Nadas alanlarında özellikle Orta Anadolu ve Geçit Bölgelerinde, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ile Çukurova bölgesi'nin susuz, kısmen fakir yapılı ve buğday yetişen meyilli arazilerde yetiştirilebilir.

Biyodizel üretiminde kullanılacak bir başka bitki de tütün tohumudur. Tütün tohumu yaprak tütün üretiminin yan ürünüdür ve tohumun %38-42'si yağdır. Geri kalan kısım ise protein, ham lif, karbonhidrat ve inorganik maddelerdir (Çalışkan ve ark., 2009). Yağ asitlerinin dağılımı %66-76 linoleik, %17-27 oleik, %7-10 palmitik ve % 3.1 stearik asittir (Eshetu, 2007). Kuruma indeksi 55-75, iyot değeri 135-147 arasındadır ve tütün tohumu yarı kuruyan yağlar kategorisindedir. Bitki gelişimi evrelerinde yağ kompozisyonu incelendiğinde genç yapraklarda yağ asidi miktarının çiçeklenme başlangıcında en yüksek seviyeye ulaştığını, olgunlaşmanın %30'dan %60'a ulaşmasıyla linoleik asidin arttığını, hızlı bir yağ asitleri artışının kapsül oluşumu devresinde olduğunu ve tohumlarda en fazla bulunan yağ asidinin %75 ile linoleik asit olduğu tespit edilmiştir (Chu ve Tso, 1968). Aynı şekilde Hindistan, Türkiye, Zimbabve ile İngiltere'de yürütülen çalışmalarda linoleik asit içeriğinin %69-79 arasında değiştiği bildirilmiştir (Crawford ve Hildicth 2006). Mukhtar ve ark., (2007)'ye göre tütün tohumu yağı, doymamış yağ asitlerince zengindir. Yağ

asitlerinin %71.63'ünü linoleik, %13.46'sını oleik ve %8,7'sini palmitik asit oluşturmaktadır. Tütün tohumlarında tohum ağırlığının % 40.6'sı yağ olup, bu yağın özgül ağırlığı 0.917, iyot değeri 140.27, kuruma indeksi 5367, asit değeri 6.8 mg KOH/g olarak belirlenmiştir (Mukhtar ve ark., 2005). Mukayese için, yağ bitkisi olarak yetiştiriciliği yapılan bitkilerin bünyelerinde bulunan yağ asitleri ile tütün tohumu yağ asitleri Çizelge 3'de sunulmuştur.

Çizelge 3. Tütün tohumu yağı ve bazı yağ bitkilerinin yağ asidi kompozisyonları (*Giannelous ve ark., 2002, **Demirbaş, 2003).

Bitki adı	Palmitik 16:0	Palmitoleik 16:1	Stearik 18:0	Oleik 18:1	Linoleik 18:2	Linolenik 18:3	Diğerleri toplamı
Tütün*	10.96	0.2	3.34	14.54	69.49	0.69	0.78
Soya**	13.9	0.3	2.1	23.2	56.2	4.3	0
Ayçiçeği**	6.4	0.1	2.9	17.7	72.9	0	0
Aspir**	7.3	0	1.9	13.6	77.2	0	0
Kolza**	3.5	0	0.9	64.1	22.3	8.2	0
Pamuk**	28.7	0	0.9	13.0	57.4	0	0
Mısır**	11.8	0	2.0	24.8	61.3	0	0.3
Palm**	42.6	0.3	4.4	40.5	10.1	0.2	1.1

Tütün tohumu yağı, dizel yakıt için uygun bir alternatiftir. Tütün tohumu yağının 40°C'de kinetik vizkozitesi 27.7 mm²/s, setan sayısı 38.7, enerji içeriği 39.6 Mj/kg olup bulutlanma noktası -7.8°C, akma noktası -14°C, parlama noktası 220°C, yoğunluk 0.9175, sülfür 0,0006, iyot sayısı 135 ve kül ise % 0.008 olarak tespit edilmiştir (Giannelous ve ark., 2002). Kısmi bir mukayese yapmak amacı ile çeşitli bitkisel yağ esterlerinin fiziksel özellikleri ile tütün tohumu yağı için elde edilen değerler incelendiğinde tütün tohumu yağının biyodizel elde etme bakımından teknik özelliklerinin elverişli olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Bu sanayi dalında istenen yağın, çoğunlukla tekli doymamış ve çoklu doymamış zincirler ile minimum doymuş zincirlerin karışımından oluşması tercih edilmektedir ki, tütün tohumu yağı da bu özelliklere sahiptir (Oğuz ve Ögüt, 2001).

Çizelge 4. Bazı yağ bitkileri ile tütün yağı biyodizelinin teknik özellikleri (Giannelous ve ark., 2002)

Bitki adı	40°C'de										
	Kinematik vizkozite, mm ² /s	Setan sayısı	Enerji İçeriği, MJ/kg	Bulutlanma noktası, °C	Akma noktası, °C	Parlama noktası, °C	Yoğunluk, kg/l	Sülfür, wt. %	Sabunlaşma, mgKOH/gr	İyot değeri	Kül, %
Soya	32.6	37.9	39.6	-3.9	-12.2	254	0.9138	0.010	189-195	112.5	<0.01
Ayçiçeği	33.9	37.1	39.6	7.2	-15.0	274	0.9161	0.010	188-194	125.5	<0.01
Mısır	34.9	37.6	39.5	-1.1	-40.0	277	0.9095	0.010	187-195	122.6	0.01
Pamuk	33.5	41.8	39.5	1.7	-15.0	234	0.9148	0.010	189-198	105.7	0.01
Kolza	37.0	37.6	39.7	-3.9	-31.7	246	0.9115	0.010	168-181	130.0	0.054
Tütün	27.7	38.7	39.4	-7.8	-14.0	220	0.9175	0.006	193	135.0	0.008

