

BİYODİZEL PROSESİ YAN ÜRÜNÜ GLİSERİN*

Bekir Zühtü Uysal

Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü
ve Temiz Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi,
Maltepe, 06570 Ankara

ÖZET

Artan enerji ihtiyacı ve buna karşılık giderek azalan fosil yakıt rezervleri yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmaktadır. Ulaşım sektöründe neredeyse tamamen fosil yakıtlara olan bağımlılık çok önemli problem arz etmektedir. Global ısınmanın başlıca nedenlerinden olan CO₂ gazı ve diğer kirlenici gazların emisyonlarının fosil yakıtlara göre azaltılması, özellikle ulaşım sektöründe dışa bağımlılığı azaltıcı yönde katkısı gibi özelliklerinden dolayı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de biyodizel üretimi son yıllarda giderek artan bir önem kazanmaktadır.

Artan rekabet koşullarında, biyodizel işletmelerinin kârlılığını artırmak iki hususa dayanmaktadır. Birincisi, işletmelerde en ekonomik teknolojiyi kullanmak ve ikincisi ise biyodizel prosesi yan ürünü olan gliserini yüksek fiyatla pazarlanabilir özelliklerde üretmektir.

Gliserinin ekonomik değerini artırmak, saflık derecesini artırmaya dayanır. Bu işlemde, biyodizel reaktöründe transesterifikasyon reaksiyonunda kullanılan fazla alkolün de geri kazanılması söz konusu olduğundan, tüm prosesin işletme maliyeti de olumlu etkilenecektir. Gliserin saflaştırılması, biyodizel üretimine göre daha zor ve karmaşıktır. Buradaki zorluğun esas nedeni ise, normal şartlarda gliserinin kaynama noktası çok yüksek olduğundan, saflaştırma işleminin atmosferik basıncın çok altında ve vakum şartlarında yapılmasının gerekmesidir. Ancak, tüm zorluğuna rağmen sağlayacağı ekonomik katkı, biyodizel işletmelerinin toplamda kârlılığını artıracaktır. Üretilen saf gliserin de kimya sektörüne bir hareket getirecek ve alternatif kullanım alanlarının geliştirilmesini sağlayacaktır.

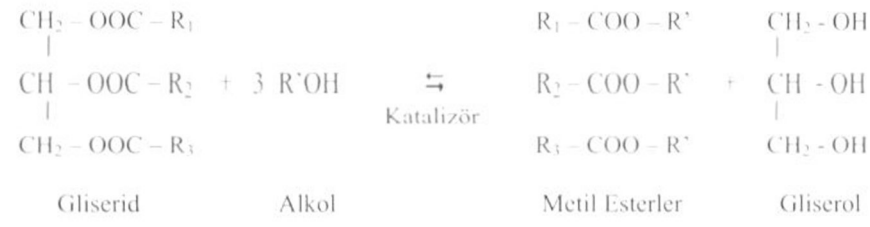
1. GİRİŞ

Biyodizel bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilen, petrol kökenli dizele alternatif bir yakıttır. 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 motorlarda doğrudan veya petro-dizel ile karıştırılarak kullanılması, petrol ithal eden ülkelerde enerji konusunda dışa bağımlılığın kısmen azaltmasına katkıda bulunur. Hammadde ihtiyacını karşılamak için yapılan yağlı tohum ekimi ile, enerji tarımına, ülkenin tarım potansiyelinin değerlendirilmesine ve çiftçinin ekonomik kalkınmasına yardımcı olur.

Bitkisel ve hayvansal yağlar, 1 mol gliserol ve 3 mol yağ asidinin meydana getirdiği, trigliserid denen suda çözünmeyen, hidrofobik yapıda moleküllerden oluşur. Yağın cinsine göre, trigliseridlerin yağ asidi kısımları 16, 18, 20, 22 ve 24 karbonlu, tamamen doymuş veya 1, 2 ve 3 çift bağı olabilir. Yapıdaki bu değişiklikler de yağın, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı, erime noktası, donma noktası, viskozite gibi özelliklerini belirler.

* Bu makale daha önce Uludağ Üniversitesi ve TÜBİTAK-Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı tarafından 29-30 Haziran 2006 tarihlerinde Bursa’da düzenlenen “Biyoyakıt (Biyodizel-Biyometanol) Sempozyumu”nda sunulan bildirinin değiştirilmiş ve geliştirilmiş halidir.

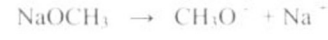
Bu yağların, transesterifikasyon denen alkol ile reaksiyonu sonucunda da biyodizeli oluşturan esterler ve gliserol elde edilir. Düşük sıcaklık ve basınçta, yüksek dönüşüm elde edilebildiğinden dolayı en çok bazik katalizörlü transesterifikasyon reaksiyonu kullanıldığından, aşağıdaki reaksiyonlar buna göre verilmiştir.



Alkol olarak genellikle metanol ve bazen de etanol kullanılır. Ucuzluğu, polar yapısı, en kısa alkol olması ve NaOH veya KOH'i kolay çözebilmesi gibi özelliklerinden dolayı metanol daha çok tercih edilmektedir. Metanol ile örneğin NaOH'ın reaksiyonu sonucu sodyum metoksit oluşur.



Transesterifikasyon reaksiyonunun başlaması için sodyum metoksidin bozunarak katalizör görevi gören metoksit anyonunu oluşturmaya ihtiyacı vardır.

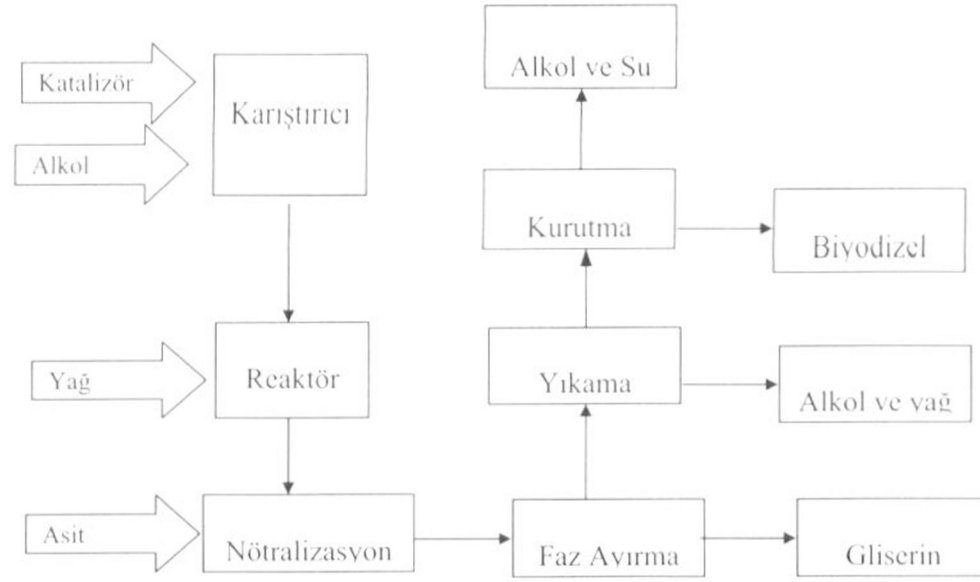


Bunların yanı sıra, alkali çözelti içinde aşağıdaki reaksiyon da doğrudan metoksit anyonunu oluşturur:



Yapılan çalışmalar, katalizör hazırlamaya sodyum hidroksit ile başlamanın daha avantajlı olduğunu göstermektedir (Vicente vd., 2004)

Yukarıda verilen prensibe göre biyodizelin tipik üretim akım şeması aşağıda verilmiştir. Bu prosesin çeşitli aşamaları hakkında detaylı bilgi literatürde mevcuttur (Ma ve Hanna, 1999; Meher vd., 2006)). Biyodizel üretim prosesinin kârlılığını artırmanın önemli bir etkeni, çıkan yan ürün gliserinin değerlendirilmesidir (Haas vd., 2006).



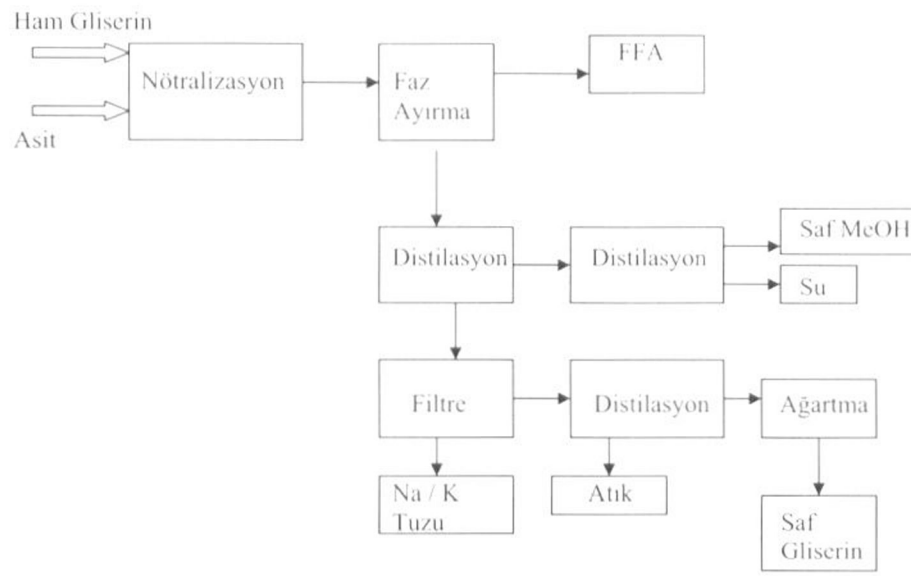
Şekil 1: Biyodizel üretiminin şematik gösterimi

2. GLİSERİN İŞLENMESİ

Şekil 1’de gösterilen prosteşte yan ürün olarak elde edilen gliserin fazı, kullanılmayan 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 kalanın önemli bir kısmı transesterifikasyon reaksiyonunda kullanılması gereken ancak reaksiyona girmeyen fazla metanoldür. Yapılan araştırmalar, transesterifikasyon reaksiyonunda 1 mol gliseride karşılık 6 mol alkol kullanıldığında, esterleşme oranının arttığını göstermektedir. Bu 6 mol metanolün 3 molü gerçekte reaksiyonda tüketilmektedir. Diğer 3 molü sadece reaksiyonun sağ tarafa doğru daha çabuk ve yüksek verimle yürümesi için kullanılmaktadır. Ülkemizdeki üretim tesislerinin çoğunda kullanılan metanol miktarının bu belirtilen değerden daha az olduğu bilinmektedir. Yine de reaksiyona girmeyen bu fazla alkolün büyük bir kısmı, faz ayırma işleminde gliserin fazında kalmaktadır. Öncelikle, bu alkolün geri kazanılması ve tekrar reaktöre geri gönderilmesi, biyodizel üretim maliyeti üzerine çok olumlu etki yapacaktır. Bunun yanı sıra, gliserinin suya olan afinitesi yüksek olduğundan, faz ayırma işlemi esnasında gliserin fazında kalan suyun da uzaklaştırılması gerekmektedir. Gliserin fazının nötralizasyonu sonucu içinde kalan sabunlar tekrar serbest yağ asitlerine dönüşür ve bunların da ayrılması gerekir. Ayrıştırılan serbest yağ asitleri asitle mumamele edildikten sonra biyodizel üretimine geri döndürülebilirler. Böylece, serbest yağ asitleri, alkolü ve suyu uzaklaştırılmış gliserin fazının saflığı %80-85 arasındadır. Proses boyunca oluşan inorganik tuzlar da hala bu faz içindedir (%5-10). Kullanılan baz ve aside bağlı olarak, örneğin başta KOH ve nötralizasyonda da fosforik asit kullanıldığında elde edilen potasyum fosfat bu fazdan ayrılıp gübre olarak değerlendirilebilir. Gliserin fazının safsızlığını oluşturan diğer kısım ise MONG (Matter Organic Non-Glycerol) olarak bilinen gliserol harici organik maddedir.

Bundan sonraki saflaştırma işlemi, gliserinin fizikokimyasal özelliklerinden etkilenir. Saflaştırmada en etkin yöntem distilasyondur. Ancak, gliserinin kaynama noktası normal şartlarda (760 mmHg basınçta) çok yüksek olduğundan (290,3°C), bu distilasyon işlemi düşük basınçta yapılmalıdır. Gliserinin 1 mmHg basınçta bile kaynama noktası 127,5°C'dir (Uysal, 2003).

İlaç ve kozmetik sanayinin ihtiyacı olan %98 üzerinde bir saflaştırma yapılmak isteniyorsa, vakum distilasyon kaçınılmazdır. Distilasyon işleminden sonra ise ağartma işlemi ile renk açılabilir. Bu saflaştırma işleminin akım şeması Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Gliserin saflaştırma prosesi

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 değerlerinde ise düşük kaynama noktasına (52°C) sahip ve 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 v.d., 2001).

3. SAF GLİSERİNİN KULANIM ALANLARI

Gliserinin yıllık toplam kullanımı Avrupa'da 190 000 ton/yıl, A.B.D.'de 160 000 ton/yıl, Japonya'da 50 000 ton/yıl, Çin'de 80 000 ton/yıl (Wang vd., 2001) ve Türkiye'de 20 000 ton/yıl civarındadır. Gliserinin en belli başlı kullanım alanları arasında,

- i. sabun sanayi,
- ii. kozmetik sanayi,
- iii. ilaç sanayi,
- iv. besin ve içecek sanayi,
- v. kağıt sanayi,
- vi. tütün sanayi,

- vii. reçine sanayi,
 - viii. tekstil sanayi,
 - ix. fotoğraf sanayi,
 - x. yağlama sanayi,
 - xi. elektronik kapasitör yapımı ve
 - xii. dinamit yapımında nitrogliserin üretimi
- sayılabılır.

Bunlara ilave olarak, biyodizel prosesinden elde edilen saf gliserini yüksek katma değere sahip başka ürünlere dönüştürmek konusunda dünyada çok yoğun araştırmalar vardır. Yüksek değerli bu ürünler arasında çeşitli epoksi türevleri, gliserol eterler, gliserol aminler, organik ve inorganik asit esterleri sayılabilir. Bunlardan bazıları daha öne çıkmaktadır. Örneğin, epoxy reçinelerde, kağıt endüstrisinde kuvvetlendirici olarak ve su arıtımında geniş kullanım alanı olan epichlorohydrine'in dünyadaki talebi giderek arttığından, bu maddenin gliserolden yapımı önümüzdeki yıllarda çok ekonomik olacaktır. Solvay şirketi bu konuda şimdiden Epicerol adını verdikleri bir prosesi geliştirmişlerdir ve 2007 yılında üretime geçeceklerdir. Bundan başka, susuz saf gliserol ve oxalic asit kullanarak formik asit de elde edilebilir. Bir diğer önemli uygulama alanı, gliserolden antifiriz olarak kullanılabilme potansiyeline sahip propilen glükol üretimidir. Başka bir alternatif de, n-propanol ve daha düşük alkollerin üretimidir. Ayrıca, gaz ayırma membranlarında, poliüretan köpüklerde yüzey aktif madde olarak, kaplama maddesi olarak, boya endüstrisinde ve deterjan endüstrisinde kullanılma potansiyeline sahip olan gliserol karbonat üretiminde de kullanılabilir. Yeni, çevre dostu ve biyobozunabilirliğe sahip polimerlerin yapımında da gliserol kullanılmaktadır. Bu kapsamda, poligliserollerin üretimi ve örneğin tahta koruma işleminde kullanılabilirliği söz konusudur. Değişik polyols (trimetylol propane, pentaerythritol, etylene glycol, propylene glycol, sorbitol) hazırlanmasında da kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, değişik kimyasal maddelerin de (glycerol triacetate, glycerol stearate, and glycerol oleate) hazırlanmasında kullanılmaktadır. Alkolü tamamen alınmış gliserinin yem sanayinde de katkı maddesi olarak geniş kullanım alanı vardır. Yemlerde %5-10 arasında, gluten asit substitutu olarak kullanılabilceği ve hayvanların büyüme sürecinde faydalı olduğu bilinmektedir. Önümüzdeki yıllarda giderek artan öneme sahip olabilecek bir başka potansiyel alan da geleceğin enerji taşıyıcısı olarak nitelendirilen hidrojenin üretiminde kullanılmasıdır.

KAYNAKLAR

1. Haas, M. J., A. J. McAloon, W. C. Yee and T. A. Foglia, "A process model to estimate biodiesel production costs", *Bioresource Technology*, 97, 671-678, 2006.
2. Ma, F. and M. A. Hana, "Biodiesel production: a review", *Bioresource Techn.*, 70, 1-15, 1999.
3. Mehe, L. C., D. V. Sagar and S. N. Naik, "Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review", *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 10, 248-268, 2006.
4. Uysal, B. Z., "Kütle Transferi – Esasları ve Uygulamaları", 2. Baskı, Gazi Üniversitesi Yayınları, Ankara, 2003.
5. Vicente, G., M. Martinez and J. Aracil, "Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems", *Bioresource Techn.*, 92, 297-305, 2004.
6. Wang, Z. X., J. Zhuge, H. Fang and B. A. Prior, "Glycerol production by microbial fermentation: A review", *Biotechnology Advances*, 19, 201-223, 2001.
7. Yong, K. C., T. L. Ooi, K. Dezulkefly, W. M. Z. Wan Yunus and A. H. Hazimah, "Refining of Crude Glycerine Recovered From Glycerol Residue By Simple Vacuum Distillation", *Jr. Oil Palm Research*, 13 (2), 39-44, 2001.

LİGNOSELLÜLOZİK ATIKLARDAN BİYOETANOL ÜRETİMİ

Nurdan KAŞIKARA PAZARLIOĞLU

Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyokimya Bölümü
35100 Bornova-İzmir

Özet

Biyometanol buğday sapı, sebze atıkları, mısır, patates, şeker kamışı gibi biyokütleden fermentasyon yolu ile üretilen bir üründür. 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 gibi zararlı gazların emisyonlarını azaltarak tam yanma sağlar.

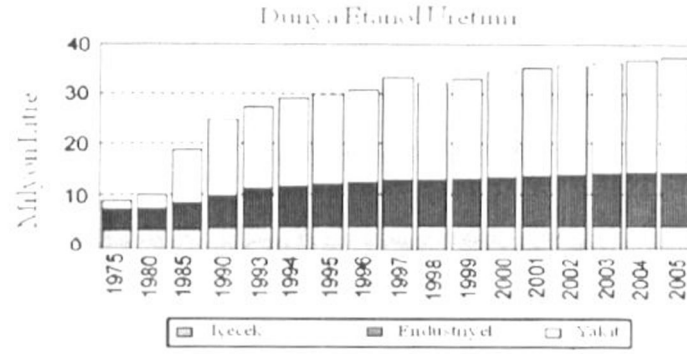
Biyometanol üretiminin artırılabilmesi için hammadde üretim miktarlarının da artırılması gereklidir. Bununla birlikte biyoyakıt üretimi için kullanılan bitkilerin halihazırda beslenme amaçlı gıda sektöründe kullanılıyor olması ve potansiyel talepler sonucu yoğun üretiminin tarımsal alanların çeşitliliğini (biyoçeşitliliği) etkileme durumunda kalması gibi olası tehlikeler mevcuttur. Bu nedenle lignosellülozik içeriği yüksek olan tarımsal atıklardan ve odun artıklarından biyometanol üretimi şeker ve nişasta gibi kaynakların kullanımına kıyasla daha yavaş bir proses olmakla beraber gün geçtikçe cazip hale gelmeye başlamıştır.

Lignosellüloz temel olarak selüloz (%30-60), hemiselüloz (%20-40) ve ligninden (%10-30) oluşmaktadır. Selüloz ve hemiselüloz 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 hemiselülazlar ile enzimatik hidroliz gerçekleştirilmelidir. Biyometanol üretimi için kullanılacak olan selülozik ham maddenin ya da başka bir deyişle biyokütlenin tahıl bazlı ham maddelerin kullanıldığı proseslerle maliyet açısından yarışabilmesi için hidroliz amaçlı kullanılacak enzimin verimli ve fiyatının düşük olması gerekmektedir.

Bu çalışmada, biyometanol üretiminde kullanılan substratlara alternatif olarak kullanılacak, gerek orman gerekse tarımsal alanlardan yeterince temin edilebilecek lignosellülozik substratların biyometanol üretiminde kullanımı, avantaj ve dezavantajları ve bu yöndeki son gelişmeler ortaya konulmaya çalışılmaktadır.

1.0 Giriş

Endüstriyel anlamda enerji elde etmek için genellikle petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar hammadde olarak kullanılmakla beraber, özellikle 1970'li yıllarda petrol fiyatlarında meydana gelen yüksek artış nedeniyle alternatif yakıt arayışları hız kazanmıştır. Bu noktada etanol uygun bir alternatif olarak gündeme gelmiştir (1). Dünya'da ilk kez biyometanolün yakıt olarak kullanımı Brezilya'da gerçekleştirilmiştir. Söz konusu biyoalkol üretiminde şeker kamışından elde edilen sukroz substrat olarak kullanılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri Brezilya'dan sonra dünyada ikinci büyük biyometanol üreticisidir. Ayrıca Avrupa'da Fransa, İsveç ve İspanya asıl biyometanol üreticileri ve kullanıcıları olarak bilinmektedir(2,3). Şekil 1 de dünyada etanol üretimi ve kullanımı verilmektedir.



Şekil 1. Etanol üretimi ve kullanımı (4).

2.0 Alkol Fermantasyonunda Kullanılan Hammaddeler

Biyoeanol üretiminde uygun ön işlemler uygulandığında pek çok biyokütle formları substrat olarak kullanılabilir.

Biyoeanol üretiminde kullanılan hammaddeler;

- AB ülkelerinde Biyoeanol için Odun, Saman, Buğday veya Mısır.
- Kuzey Amerika'da Biyoeanol için Odun, Saman, Buğday veya Mısır.
- Güney Amerika'da Biyoeanol için Şeker kamışı.
- Doğu Avrupa Biyoeanol için Odun, Saman, Buğday veya Mısır.
- Türkiye'de Biyoeanol için odun, saman, buğday, mısır, sorgum, patates gibi kaynaklar kullanılmaktadır[18].

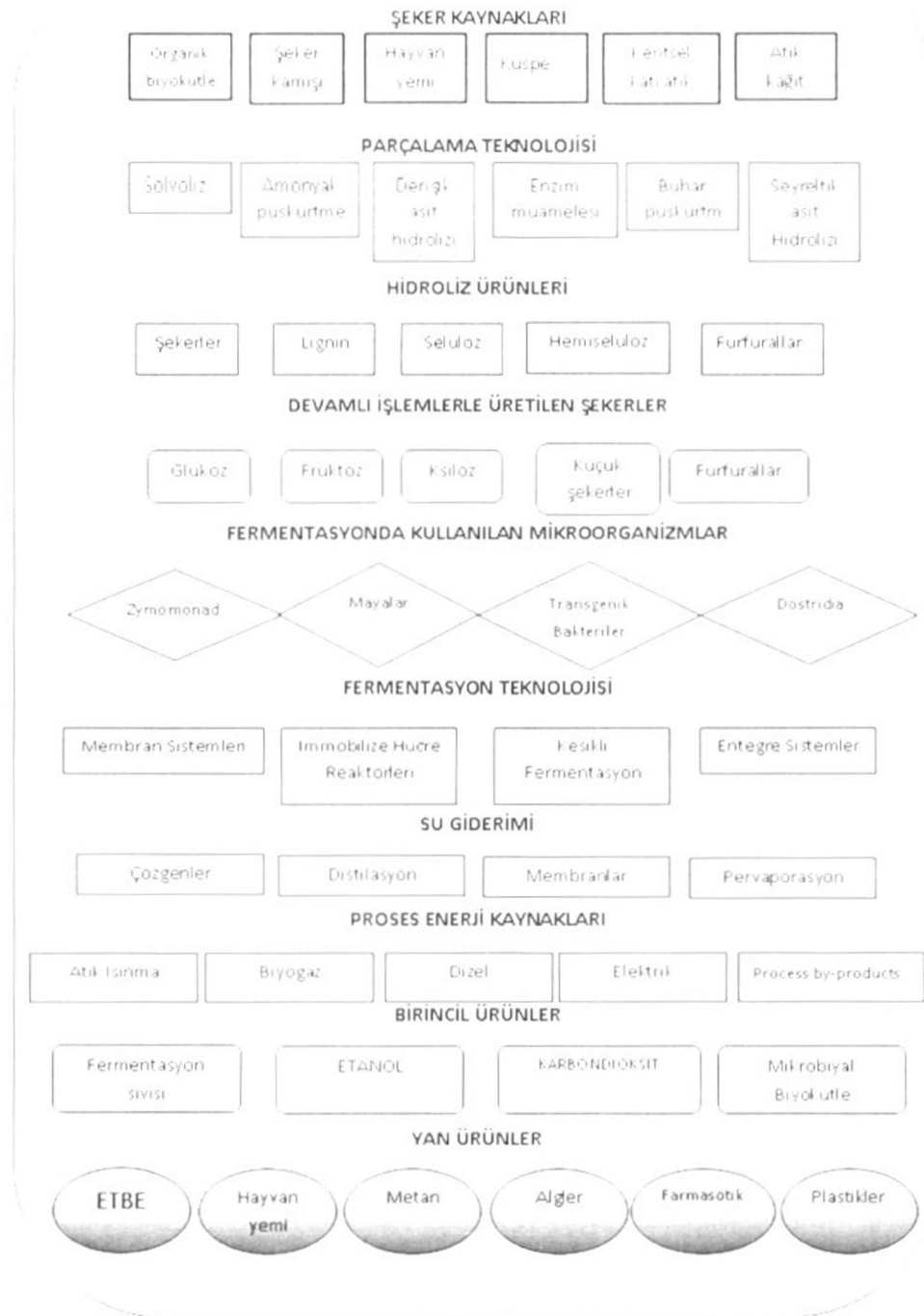
Şekil 2'de farklı biyokütlelerin etanole dönüşüm basamakları şematize edilmiştir (1).

2.1 Birinci Jenerasyon Substratlar

Karbohidrat içeren ham maddeler çeşitli ön işlemler uygulanarak mikroorganizmalarca kullanılabilir forma, basit şekerlere, parçalanmaktadır. Çoğunlukla mikroorganizmalar 6 karbonlu basit şekerleri kullanmaktadır ki bunlar içinde en çok ön plana çıkanı glukozdur. Alkol üretimi için mikrobiyal fermentasyonda kullanılacak olan temel substratlar, şekerler, nişasta ve selülozdur.

2.1.1 Şekerler

Sakkaroz beslenmede en çok yer alan şekerdir. Şeker kamışı veya şeker pancarından elde edilmektedir. Şeker kamışı ve pancarı yaklaşık ağırlıkça %20 dolaylarında sakkaroz, %75 su, %5 selüloz ve %1 oranında da inorganik tuz içermektedir. Fermantasyon için gerekli olan sakkaroz, bir takım mekanik parçalama işlemlerinin ardından su ile ekstraksiyon sonucu elde edilmektedir. Şeker kamışından elde edilen sukroz mayalarla alkol fermentasyonu için uygun bir substrattır. Mayalar sukrozu, glikoz ve fruktoza parçalayan invertaz enzimini hem hücre dışı hem de hücre içi olarak sentezleyebilmektedirler. Bu nedenle fermentasyonda hammadde olarak sakkaroz kullanıldığında herhangi bir ön işleme gerek duyulmamaktadır. Ancak diğer sustratların kullanımında enzimatik hidroliz gibi bir takım ön işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır (1).



Şekil 2. Farklı biyokütelerin etanole dönüşüm basamakları(4)

2.1.2 Nişasta

Amerika Birleşik Devletleri'nde mısır nişastası biyoalkol eldesinde kullanılan temel substrattır (1). Nişasta uzun zincirli glikoz moleküllerinin bir araya gelmesinden oluşmuştur. Nişasta %10-30 amiloz ve %70-90 amilopektin olmak üzere iki farklı fraksiyondan oluşmaktadır. Her ikisi de glikoz moleküllerinin α -1,4 glikozidik bağlarıyla bağlanmasından oluşmuştur. Ancak amiloz düz zincir yapı sergilerken, amilopektin ek olarak α -1,6 bağlarıyla bağlanmış glikoz birimleri de içerdiğinden dallanmış yapı sergilemektedir(5). Nişasta içeren materyallerden biyoalkol üretimi için öncelikle nişastanın kendini oluşturan glikoz birimlerine parçalanması gerekmektedir. Tipik bir nişasta hidrolizi, nişastanın su ve ısı etkisiyle jelleştirilip ısı ve karıştırma uygulaması devam ettirilirken yapıda bulunan bağlara spesifik bir takım enzimlerin aşama aşama ilavesi ile gerçekleştirilmektedir (6).

2.2 İkinci Jenerasyon Substratlar

Şeker ve nişasta içeren biyokütleler beslenmede de yer aldıklarından alkol üretimi için pahalı ham maddelerdir. Ancak biyokütle olarak üçüncü bir alternatif daha mevcuttur ki o da selüloz içeren ham maddelerdir. Odun, kağıt, bitkisel yapı maddeleri selülozik maddelere örnek verilebilmektedir. Selülozik maddelerin beslenme zincirinin dışında kalması onların etanol üretimi için daha ucuz kaynaklar olmasında etkili olmaktadır.

Biyoyakıt üretimi için kullanılan bitkilerin halihazırda beslenme amaçlı gıda sektöründe kullanılıyor olması ve potansiyel talepler sonucu yoğun üretiminin tarımsal alanların çeşitliliğini (biyoçeşitliliği) etkileme durumunda kalması gibi olası tehlikeler mevcuttur. Bu nedenle lignoselülozik içeriği yüksek olan tarımsal atıklardan ve odun artıklarından biyoetanol üretimi şeker ve nişasta gibi kaynakların kullanımına kıyasla daha yavaş bir proses olmakla beraber gün geçtikçe cazip hale gelmeye başlamıştır.

2.2.1 Selüloz-Lignoselülozik Substratlar

Selülozik maddeler; %10-30lignin, %20-40 hemiselüloz ve %30-60 selülozdan oluşmaktadır. Bu nedenle çoğunlukla lignoselülozik maddeler olarak da isimlendirilmektedirler (6)(Şekil 3). Selüloz ve hemiselüloz karbohidrat bileşenlerini oluşturmaktadır. Lignin ise fenolik bir polimerdir(5).



Şekil 3 Primer hücre duvarında moleküllerin organizasyonu (6)

Selüloz yapısal bir madde olup, glikoz moleküllerinin β -1,4 glikozidik bağlarıyla bağlanmasından oluşmuştur. β -1,4 bağları nedeniyle selüloz oldukça kristal ve sıkı bir yapı sergilemektedir, bu selülozun mikroorganizmalarca kullanımın çok daha fazla zorlaştırmaktadır(7).

Hemiselüloz, selülozla birlikte hemen her hücre duvarında bulunan, ksiloz, arabinoz, galaktoz, mannoz ve glukozdan monomerlerini içeren dallanmış bir heteropolimerdir (8). Bu biyopolimerler mikrofibrilleri oluşturacak şekilde selüloz fibrillerini paketleyerek bağlar ve böylelikle hücre duvarının stabilitesini artırır. Lignin ile de çapraz bağlar yaparak bir ağ oluşturular ve mikrobiyal degradasyona karşı yapısal direnç sağlar.

Ligninin bitkisel dokulardaki temel fonksiyonu yapısal destek ve dayanıklılık sağlamasıdır. Bu yapısal karakteristik ve selülozun sebebiyet verdiği enkapsülasyon selülozik maddelerin nişastaya

oranla hidrolizini oldukça zorlaştırmaktadır (6). Bazı organizmalar, özellikle beyaz çürükçül funguslar lignini yıkıma uğratabilecek enzim sistemlerine sahiptirler. Bitki hücre duvarının en dirençli bileşeni olmasından dolayı ligninin varlığı enzimatik nüfuz ve aktivite için, selüloz ve hemiselülozun kullanılabilirliğini azaltır.

3.0 Ön işlemler

Lignoselülozik materyallerden etanol üretmek için, a)ön-muamele adı verilen bir prosesle selüloz ve hemiselüloz polimer zincirlerine ulaşmak için paketi açmak b) monomer şeker çözeltilerini elde edebilmek için polimerleri hidrolizlemek, c) mikroorganizmalar ile şekerleri etanol çözeltisine (mayşe) fermente etmek, d) distilasyon ve dehidrasyon gibi yöntemlerle mayşeden etanolü saflaştırmak gerekir. Yan ürün geri kazanımı, buhar, elektrik ve soğutma suyu gibi hizmetler, atık su arıtımı ve hatta enzim üretimi lignoselülozik materyallerden etanol üretiminde talep edilen diğer ünitelerdir.

Ön işlemler, karbohidrat kaybını en aza indirecek, takip eden hidroliz ve fermentasyon için inhibitör yan ürün oluşumuna olanak vermeyecek ve kuşkusuz uygun maliyetli olmalıdır. Ön işlem yöntemleri Tablo 1 de verilmektedir.

Tablo 1. Enzimatik hidroliz için lignoselülozik materyallere uygulanan ön işlemler(9).

Yöntem	Proses	Biyokütle üzerindeki değişim mekanizmaları
Fiziksel ön işlemler	Öğütme, Piroliz, Yüksek basınçlı buhar verme, Mikrodalga ve g-ışınma	Gözenek çapı ve yüzey alanında artış, Selülozun kristallenmesinde ve polimerizasyon derecesinde azalma, Hemiselülozun kısmi hidrolizi, Ligninin kısmi depolimerizasyonu
Fizikokimyasal ve kimyasal ön işlemler	Gazlaştırma (buhar, amonyak, CO ₂ , SO ₂ ,...), Alkali (NaOH, NH ₄ OH, NH ₄ SO ₃), Asit (H ₂ SO ₄ , HCl, H ₃ PO ₄ , SO ₂), Yükseltgen ajanlar (H ₂ O ₂ , Yaş oksidasyon, Ozon), Ligninin çözgen ekstraksiyonu (EtOH-H ₂ O, benzen-su, etilen glikol, butanol-su, ...)	Delignifikasyon, Selülozun kristallenmesinde ve polimerizasyon derecesinde azalma Hemiselülozun kısmi veya tam hidrolizi
Biyolojik ön işlemler	Aktinomisetler, Funguslar	Delignifikasyon Selülozun ve hemiselülozun polimerizasyon derecesinde azalma

Ön işlemlerde, selüloz ve hemiselülozun hidrolizi seyreltik sülfirik asit ile kimyasal olarak veya enzimatik olarak gerçekleştirilebilir. Enzimatik hidroliz selülotik enzimlerle katalizlenebilir. Doğal selüloz, makrofibrillerde lignin ve hemiselüloz tarafından oluşturulan matriks tarafından çok iyi korunduğundan, herhangi bir ön işlem yapılmaksızın şekere dönüşümü oldukça yavaş bir prosestir. Bu nedenle bu tür ön işlemler, selülozun fermente edilebilir şekerlere dönüşümü için hidrolizlenme hızını artırmak için gereklidir.

Seyreltik asit ve enzimatik hidrolizlerin bazı avantaj ve dezavantajları Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Seyreltik asit ve enzimatik hidroliz arasındaki kıyaslama (9).

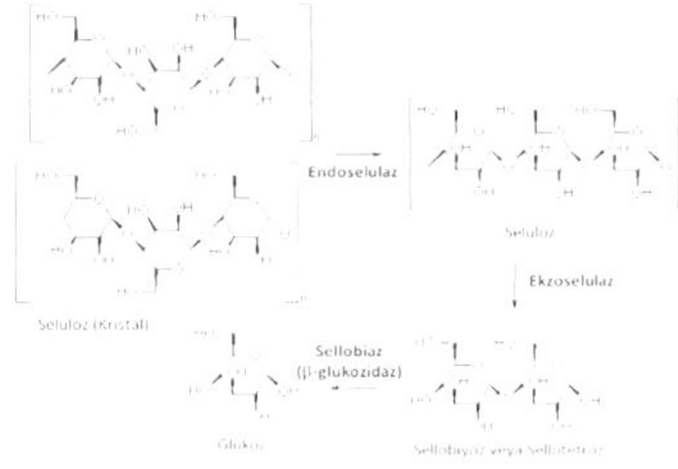
Karşılaştırma değişkeni	Seyreltik Asit Hidrolizi	Enzimatik Hidroliz
Ilımlı hidroliz koşulları	Hayır	Evet
Yüksek hidroliz verimi	Hayır	Evet
Hidroliz sırasındaki ürün inhibisyonu	Hayır	Evet
İnhibitör yan ürünlerin oluşumu	Evet	Hayır
Düşük katalizatör maliyeti	Evet	Hayır
Kısa hidroliz süresi	Evet	Hayır

Enzimatik hidrolizde karşılaşılan ürün inhibisyonu, yüksek maliyet ve hidroliz süresinin uzunluğu gibi sorunları aşmak için eşzamanlı sakkarifikasyon ve fermentasyon yöntemi (SSF) geliştirilmiştir. Bu süreçte hidrolizden açığa çıkan şekerler, mevcut organizmalar tarafından doğrudan tüketilmektedir. Bununla beraber, fermentasyon ve hidroliz genellikle farklı optimum sıcaklıklara sahip olduğundan ayrı enzimatik hidroliz ve fermentasyon(SHF) hala bir seçenek olarak ele alınmaktadır(9,10).

4.0 Selülozun Enzimatik Hidrolizi

Selülozun glukoz enzimatik hidrolizi, oldukça spesifik katalizatörler olan selülaz enzimleri ile gerçekleştirilir. Hidroliz ılımlı koşullar altında (ör. pH 4,5-5,0 ve sıcaklık 40-50°C) gerçekleştirilir. Bu nedenle de daha az korozyon problemlerinin olması, servis hizmetlerinin maliyetinin daha az, hidrolizatların toksisitesinin düşük olması bu süreci avantajlı kılmaktadır.

Selülozun enzimatik hidrolizi sırasında selülaz önce selülozun yüzeyine adsorplanır, selülozun şekerlere hidrolizi ve sonra da selülazın selülozdan desorpsiyonu ile gerçekleşir. Selülozun glukoz enzimatik yıkımı, endo-glukonazlar, ekzoglukonazlar ve β -glukozidazlar adı verilen üç büyük sınıf enzimin sinerjistik etkisi ile gerçekleşir. Bu enzimler genellikle hep birlikte "selülaz" veya "selülitik enzimler" olarak adlandırılırlar (Şekil 4).