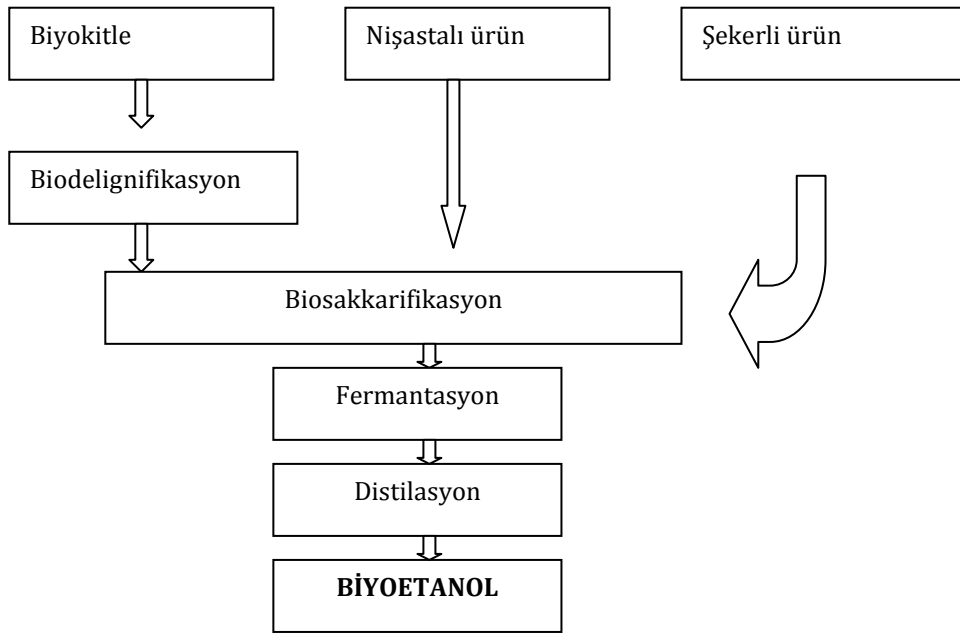
Sonuç olarak Biyoyakıt sektörünün hedefler ulaşılması ve teknolojik olarak gelişmesi için yerli hammadde kullanılması halinde ÖTV'nin konmaması, sektör yönetiminin yasalarla ve çok başlı kontrolü yerine, bağımsız veya özerk bir yönetime (biyoyakıt üst kurulu) verilmesi, biyoyakıtlar, yukarıda açıklanan konularıyla, tarımda yeni bir bakışın adı olmakla kalmayıp, enerji tarımından hammadde alan (enerji tarımı), esas itibarıyla Türk tarımında yeni bir atılımın gerçekleştirildiği ve entegre yatırımlara giden bir felsefeyi de temsil etmesi bakımından üzerinde ısrarla durulmalıdır.

Yakıt Alkolü (Biyometanol)

Yakıt alkolü, metil alkol ve etil alkolü kapsayan bir tanımlama olmasına karşın, yaygın olarak bu isim biyokütle kaynaklarından elde edilen etil alkol (etanol-biyometanol) için kullanılmaktadır (Onurbaş Avcıoğlu ve ark., 2011). Dünyada biyoyakıtlar içerisinde en yaygın olarak kullanılan yakıt biyometanoldür ve biyometanol üretiminin %95'inden fazlası tarımsal ürünlerin işlenmesi ile elde edilmektedir. Dünyada biyometanol üretimi ve kullanımı Türkiye'ye oranla oldukça yüksektir. Dünyanın pek çok ülkesinde, araçlarda biyometanol

kullanımı zorunlu hale getirilmiş ve bunun oranı her ülkede kendi üretim büyüklüklerine göre çeşitlenmiştir (Bayrakçı 2009; Koçtürk ve Avcıoğlu, 2012).

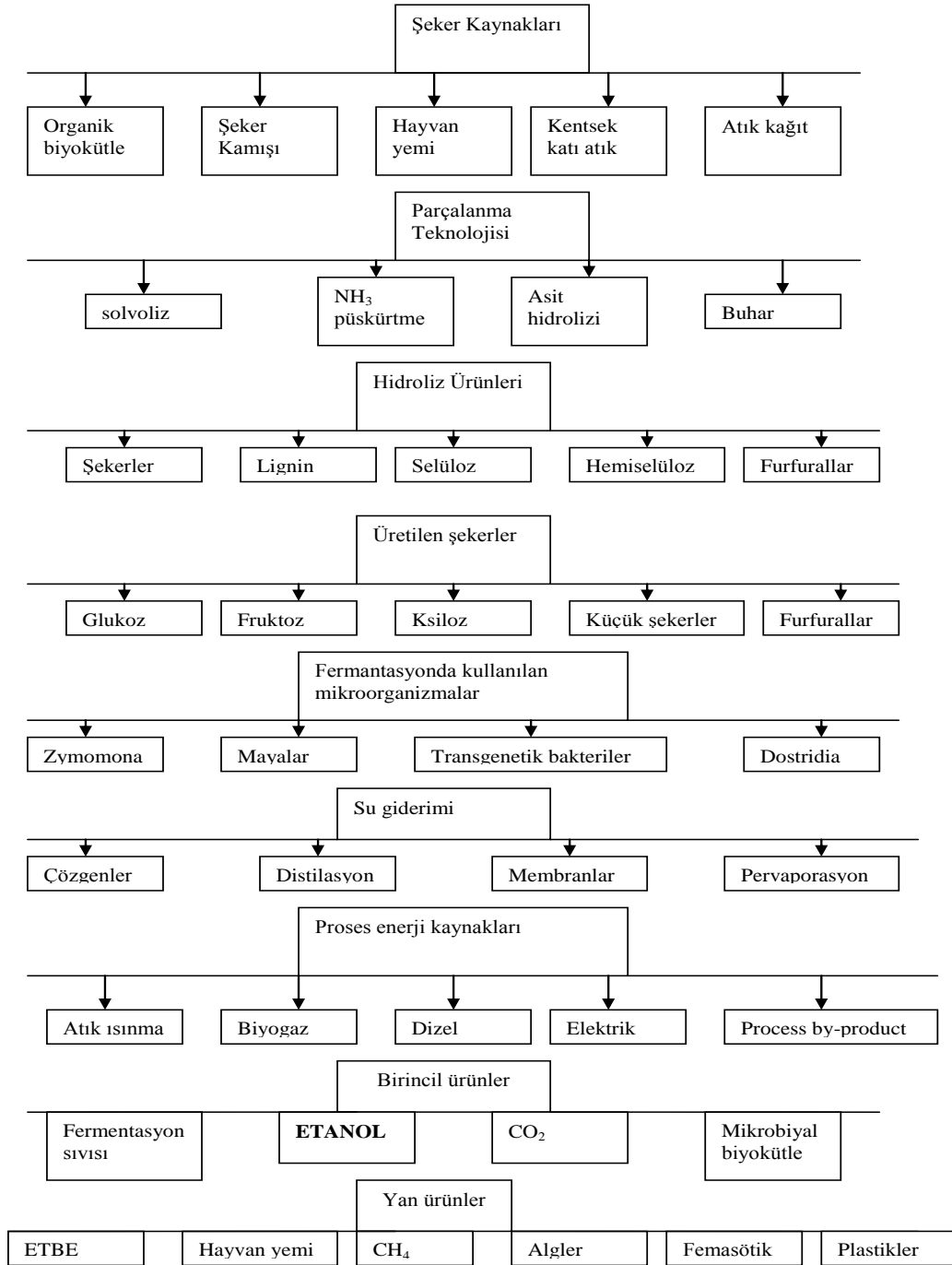
Biyoetanol hammaddesi nişasta-şeker bitkileri (buğday, saman, sorgum, pirinç, patates, çavdar, arpa, mısır, şeker pancarı, şeker kamışı) veya melas gibi agroendüstriyel karakterde şekerli yan ürünlerden olan, benzin türevi bir yakıtın adıdır. Biyokitle ile bileşiminde bulunan şeker ve nişastanın enzimatik hidrolize bağlı (nişasta hidrolizi veya delignifikasyon) oluşan sakkaritlerin mikroorganizmalar vasıtasıyla fermentasyonu ile veya her tip selülozik kütleden asidik hidroliz ve daha sonra bunların distile edilmesiyle biyoetanol üretilmektedir (Şekil 1). Ülkemizde 2000'li yılların başından itibaren devreye alınmaya başlanmıştır. Otomobiller ve diğer motorlu araçlarda, tek başına bir yakıt olarak ya da benzine karıştırılan bir katkı maddesi olarak kullanılabilir. Benzin ile kullanıldığında oktan sayısını artırır, CO ve hidrokarbonlar (CH) gibi zararlı gazların emisyonlarını azaltarak tam yanma sağlar. Lignoselüloz temel olarak selüloz (%30-60), hemiselülozlar (%20-40) ve lifinler (%10-30) oluşturmaktadır. Selüloz ve hemiselülozlar karbonhidrat bileşenlerini oluşturmaktadır. Lignin ise fenolik bir polimerdir. Ligninin bitkisel dokulardaki temel fonksiyonu yapısal destek ve dayanıklılık sağlamasıdır. Bu yapısal özellik ve selülozun sebebiyet verdiği enkapsülasyon, selülozik maddelerin fermentasyonu için gerekli ön işlem olan hidrolizini nişastaya oranla oldukça zorlaştırmaktadır. Bu amaca yönelik olarak asidik veya hemiselülozlar ile enzimatik hidroliz gerçekleştirilmelidir. Hidroliz işleminde amonyak püskürtme, derişik veya seyreltik asit, enzim muamelesi ve buhar uygulanmaktadır. Hidroliz neticesinde üretilen şekerler mayalar ve transgenetik bakteriler vasıtasıyla fermente edilmekte ve suyu giderilen (distilasyon, çözgenler, membranlar ve pervaporasyon) ürünlerden ETANOL elde edilmektedir. Etanole ilave olarak fermentasyon suyu, karbondioksit, mikrobiyal biyokütle ile yan ürünler (hayvan yemi, metan, algler, ferasötik ve plastikler) elde edilmektedir. Farklı biyokütlerin etanole dönüşüm basamakları Şekil 2'de verilmiştir (Pazarlıoğlu, 2007).



Şekil 1. Biyoetanol üretim süreçlerindeki aşamalar (Kolonkaya ve ark., 2007)

Dünya etanol üretiminin % 95'i fermentasyonla üretilmektedir. Biyoetanol alternatif bir akaryakıt olarak kullanılabilir gibi, akaryakıt katkısı (harmanlama bileşeni), yakıt hücresi yakıtı veya biyodizel ile biyo-etil tersiyer butil eter üretiminde hammadde olarak da enerji teknolojisinde değerlendirilebilmektedir. Günümüzde biyoetanol yakıt olarak yaygın kullanımı benzin ve motorin alternatif yakıtı olarak dört şekildedir.

- Gasohol: %10alkol + %90 benzin karışımı
- E25 : %25 alkol + %75 benzin karışımı
- E85 : %85 alkol + % 15 benzin karışımı
- E-Dizel : En fazla + %15 oranında alkol içeren motorin (Oksi-Motorin, Diesohol)



Şekil 2. Farklı Biyokütlelerin Etanole Dönüşüm Basamakları (Pazarlıoğlu, 2007)

Benzin alternatif olarak Gasohol, motorin alternatif olarak E-Dizel uygulamada önde gelmektedir. E-Dizelin avantajları arasında; motorin soğukta akış özelliğini iyileştirmesi, motorinin korozyon dayanımını, ısı kararlılığını, yağlayıcılık özelliğini artırması, egzoz gazı emisyonları ve yaşam döngüsü emisyonları ile yakıtın kükürt içeriğini azaltması sayılabilmektedir. E-Dizelin dezavantajları olarak, düşük setan sayısına sahip olması ve yakıt tüketimindeki çok az oranda gerçekleşen artış sayılsabilir. Setan sayısını artırıcı katkı maddesi eklenmesi ile, daha yüksek setan sayılı E-Dizel eldesi mümkündür. Yakıt alkolü kullanımının çevresel etkisi çok önemlidir. Örneğin 1 lt benzin yerine E10 kullanıldığında, eğer etanol tahıldan üretilmişse sera gazı emisyonu %3-4, eğer selülozlardan üretilmişse %6-8 oranında azalması gözlemlenmektedir (İşler ve Karaosmanoğlu, 2007).