Şekil 4. Selülitik enzimlerle selülozun glukoz hidrolizi(8)

4.1 Enzimatik Hidrolizde Önemli Faktörler

Substrat konsantrasyonu ve kalitesi, uygulanan ön arıtım yöntemi, selüloz aktivitesi, pH, sıcaklık gibi hidroliz koşulları ve karıştırma lignoselülozik materyallerin enzimatik hidrolizinde rol oynayan en önemli faktörlerdir.

Enzimatik hidrolizin başlangıç hızı ve verimi etkileyen bir diğer önemli faktör de ana çözeltide substratın (selüloz ve/veya hemiselüloz) konsantrasyonudur. Yüksek substrat konsantrasyonları substrat inhibisyonuna yol açabilir ki bu da hidroliz hızını düşürür. İnhibisyonun boyutları toplam enzimin toplam substrata oranına bağlıdır. Yüksek substrat konsantrasyonunda karıştırma ve kütle transferi sorunları ortaya çıkar. Enzimin substrata oranı arttıkça hidroliz hızı ve verimi de artar fakat bu arada prosesin maliyeti de artar. Selüloz yüklemesi genellikle g substrat başına 5-35 FPU aralığındadır.

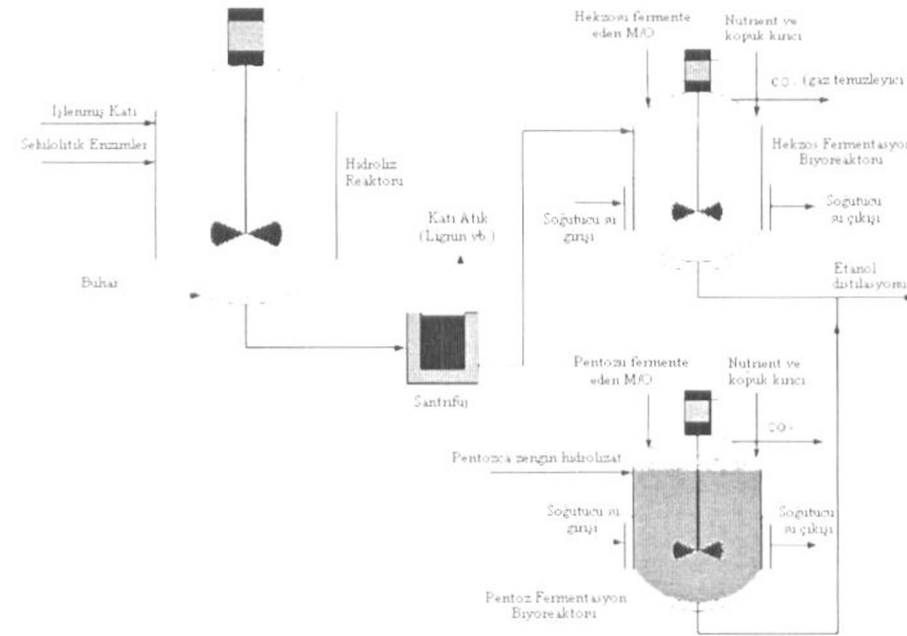
Hidroliz sırasında sürfaktanların ilavesi selülozun yüzey özelliklerini modifiye edebilir. Bu işlemin en önemli etkisi daha az enzim yükleme olasılığıdır. Tween® 20 ve 80 gibi sorbitan polietoksilatların yağ asidi esterleri ve polietilen glikol en etkin non-iyonik sürfaktanlardır.

Enzimin tekrar kullanılabilirliği enzimatik hidroliz prosesinin maliyetinin azaltılmasında önemli bir stratejidir. Bununla birlikte lignin gibi katı atıkların varlığı, hidrolizatta enzimlerin çözünür formda bulunması enzimlerin ayrılmasında soruna yol açar. İmmobilizasyon bir alternatif olmakla beraber sterik engellerdikkate alınmalıdır.

4.2 Hidroliz ve Fermentasyon Stratejisi

4.2.1 Ayrı Enzimatik Hidroliz ve Fermentasyon (SHF)

Bu proseste, ön işleme tabi tutulmuş lignoselülozlar glukozu hidrolizlenir ve ardından ayrı ünitelerde etanole fermente edilir (Şekil 5).

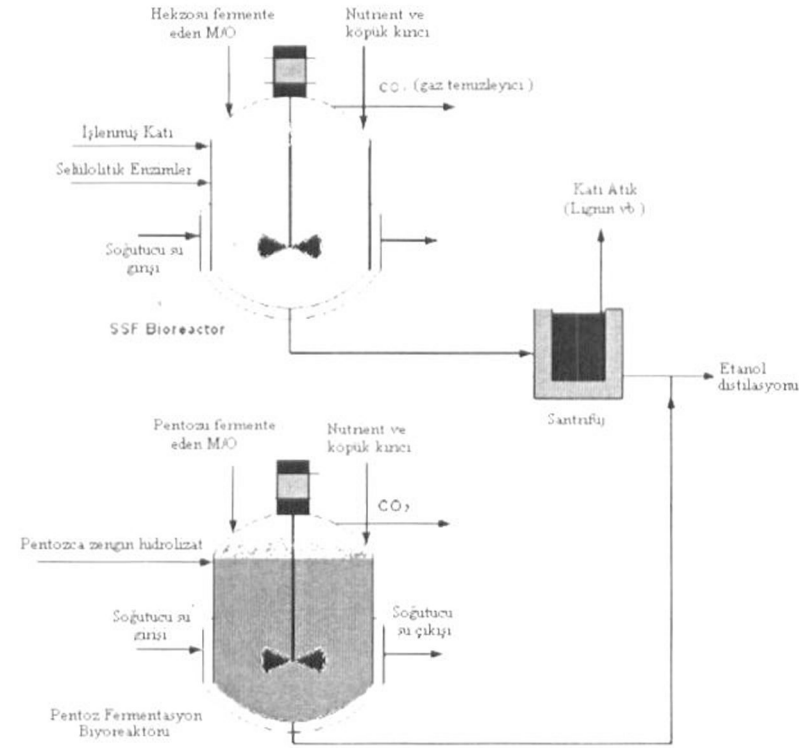


Şekil 5. Ayrı enzimatik hidroliz ve fermentasyon proseslerinin akış şeması(9).

Bu yöntemin en önemli avantajı hidroliz ve fermentasyonun kendi optimum koşullarında gerçekleşiyor olmasıdır. Selüloz için optimum sıcaklık değeri kaynağına bağlı olarak 40-50°C iken, etanol üreten organizmalar için bu değer 30-37°C civarındadır. Açığa şekerler tarafından selüloz aktivitesinin inhibisyonu SHF nin ana sakıncasıdır. SHF de karşılaşılan bir diğer sorun, kontaminasyondur. Hidroliz prosesi uzundur (1-4 gün) ve seyreltik şeker çözeltileri 45-50 °C de dahi mikrobiyal kontaminasyon riskine sahiptir. Kontaminasyonun olası kaynaklarından birisi de enzimdir. Pratikte büyük ölçekte selülozu sterilize etmek güçtür, çünkü otoklavda deactive olacağından dolayı filtre edilmesi gerekir (9-11).

4.2.2 Eşanlı Sakkarifikasyon ve Fermentasyon (SSF)

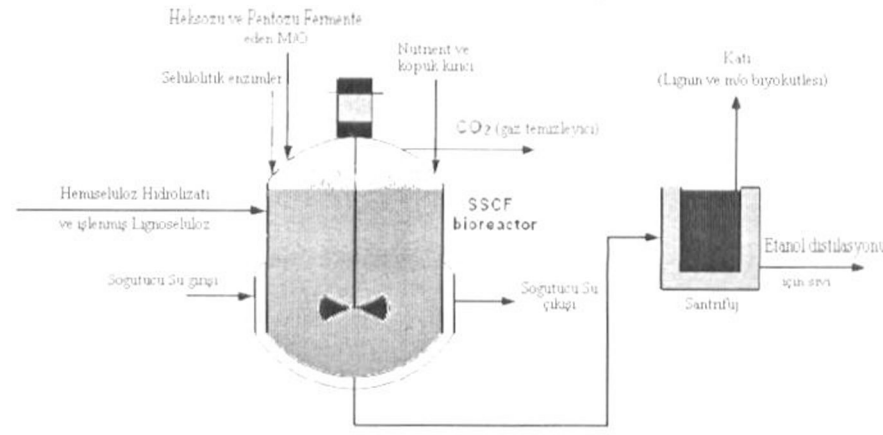
Lignoselülozlardan etanol üretimi için en kullanılı yöntemlerden birisi çm işleme tabi tutulmuş lignoselülozların enzimatik hidrolizi ile fermentasyonu bir adımda birleştirmektir (Şekil 6).



Şekil 6. Eşanlı Sakkarifikasyon ve Fermentasyon Prosesinin akış şeması(9).

Bu proste, enzimatik hidroliz ile açığa çıkan sellobiyoz ve glukoz, kültürde mevcut olan fermentatif organizmalar tarafından hemen tüketilerek ortamda inhibisyona sebep vermeyecek konsantrasyonlarda bulunurlar. Sonuçta daha az enzimle fazla etanol üretim verimi elde edilir. Bu nedenle SSF, SHF'ye kıyasla büyük bir avantaja sahiptir. SSF'de kontaminasyon riski oluşan etanolün kontaminasyon olasılığını azaltmasından dolayı SHF'ye kıyasla daha azdır. Ayrıca SSF için gerekli reaksiyon kapları SHF için gerekli olandan sayısal olarak daha azdır ve bu da yatırım maliyetlerinin düşmesine sebep olur.

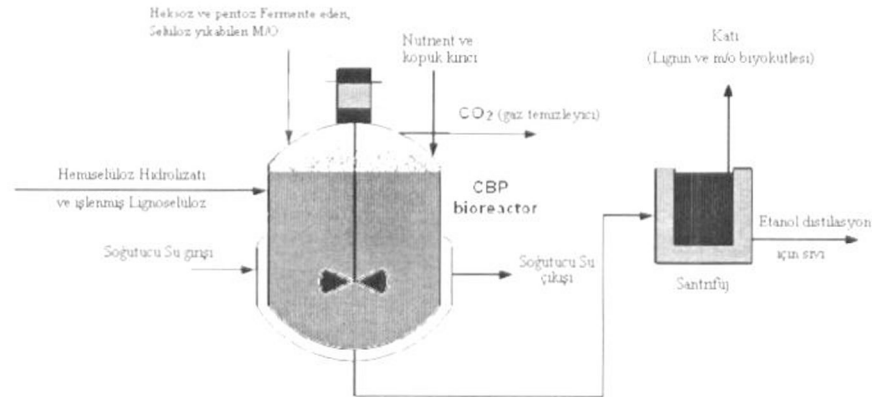
SSF de önemli bir strateji, enzimatik hidroliz ile fermentasyon için gerekli optimum koşulların birbirine mümkün olduğunca yakın olması gerektiğidir. Üretilen etanolün selülozu inhibe etmesi de



Şekil 8. Eşanlı Sakkarifikasyon ve kofermentasyon prosesi akış şeması(9).

4.2.5 Konsolide Biyoproses (CBP)

Bu noktaya kadar ele alınan tüm proseslerde ayrı enzim üretim işlemleri veya enzimlerin harici olarak ilave edilmesi gereklidir. Konsolide biyoproseslerde(CBP), etanol gerekli enzimlerle birlikte tek bir mikroorganizma topluluğu tarafından tek bir reaktörde üretilir (Şekil 9).



Şekil 9. Konsolide biyoproses akış şeması(9).

Proses aynı zamanda direkt mikrobiyal dönüşüm (DMC) olarak da bilinir. Selülozu etanole dönüştürecek mikroorganizmaların mono- veya ko kültürlerinin kullanılmasına dayanır. CBP sistemleri lignoselülozik materyallerden etanol üretiminin geliştirilmesinde ortaya konulan son noktadır. CBP uygulamaları enzim satın alma veya üretme için işletme masrafları ve sermaye yatırımları gerektirmez. CBP de kullanılacak mikroorganizmaların seçiminde iki yol vardır: ilkinde mükemmel etanol üretici –yeterli selülağ üretici mikroorganizmaların, ikincisinde ise yeterli etanol-mükemmel selülağ üretici mikroorganizmaların modifikasyonu yer alır. Selülağ üretimi, etanol toleransı ve etanol seçiciliği her iki yolun mikroorganizmaları için dikkate alınır (9-11).

5.0 Alkol Fermentasyonunda Rol Alan Mikroorganizmalar

Geleneksel olarak etanol üretimi şekerlerin mayalarla fermentasyonu sonucu elde edilmektedir. Alkollü içkilerden bira ve şarap üretimi geleneksel olarak etanol üretimine örnek verilebilmektedir. Diğer taraftan mayaların yanı sıra bazı bakteri türlerinin de şeker ve nişasta hidrolizatlarını fermente edebildiği belirlenmiştir. *Zymomonas mobilis* bu tip etanol üretme yeteneğine sahip bir bakteridir.

Etanol üretme yeteneğine sahip pek çok mikroorganizmadan en çok bilinen ve kullanılanı bir maya olan *Saccharomyces cerevisiae* 'dir. Etanol fermentasyonunda kullanılan temel yol izi glikolizdir (Embden-Mayerhof-Parnas). Glikoliz sonucunda 1 molekül glikozdan 2 molekül pirüvat elde edilmektedir. Net ATP kazancı 2 moleküldür (12). Daha sonraki aşamada pirüvat anaerobik koşullar altında karbondioksit çıkışı ile etanole indirgenmektedir. Bir bakteri olan *Zymomonas mobilis* tarafından gerçekleştirilen etanol üretimi ise Entner Doudoroff yol izi ile gerçekleştirilmektedir. Bu yol izinde 1 molekül glikozdan 1 molekül ATP üretilmektedir. Buna paralel olarak *Z. mobilis*, *S. cerevisiae* 'ye kıyasla daha az biyokütle oluşturmakta ve karbon kaynağının büyük kısmı etanol fermentasyonunda kullanılmaktadır. *Z. Mobilis* 'in glikozun etanole dönüştürülmesinde % 97 oranında bir teorik verim sağlarken *S. cerevisiae* 'nin %90-93 oranında bir verimle çalıştığı bildirilmiştir (13). Söz konusu sıralanan bu avantajlara rağmen endüstriyel anlamda etanol üretimi için *Z. Mobilis* uygun bir mikroorganizma değildir. Çünkü bu bakteri, sadece D-glukoz, D-fruktoz ve sukrozu substrat olarak kullanabilmektedir. Diğer taraftan bu bakteri GRAS (14) olarak kabul edilmiş olmasına rağmen fermentasyon sonrası biyokütlenin hayvan yemi olarak değerlendirilmesi kabul görmemiştir ki bu da atık problemini ortaya çıkarmaktadır (15).

Biyoyakıt alanında ilk uygulama, biyoetanolla başlamıştır. A.B.D. de 2004 yılı Biyoetanol üretimi 10,3 milyon ton'dur. A.B.D. de genelde mısırdan üretilen biyoetanölün benzine karışımı %10 oranında yapılmaktadır. İspanya'nın lider olduğu Avrupa Birliğinde, Polonya, Fransa, İsveç, ve Almanya Biyoetanol uygulamalarında aktif diğer ülkelerdir. Bu ülkelerde hammadde olarak genelde buğday kullanılmaktadır.

Ülkemizde Biyoetanol ağırlıklı olarak şeker fabrikalarında melastan üretilmektedir. Ülkemizin yıllık benzin tüketimi 4,5 milyon m³'tür. TSE standartlarında kabul edildiği gibi % 5 karışım esas alınarak hesaplandığında yıllık 225 000 m³ biyoetanole ihtiyaç vardır. Mevcut teknoloji ile 1 L. biyoetanol için 2,5 kg buğday kullanılması gerekir. Biyoetanol üretiminin artırılabilmesi için hammadde üretim miktarlarının artırılması gerekir. Biyoetanol üretimi için en uygun hammaddeler mısır ve buğdaydır. Her iki ürünün üretimlerinin de ülkemizde artırılma imkanı vardır. Mısır üretiminin 5 yıl içerisinde 8 milyon tona, buğday üretiminin de 23 milyon tona çıkartılması mümkündür(16).

6.0 Sonuç

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 ve yaklaşık 13 milyar dolar pazar payı ile dünyanın önde gelen alternatif sıvı yakıttır. Gelecekte modern biyoenerji komplekslerinin adapte edilmesiyle biyoetanol enerji sektöründe ekonomi ve çevre açısından cazip bir ürün olacaktır.

Son yıllarda, lignoselülozlardan etanol üretimi için enzimatik hidrolize dayalı farklı özelliklerde yöntemler geliştirilmiştir. En basit SHF prosesinden başlayarak çeşitli alternatifler ortaya konulmuştur. Çeşitli ticari tesisler işletmeyi devreye sokma aşamındadırlar. Bu tesislerin üretime başlaması ile gerçek veriler, somut sorunlar elde edilebilecektir. Bu sorunlarla mücadeleler lignoselülozdan etanol üretiminde yeni alanlar da açacaktır.

KAYNAKLAR

- (1) Glazer, A. N & Hiroshi, N., 1994, Ethanol, *Microbial Biotechnology* (chapter 11), 359-365.
- (2) Poitrat, E., 1999, The potential of liquid biofuels in France, *Renew. Energ.* 16, 1084–1089.
- (3) Takagi M, Abe S, Suzuki S, Emert GH, Yata N. A method for production of ethanol directly from cellulose using cellulase and yeast. In: Ghose TK, editor. *Proceedings of Bioconversion Symposium*, Delhi, 1977. p. 551–71.
- (4) Saxena, R. C., Adhikari, D. K. & Goyal, H. B., 2007, Biomass based energy fuel through biochemical routes: A review, *Renewable & Sustainable Energy Reviews* , 1-12.
- (5) Peters, D., 2006, Carbohydrates for Fermentation, *Biotechnology Journal*, 1, 806-814
- (6) Badger, P.C., 2002, Ethanol from cellulose: a general review, *Trends in New Crops and Uses*, (J. Janicks & A. Whipkey eds.), ASHS Press, Alexandria, VA., 17-21.
- (7) Gray, K. A., Zhao, L. & Emptage, M., 2006, Bioethanol, *Current Opinion in Chemical Biology*, 10, 141-146.
- (8) van Wyk , J.P.H. 2001, *Trends in Biotechnology*, 19(5), 172-177.
- (9) Taherzadeh, M.J. & Karimi, K., 2007, *BioResources* 2(4), 707-738.
- (10) Galbe, M. & Zacchi, G., 2007, *Adv. Biochem. Engin/Biotechnol.*, 108, 41-65.
- (11) Cardona, C.A. & Sanchez, O.J., 2007, *Bioresource Technol.* 2415-2457.
- (12) Madigan, M.T., Martinko J.M. & Parker J., 2000, *Nutrition and metabolism. Brock biology of microbiology*. 9th ed. NJ: Prentice-Hall
- (13) Sprenger G. A., 1996, Carbohydrate metabolism in *Zymomonas mobilis*: a catabolic highway with some scenic routes. *FEMS Microbiol Lett.*, 145:301–307.
- (14) Lin Y & Tanaka S., 2006, Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects. *Appl Microbiol Biotechnol.*, 69:627–642.
- (15) Bai , F. W., Anderson, W. A & Moo-Young, M., 2008, Ethanol fermentation technologies from sugar and starch feed-stocks, *Biotechnology Advances*, 26, 89-105.
- (16) Ulusal Biyoyakıt Raporu Bilgilendirme Toplantısı' TÜRKİYE BİYÖYAKIT (Biyodizel-Biyoeetanol) RAPORU http://www.tarim.gov.tr/arayuz/9_habergoster.asp?ID=580

İKİNCİ KUŞAK BİYOYAKITLAR-BİYORAFİNERİLER

Dr. F.Figen AR
PANKOBİRLİK
figenar@pankobirlik.com.tr

ÖZET

Ulaştırma sektörünün vazgeçilmezi ve kimya ve imalat sanayinin en önemli girdisi olan petrolün dünyadaki varlığı sonsuz değildir. Diğer yandan artan nüfus artışı, açlıkla mücadele tarım alanlarının planlı olarak en verimli şekilde kullanımını gerektirmektedir.