Sonuç olarak; biyoetanol üretimi doğayı ve çevreyi kirleten, sağlık açısından pek çok risk barındıran fosil yakıtlardaki dışa bağımlılıktan kurtulmanın, enerjide bağımsızlığımızı kazanmanın en kolay ve ucuz yoludur. Biyoetanol dünya çapında yaklaşık 30 milyon ton yıllık üretimi ile ve yaklaşık 13 milyon dolar pazar payı ile

dünyanın önde gelen alternatif sıvı yakıtıdır. Gelecekte modern biyoenerji komplekslerinin adapte edilmesiyle biyoetanol enerji sektöründe ekonomi ve çevre açısından cazip bir ürün olacaktır.

Yakıt Alkolü ve Türkiye

TSE standartlarına göre benzine hacimsel olarak en fazla % 5 oranında oksijenli bileşik harmanlaması kapsamında etil alkol TS EN 228 otomotiv benzini standardına göre benzin katkısı olarak kullanılabilir. Yakıt alkolü 5015 Sayılı Petrol Piyasası Kanununa göre akaryakıt harmanlanabilir bir ürün olarak tanımlanmıştır. Yakıt alkolünün yerli kaynaklardan üretimi ve akaryakıt ile eşdeğer vergiye tabi olmaksızın tanımlanması kanunda belirtilen “akaryakıt Harmanlanan Ürünler: Metil tersiyer bütül eter, etanol vb. akaryakıt ile eşdeğer vergiye tabi olan ve olacak ürünleri” şeklinde ifade edilmektedir. İlgili yasal düzenlemeler ile, benzine hacmen en çok %2 oranında katılacak yerli kaynaklardan üretilen etil alkol için ÖTV değeri sıfırdır.

Ülkemizdeki alkol üretimi, kullanımı ve satışı T.C. tütün, tütün mamülleri ve alkollü içecekler piyasası düzenleme kurumu (TAPDK) tarafından düzenlenmekte ve denetlenmektedir. TARKİM (Tarımsal Kimya Teknolojileri San. Tic. A.Ş.) ilk yakıt alkolü üretim lisansına sahip, girdisi buğday ve mısır olan 40 milyon lt/yıl kapasiteye sahip üreticimizdir ve TARKİM yakıt alkolü, 2005 yılında POAŞ ürünü kurşunsuz benzine %2 oranında katılarak “Biobenzin” markası ile piyasaya arz edilmiştir. Pankobirlik’in 84 milyon litre / yıl kapasiteli Çumra alkol Fabrikası (şeker pancarı) ve 26 milyon litre / yıl kapasiteli Tezkin – Adana (buğday ve mısır) fabrikalarının halen deneme üretimleri sürmektedir. Bu fabrikaların ürünü biyoetanolün de, 2008 itibarı ile akaryakıt sektörüne arzı başlayacaktır. 21 Kasım 2006’da Biyoetanol üreticileri Derneği kurulmuştur. TAPDK verilerine göre tesis kurma izni aşamasındaki olası yakıt alkol kapasitesi 102 milyon lt/yıl’dır.

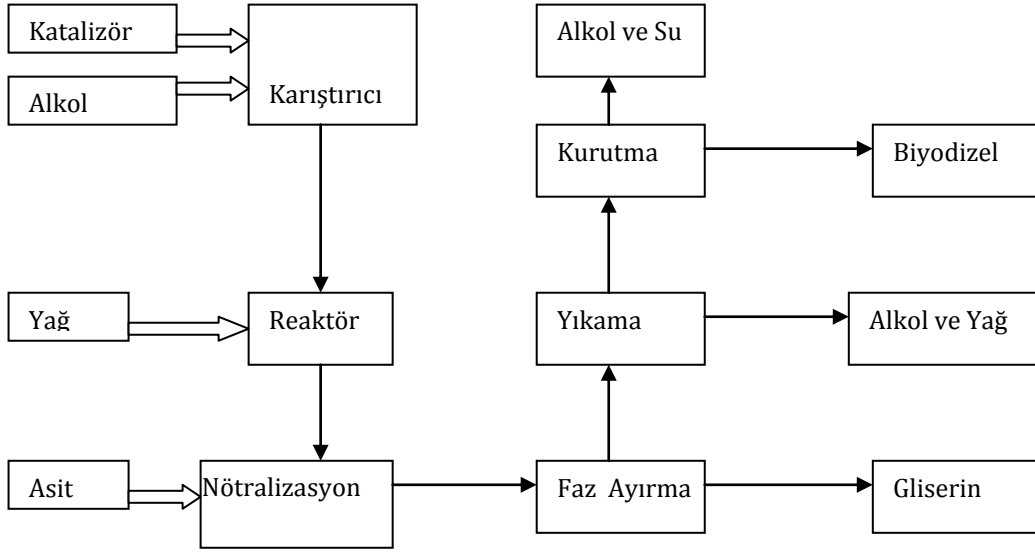
Yakıt alkolü üretimi için en önemli hammaddelerden biri olan şeker pancarı tarımı Türkiye’de iyi bilinmekte olup, Pankobirlik çatısı altında 32 milyon dekar sulanabilir arazide yapılmaktadır. Münavebeli ekim ile bu alanın sadece % 20-25’lik kısmı kullanılabilir. Yeni şeker rejimine göre, kotaya uygun şeker pancarı tarımı 3,5 milyon dekar arazide yapılacağından geriye kalan 4,5 milyon dekarlık arazi biyoetanol üretimine yönelik enerji tarımında kolaylıkla kullanılabilir. Dolayısıyla, ülkemizde her yıl şeker pancarına dayalı 2-2,5 milyon ton biyoetanol üretim potansiyeli mevcuttur. Bu değer 2005 yılı sivil benzin tüketimimizin % 90’lık kısmına karşılık gelmektedir. Mevcut durumda şeker sanayi bünyesinde bulunan alkol üretim tesisinde yapılacak rehabilitasyon çalışmaları ile yılda 78,5 milyon litre etanolü üretim potansiyeli bulunmaktadır.

Sonuç olarak yakıt alkolü günümüzün en büyük üretim kapasitesine sahip biyorafineri ürünüdür. Dünya’da biyoetanolün üretim ve kullanımının artırılması için hükümet destekleri, Ar-Ge çalışmaları, özellikle selülozik etanol üretimi için yoğun çalışmalar sürmektedir. Türkiye mevcut 3 tesisi, artan ticari ilgi, yeni tesis projeleri ve akademik çalışmalarla yakıt alkolü için olumlu bir konumdadır. ÖTV muafiyet katkı oranının artırılması ilgili makamlarca kolaylıkla yapılabilecektir. Böylelikle, kademeli olarak E5 kullanımına geçilebilir (İşler ve Karaosmanoğlu, 2007).

Biyodizel Üretimi

Biyodizel hammaddesi yağ bitkileri olan, motorin türevi, tek başına veya motorine belli oranlarda karıştırılarak kullanılan bir enerji yakıtıdır. Kolza (kanola), ayçiçeği, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucu üretilmektedir (Şekil 3). Ayrıca biyodizel biyomotorin dizel-bi, yeşil dizel adları ile de bilinmektedir (Akınerdem, 2007). Biyodizel Yakıtı:

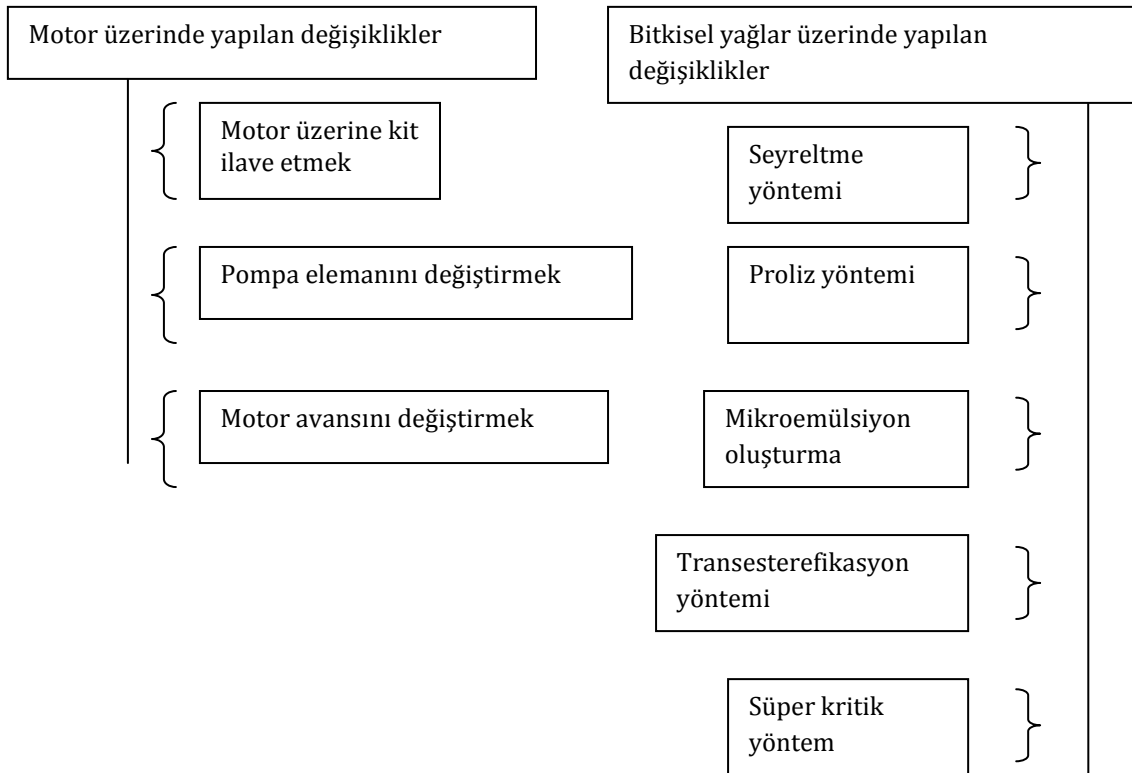
- Bitkisel ve hayvansal yağlardan esterleşme prosesi ile elde edilen EN 14214 mevzuatına uyan bir metil esteridir.
- Metanol ile bitkisel yağlardan transesterifikasyon reaksiyonu (alkoliz) ile biyodizel ve yan ürün olarak gliserin elde edilir.
- Doğrudan CO₂ azalması sağlamaz ancak, yağ bitkisinin yetişmesindeki CO₂ tüketimi ile kazanım meydana getirir.
- Halen % 5 oranında katılım ile elde edilen biyodizel EN 590 mevzuatına uymak kaydı ile tüm araçlarda kullanılabilir.
- Özel yapılı yakıt sistemleri ile bu oran%100’e kadar artırılabilir.
- Üretim, pazarlaması ve kullanılması 5015 sayılı petrol piyasası mevzuatına tabidir.