Günümüzde biyoyakıtlar tarımsal ürünlerin, odun, hayvan, bitki ve belediye artıklarının çeşitli kimyasal/biyokimyasal süreçlerden geçirilmesiyle elde edilmektedir. Gaz, katı ve sıvı halde elde edilebilen biyoyakıtların en popülerleri sıvı halde bulunan biyodizel ve biyoetanoldür. Halihazırda biyodizel ve biyoetanol tarımsal ürünlerden elde edilmektedir. Biyodizel bitkisel yağlardan, biyoetanol şekerli ve nişastalı bitkilerden elde edilen biyoyakıtlardır ve mevcut teknolojileri itibarıyla birinci kuşak biyoyakıtlar olarak adlandırılmaktadırlar.

BM Raporuna göre ikinci kuşak biyoyakıtlar ligno selülozik biyokütleden, ileri teknik prosesler kullanılarak üretilen biyoyakıtlar olarak tanımlanmaktadır. AB tarafından 2010 yılına kadar birinci kuşak biyoyakıtların teknolojik gelişimlerinin tamamlanması ön görülmektedir.

Diğer yandan sürdürülebilir gelecek için yeni bir yaklaşım biyorafinerilerdir. Biyorafineriler tarım ile kimya arasında bir köprüdür. Entegre biyorafinerilerde biyokütleden yakıt, elektrik ve kimyasal madde üretilmektedir.

Günümüzde pek çok ürünün ham maddesi petroldür. Ham petrolün parçalanmasıyla elde edilen naftanın kimyasal dönüşümü prosesi sonucunda monomer ve polimerlere ulaşarak pek çok nihai ürün elde edilmektedir. Bununla birlikte tarımsal ürünün nişasta ve şekerle dönüştürülmesiyle ve uygulanan biyokimyasal proses sonucu monomer ve polimerler elde edilerek kimyasal süreçte pek çok ürüne biyolojik ve kimyasal olarak erişilebilmektedir.

Bu çalışmada birinci ve ikinci kuşak biyoyakıtlar ve biyorafineriler konusunda dünyada yapılan çalışmalar ve uygulanan politikalardan söz edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Biyoyakıtlar, ikinci kuşak biyoyakıtlar, biyorafineriler, biyomateryaller.

GİRİŞ

1900'lü yılların başında Henry Ford tarafından geleceğin yakıtlarının bitkilerden sağlanacağı öngörülse de fosil yakıtların yaygın kullanımı ve kolay erişilebilirliği bu tezi yaklaşık bir asır ötelemiştir.

Biyoyakıtlar, tarımsal ürünlerin, odunun, hayvan, bitki ve belediye artıklarının çeşitli kimyasal süreçlerden geçirilmesiyle elde edilen gaz, sıvı ve katı ürünlere verilen genel addır. Gaz biyoyakıtlar; biyohidrojen, biyogaz, singaz denilen sentetik gazlar, katı biyoyakıtlar; odun kömürü, biyokömür, biyopelet, biyobriket, sıvı biyoyakıtlar ise; biyoetanol, biyodizel, biyometanol, biyodimetileter, biyoetiltersiyerbutileter ve bitkisel yağlar olarak anılmaktadır.

1930'lu yıllarda Brezilya'da kullanılmaya başlayan bugün ise Brezilya'nın yanı sıra Amerika, AB, Hindistan, Çin başta olmak üzere pek çok ülkede kullanımı yaygın olan biyoetanol, 1990'lı yıllardan buyana başta Almanya olmak üzere AB ülkeleri ve pek çok ülkede üretilen ve kullanımı her yıl artan biyodizel, genellikle belediye organik atıkları ve hayvansal atıklardan elde edilen biyogaz mevcut üretim teknolojileri nedeniyle birinci kuşak biyoyakıtlar olarak tanımlanmaktadır. Ana hammaddeleri büyük oranda tarımsal ürünler olan biyodizel ve biyoetanol son yıllarda çevre duyarlılığına sahip ülkelerin enerji ve tarım politikalarında geniş yer edinmiştir.

Hergün milyonlarca aracın ulaşım sektörüne dahil olduğu dünyamızda petrol türevi ürünlerin tüketiminin katlanarak büyümesi biyoyakıtlara olan ilgiyi artırmıştır. Bununla birlikte dünyanın artan nüfusu tarım alanlarının yetersizliğini gündeme getirmektedir. Bunun üzerine ikinci kuşak biyoyakıtlar adı verilen gıda dışı hammaddelerden biyoyakıt üretim teknolojilerinin Ar-Ge çalışmalarına başlanmış ve başta AB ve Amerika olmak üzere özellikle gelişmiş ülkelerdeki çalışmalar sürdürülmektedir. AB'nde Vizyon 2030 Belgesinde yapılan öngörülere göre 2010 yılına kadar birinci kuşak biyoyakıt teknolojilerinin gelişimi tamamlanarak ikinci kuşak biyoyakıt teknolojilerinin araştırma-geliştirme çalışmaları sürdürülecektir. Yine aynı belgede, 2010-2020 yılları arasında ikinci kuşak biyoyakıtların teknolojik gelişimini tamamlayarak entegre biyorafinerilerin faaliyete geçmesi öngörülmektedir. Entegre biyorafinerilerin teknolojik gelişimlerinin 2050 yılına kadar sürmesi beklenmektedir.

Biyorafineriler mevcut biyoyakıtların yeni üretim yöntemlerini, yeni tip biyoyakıtlar ile enerji ve diğer katma değeri yüksek ürünlerin entegre üretimini ifade eden bir terimdir. Biyorafineriler konusundaki araştırmalar hammadde çeşitliliği ve üretim sürecinde enerji verimliliği konularında sürdürülmektedir.

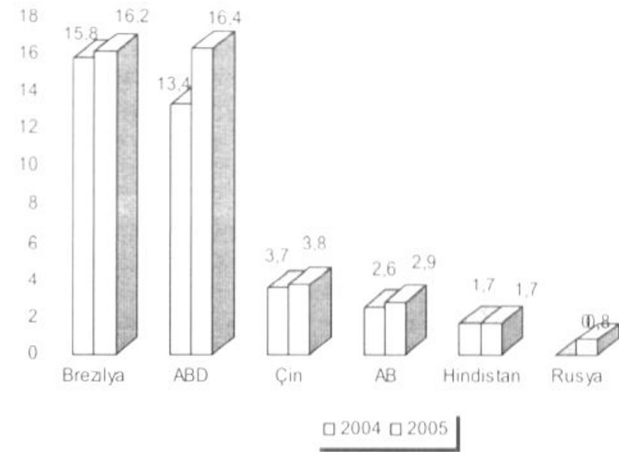
BİYOYAKITLARIN GEÇMİŞİ - GELECEĞİ

Yüzyıllarca önce Hint yağının kandillerde yakılmasıyla başlayan biyoyakıt kullanımı günümüzde gelişmiş ülkeler başta olmak üzere pek çok ülkede enerji, çevre ve tarım politikalarında önemli yer edinmiştir.

Dr. Rudolph Diesel, 1892 yılında dizel motorun patentini alıp petrol kökenli yakıtların yanısıra bitkisel yağları da yakıt olarak kullanmıştır. 1898'te Paris Dünya Fuarı'nda yer fıstığı yağını yakıt olarak kullanan dizel motoru sergilenmiştir.

R.Diesel 1911'de bitkisel yağların motor yakıtı olarak kullanımının ülkelerde tarımın gelişmesinde ciddi bir katkısı olacağını ifade etmiş ve 1912'de "Bitkisel yağların motorlarda kullanımı günümüzde önemsiz görünebilir, ancak bitkisel yağlar zamanla petrol ve kömür katranı kadar önem kazanacak" demiştir.

Brezilya'da şeker kamışından üretilen Biyoetanol 1930'lu yıllardan beri ulaştırma yakıtı olarak büyük oranda kullanılmaktadır. Benzinle son yıllara kadar %85 oranında harmanlanarak kullanılan biyoetanol için fleksi araçlar tasarlanmıştır. Son yıllarda biyoetanol kullanım oranı %26 olarak yasalarla belirlenmiştir. Birkaç yıla kadar dünyanın en büyük etanol pazarı olan Brezilya, birkaç yıldır Amerika ile bu büyük pazarı paylaşmaktadır. Dünya biyoetanol üretiminde bu iki ülkeyi AB, Hindistan ve Çin izlemektedir (Şekil 1).

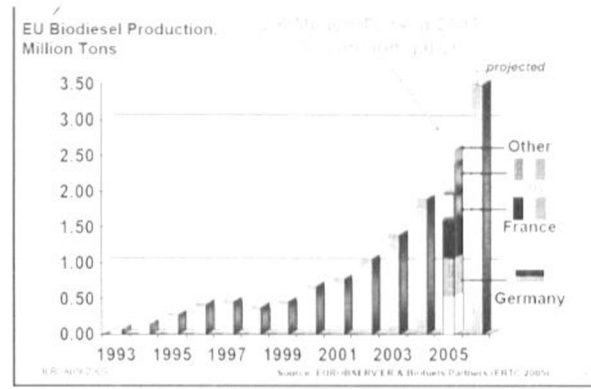


Şekil 1 Dünyadaki En Büyük Biyoetanol Üreticileri ve Biyoetanol Üretimi (2004-2005)

AB’nde Şeker Reformu (1 Temmuz 2006) sonrasında şeker üretimi kısıtlansa da pancar tarımı kısıtlanmamış, tam tersine biyoetanol üretimine dönük pancar tarımı Komisyon tarafından desteklenmiş ve desteklenmeye devam edilmektedir. AB Komisyonu diğer enerji bitkilerinde olduğu gibi pancar ekim alanlarını da hektar başına 45 € ile desteklemektedir. Çünkü şeker pancarı AB Komisyon Raporlarına göre biyoetanol üretiminde en verimli hammaddestir.

1990’lı yıllarda AB ülkelerinde üretilerek kullanılmaya başlayan biyodizel sektörünün dünyadaki en büyük aktörü AB ülkeleri olup, hammadde olarak genellikle kanola (kolza) bitkisi kullanılmaktadır. AB’ndeki en büyük biyodizel üreticisi ülke Almanya’dır. Bunu Fransa ve İtalya izlemektedir.

Pek çok ülkede olduğu gibi AB ülkelerinde de biyodizel ve biyoetanol üretim ve tüketimi çeşitli teşvik mekanizmalarıyla desteklenmektedir.



Şekil 2 AB Ülkelerinde Biyodizel Üretimi(1993-2005)

Ülkemizde 1934’de zamanın milletvekilleri ve ilgili kurumların yetkililerinin imzaladığı “Her memleket harp veya buna mümasil fevkalade bir vaziyet karşısında haricin yardımından kurtularak mümkün mertebe kendi hudutları dahilindeki membalardan elde edilebileceği madde-i müsteilerle ihtiyacını temin etmek lüzumunu ehemmiyetle hissetmiştir” gerekçesine istinaden Atatürk Orman Çiftliğinde tarım traktörlerinde bitkisel yağın yakıt olarak kullanımı sağlanmıştır.

2000’li yılların başlarından itibaren biyodizel üretimi ülkemizde büyük ilgi görmüş, ancak yasal düzenlemelerin zamanında yapılamaması nedeniyle sektörde bazı sıkıntılar yaşanmıştır ve yaşanmaktadır. Yakın bir zamana kadar (2 Kasım 2007) yerli hammaddeyle üretilen biyodizelin %2’lik harmanlama oranı ÖTV’den muaf iken bu tarihten itibaren biyodizel kullanımı 0,72 YTL/lı ÖTV’ye tabidir. Ülkemizde 200 civarında biyodizel tesisi mevcut olup kurulu kapasite 1,5 milyon ton/yıl civarındadır. Ancak yakın bir geçmişe kadar yerli hammadde sıkıntısı nedeniyle pek çok biyodizel tesisinin çalışmadığı bilinmektedir.

Ülkemizde biyoetanol 2004 yılından beri mısır ve buğdaydan üretilmektedir. Pankobirlik tarafından şeker pancarından biyoetanol üreten ilk fabrika Konya-Çumra Şeker Fabrikası Entegre Tesislerinde hizmete girmiştir. 84 milyon litre/yıl kapasiteli tesis ülkemizin en büyük biyoetanol tesisidir.

Hammaddelerinin gıda hammaddesi olması ve üretim teknolojileri nedeniyle günümüzde üretilen biyodizel ve biyoetanol birinci kuşak biyoyakıtlar kategorisinde değerlendirilmektedir. Ancak artan nüfus ve beraberinde getirdiği açlık endişesi nedeniyle gelecekte ikinci kuşak biyoyakıt kullanımı öngörülmekte ve bu yönde politikalar oluşturulmaktadır.

AB tarafından 8 Şubat 2006’da yayımlanan Biyoyakıt Stratejisinde (COM (2006) 34) 2. kuşak biyoyakıtların AR-GE çalışmaları ve pazara girmelerinin desteklenmesi strateji belgesinin amaçlarından biri olarak belirlenmiştir.

İKİNCİ KUŞAK BİYOYAKITLAR ve TEKNOLOJİLERİ

İkinci kuşak biyoyakıtlar gıda üretimiyle rekabeti söz konusu olmayan ağaç kabuğu, yaprak, sap, talaş vb odunsu ve karbonlu maddeler içeren lignoselülozik kaynaklardan ileri teknolojiyle elde edilen biyoyakıtlara verilen addır. Bununla birlikte uzun dönemde, sulanabilir arazilerden bağımsız olarak alglerden de elde edilebilecekleri öngörülmektedir.

Selülozik biyokütle iki temel yöntemle sıvı biyoyakıtı dönüştürülmektedir. Birincisi bitki artıkları ve selülozik hammaddelerin enzim kullanılarak güçlendirilmiş fermantasyonu ile elde edilen selülozik etanol, diğeri odun esaslı biyokütlenin gazlaştırma ve Fischer-Tropsch sentezi (FT dizel, biyokütle sıvılaştırma, Btl olarak da adlandırılmaktadır) ile elde edilen sentetik biyodizel’dir. Bu teknolojilerin gıda ve yakıt rekabetini azaltacağı, daha enerji verimli teknolojiler olduğu ve 2015 yılında ticarileşmesinin beklendiği AB Komisyon raporlarında yer almaktadır.

Diğer ileri biyoyakıt teknolojileri için araştırmalar sürdürülmektedir. Yaş biyokütle ile Hidro Termal Zenginleştirme yöntemiyle dizel, odunun gazlaştırılması ve biyogazdan biyometan eldesi ileri biyoyakıt teknolojilerinden bazılarıdır. Diğer bir araştırma konusu da havuzlarda veya fotoreaktörlerde yetiştirilen alglerden dizel eldesidir.

2007 Mart ayı sonunda Avrupa Konseyi, AB Liderlefi iklim değişikliği ile mücadeleye katkı ve Avrupa’nın petrole bağımlılığını azaltmaya yönelik olarak ulaştırma sektöründe biyoyakıt kullanım hedefini 2020 yılında %10 olarak belirlemişlerdir. %10 biyoyakıt kullanım hedefi biyoyakıt üretiminin sürdürülebilir olması ve ikinci kuşak biyoyakıtların ticarileşmesi koşullarına dayandırılmıştır.

AB Komisyonu tarafından Aralık 2007 tarihinde güncellenecek olan Biyoyakıt Direktifinde (2003/30/EC), ikinci kuşak biyoyakıtlar tanımlanacaktır. Bu tanımlamada biyoyakıtın elde edildiği hammaddenin türü, üretim teknolojisi ve CO₂ tasarruf kapasitesi gibi yeni kriterler dikkate alınacaktır. Yapılacak düzenleme ile arazi kullanımı ve biyoçeşitlilik gereksinimini içeren “sürdürülebilir kriterler” listesi oluşturulacak ve biyoyakıtların üretimi sürecinde yaydıkları sera gazlarının, kullanımları sırasında tasarruf edilen CO₂ miktarından çok olmamasına dikkat çekilecektir. Sadece bu kriterleri sağlayan biyoyakıtlarla 2020 yılındaki %10’luk biyoyakıt kullanım hedefine ulaşılabilecektir.

Günümüzde Kanada ve İspanya'da lignoselülozik etanol, Almanya ve İngiltere'de Btl tesislerinin demonstrasyonları bulunmaktadır. Ayrıca ön ticari pilot tesislerin kurulmasına devam edilmektedir. Shell buğday saplarından etanol üretimi üzerine çalışmaktadır ve 100-200 milyon litre kapasiteli ticari tesisini 2008/09'da açmayı planlamaktadır. Choren Industry firması 2007'de yıllık 67 milyon ton biyokütlenin işleneceği 18 milyon litre kapasiteli Btl demonstrasyon tesisini, 2009/2010'da Almanya'da yıllık 1 milyon ton biyokütlenin işleneceği 200 milyon ton/yıl kapasiteli büyük ölçekli sanayi tesisini kurmayı planlamaktadır.

ABD Enerji Departmanı, 2007 başında selülozik etanolün 2012 yılında benzinle rekabet edebilecek duruma getirilmesi için 1,2 milyar \$'lık bütçe ayrıldığını duyurmuştur. AB'de benzer bir kaynak ayrılmamakla birlikte 7. Çerçeve Programlarında ikinci kuşak biyoyakıt projeleri öncelikli olarak desteklenmektedir.

İKİNCİ KUŞAK BİYOYAKITLARIN AVANTAJLARI

- ❖ AB Komisyon raporlarına göre ikinci kuşak biyoyakıtların petrol türevi yakıtlar ve birinci kuşak biyoyakıtlara göre avantajları aşağıda sıralanmıştır.
- ❖ İkinci kuşak biyoyakıtlar seragazi dengesinde daha fazla tercih sebebi olacaktır. Çünkü şeker pancarı veya mısırdan üretilen biyoetanol normal benzine göre %60 daha az CO₂ ürettiği halde selülozik etanol %75 daha az CO₂ üretmektedir. Biyodizel dizele göre %75 daha az CO₂ ürettiği halde BTL teknolojisi ile %90 daha az CO₂ üretilmektedir.
- ❖ Hammadde seçeneği çok daha fazla ve gıda rekabeti söz konusu değildir.
- ❖ Daha ucuza mal edilebilirler. Çünkü düşük maliyetli biyokütle kullanılmaktadır.
- ❖ Daha kaliteli biyoyakıtlardır.