Şekil 3. Biyodizel üretiminin şematik gösterimi (Uysal, 2007)

Bitkisel yağların Dizel Motorlarında Kullanılabilme İmkanları

Bitkisel yağlar doğrudan, biyodizele dönüştürülmeden de motor yakıtı olarak kullanılabilir. Ancak bu durumda motorun petrodizel yakıtıyla çalıştırılması ve bitkisel yağın ısıtılması gerekir. Bitkisel yağın doğrudan yakıt olarak kullanımında yağın yeni ya da atık kızartma yağı olması fark etmemektedir (Öğüt ve Oğuz, 2006). Ancak bu uygulama ısıtıcı bir (kit) kullanımını gerektirir. Bunun için motor, önce prodizel ile çalıştırılır, motor soğutma suyunun sıcaklığından faydalanarak bitkisel yağın viskozitesi, petrodizel viskozitesinin düzeyine dönüştürülür. Ancak bu kullanım şeklinin motor garantisi açısından iyi incelenmesi gerekir (Şekil 4).



Şekil 4. Motor üzerinde ve bitkisel yağlarda yapılan değişiklikler (Öğüt ve ark., 2007)

Biyodizel Kullanmada Sorunlar

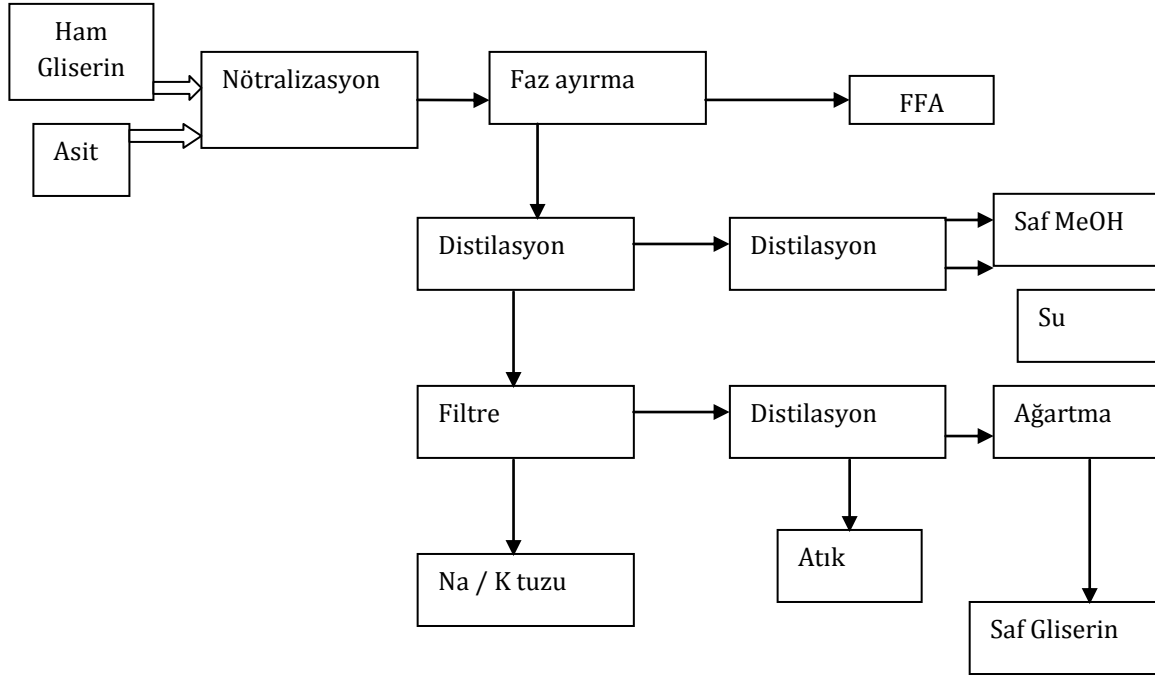
- Düşük sıcaklıklarda viskozite artışı ve akışkanlık azalması
- Oksidasyon stabilitesieksikliği ile depoda çökme ve sakız maddesi oluşumu
- Nem çekmesiile mikroorganizma gelişimine neden olması, suyun korrozif etkisi
- Yüksek karışım oranlarında metil esterlerin yakıt sistemindeki contalarda eritici etkisi
- Solvent etkisi ile yakıt depolarında çökeltileri çözümleyerek sistemde tıkanmaya yol açması
- Bakır alaşımları, çinko, döküm demir, mangan üzerinde aşındırma etkisi
- Benzin + Etanol
- Ethanol (etil alkol) değişik tarım ürünlerinden (mısır, şeker kamışı, şeker pancarı, patates, hububat artıkları veya ahşap artıkları kullanılabilir).
- Yürürlükteki mevzuat genel uygulamada % 5 karışımı öngörmektedir.
- Benzin ile %85 e kadar (E85) karıştırılarak kullanılabilir.
- Buharlaşma nedeni ile depolanması özel önlem gerektirir. (Tezer, 2007).

Bitkisel yağlar petrol esaslı yakıtlardan farklı kimyasal yapıya sahiptirler. Dizel yakıtı büyük oranlarda parafinler ve aromatiklerden oluşmasına karşılık, bitkisel yağlar yağ asitlerinin gliserinle yapmış olduğu esterlerdir. Bu esterlere gliserid adı verilir. Gliserin molekülünü oluşturan 3 alkol grubu yağ asitlerinin esterleşmesi ile tri gliserid adını alır. Trigliserid'deki yağ asitlerinin cinsi ve miktarı, bitkisel yağın özelliklerini oluşturmaktadır (Öğüt ve ark., 2007). Bitkisel yağların yüksek yakıt standartlarına uygun olmadan doğrudan motorlarda kullanımı yakıt enjeksiyon pompasında, enjektörlerde ve yanma odasında problemlere yol açmaktadır. Bu nedenle yüksek olan viskoziteyi azaltmak veya yağı motora uygun hale getirmek için çalışmalar yapılmıştır. Bunlar ya bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirme yönünde yada motorda birtakım değişiklikler yapılarak sağlanmıştır (Şekil 2) (Öğüt ve ark., 2007).

Biyodizel Prosesi ve Yan ürün Gliserin

Yenilenebilir biyolojik kaynaklara dayanması, biyolojik bozunabilirliğinin çok iyi olması, zehirli olmaması, yakıldığında çok düşük emisyonlara sebep olması ve çevre dostu olması gibi önemli özelliklere sahiptir. Ulaşım sektöründe dizel motorlarla doğrudan veya petro-dizel ile karıştırılarak kullanılması, petrol ithal eden ülkelerde enerji konusunda dışa bağımlılığın kısmen azaltılmasına katkıda bulunur.

Biyodizel prosesinde yan ürün olarak elde edilen gliserin fazı, kullanılmayan fazladan katalizör, sabunlaşma reaksiyonu ürünleri, su ve kullanılmayan fazla alkol içermektedir. Bu faz öncelikle asit ile nötralize edilip ham gliserin olarak depolanabilir. Bugün ülkemizde faz ayırma işleminden elde edilen ham gliserin, olduğu gibi depolanmakta ve başka hiçbir işlem yapılmadan çok düşük fiyata satılmaktadır. Bu ham gliserin fazı içinde gerçek gliserin yüzdesi yaklaşık %40-50 arasındadır. Geri kalan önemli bir kısmı transesterifikasyon reaksiyonunda kullanılması gereken ancak reaksiyona girmeyen fazla metanoldür. Transesterifikasyon reaksiyonunda 1 mol gliseride karşılık 6 mol alkol kullanıldığında, esterleşme oranının arttığını göstermektedir. Diğer 3 molü sadece reaksiyonun sağ tarafına doğru daha çabuk ve yüksek verimle yürümesi için kullanılmaktadır. Reaksiyona girmeyen fazla alkolün büyük bir kısmı, faz ayırma işleminde gliserin fazında kalmaktadır. Öncelikle, bu alkolün geri kazanılması ve tekrar reaktöre gönderilmesi, biyodizel üretim maliyeti üzerine çok olumlu etki yapacaktır. Ayrıca faz ayırma işlemi esnasında gliserin fazında kalan suyun da uzaklaştırılması gerekmektedir. Gliserin fazının nötralizasyonu sonucu içinde kalan sabunlar tekrar serbest yağ asitlerine dönüşür ve bunlarında ayrılması gerekir. Ayrıştırılan serbest yağ asitleri asitle muamele edildikten sonra biyodizel üretimine geri dönüştürülebilirler (Şekil 5). Böylece, serbest yağ asitleri, alkolü ve suyu uzaklaştırılmış gliserin fazının saflığı %80-85 arasındadır. Safılaştırmada en etkin yöntem distilasyondur (Uysal, 2007). Bu prosesin en hassas işlemi gliserinin vakum distilasyonudur. Dikkatli olunmazsa, yüksek pH ve yüksek sıcaklıklarda gliserolün polimerizasyonu gerçekleşebilir ve oluşan poligliserol verimi olumsuz yönde etkiler. Düşük pH değerinde isae düşük kaynama noktasına (52°C) sahip zararlı olan acrolein oluşumu gözlenebilir. Ortamdaki oksijenin varlığına bağlı olarak gliserolün kısmi oksidasyonu sonucu glycerose (gliseraldehid ve dihidroksiaseton karışımı) elde edilebilir. Bu hususlara dikkat edilerek tasarlanmış ve işletilen distilasyon işlemi ile çok yüksek saflıkta gliserol elde edilebilir (Yong et al., 2001).



Şekil 5. Gliserin saflaştırma prosesi (Uysal, 2007)

Saf Gliserinin Kullanım Alanları

Biyodizel prosesinden elde edilen saf gliserin yüksek katma değere sahip başka ürünlere dönüşebilmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- Sabun sanayi
- Kozmetik sanayi
- İlaç sanayi
- Besin ve içecek sanayi
- Kağıt sanayi
- Tütün sanayi
- Reçine sanayi
- Tekstil sanayi
- Fotoğraf sanayi
- Yağlama sanayi
- Elektronik kapasitör yapımı
- Dinamit yapımında nitrogliserin üretimi
- Yem sanayi (%5-10 gluten asit substitutu)
- Hidrojen üretiminde (enerji taşıyıcısı)
- Poliüretan köpüklerde yüzey aktif madde
- Değişik kimyasal maddelerin hazırlanmasında (glycerol triacetate, glycerol stearate, glycerol oleate)

Biyogaz

Organik kökenli maddelerin (hayvansal, zirai, gıda endüstrisi, sebze, meyve, yağ endüstrisi ve mezbaha atıkları, ile atık su arıtma çamurları ve değişik bitki silajlarının) anaerobik oksijensiz ortamda, farklı mikroorganizma gruplarının varlığında biyometanlaştırma süreçleri ile elde edilen bir gaz karışımıdır. Renksiz, yanıcı, ana bileşenleri CH_4 ve CO_2 olan bu gazın içinde az miktarda H, SO_3 , N, O_2 ve CO de bulunur (Denizsel, 2007).

Biyoyakıtların Olumlu Etkileri

1. Kaynağı sınırlı olan fosil kökenli ürünlere bağımlılığı azaltmakta
2. Tarımda yeni alanlar oluşturmakta

3. Aşırı tarımsal üretimi dengelemekte
4. Atık ürünleri değerlendirmekte
5. Egzoz emisyonlarının etkisini azaltmakta
6. Olumlu çevresel etkisi ile iklim değişikliği tehdidini azaltmakta
7. CO₂ dengesini düzeltmektedir.

Biyoyakıtların Olumsuz Etkileri

1. Kaynak olarak tarımsal üretime dayanması sonucu artan talep
 - Yeni alanların gıda üretimi aleyhine gelişmesine
 - Güney yarım kürede tropik orman alanlarının “yıllık bitkilere” açılmasına
 - Daralan tarım alanları nedeni ile gıda fiyatlarının yükselmesine
 - Büyük üretim alanlarının, küçük işletmeler aleyhine genişlemesine yol açmaktadır.
2. Ormanların ve Meraların bu şekilde değişimi, ek ve sürekli CO₂ kaybına neden olmaktadır.