İKİNCİ KUŞAK BİYOYAKIT ÜRETİMİNDEKİ ZORLUKLAR

Maliyet: Büyük ölçekli üretimde henüz petrol türevi yakıtlardan ve geleneksel biyoetanol üretiminden daha fazla maliyetle üretilirler.

Teknolojik Gereklilikler: Daha az maliyet ve daha enerji verimli prosesler için fermentasyon, ön işlemler ve enzimler konularında anahtar gelişmeler gereklidir.

Altyapı gereksinimleri: İkinci kuşak biyoyakıtların ticarileşmesi için hasat, ulaştırma, biyokütle depolama ve rafinasyonu konularında yeni alt yapılara ihtiyaç vardır.

BİYORAFİNERİLER

Günümüzde pek çok nihai ürün ve sanayi sektörüne girdi olan pek çok kimyasal maddenin orijini ham petroldür. Ham petrolün parçalanmasıyla elde edilen nafta ile yüzlerce nihai ürüne erişilmektedir. Diğer yandan doğada bulunan biyokütle de kimyasal malzemeler için bir hammadde kaynağıdır. Şeker pancarı, mısır, buğday vb hammaddeden elde edilen etanolden çıkılarak etilen, hidrojen, glikol eterler, etil akrilat, asetik asit, etil asetat, aset aldehyt, etil eter, etil klorür gibi pek çok değerli kimyasala ulaşılabilir. Gıda sanayi için glikoz, gıda katkıları sitrik asit, paketleme sektörü için biyoplastikler, ilaç sanayinde antibiyotikler, hayvan yemi katkıları olarak lizin, gıda ve yem sanayi için vitaminler, biyorekonditörler, teknik katkı olarak kullanılan enzimler bir biyorafineriden elde edilebilecek bazı biyomateryallerdir. Hatta günümüzde orman ürünlerinde pek çok kalp ilacına ulaşmakta ve kalp stentlerinin geliştirildiği araştırmalar sürdürülmektedir.

Dünyada kimyasal madde pazarı 2004 yılı itibarıyla 1776 milyar € olarak tahmin edilmektedir. AB bu değer %33'lük payına sahiptir. Günümüzde sanayi ürünlerinin içinde biyomateriyallerin payının küçük olmasına rağmen ticaret hacmi 250 milyar doların üzerindedir.

Entegre bir biyorafineride elektrik, ısı, ulaştırma yakıtı ve biyomateriyaller üretilebilmektedir. Örneğin Amerika'da kurulan, İspanya, Hollanda ve Fransa'da da ofisleri bulunan Abengoa Biyoenerji Araştırma Merkezinde (ABRD) teknoloji geliştirme programı kapsamında biyorafineri kavramı hibrit tesis teknolojisi olarak geliştirilmektedir. ABRD, tahıl temelli ilk ticari hibrit entegre tesis üzerine çalışmaktadır. Tesis, enzimatik hidroliz ve gazlaştırma teknolojisi ile yakıt, ısı, elektrik ve kimyasal ürünler üretilmek üzere tasarlanmıştır. Merkezde hibrit tesis teknolojisi, teknolojiler arasındaki maksimum ısı entegrasyonu, proses akımları ve proses işlemleri arasında maksimum entegrasyon, tüm proses akımlarının fiyatlandırılması, enzimatik hidroliz teknolojisi ve tahıl teknolojisinin entegrasyonu, ısı ve elektriğin elde edildiği gazlaştırma teknolojisi, etanol üretimiyle ilgili görüşlerin demonstrasyonu ve geliştirilmesi, singazdan değerli ürünlerin üretilmesi konularında çalışılmaktadır.

Fransa'da başlatılan BiyoMerkez Programı 6 yıl sürecek olup 90 milyon € bütçe ayrılmıştır. Merkezde biyoplastikler, biyoyağlayıcılar, biyoçözücüler, biyopolimerler, biyorenkendirici bileşikler üzerinde çalışmalar yapılacaktır. Bununla birlikte Fransa Sanayi Yenilik Ajansı tarafından 22 milyon €'su teşvikler 20 milyon €'su geri dönüşümlü krediler olmak üzere 42 milyon € katkı sağlanmıştır. Ayrıca sanayi teşviki için 2010 yılından sonra kullanılmak üzere 730 milyon €'luk bütçe ayrılmıştır.

PETROL RAFİNERİLERİ ile BİYORAFİNERİLER ARASINDAKİ FARK

Petrol rafinerilerinde hammadde petroldür. Petrolün varili 100 dolara tırmanmış durumdadır. 1 ton petrol fiyatı yaklaşık 500 € olduğu halde biyorafinerilerin hammaddeleri 50-300 € arasında değişmektedir (1 ton şeker pancarı 35-50 €, 1 ton mısır 130 €, 1 ton buğday 220 €/ton'dur).

Petrol rafinerilerinde petrolün parçalanması ve yeni bir ürünün üretilmesi genellikle sert reaksiyon koşulları altında gerçekleştirilir. Biyorafinerilerde ise daha ılımlı reaksiyon koşullarında fermentasyon ile ürünler elde edilmektedir. Örneğin B2 vitamininin (riboflavin) sentezi 8 basamaklı kimyasal bir süreç sonunda elde edildiği ve bu basamaklarda tehlikeli reaktantlar kullanıldığı halde biyoteknolojik proseslerle, yenilenebilir kaynaklardan tek bir basamakta fermentasyonla bu işlem gerçekleştirilebilmektedir. Bununla birlikte biyokimyasal proseste %66 daha az atık su oluşmakta ve bertaraf edilmesi gereken katı atık bulunmamaktadır. Bütün bunların sonucu maliyet %40 azalmaktadır.

Biyorafinerilerde dönüşüm verimi %90'ın üzerindedir.

ARAŞTIRMA OLANAKLARI

AB'nin araştırma fonu olan 6. Çerçeve Programında Biyoyakıtlara 81 milyon € fon ayrılmış, bu fonun dağılımı aşağıdaki şekilde olmuştur :

Ulaştırma Biyoyakıtları 34 %
Biyorafineriler 18 %
Gazlaştırma ve H₂ Üretimi 23 %
Diğer 10 %
Yanma 10 %
Biyokalıntılar ve enerji bitkileri 5 %

7. Çerçeve'de de Yenilenebilir Yakıt Üretimi başlığı altında ikinci kuşak biyoyakıtlar ve biyorafinerilerle ilgili araştırmalar desteklenmektedir. Araştırmalar enerji verimliliğinin geliştirilmesi, teknoloji entegrasyonu ve hammadde kullanımı konularında odaklanacaktır.

Yenilenebilir Yakıt Üretimi başlıklı araştırmaların Teknoloji Geliştirme alt başlığı altında İkinci Kuşak Biyoyakıtlar, Biyorafineriler ve Birinci Kuşak Biyoyakıtlar yer almaktadır.

İkinci Kuşak Biyorafineriler bölümünde etanol üretiminde lignoselülozik hammadde için ön işlemler, hidroliz, fermantasyon, yüksek saflıkta singaz temizleme teknolojileri, singazın sıvı biyoyakıtta biyolojik dönüşümü, gazlaştırmayla sentetik biyoyakıtların üretim ve test edilmesi, bitkisel ve hayvansal yağların hidrojenasyonu alt başlıkları yer almaktadır.

Biyorafineriler bölümünde mevcut sanayi komplekslerine entegre edilen biyorafineri modellerinin geliştirilmesi, orman ürünlerine dayalı biyorafineriler ve biyodizel tesislerindeki gliserin için yeni kullanım alanları başlıkları mevcuttur.

Birinci Kuşak Biyoyakıtlar bölümünde ise şeker ve nişastalı bitkilerden biyoetanol üretim maliyetinin düşürülmesi, Yağlı bitkilerden, hayvansal ve atık bitkisel yağlardan üretilen biyodizelin üretim maliyetinin düşürülmesi ana başlıklardır.

Ayrıca ulaştırma yakıtları için büyük ölçekli demonstrasyon tesisleri de 7. Çerçeve Programı dahilinde desteklenmektedir.

SONUÇ

Son yıllarda ülkelerin enerji, tarım ve çevre politikalarında önemli yere sahip olan biyoyakıtlar sürdürülebilir ve güvenli bir enerji piyasasının oluşumuna da katkı sağlamaktadır. Tarımsal iş hacmindeki genişlemeyi de beraberinde getiren biyoyakıt üretimi ve tüketimi Kyoto Protokolü'nün gerekliliklerinin yerine getirilmesinde ülkelerin öncelikli seçenekleri arasında yer almaktadır. Diğer yandan daha temiz bir çevre ve petrolde dışa bağımlılığın azaltılması, karbon kredisi ve emisyon ticareti imkanları biyoyakıt üretim ve tüketiminin yaygınlaşmasını sağlayan faktörlerdir.

Diğer yandan dünya nüfusunun hızla artması, kuraklık, sulanabilir tarım arazilerinin azalması açlık endişesini de beraberinde getirmekte ve biyoyakıt üretiminin gıda üretimine engel teşkil ettiği düşünceleri önem kazanmaktadır.

İkinci kuşak biyoyakıtlar gıda dışı hammaddelerle ileri teknoloji kullanılarak elde edilen biyoyakıtlardır ve henüz araştırma geliştirme ve demonstrasyon çalışmaları sürdürülmektedir. 2010 yılından sonra ticarileşmeye başlanması beklenen ikinci kuşak biyoyakıt teknolojilerinin AB'de ticarileşme sürecinin 2020 yılında tamamlanması öngörülmektedir.

Bu arada birinci kuşak biyoyakıtlar olarak adlandırılan biyoetanol, biyodizel, biyogaz vb biyoyakıtların mevcut teknolojilerinin gelişiminin tamamlanması sürecinin 2010 yılına kadar sürmesi beklenmektedir.

AB raporlarına göre birinci kuşak biyoetanol üretiminde en verimli hammadde şeker pancarıdır. Bu durum ülkemiz için de geçerlidir. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. tarafından yapılan etütlerde ülkemizde 32 milyon dekar alanda şeker pancarı tarımı yapılabileceği ortaya konmuştur. Şeker pancarı bir münavebe bitkisidir ve aynı tarlaya 4 yılda bir kez ekilebilmektedir. Bu durumda her yıl 8 milyon dekar arazide şeker pancarı tarımı yapılabilecektir. AB Yeni Şeker Rejimine göre kotaya uygun şeker üretimine dönük pancar tarımı 3,5 milyon dekar arazide yapılmaktadır. Geriye kalan 4,5 milyon dekar arazide yapılacak pancar tarımı ile en kötü senaryoya göre bile 2-2,5 milyon ton biyoetanol üretimi söz konusudur. Bu da 2006 yılı benzin tüketimimizin %80-90'ına karşılık gelmektedir.

Sürdürülebilir toplum için biyoekonomi temelli yapının oluşturulmasında biyorafineriler sanayinin köşe taşlarından biridir. Biyorafinerilerde ısı, elektrik ve yakıtın yanı sıra petrol türevi olan pek çok kimyasal maddeye de erişilebilmektedir.

Pankobirlik çatısı altında Konya-Çumra Şeker Fabrikası Entegre Tesislerinde kurulan 84 milyon litre/yıl kapasiteli biyoetanol tesisinde biyoetanol üretimine 2007 yılında başlamıştır. İkinci kuşak biyoyakıtlar ve biyorafineriler konularındaki gelişmeleri takip eden Pankobirlik, 1,7 milyon çiftçi ortağının ve ülke yararlarının ön planda tutulduğu uygun yatırımları yapmayı planlamaktadır. Konuyla ilgili olarak ilk etapta Pankobirlik bünyesinde bulunan damla sulama boru sistemleri fabrikasında üretilen boruların biyoplastikten üretilmeleri planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1- Soetaert, W., Success Factors and Differences Between Petrochemical Refineries and Biorefineries, European Conference on Biorefinery Research, 19-20 Oct. 2006, Helsinki.
- 2- Saldago, J., From starch to biomass adding value to a sustainable business, European Conference on Biorefinery Research, 19-20 Oct. 2006, Helsinki.
- 3- AB Komisyon Raporları, GAIN Report E36081(May2006)
- 4- Communication from the Commission {SEC(2005) 1573}: Biomass action plan
- 5- Communication from the Commission {COM(2006) 34}: "An EU Strategy for Biofuels"
- 6- Commission of the European Communities, Brussels, 7.12.1005, COM(2005) 628 final "Biofuels in the European Union A Vision for 2030 and Beyond".
- 7- <http://ec.europa.eu>

ICARE'DA BİYOYAKITLAR ÜZERİNE YAPILAN AR-GE ÇALIŞMALARINDAN ÖRNEKLER

İskender Gökalp

(Fransa Ulusal Bilimsel Araştırma Merkezi Direktörü)

ICARE-CNRS'de yürütülen biyoenerji ve biyoyakıt ile ilgili araştırma aktiviteleri özetlenecektir. Altı çizilecek konular yeni tekniklerle biyokütle gazlaşması ile gaz biyoyakıt üretimi (daha çok syngas), gaz ve sıvı biyoyakıtların kimyasal kinetiği, yanma ile biyoyakıt enerjisine dönüşümü olacaktır. Günümüzde ve gelecekte bu aktiviteleri destekleyen ulusal ve Avrupa kaynaklı programlar sunulacaktır. Biyoenerji ve biyoyakıt konusunda bazı potansiyel AB-Türkiye ortak çalışma olanakları önerilecektir.

BIOENERGY AND BIOFUEL RELATED RESEARCH ACTIVITIES AT ICARE-CNRS

İskender Gökalp

Director ICARE-CNRS, Orléans, France

Bioenergy & biofuel related research activities at ICARE-CNRS will be summarized. Emphasis will be put: on the generation of gaseous biofuels, mostly syngas, from biomass gasification by innovative processes; on the chemical kinetics of gaseous and liquid biofuels; and on the conversion to energy of biofuels by combustion. Present and future national and European programs supporting these activities will be outlined. Some potential EU-Turkey cooperation avenues in the bioenergy & biofuel area will be suggested.

TÜRKİYE’NİN BİYİYAKITLAR KONUSUNDAKİ AR-GE
PERSPEKTİFİ
VE
TÜBİTAK MAM’DA YÜRÜTÜLEN BİYOENERJİ ÇALIŞMALARI

Özlem ATAÇ, Elif ÇAĞLAYAN, Ömer Faruk GÜL
TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü
P.K. 21, 41470 Gebze, Kocaeli
ozlem.atac@mam.gov.tr, elif.caglayan@mam.gov.tr, omer.gul@mam.gov.tr

ÖZET

Her geçen gün büyüyen ve gelişen bir ülke olan Türkiye’nin bu büyüme ve gelişmeye paralel olarak enerji ihtiyacı dolayısıyla enerji tüketimi de büyük artış göstermektedir. Aynı büyüme ve gelişme enerji üretiminde sağlanamadığı zaman ülkenin enerji açısından kendi kendine yetebilirliği gittikçe azalmaktadır. Arz ve talep arasındaki bu büyük fark ise ithal ettiğimiz enerji miktarında dolayısıyla da enerji konusunda dışa bağımlılığımızda artışa neden olmaktadır. Üretiminin ve günlük yaşantının aksamadan devam edebilmesi için enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği önem taşımaktadır. Sürdürülebilirliğin sağlanması için kaynak çeşitliliği zorunludur. Bu noktada yenilenebilir enerji kaynakları ve özellikle de biyokütle enerjisi ön plana çıkmaktadır. Biyokütleden üretilen biyoyakıtlar; yerli, yenilenebilir ve çevre dostu olmaları bakımından gittikçe önem kazanmaktadır.

Modern biyokütle enerji dönüşüm teknolojileri, fosil kökenli enerji teknolojilerine göre oldukça yeni bir alandır. Geleneksel yakıtlarla yapılan enerji teknolojileri ile yarışabilir seviyeye gelmesi için bir çok alanda araştırma-geliştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Biyoyakıtlar alanında yapılacak ar-ge çalışmaları; hammadde çeşitliliği, üretim ve son kullanım teknolojilerinin geliştirilmesi ile yaygın etkileri üzerine yoğunlaştırılmalıdır. Her ne kadar ülkemizde çeşitli araştırma kurumları ve üniversiteler biyo enerji konusunda değerli çalışmalar yapsa da bu çalışmaların uygulanabilirliğinin sağlanabilmesi için yetkin araştırmacı sayısının artırılması ve laboratuvar altyapılarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ar-Ge çalışmaları temel araştırma ile birlikte uygulamalı araştırma çalışmalarını da içererek katma değeri yüksek ürünleri ve sistemleri hedeflemelidir.

Bu çalışmada; Türkiye’nin biyo enerji konusundaki AR-GE yaklaşımı VİZYON 2023 programı, TÜBİTAK MAM, üniversiteler, kamu ve özel kuruluşların izledikleri politikalar ışığında verilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, Enerji enstitüsünde biyokütle ve biyoyakıtlar üzerine yürütülen projeler de kısaca tanıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyoenerji, Biyoyakıt, Sürdürülebilir enerji, Ar-Ge politikası, Ar-Ge çalışmaları

1. GİRİŞ

Artan nüfus ve gelişen sanayi ile beraber Türkiye’nin enerjiye olan gereksinimi de gün geçtikçe artmaktadır. Genel enerji tüketimimiz 2005 yılında 91.6 MTEP iken 2006 yılında 99.3 MTEP’e ulaşmıştır. 2006 tüketimin ancak 28.04 MTEP’i yerel kaynaklardan sağlanabilmektedir [1]. Enerji üretimi ile tüketimi arasındaki bu büyük fark, enerjide dışa olan bağımlılığı arttırmakta ve enerji güvenliği açısından tehlike arz etmektedir. Ülkenin ihtiyaç duyduğu enerjinin sürekli, güvenilir ve temiz kaynaklardan düşük maliyetle elde edilmesi konusunda gerekli hassasiyetin gösterilmesi

gerekmektedir.

Sürdürülebilirliğin sağlanması için kaynak çeşitliliği zorunludur. Kaynak çeşitliliğinin sağlanabilmesi ile beraber bu kaynakların yerli ve yenilenebilir olması da sürdürülebilirlik açısından gereklidir. Bu noktada yenilenebilir enerji kaynakları ve bu yenilenebilir enerji kaynaklarından alan biyoyakıtlar ön plana çıkmaktadır. 2005 yılında yenilenebilir enerji kaynakları Türkiye'nin tüketiminin %11'ini karşılamıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyoyakıtların temelini oluşturan biyokütlenin payı ise %57,2 olarak gerçekleşmiştir [2]. Biyoyakıtların bu derecede ilgi görmesinin sebepleri sadece yerli ve yenilenebilir olması değil aynı zamanda, iklim değişikliği gibi büyük bir problemle karşı karşıya olan dünyamızda, çevreyi kirletmeyen temiz bir enerji kaynağı olmasıdır.

Biyoyakıtların ve biyoyakıt piyasasının gelişiminde etkili olan başlıca faktörler; hammadde, üretim-dağıtım ve pazar problemleri olarak sıralanabilir. Hammadde açısından tarım arazilerinin elverişliliği ve enerji bitkilerinin bu arazilerde yetişebilecek diğer bazı ürünlerle yarışabilir olması önemli kriterlerdir [3]. Tarıma elverişli ancak kullanılmayan arazilerde enerji tarımcılığının yapılması ile çiftçiler açısından karlılık, ürün veriminin artırılması ve alternatif hammaddelerin geliştirilmesi sağlanabilir.