Sonuç

Biyoyakıt üretiminde kullanılacak bitkilerin ve bitki artıklarının insan beslenme ve çevre sağlığına zarar vermeden alternatif kaynak ve doğa dostu yenilenebilir enerji kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda bitkisel kaynaklı yakıtlar biyoetanol, biyodizel, biyogaz, biyometanol, biyodimetil eter ve biyoyağ olarak gruplandırılmıştır. Ayrıca yakıt alkolü günümüzün en büyük üretim kapasitesine sahip biyorafineri ürünü olması nedeniyle ülkemizde biyoetanolün üretim ve kullanımının artırılması çalışmalarına hız verilmesi gerektiği tavsiye edilmiştir.

Kaynaklar

- Akdoğan G, Emeklier Y. 2007. Türkiye tarımında biyokütle (biyomas) enerji kaynakları. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 31-48, Ankara
- Aknerdem F, 2007. Türkiyede biyoyakıtlar ve hammadde temini. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 63-70, Ankara
- Aknerdem F. 2014. Türkiye’de aspir üretimi ve biyodizel açısından önemi. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, s. 51-57, Samsun
- Aknerdem F, Öztürk Ö. 2014. Yağ bitkileri üretim stratejileri. Ayçiçeği Paneli, 18 Mart 2014, Konya.
- Anonim 2006. Türkiye’de tarımsal artıkların değerlendirilmesi. <http://www.agrowaste.tr.org/tr>. (Erişim tarihi 12.04.2008).
- Baydar H, Turgut I. 1999. Variations of fatty acid composition according to some morphological and physiological properties and ecological regions in oilseed plants. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 23 (S1): 81-86.
- Bayrakçı AG. 2009. Değişik biyokütle kaynaklarından etanolün elde edilmesi üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, İzmir.
- Chu H, Tso TC. 1968. Fatty acid composition in Tobacco. I. Green Tobacco Plants. Plant Physiology 43: 428-433.
- Crawford RV, Hilditch TP. 2006. The component fatty acids of tobacco-seed oils. Journal of the Science of Food and Agriculture 1(8): 230-234.
- Çalışkan Ö, Odabaş MS, Çamaş N. 2009. Tütün (Nicotiana tabacum L.) tohumunun biyoyakıt olarak değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 4(2): 46-55
- Demirbaş A. 2003. Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: A survey. Energy Conversion and Management 44 (13): 2093-2109.
- Denizsel A. 2007. Biyogazdan elektrik ve ısı üretimi. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 81-84, Ankara
- El Bassam N. 1998. Energy plant species, their use and impact on environment and development. James and James (Science Publisher) Ltd. London, UK.
- Emeklier YH. 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
- Erdin E, Şirin G, Alten A. 2002. Biyoyakıt ve Avrupa Birliği, <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/biyoenerji2002.pdf>, (Erişim:20.03.2014)
- Eser V, Sarsu F, Altunkay, M. 2007. Biyoyakıt üretiminde kullanılan bitkilerin mevcut durumu ve geleceği. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 51-62, Ankara
- Eshetu B. 2007. Nicotiana tabacum seed oil. www.ipp.boku.ac.at/oilseeds/eshetu.html
- Giannelous PN, Zannikos F, Stournass S, Lois E, Anastopoulos G. 2002. Tobacco seed oil and alternative diesel fuel: Physical and Chemical Properties. Industrial Crops and Products 16(1): 1-9.
- Gizlenci Ş, Acar M. 2008. Enerji bitkileri tarımı ve biyoyakıtlar (biyomotorin, biyoetanol, biyomas) enerji bitkileri ve biyoyakıtlar. Sektörel Rapor. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 16 s. Samsun
- İşler A., Karaosmanoğlu F. 2007. Yakıt alkolü: Mevcut durumu ve geleceği. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 123-132, Ankara

- Koçtürk D, Avcıoğlu AO. 2012. Benzin motorlarında biyoetanol kullanımının çevresel etkilerinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi 4(2): 65-74
- Kolonkaya N, Eser V, Ünal A. 2007. Biyoyakıtların biyoekonomideki yeri ve önemi. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 3-9, Ankara
- Mukhtar A, Ulah H, Mukhtar M. 2007. Fatty acid composition of tobacco seed oil and syntesis of alkyd resin. Chinese Journal of Chemistry 25(5):705-708.
- Mukhtar A, Ulah H, Mukhtar M. 2005. Extraction and charecterization of tobacco seed oil. Asian Journal of Chemistry. 18(1): 20-24.
- Oğuz H, Ögüt H. 2001. Tarım traktörlerinde bitkisel kökenli yağ ve yakıt kullanımı. Selçuk - Teknik Online Dergisi, Vol:2, No: 2.
- Onurbaş Avcıoğlu, A., Turker, U., Atasoy, Z., Koçtürk, D. 2011. Tarımsal kökenli yenilenebilir enerjiler-biyoyakıtlar. Nobel Yayınevi, 519s, Ankara.
- Ögüt H, Oğuz H, Eryılmaz T, Mengeş HO. 2007. Standartlara uygun bitkisel yağların tarım traktörlerinde doğrudan yakıt olarak kullanımının araştırılması. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 147-157, Ankara
- Öğüt H, Oğuz H. 2006. Fuel of third millenium : Biodiesel. Nobel Yayınevi s. 190 s., Ankara
- Pazarlıoğlu NK. 2007. Lignoselülozik atıklardan biyoetanol üretimi. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 183-194, Ankara
- Taşyürek M, Acaroğlu M. 2007. Biyoyakıtlarda (biyomotorinde) emisyon azatımı ve küresel ısınmaya etkisi. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, Konya.
- Tezer E. 2007. Biyoakıtlar ve otomotiv sanayii. Biyoyakıtlar ve Biyoakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 135-146, Ankara
- Uysal BZ. 2007. Biyodizel Prosesi Yan ürünü Gliserin. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 177-182, Ankara
- Yong KC, Ooi TL, Dezulkefly K, Wan Yunus WMZ, Hazimah AH. 2001. Refining of crude, glycerine recovered from glycerol residue by simple vacuum distillation. Journal of Oil Palm Research 13(2): 39-44.