Biyoyakıtların son kullanıcı tarafından tercih edilmesindeki önemli faktörlerden ikisi yakıtın sürekliliği ve kolay bulunabilir olmasıdır. Bu iki kriteri sağlayacak olan biyoyakıt üretim teknolojileri ve dağıtım sistemleridir. Üretim teknolojileri, alternatif ham maddelerle çalışmaya izin verecek esnekliğe sahip olmalı ve standartlara uygun ürün sağlayabilmelidir. Mevcut dağıtım sistemlerinin biyoyakıtların dağıtımında da kullanılabilecek şekilde uyarlanması büyük yatırım maliyetlerini düşürecektir.

Biyoyakıt teknolojilerinde geliştirilmesi gereken noktalar aşağıda verilmiştir [3].

- Yüksek yakıt maliyetinin azaltılması,
- Yakıt sürekliliğinin sağlanması,
- Yakıtın mevcut araçlarda rahatlıkla kullanılabilir kalitede olması veya az bir modifikasyonla sorunun aşılması,
- Biyoyakıt piyasasının henüz yeterli tecrübeyle olgunlaşmamış olması,
- Pazardaki yüksek belirsizlik,
- Toplumun biyoyakıtlar konusundaki bilgi ve farkındalığının henüz yeterli düzeyde olmamasıdır.

Biyoyakıtların kullanımının yaygınlaştırılabilmesi için bu konuya gereken hassasiyetin gösterilerek, konuyu teşvik edici, destekleyici politikaların belirlenmesi ve bu politikaların uygulanabilirliğinin sağlanması önemlidir. Dokuzuncu Kalkınma Planı'nda "üretim sistemi içinde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının azami ölçüde yükseltilmesi hedefi" bulunmaktadır. Ülkemizin biyoyakıtların yaratacağı istihdama olan ihtiyacı da göz önünde bulundurularak hedefin gerçekleştirilmesi için her türlü çabanın gösterilmesi gerekmektedir [2].

Ar-Ge Politikaları

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) politikası; "Yenilenebilir enerji imkânları dâhil öz kaynaklarımızın kullanımına ve verimliliğe öncelik verilerek; rekabete açık bir piyasada, enerjinin zamanında, güvenilir ve kaynak çeşitliliği ve çevre de göz önünde tutularak; halkımızın refah düzeyini yükseltecek, sanayicimizi uluslar arası rekabette destekleyecek ucuzlukta enerjinin sağlanması." şeklinde belirlenmiştir [2]. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için yerli ve yenilenebilir enerji kullanımının desteklenmesi, yasal-düzenleyici temellerin oluşturulması ve enerjinin verimli kullanılmasının sağlanması büyük önem taşımaktadır. İlgili kanun ile YEK'ten enerji üretim tesis

yatırımları, gerekli sistemlerin yurt içinde imalatı, biyokütle kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi veya yakıt üretimine yönelik Ar-Ge tesis yatırımları Bakanlar Kurulu kararı ile teşviklerden yararlandırılmaktadır [4].

Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda 2023 Türkiye'si için; enerji ormanlığı, enerji tarımı ve modern çevrim teknikleri ile genel enerji ihtiyacının en az %4'ünü biyokütle kaynaklarından sağlayan ve Ar-Ge kaynaklarının en az %5'ini yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki araştırmalara tahsis edebilen bir ülke olma hedefi belirlenmiştir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesiyle YEK pazar payının artırılması, YEK teknolojilerinin hızla gelişmesi ve hedefe yönelik araştırmaların yapılması gibi kazanımları olacaktır [4].

TUBITAK tarafından organize edilen VİZYON 2023 kapsamında da enerji alanındaki Ar-Ge çalışmaları konusu güncel olup "Enerji Ar-Ge çalışmalarının geniş kapsamlı hedefi; bugünkü enerji arzı sisteminin yerel, bölgesel ve küresel çevre risk ve etkilerini anlamlı şekilde iyileştirecek enerji seçeneklerini geliştirmesi; bunu taşınabilir maliyetlerle başarabilmesi ve giderilmeye çalışılanlardan daha ciddi yeni çevresel veya siyasi risklere yol açmaksızın, gelişmiş olanlara olduğu kadar gelişmekte olan ülkelere de hitap edecek biçimde yapabilesidir" ifadesine yer verilmiştir [5].

Enerji teknolojisinde iyileştirmelerin ana hedefleri vizyon 2023 kapsamında;

- Enerji arzı maliyetlerini ekonomik gelişmeyi baskılamayacak veya tüm toplum kesimlerince erişilebilir kılacak düzeylerde tutmaya,
 - Enerji kullanımındaki verimliliğin artmasını sağlamaya,
 - Siyasi istikrarsızlık taşıyan bölgelerden yapılan petrol ve doğal gaz ithaline aşırı bağımlılıktan kaçınmaya,
 - Enerji arzının çevresel risk ve etkilerini azaltmaya,
- yardımcı olmak şeklinde sıralanmıştır [5].

Bu kapsamda TÜBİTAK, enerji verimliliğinin artırılmasına, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik araştırma ve geliştirme projelerini desteklemektedir. Bu uygulama ile yurt dışındaki gelişmeler ışığında, ekonomik olabilecek yeni uygulamaların, yerli imkanlarla yapılabilmesi yönünde, teknolojik kapasitelerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Ar-Ge Çalışmaları

Tüm dünyada ucuz ve güvenilir enerji konusunda çalışmalar yapılmakta, işbirlikleri oluşturulmaktadır. Enerji politikaları ve planlamalarında uluslararası bilimsel ve politik platformlarda kabul gören "sürdürülebilir kalkınma" yaklaşımı göz önünde bulundurulmaktadır [6]. Ülkemizde enerji ve doğal kaynaklar konusunda araştırma ve teknoloji geliştirme çalışmaları sınırlı oranda yapılabilmektedir. Üretimin ve gelişmenin temel taşlarından olması gereken Ar-Ge konusunda, pek çok alanda olduğu gibi enerji ve doğal kaynakların geliştirilmesinde de istenilen düzeye henüz erişilememiştir [4].

Biyokütle alanında yapılmakta olan Ar-Ge çalışmalarında temel amaç, yüksek potansiyele sahip ve yenilenebilir biyokütle kaynaklarımızı maliyeti düşük, yüksek performanslı biyoyakıtlara, biyotürünlere ve bioenerjiye çevirmek ve geliştirmektir.

Türkiye'de Ar-Ge altyapısı özellikle üniversitelerde ve kamuya ait araştırma enstitülerinde yer almaktadır ve Ar-Ge çalışmalarının çoğu bu kurumlarda gerçekleştirilmektedir. Yürütülen çalışmalar yeni bir bilgiyi elde etmek amacıyla yapılan temel araştırmalarla birlikte son ürün odaklı uygulamalı Ar-Ge çalışmalarını da içermektedir. Bu alanda, birbirini tamamlayabilecek çalışmaların koordinasyonunun sağlanması ve araştırma konularında bir takım tekrarlamaların engellenerek yeni konulara açılım yapılması son derece önem taşımaktadır. Bu amaçla, Enerji Bakanlığı tarafından enerji Ar-Ge envanterinin oluşturulmasına yönelik olarak çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışma

çerçevesinde ülkemiz enerji AR-GE envanterinin oluşturulması ve enerji sektörünün araştırma ve teknoloji geliştirme alanında genel bir değerlendirmesinin yapılması amaçlanmaktadır [4].

Biyoyakıtlar konusundaki araştırma ve geliştirme projeleri TÜBİTAK, DPT, Sanayi Bakanlığı (SAN-TEZ) ve AB çerçeve programları tarafından desteklenebilmektedir. Türkiye 6. ve 7. çerçeve programlarına katılım sağlamıştır. Uluslararası çerçeve programlarında daha başarılı sonuçların elde edilmesi, Ar-Ge altyapısının ve araştırmacı sayısının artırılması ile sağlanacaktır.

2. Biyoyakıtlar Konusunda TÜBİTAK MAM’da yürütülen Ar-Ge Çalışmaları

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan Enerji enstitüsü ve Kimya ve Çevre enstitüsünde biyokütle enerjisi ve biyoyakıtlar üzerine birçok çalışma yapılmış/yapılmaktadır. Bu çalışmalar, DPT, TARAL ve AB çerçeve programları gibi farklı kaynaklarca desteklenmektedir.

TÜBİTAK MAM’da biyokütle ve biyokütleden enerji üretimi ile ilgili çalışmalar 1995 yılında başlamıştır.

“Biyokütleden Enerji Eldesi”

Bu projede(1995-1997);

1995 yılında Enerji ve Çevre Enstitüsünde yürütülen bu projede:

- Tatlı sorgum bitkisinin yetiştirilmesi,
- Tatlı sorgum bitkisinin şekerli öz suyu alınmış katı kısmının (begas) yakıt olarak kullanılması,
- Tatlı sorgum yanında diğer tarımsal atıkların da yakıt olarak değerlendirilmesi,
- Tatlı sorgum begasını tek başına ve kömür ile karıştırılarak briketlenmesi,
- Tatlı sorgum begasının akışkan yataklı yakıcı kullanılarak yakılması

konuları incelenmiştir.

AGROWASTE (Exploitation of Agricultural Waste in Turkey)

2005 yılında "Exploitation of Agricultural Waste in Turkey" adıyla (AGROWASTE) Türkiye’deki tarımsal atıkların araştırılmasına yönelik bir çalışma, Çukurova Üniversitesi, TÜBİTAK-MAM, EXERGIA ve EMC tarafından yapılmıştır. Bu çalışma, Avrupa Birliği LIFE Üçüncü Ülkeler Programınca desteklenmiştir. AGROWASTE’in temel amaçlarından biri, tarımsal atıkların kullanımını arttırmak amacıyla çalışma sonuçlarının yerli ve yabancı yatırımcılara kaynak oluşturmasını sağlamaktır. Çalışmada, öncelikle Türkiye’nin tarımsal biyokütle potansiyeli verilmiş, çevresel düzenlemeler ve yasal kısıtlamalar belirtilerek bu alanda yatırım yapmak isteyen kişilerin lisans alma aşamasından, tesisi işletmeye alma aşamasına kadar uyması gereken yasal sorumluluklar ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu çalışmada aynı zamanda politikalar, pazar gereksinimleri ve tarımsal atıkların kullanımındaki engeller ve yeni yasa, düzenlemeler ve teşvikler özetlenmiştir.

DPT-Kömür ve Biyokütle Gazlaştırma, Gaz Temizleme ve Entegre Enerji Üretimi

DPT tarafından desteklenmekte olan proje ile ilgili çalışmalar TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü tarafından yürütülmektedir. 2005 yılında başlayan projede; farklı biyokütle ve kömür yakıtlarının pilot ölçekli bir gazlaştırma sisteminde gazlaştırılması, elde edilen gazın temizlenmesi ve daha sonra da içten yanmalı motorda elektrik ve ısı üretimi amacıyla kullanılması hedeflenmiştir. Projenin 2008 yılı sonunda bitmesi planlanmıştır.

Projenin temel amaçları:

- Seçilmiş biyokütle ve linyit kaynaklarımıza uygun gazlaştırma ve gaz temizleme sistemlerinin araştırılması,

- Düşük enerji maliyetli yakıt hazırlama (kurutma, briketleme ve besleme) tekniklerinin geliştirilmesi,
- Biyokütle ve kömür gazlaştırma sistemlerinin geliştirilmesi,
- Son kullanıcıya uygun gaz temizleme sistemlerinin geliştirilmesi,
- Bu sistemlerin içten yanmalı motor ile entegrasyonu,
- Sistem verimini artırmaya yönelik iyileştirme çalışmalarının gerçekleştirilmesidir.

Bu amaçlar doğrultusunda 50-100 kg/saat besleme kapasiteli sabit ve akışkan yataklı gazlaştırıcılar tasarlanıp imal ettirilmiştir. Gazlaştırma sistemleri gerekli gaz temizleme üniteleri ile donatılmaktadır.

Bu projeden beklenen faydalar:

- Farklı özellikte biyokütle ve linyitlerin gazlaştırılabileceği sabit ve akışkan yatak gazlaştırıcıların demo amaçlı kurulabilmesi;
- Son kullanıcı için en uygun gaz temizleme sistemlerinin tasarlanması,
- Gazlaştırma sistemlerinin içten yanmalı motora entegrasyonu becerilerinin kazanılması ve
- Bu sistemlerin ticari boyutta büyütülüp uygulanması için gerekli tekno-ekonomik kıstasların belirlenmesidir.

AB 6. Çerçeve- BIGPOWER (Integrated Biomass Gasification with Power Technologies) SSA Projesi

AB 6. çerçeve programı ile desteklenen BIGPOWER SSA projesi ile TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsünde biyokütle gazlaştırma konusunda bir mükemmeliyet merkezi oluşturulması amaçlanmıştır. Proje kapsamında genç araştırmacı ve mühendislerin yetiştirilmesi, sabit ve akışkan yatak biyokütle gazlaştırma sistemleri için gerekli altyapının kurulup geliştirilmesi, yurtdışı sempozyumlara katılım, bilim adamı davetleri ve genç araştırmacıların kısa dönemlerde Avrupa Birliği üyesi veya aday ülkelerde konu ile ilgili uzman kurum veya kuruluşlara gönderilmesi planlanmıştır. Bu kapsamda laboratuvar ölçekli (5-10 kg/saat besleme kapasiteli) gazlaştırma sistemleri kurulmuş ve proje kapsamında genç araştırmacıların bu sistemler üzerinde yüksek lisans tezlerini yapmaları sağlanmıştır. Ayrıca pilot ölçekli gazlaştırıcı sistemin gaz temizleme ünitesi de bu proje kapsamında alınmıştır.

Ayrıca, proje süresince (Mayıs 2005- Mayıs 2008) elde edilen bilgilerin yaygınlaştırılması, yeni projelerin ve işbirliklerinin artırılabilmesi için uluslararası seminerler ve çalıştayların organize edilmesi de proje de öngörülmüştür.

AB 6. Çerçeve- NETBIOCOF (Integrated European Network for Biomass Co-firing) CA Projesi

Ağustos 2007'de tamamlanan Netbiocof Projesi, Avrupa komisyonu tarafından AB 6. Çerçeve Programı kapsamında desteklenen bir koordinasyon faaliyetidir. Projenin başlıca amacı yeni üye ülkeler vurgulanarak biyokütlenin kömür ile birlikte yakılması-gazlaştırılması (cofiring) teknolojisi üzerine çalışan araştırma kurumlarının arasındaki işbirliğinin teşvik edilmesi, yenilikçi teknolojilerin yaygınlaşması desteklenerek biyokütlenin kömür ile birlikte yakılması-gazlaştırılması teknolojisinin yeni ve mevcut enerji santrallerinde kullanımının artırılmasıdır (ayrıntılı bilgi için: <http://www.netbiocof.net>).

Proje iş paketlerinden beklenen ana çıktılar aşağıda verilmiştir.

- Avrupa'da biyokütlenin kömür ile birlikte yakılması-gazlaştırılması teknolojisinde mevcut durumun değerlendirilmesi ve geçmiş başarılı tecrübeler ile günümüzdeki en iyi uygulamaların belirlenmesidir.
- Devam eden araştırma çalışmalarının değerlendirilmesi ve bilgi eksikliklerinin belirlenmesi (güncel araştırmaların haritasını oluşturmak, araştırma işbirliklerinin önünde duran engeller ile bilimsel ve teknolojik ihtiyaçların belirlenmesi)
- Uygulamada karşılaşılan engellerin belirlenmesi (Yasal mevzuatların araştırılması, teknik ve teknik olmayan engellerin belirlenmesi)

- Araştırma ve geliştirme çalışmalarının koordinasyonu (Biyokütle co-firing veri tabanının oluşturulması, mevcut ve gelecek araştırma çalışmalarının koordinasyonu ve öneriler)
- Biyokütle co-firing uygulamalarının yaygınlaştırılmasına yönelik bilimsel ve teknolojik alanlar ile birlikte sosyo-ekonomik durum ve yasal uygulamalar için stratejilerin geliştirilmesi
- Projenin internet sitesinin kurulması, biyokütle co-firing üzerine yerel seminerler düzenlenmesi, konferanslara katılım, projenin bitişini takip eden dönemde Netbiocof bilgi ağının sağlamlaştırılmasıdır.

TARAL-Biyokütle ve Biyokütle/Kömür Karışımlarının Dolaşımli Akışkan Yatakta Yakma Teknolojisinin Geliştirilmesi

Projede, biyokütle ve kömür karışımlarının yakılacağı ve enerji üretileceği Dolaşımli Akışkan Yatak'ta (DAY) yakma teknolojinin ülkemizde geliştirilmesi amaçlanmıştır. TARAL 1007 tarafından desteklenmekte olan proje çalışmalarının Eylül 2007-Ağustos 2010 aralığında yapılması planlanmıştır.

Proje kapsamında yapılacak Ar-Ge çalışmaları ile kullanılacak biyokütlenin fiziksel, kimyasal ve ısı özelliklerine göre farklı sektörler için (orman ve orman endüstrisi atıkları, tarımsal atıklar, endüstriyel atıklar, gıda endüstrisi atıkları, arıtma çamurları, mobilya fabrikaları atıkları, vb.) yanma verimini en üst değere çıkarmak ve emisyonları en düşük değere indirmek için gerekli biyokütle /kömür oranı, optimum hava fazlalık oranı vb. parametrelerin deneysel çalışmalar ile belirlenmesi hedeflenmiştir.

Proje boyunca ülkemizin değişik linyit kömürleri kullanılacaktır. DAY sisteminde yapılacak yakma testlerinde, yanma verimliliği ve emisyon ölçümleri yapılacak, SO₂ giderimi için kullanılacak kireçtaşı türlerinin reaktiviteleri tespit edilecek ve optimum Ca/S oranları belirlenecektir. Bunlara ek olarak, DAY yakma sisteminde aglomerasyon, ayrışma (segregasyon) ve korozyon konularında da ayrıntılı çalışmalar yapılacaktır.

Projeden beklenen somut hedef ve çıktıları aşağıda verilmiştir.

- DAY yakma teknolojisi özellikle biyokütle/Türk linyitleri karışımı için uyarlanacaktır.
- Değişik biyokütle malzemeleri için besleme sistemi tasarımı geliştirilecektir.
- Geliştirilen DAY teknolojisi ile ilgili üretim-bilgi (know-how) paketi hazırlanacak ve tüm mekanik aksamın üretim resimleri çıkarılacaktır.
- Bundan sonraki daha büyük ve ticari olarak kullanılabilir ünitelerin yapımı için tasarım parametreleri oluşturulacaktır.
- Biyokütle içindeki alkali oranının nasıl azaltılacağı veya zararsız hale getirileceği öğrenilmiş olacaktır.
- ODTÜ, TÜBİTAK-MAM ve GAMA proje sonunda DAY teknolojisi ile ilgili olarak önemli bir bilgi birikimi ve deneyim sağlayacak ve yurt içinde bu tür tesislerin yerli olarak kurulmasında yardımcı olacaktır.

DPT-Alternatif Motor Yakıtı Biyodizel

DPT tarafından desteklenmiş olan bu proje TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsünce 2005-2007 yılları arasına 2 yıllık bir periyotta yürütülmüştür. Projede, bitkisel yağlardan biyodizel üretimi, optimizasyon çalışmaları, biyodizel araç testleri, biyodizel üretim ve saflaştırma laboratuvarı kurulması, biyodizel analizleri konusunda alt yapının tamamlanması amaçlanmıştır.

Projenin kapsamı

- Bitkisel yağlardan biyodizel üretimi konusunda ülkemizdeki mevcut çalışmaların tespiti.

- Kullanılmış ve kullanılmamış yağlardan mevcut biyodizel üretim ve saflaştırma prosesindeki problemlerin giderilmesine yönelik proses geliştirme
- Biyodizel karakterizasyon çalışmaları (Yakıt Analizleri)
- Üretilen biyodizelin motor testi ve motorlu taşıtlarda uygulanması

Projenin ana çıktıları ise şöyledir:

- EN 14214 standardına uygun biyodizel üretimi,
- Biyodizel üretim ve saflaştırma laboratuvarı,
- Üretim problemlerinin giderilmesine yönelik proses geliştirme (optimizasyon çalışmaları)
- Katalizör üretim çalışmaları
- Biyodizelin araçlara etkisinin belirlenmesi,

Alternatif motor yakıtı biyodizel projesi kapsamında yürütülen çalışmalar sonucu Enerji Enstitüsünde biyodizel analiz laboratuvarı kurulmuştur. Bu laboratuvar motor yakıtı biyodizeli standardı olan EN 14214 ve çeşitli alanlarda yakıt olarak kullanılan biyodizel standardı olan EN 14213 için Alman akreditasyon kurumu DAP'tan tam akreditedir. Bu laboratuvar endüstriyel hizmet vermektedir.

TARAL-Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı

2006 yılı sonunda başlayan bu proje Enerji Enstitüsünde yürütülmektedir ve Ekim 2009 da bitmesi öngörülmektedir. Projenin diğer bir ortağı İTÜ, müşteri kurumu ise Ulaştırma Bakanlığıdır. Projede amaç, İstanbul için sera gazı envanterinin hazırlanarak (İTÜ) sera gazlarını azaltıcı önlemler olarak biyodizel yakıtının yanma modellenmesi ve hibrid elektrikli otobüs geliştirilmesidir (TÜBİTAK MAM).

Projenin kapsamı:

- Biyodizel yakıtlı motorların incelenmesi
- Biyodizel Yakıtlı araçlarda yanma modellenmesi
 - Silindir içi akış özelliklerinin belirlenmesi
 - Silindir içi damlacık özelliklerinin belirlenmesi
 - Yanma kimyasının incelenmesi
- Biyodizel yakıtlı araçların performansının belirlenmesi
- Mevcut hibrid araçların incelenmesi
- Konvansiyonel otobüs temini Modelleme, Simulasyon ve Tasarım çalışmaları
- Hibrid Elektrikli Araç Prototipinin Gerçekleştirilmesi
- Hibrid Elektrikli Araçların Emisyon ve Performans Testleri

Projenin ana çıktıları

- Sera gazlarını azaltmaya yönelik biyodizel yakıtının dizel motorlar için yanma modellenmesi
- Hibrid elektrikli otobüs prototipi

AB 6.Çerçeve - Cost Assesment for Sustanaible Energy Systems Projesi

2006-2008 yılları arasında 30 aylık bir süreçte sürdürülecek olan bu proje AB 6. çerçeve programı kapsamında desteklenen bir (Coordonation action) projesidir. Bu proje, 25 AB ülkesi ve AB ülkesi olmayan bazı ülkelerde enerji üretiminin iç ve dış maliyetlerinin detaylı tahminlerinin derlenerek 2030 yılına kadar olan süreç için enerji senaryoları hazırlanması ve tüm maliyet verilerinin hesaba katılarak enerji kullanım verimliliğinin geliştirilmesi için politikaların değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Projenin bir iş paketi kapsamında Biyokütle ve Biyodizel için yakıt döngüleri yapılarak bu kaynaklar için özel ve sosyal maliyetler belirlenecektir (ayrıntılı bilgi için: <http://www.leem-project.net/cases>).

TARAL-Bitkisel ve Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi ve Entegre Enerji Üretim Sisteminde Kullanımı (BİYOĞAZ)

Müşteri kuruluşu Kocaeli Büyükşehir Belediyesi olan bu proje 2007-2010 yılları arasında TÜBÜTAK MAM Kimya ve Çevre Enstitüsü tarafından yürütülmektedir. Projenin ortakları TÜBİTAK MAM, Akdeniz Üniversitesi, Kocaeli Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi ve Ege Üniversitesi'dir.

Projede hayvansal ve tarımsal kaynaklı atıklara uygun; düşük maliyetli, yüksek verimli biyogaz üretim sistemlerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Projenin ana çıktıları:

- 250 KW Gücünde Biyogaz Elektrik Santrali (Yılda 6-10 bin ton atık işleme, 3-5 bin ton Gübre eldesi),
- 2 Adet laboratuvar ölçekli biyogaz tesisi, teknik raporlar (deneysel çalışmalar, teknolojik ve ekonomik ve yaşam döngü analizleri),

Projeden beklenen yararlar ise şöyle sıralanabilir

- Farklı özellikte atıklardan biyogaz üretililebileceği tesisin demo ve nihai olarak işletme amaçlı kurulması,
- Tesiste enerji üretimi ve ekonomiye kazandırılması,
- Biyogaz üretim teknolojilerinin ülke içinde üretiminin yaygınlaştırılması,
- Biyogaz üretim tesisi kurma yeteneğinin kazanılması,
- Atıklardan enerji üretimi ile, atıkların neden olduğu çevresel sorunların azaltılması, kaynakların rasyonel kullanımı,
- Kırsal kesimin kalkınması ve istihdamın artması,
- Tesiste yan ürün olarak ortaya çıkan ve besin değeri olan gübrenin ekonomiye kazandırılmasıdır.

SONUÇ

Enerji arz güvenliği ve enerjide kaynak çeşitliliğini arttırmak gibi konular göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. Artan enerji talepleri ve enerjinin çevre boyutları da göz önüne alınarak tüm yenilenebilir enerji kaynakları ve özellikle biyo enerji kullanımı ile ilgili gerçekçi projeksiyonların hazırlanması ve hedeflerin belirlenmesi enerjinin sürdürülebilirliği için kaçınılmazdır. Hedefler belirlendikten sonra, Ar-Ge çalışmalarının planlanarak gerekli desteklerin verilmesi, bu çalışmaların koordine edilerek sonuçlarının enerji dünyası için faydaya dönüştürülmesi ile bu hedeflerin gerçekleştirilmesi sağlanabilir. TÜBİTAK tarafından çeşitli kurum ve kuruluşlardan değerli bilim adamlarının katkıları ile hazırlanan VİZYON 2023 raporlarında çeşitli ön görüşler ve yol haritaları verilmiştir. Bu öncelikler ve yol haritaları dünyada yapılan çalışmalar ile de uyumludur.

Biyoyakıtlar konusunda hammaddenin tarımından üretilecek her türlü yakıtın ve enerji kaynağının son kullanıcıya ulaştırılmasına kadar her aşamada üzerinde çalışılması, Ar-Ge yapılması gereken pek çok unsur mevcuttur. Daha kısa sürede yüksek verimle yetişip hasat edilecek enerji bitkilerinin geliştirilmesi, uygun üretim prosesleri ve teknolojilerinin geliştirilerek hammaddenin yüksek verim ve düşük maliyetle yakıtı dönüştürülmesinin sağlanması ve elde edilen yakıtın en uygun son kullanım alanlarında kullanılmasıyla biyoyakıtların enerji dünyasına yapacağı katkı göz ardı edilemez bir büyüklükte olacaktır. TÜBİTAK MAM enstitülerinde ulusal ve uluslararası boyutta biyo enerji ve biyo yakıtlar konusunda uygulamalı Ar-Ge çalışmaları yapılmakta, teknolojiler yakından takip edilmektedir.

KAYNAKLAR

1. <http://www.dpt.gov.tr/>
2. Çağlar, M., 2007, Dünya ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Bakış.
3. Pelkmans, L., “Policies for biofuel for Biofuel Introduction in Europe”, IEA Task 39 Workshop, Biodiesel in Germany Biodiesel in Germany – Learning from a Success Story, 12-14 June 2006, Potsdam, Germany
4. <http://www.enerji.gov.tr/>
5. Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi, Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu, 24 Temmuz 2003, Ankara
6. Şahin, A. “Sanayide Fırsat Açılımları: Biyoyakıtlar ve Türkiye”, 06 Nisan 2007, TOBB-ETÜ, Ankara

PEYNİR ALTI SUYUNUN ANAEROBİK ARITIMI VE BİYOGAZ ÜRETİM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Berna KAVACIK

Arş. Gör.
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,

Bahattin TOPALOĞLU

Doç. Dr.
Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun

ÖZET

Anaerobik kofermantasyon çeşitli atıkların arıtımında ve biyogaz formunda enerji üretiminde kullanılan bir biyodönüşüm prosesidir. Bu çalışmada mezofilik koşullarda 26 litrelik bir anaerobik reaktörde 20 litrelik çalışma hacminde peynir altı suyunun fermantasyonu ve biyogaz üretim potansiyeli incelenmiştir. Deneylerde bakteriyel aşılama yapılmamış, bunun yerine mezofilik sıcaklıklarda anaerobik reaktörde bekletilmiş gübre kullanılmıştır. Hidrolik alıkonma süresi (HRT) 5, 10 ve 20 gün olarak seçilmiştir. En fazla günlük gaz üretimi HRT=5 günde 0,968 l/l/gün olarak oluşmuş, maksimum kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) giderim verimi ise HRT=20 günde % 44 olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Peynir altı suyu, anaerobik arıtım, biyogaz, hidrolik alıkonma süresi

GİRİŞ

Endüstriyel atıksu deşarjı modern dünyanın en önemli çevre problemlerinden bir tanesini oluşturmaktadır. Süt ve süt ürünleri endüstrisi de önemli miktarda atıksu deşarj etmektedir. Peynir üretiminde ortaya çıkan peynir altı suyu (PAS) hiçbir işleme tabi tutulmadan çevreye verildiği takdirde kirlletici potansiyeli yüksek bir atık teşkil etmektedir. Türkiye’de çok sayıda mevcut olan küçük ve orta ölçekli işletmelerde PAS’ın arıtılmadan çevreye verildiğini tahmin etmek mümkündür.

Günümüzde endüstriyel atık suların biyolojik yöntemlerle arıtımı hayli önem kazanmıştır. Özellikle de biyolojik yöntemlerden olan anaerobik arıtım, arıtmadan sonra az miktarda atık oluşması ve oluşan gazın kullanılabilmesi açısından çok önemli hale gelmiştir. Bilhassa yüksek konsantrasyonlu (KOİ>1500 mg/l) atıksu arıtımında anaerobik arıtım aerobik arıtmaya göre daha ucuzdur. Çizelge 1’de 1 ton KOİ giderimi durumunda her iki arıtımın karşılaştırılması sunulmaktadır.

Çizelge 1. Anaerobik Arıtımla Aerobik Arıtmanın Karşılaştırılması (1,2)

	Anaerobik	Aerobik
Güç İhtiyacı	-	1100 kWh
Metan Üretimi	3200 kWh	-
Net Çamur Üretimi	20-150 kg	400-600 kg

Peynir altı suyunun oksijensiz koşullarda çürümesi sonucunda meydana gelen biyogazın alternatif bir enerji kaynağı olduğu bilinmektedir. Peynir altı suyunun oksijensiz koşullarda çürümesinde yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) değerleri kabul edilebilir seviyelere indirgenirken, değerli bir enerji kaynağı da elde edilmiş olmaktadır.

Peynir altı suyu suda çözünebilen süt bileşiklerini içeren çok bileşenli bir karışımdır. Kuru maddesi öncelikle karbonhidrat (laktoz), protein ve çeşitli minerallerden oluşmaktadır. Peynir altı suyu bileşimi Çizelge 2’de verilmektedir (3).

Peynir altı suyunun bileşimi peynire işlenen sütün bileşim ve kalitesi, peynir yapım tekniği, pıhtılaşmada kullanılan maya veya asit miktarı ile kalitesi, pıhtılaştırma süresi ve sıcaklığı gibi birçok parametreye bağlıdır.

Çizelge 2. Peynir Altı Suyu Bileşimi (3)

İçerik	Tatlı PAS (pH 5,9-6,4)	Asidik PAS (pH 4,6-4,8)
Toplam katı (g/l)	63-70	63-70
Protein (Nx6,37) (g/l)	6-8	6-7
Laktoz (g/l)	46-52	44-46
Yağ %	0,2-1	0,1-0,5
Kalsiyum (g/l)	0,4-0,6	1,2-1,6
Magnezyum (g/l)	0,08	0,11
Fosfat (g/l)	1-3	2-4,5
Sitrat (g/l)	1,2-1,7	0,2-1
Laktat (g/l)	2	6,4
Sodyum (g/l)	0,4-0,5	0,4-0,5
Potasyum (g/l)	1,4-1,6	1,4-1,6
Klorür (g/l)	1-1,2	1-1,2

Peynir altı suyunun tek başına anaerobik arıtımı, içinde bulunan laktik asit bakterilerinin organik maddeyi hızla tüketmesi ve bunun sonucunda ortamı hızla asitleştirmesi nedeniyle zor olmaktadır. Dolayısıyla ilave bir bakteri kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ise metan bakterileri yönünden zengin olan gübrenin peynir altı suyuyla karıştırılmasıyla sağlanabilir.

Peynir altı suyu ve gübre karışımında iki fazlı üreteç kullanılarak yapılan bir çalışmada 25 ve 35°C sıcaklıkta, 10, 15 ve 20 günlük bekleme sürelerinde çalışılmış, pH kontrollü ve kontrolsüz olarak peynir altı suyu denemeye alınmıştır. Sonuçta en fazla gaz üretimi pH kontrollü deneylerden elde edilmiştir. Sıcaklıkla biyogaz üretiminin arttığı, ancak metan oranının %60 civarında seyrettiği ve bu oranda fazla bir sapmanın olmadığı gözlenmiştir (4).

Bir başka çalışmada kesikli bir reaktörde peynir altı suyunun arıtımı incelenmiştir. KOİ>2 g/l olduğu durumda seyrelme miktarı azaldıkça KOİ arıtım veriminin de azaldığı görülmüştür. Seyreltilmemiş peynir altı suyu direkt olarak uygulandığında kararlılık problemlerinin ortaya çıkmakta olduğu saptanmıştır (5).

Gübre ve peynir altı suyunun kofermantasyonundan biyogaz oluşumu ile ilgili bir çalışmada, peynir altı suyunun gübreyle karışımının hacimce %50'sine kadar kimyasal ilavesi gerektirmediği ve peynir altı suyu ilavesiyle biyogaz üretim hızının arttığı, %50'den fazla peynir altı suyu ilavelerinde kararsızlık problemleri ortaya çıktığı saptanmıştır (6).

Yapılan literatür taramasında gübre ve 'PAS'ın kofermantasyonu hakkında çok fazla araştırma olmadığı tespit edilmiş, bu nedenle optimum şartları belirlemek amacıyla bu çalışmada gübre ve PAS'ın kofermantasyonu üzerinde çalışılmıştır.

AMAÇ

Çalışmanın amacı; gübre ve su karışımına peynir altı suyu ilavesiyle hem yenilenebilir enerji kaynağı olan biyogaz elde edilmesi hem de peynir altı suyunun değerlendirilerek alıcı ortama gelişigüzel verilmesinin engellenmesidir. Bu amaçla peynir altı suyu gübre ile belirli oranlarda karıştırılarak farklı alıkonma sürelerinde anaerobik reaktörde mezofilik sıcaklıkta işletilmiştir ve optimum alıkonma süresi bulunmuştur.

MATERYAL VE METOD

Deneylerde Kullanılan Peynir Altı Suyu Bileşimi ve Özellikleri

Çalışmada kullanılan hammadde peynir altı suyu ve sığır gübresidir. Peynir altı suyu ve sığır gübresinin özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir. Peynir altı suyu Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt İşletmesinden, sığır gübresi ise aynı fakültenin Hayvan İşletmesinden sağlanmıştır. Yapılan deneylerde peynir altı suyu ve sığır gübresi karışımından biyogaz üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen biyogaz miktarları, metan oranları ve KOİ değişimleri günlük olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Peynir Altı Suyu ve Sığır Gübresinin Özellikleri

Parametre	Peynir altı suyu	Sığır gübresi
KOİ, mg/l	61250	-
pH	6,56	7,1
Katı Madde (%)	5,87	20
Organik Madde (%)	71,55	83
Azot, mg/l	11200	2400
Fosfor, mg/l	337	1020

Organik madde %’ si toplam katı madde içerisindeki orandır.

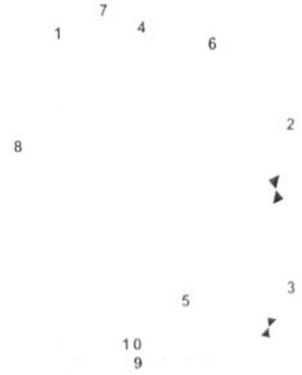
Deney Düzenği

Deneylerde 26 l hacimli özel olarak tasarlanmış, silindirik şeklinde bir reaktör kullanılmıştır (Şekil 1). Reaktörde çalışma hacmi 20 l’dir. Reaktörün ısıtılması tabanında bulunan haznedeki suyun bir rezistans yardımıyla ısıtılması sonucu sağlanmaktadır. Haznede ısınan su üzerindeki karışımı ısıtmaktadır. Reaktör sıcaklık kontrollü olup sürekli olarak 20 devir/dakika hızla karıştırma yapılmaktadır. Ayrıca sistem izole edilmiş olduğundan reaktörde yaklaşık olarak homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanmaktadır.

Gübre içerisindeki metan bakterileri sıcaklığa olduğu kadar ışığa karşı da duyarlıdır. Bu nedenle reaktör ışık geçirmez şekilde tasarlanmıştır.

Anaerobik şartların sağlanması için gübre reaktöre doldurulduktan sonra reaktörün ağzı kapatılarak hava girişi engellenmiştir. Daha sonra peynir altı suyu ilavelerinde reaktörden alttan numune alınıp üst vanadan besleme yapılmıştır. Üstten besleme yapılırken reaktöre hava girmemesi için besleme vanası sıvının içine kadar bir boruyla uzatılmıştır.

Reaktörde oluşan gaz, numunenin üst kısmındaki 6 l’lik hacimde toplanarak basınç artışına neden olmakta, manometrede gösterilen basınç artışı ile oluşan gaz hacmi ideal gaz denklemi yardımıyla hesaplanmaktadır. Ayrıca basınç artışı için geçen süre ölçülerek anlık debi bulunmaktadır. Uzun süreli ölçümlerde ise gaz vanası açık tutulmakta, böylece oluşan biyogaz gaz toplama poşetlerine dolmakta ve gaz sayacında ölçülerek ortalama debi belirlenmektedir.



(1) Biyogaz çıkış borusu, (2) Besleme borusu, (3) Deşarj borusu, (4) Karıştırıcı motor, (5) İki kanatlı karıştırıcı, (6) Sıcaklık ve devir sayısı göstergesi, (7) Basınç göstergesi, (8) Genleşme borusu, (9) İzolasyon, (10) Sıcak su haznesi

Şekil 1. Anaerobik Reaktör

Basal Medium

Basal Medium (BM) tüm yapay hücre kültürünün geliştirilmesinde en çok kullanılan besiyerlerinden biridir. Anaerobik mikrobiyal büyüme için gerekli tüm makro ve mikro elementleri içerir. Basal Medium (BM) 1 l distile suda çözülerek hazırlanmış ve kompozisyonu aşağıda verilmiştir:

Kalsiyum klorit (0,2), magnezyum sülfat (0,09767), potasyum klorit (0,4), sodyum klorit (6,8), sodium phosphate monobasic (0,122), L-Arginine. HCl (0,021), L-Cystine.2HCl (0,01565), L-Glutamine (0,292), L-Histidine (0,008), L-Isoleucine (0,026), L-Leucine (0,026), L-Lysine.HCl (0,03647), L-Methionine (0,0075), L-Phenylalaline (0,0165), L-Threonine (0,024), L-Tryptophan (0,004), L-Tyrosine.2Na.2H₂O (0,02595), L-Valine (0,0235), D-Biotin (0,001), choline chloride (0,001), folic acid (0,001), myo-Inositol (0,002), niacinamide (0,001), D-Pantothenic Acid (0,001), pyridoxal.HCl (0,001), riboflavin (0,0001), thiamine.HCl (0,001), D-Glucose (1,0), phenol red [sodium] (0,011).

Deneysel Çalışma

Deneyslerde 26 l hacimli bir reaktör 10 kg gübre ve 10 litre su karışımıyla doldurularak 15-20 gün anaerobik koşullarda 34°C'de bekletilmiş daha sonra 10 l gübre-su karışımı reaktörden alınarak besleme borusundan 10 l peynir altı suyu ve gübre karışımı ilave edilmiştir. Gübrenin 15-20 gün bekletilmesinin amacı gübre içinde metan bakterilerinin üreyerek anaerobik arıtımı hızlandırmasıdır. Buna karşılık doğrudan gübre ve peynir altı suyu karıştırılarak yapılan ön deneyslerde üretimin 2-3 gün sonunda tamamen durduğu gözlenmiştir. Bunun nedeninin peynir altı suyunun içinde bulunan laktik asit bakterilerinin çok hızlı üreyerek organik maddeyi tüketmesi ve metan bakterilerinin üreyememesi olduğu düşünülmektedir.

Doğrudan gübre ve PAS karışımının kofermantasyonunun başlatılması amacıyla bir başka ön deney PAS'ın ön ısıtılmasıyla gerçekleştirilmiştir. PAS gübre ve su karışımına ilave edilmeden önce 80°C'de 20 dakika kadar ısıtılmıştır. Bunun amacı laktik asit bakterilerinin öldürülerek tüm organik maddenin metan bakterilerince tüketilmesini sağlamak olmuştur. Ancak böyle bir işlemin fazla bir katkısı olmadığı gözlenmiştir.

Deneylerde her gün sodyum bikarbonat ilavesi ile pH ayarlaması yapılmıştır. Peynir altı suyu çok kolay asitleşme eğiliminde olduğundan reaktörde optimum pH sağlanması gerekmektedir. Aksi takdirde asidik ortamda metan bakterileri yaşayamamakta, bu ise prosesin ve biyogaz üretiminin tamamen durmasına neden olmaktadır.

Çalışma kapsamında 5, 10 ve 20 günlük hidrolik alıkonma sürelerinde çalışılmış ve her bir alıkonma süresindeki biyogaz miktarları, biyogazdaki metan yüzdeleri ve KOİ arıtım verimleri belirlenmiştir.

Kimyasal Analizler

Peynir altı suyu ve gübrenin karakteristikleri (KOİ, pH, katı madde, organik madde, azot ve fosfor) ilgili standartlara göre belirlenmiştir (7). Biyogazın metan oranı gaz kromatografisi ile ölçülmüştür.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Reaktör ilk önce 10 kg gübre ve 10 litre su karışımıyla doldurulup 18 gün 34°C’de bekletilmiştir. Daha sonra gaz üretimi maksimum seviyeye ulaştığında (18. gün) deşarj borusundan 10 litre gübre-su karışımı boşaltılıp, besleme borusundan 10 litre peynir altı suyu ve gübre karışımı ilave edilerek kofermantasyon başlatılmıştır.

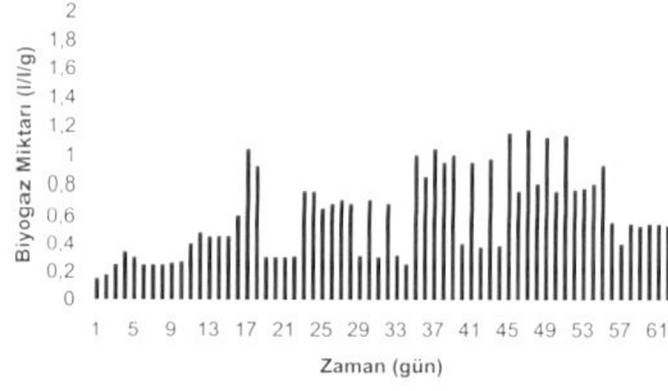
HRT=5 gün için reaktöre her gün 4 l, HRT=10 gün için her gün 2 l ve HRT=20 gün için her gün 1 l karışım üstten beslenip alttan aynı miktarda fermente karışım geri alınmıştır. Beslemeler her gün bir kez ve iki günde bir kez yapılarak gaz oluşum verimine ve biyogazdaki metan oranına bakılmış, optimum besleme ve alıkonma süresi bulunmaya çalışılmıştır.

Deneyler toplam olarak 64 gün sürdürülmüş ve bu süre boyunca gerçekleştirilen deneylerin günlük gaz üretim değerleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekil 2’de görüldüğü üzere hidrolik alıkonma süresi arttıkça günlük gaz oluşum miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

18. gün reaktöre 3 kg gübre+5,6 L peynir altı suyu+1,4 L BM ilave edilmiş yine 10 litre gübre+su karışımı deşarj borusundan alınmıştır. 22. gün HRT=10 gün, 36. gün HRT=5 gün ve 59. gün HRT=20 günlük beslemelere geçilmiş ve deneyler 5 gün sürdürülerek tekrarlanmıştır. Ara günlerde iki günde bir beslemeler yapılmıştır.

Beslemeler her gün ve iki günde bir yapılarak değerler karşılaştırılmış ve her gün yapılan beslemelerde daha iyi verim elde edildiği görülmüştür.

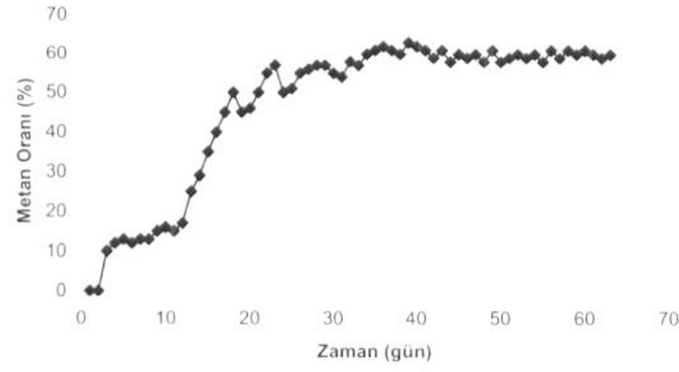
Peynir altı suyu ve gübre karışımına basal medium ilave edilerek basal mediumun fermentasyona etkisi araştırılmış ancak karışım üzerinde yararlı bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Basal medium’un etkisini belirlemek amacıyla 55 ve 57. günlerde 2 l’lık karışım beslenmiş ve karışımlara basal medium ilave edilmemiştir. Sonuçlar ilave edilenlerle edilmeyen karışımlar arasında pek bir fark olmadığını göstermiştir.



Şekil 2. Zamana Bağlı Olarak Gaz Üretim Değerleri

Ayrıca günlük oluşan gazın metan oranları ölçülmüş ve Şekil 3’de gösterilmiştir. Bu şekilden anlaşıldığı üzere metan oranları hidrolik alıkonma süresine göre pek fazla bir değişiklik göstermemektedir. Ancak iki günde bir beslemelerin çoğunda beslemenin ilk gününe göre ikinci günün metan oranının biraz daha fazla olduğu görülmektedir.

Her bir alıkonma süresinde oluşan günlük biyogaz miktarları ve biyogazdaki metan oranları Çizelge 4’de verilmiştir.



Şekil 3. Zamana Bağlı Olarak Biyogazdaki Metan Oranları

Çizelge 4. Ortalama Gaz Miktarları ve Metan Oranları

	HRT (Gün)	Biyogaz (l/l/gün)	Metan (%)	Giriş İçeriği
Her Gün Besleme	5	0,968±0,073	60±1,22	G(kg) 1,6
				PAS(l) 1,12
				BM(l) 0,28
				Su(l) 1
	10	0,699±0,043	59±2,55	G(kg) 0,8
				PAS(l) 0,56
				BM(l) 0,14
				Su(l) 0,5
	20	0,54±0,014	60±1	G(kg) 0,4
				PAS(l) 0,28
				BM(l) 0,07
				Su(l) 0,25
İki Günde Bir Besleme	5	0,948±0,0385	60±1,2	G(kg) 3,2
				PAS(l) 2,24
				BM(l) 0,56
				Su(l) 2
	10	0,662±0,06	59,5±2,1	G(kg) 1,6
				PAS(l) 1,12
				BM(l) 0,28
				Su(l) 1
	20	0,505±0,028	59±2,6	G(kg) 0,8
				PAS(l) 0,56
				BM(l) 0,14
				Su(l) 0,5

G: Gübre, PAS: Peynir altı suyu, BM: Basal Medium

Elde edilen değerler 5 sonucun ortalaması alınarak bulunmuştur. (+) değerler uygulamalar arasındaki standart hatayı gösterir.

Her bir alıkonma süresindeki başlangıç ve son ürünlerdeki KOİ konsantrasyonları bulunmuş ve KOİ giderim verimleri hesaplanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Her bir Alıkonma Süresindeki KOİ Giderim Verimi

HRT (Gün)	Başlangıç KOİ (mg/L)	Son KOİ (mg/L)	Verim (%)
5	33750±420	22500±230	33
10	25250±250	14392±150	43
20	28000±301	15600±181	44

Bulunan değerler 5 günlük ölçümün ortalamasıdır. (+) değerler uygulamalar arasındaki standart hatayı gösterir.

Çizelgeden de görüldüğü üzere en iyi KOİ giderim veriminin hidrolik alıkonma süresi 20 gün olan karışımda gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Hidrolik alıkonma süresi arttıkça KOİ giderim verimi de artmıştır.

Günlük oluşan gaz miktarlarına bakıldığında en çok gazın HRT=5 günde oluşmasına rağmen en iyi arıtım veriminin HRT=20 günde elde edildiği anlaşılmaktadır.

SONUÇ

Deneyler mezofilik sıcaklıkta 5, 10 ve 20 günlük hidrolik alıkonma sürelerinde gerçekleştirilmiş, üretilen gaz miktarları ve arıtım verimleri ölçülmüştür.

Sonuçta hidrolik alıkonma süresi arttıkça biyogaz miktarının azaldığı saptanmıştır. Bunun nedeni düşük hidrolik alıkonma süresine sahip olan karışımın organik yükleme oranının yüksek olmasıdır.

Sürekli besleme süresince deneylerde farklı alıkonma sürelerinde oluşan biyogazın metan oranları arasında önemli bir fark saptanmamış olup metan oranı yaklaşık %60 civarında seyretmiştir.

En fazla biyogaz miktarı HRT=5 günde 0,968 l/gün ve bu gazın metan içeriği %60 olarak bulunmuştur. Hidrolik alıkonma süresi arttıkça KOİ giderim veriminin de arttığı gözlenmiş ve maksimum KOİ giderim verimi HRT=20 günde %44 olarak saptanmıştır.

Gübre ve peynir altı suyu karışımına basal medium (bakterilerin büyümesi için tüm makro ve mikro elementleri içeren temel besiyeri) ilave edilmiş ancak karışımın arıtım verimi üzerinde bir etkisi olmadığı anlaşılmıştır. Bunun nedeni bakterilerin büyümesi için gerekli olan elementlerin yeterli miktarda gübre içinde mevcut olmasıdır.

KAYNAKLAR

- 1- Gökçay, C., Demirel, G.N., Ergüder, T.H., Uzal, N.V. ve Tezel, U., Anaerobik Arıtım Teorik Altyapı ve Uygulamaları Eğitim Semineri Notları, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, 2002, 3-29
- 2- Speece, E.R., "Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater Treatment", Environmental Science and Technology, Vol. 17, No.9, 1983, pp. 416A-26A.
- 3- Yeğin, S., "Peynir Altı Suyunun Değerlendirilmesi," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1995, 4-9.
- 4- Ghaly, A.E., "A Comparative Study of Anaerobic Digestion of Acid Cheese Whey and Dairy Manure In A Two Stage Reactor," Bioresource Technology, 1996, 58: 61-72
- 5- Mockaitis, G., Ratusznei, S.M., Rodrigues, J.A.D., Zaiat, M. and Foresti, E., "Anerobic Whey Treatment by a Stirred Sequencing Batch Reactor (ASBR): Effects of Organic Loading and Supplemented Alkalinity," Journal of Environmental Management, 2006, 79: 198-206
- 6- Gelegenis, J., Georgakakis, D., Angelidaki, I. and Mavris V., "Optimization of Biogas Production by Codigesting Whey with Diluted Poultry Manure," Renewable Energy, 2007, 32: 2147-2160
- 7- APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, 20th Edition, Washington D.C., 1998, 5-13

ATIK YAĞLARIN ÇEVREYE ETKİSİ

Murat KILIÇ, Başak Burcu UZUN, Ayşe Eren PÜTÜN

Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü,
İki Eylül Kampüsü, 26555, Eskişehir.

mkilic3@anadolu.edu.tr; bbuzun@anadolu.edu.tr; aeputun@anadolu.edu.tr

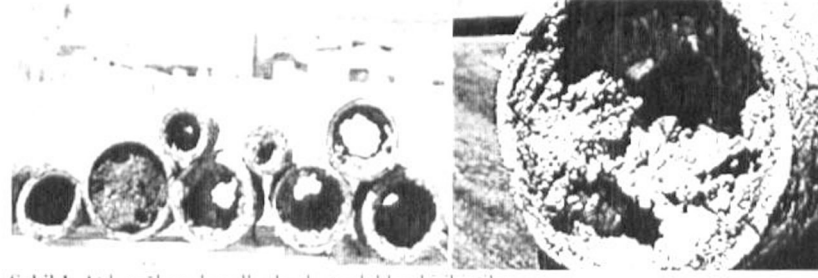
ÖZET

Dünya’da ve ülkemizde bitkisel ve hayvansal yağların kullanımının nüfusa paralel olarak artması, önemli çevresel etkilere neden olmaktadır. Yüksek kaloriye sahip olan bitkisel ve hayvansal yağ atıkları kanala döküldükleri zaman boru iç yüzeyine yapışmakta ve kanal kesitinin zamanla daralıp tıkanmasına neden olmaktadır. Bu yağlar, kanalda mıknaş gibi diğer atıkları tutmalarının yanında, yer altı sularının kirlenmesine de yol açmaktadırlar. Hazır yemek tesisleri, aş evleri, hastane mutfakları ve lokantalar bitkisel ve hayvansal yağların yoğun olarak kullanıldığı yerler olup, bunların atık yağlarının çevreye zarar vermeden geri kazanılması giderek önem kazanmaktadır. Sabun, hayvan yemi ve enerji üretimi alanlarında değerlendirilen atık yağlar, bunların dışında da biyodizel sektöründe yakıt üretimi için hammadde olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmamızda; atık yağların çevreye olan etkileri incelenmiş ve uygun yöntemler araştırılmıştır.

GİRİŞ

Türkiye’de yılda 1,5 milyon ton bitkisel yağ, gıda sektöründe kullanılmakta ve bunun sonucu olarak 350 bin ton atık yağ açığa çıkmaktadır. Kullanılmış bitkisel ve hayvansal atık yağların en fazla olduğu yerler; hazır yemek tesisleri, lokantalar, hazır yemek sanayi, restoranlar, oteller, aş evleri, balık kızartma yerleri ve hastanelerin mutfaklarıdır [1]. Kullanılmış atık yağların çevre üzerine olan etkileri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Atık su giderlerinde ve kanalizasyon hatlarında birikerek boru kesitlerinin daralmasına ve tıkanmalarına neden olmaktadır.
- 1 litre kullanılmış yağ içme sularına karıştığı zaman, 1 milyon litre içme suyunu yani 15 kişinin bir yılda kullanması gereken suyu içilmez hale getirmektedir.
- Kullanılmış bitkisel yağlar atık su kirliliğinin % 25’ini oluşturmaktadır.
- Atık su arıtma tesislerinin yoğun ve hızlı bir şekilde kirlilik yükünü artırarak, işletme maliyetini yükseltmektedir.
- Evsel atıklarla karıştırılması, katı atık depolama sahalarında yangınlara neden olmaktadır.
- Sulara veya kanalizasyonlara döküldüklerinde su yüzeyini kaplayarak güneş ışığının ve havadan oksijenin suya geçişini engeller. Ayrıca suda bozunarak oksijenin hızla tükenmesine neden olur. Bu da deniz, göl ve akarsularda doğal yaşamı tehdit ederek çevre kirliliğine neden olur.
- Belediye kanalizasyon borularını tıkayarak büyük maliyetlere neden olurlar [2]. Şekil 1’de atık yağların kanallarda birikmesiyle oluşturdukları tıkanıklıklar gösterilmiştir.



Şekil 1. Atık yağların kanallarda oluşturdukları birikintiler.

Ülkemizde de atık yağların oluşturduğu etkilerin azaltılması için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu etkileri azaltmak ve önlemek amacıyla Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Resmi Gazete'nin 19 / 04 / 2005 tarih ve 25791 nolu sayısında yayınlanan "Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı; bitkisel ve hayvansal atık yağların üretiminden bertarafına kadar, çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortamına verilmesinin önlenmesini, bu atık yağların yönetiminde gerekli teknik ve idari standartların oluşturulmasını, geçici depolama, geri kazanım ve bertaraf tesislerinin kurulması ve bu tesislerin çevreyle uyumlu yönetimi için buna yönelik prensip, politika ve programların belirlenmesi için hukuki ve teknik esasların düzenlenmesini sağlamaktır [3].

Atık yağlar genellikle sabun, hayvan yemi ve enerji üretiminde kullanılmakta olup; oldukça yüksek kalorifik değere sahiptir. Petrol yönünden fakir ülkeler için dışa bağımlılıklarının azaltılması ve tarımla uğraşanlar içinde yeni iş sahalarının açılması bakımından biyodizel sektörü giderek önem kazanmaktadır. Türkiye için özellikle atık yağların yakıt üretiminde kullanılması ve bunun devlet tarafından teşvik edilmesi sürdürülebilir kalkınma için büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizin sadece sivil kesiminde yılda 5 milyon ton benzin, 10 milyon ton motorin kullanılmaktadır. Toplam olarak Türkiye'de yaklaşık yılda 35 milyon ton petrol tüketilmektedir. Ülkemiz petrol tüketiminin % 8,6'sını yerli üretim ham petrol ile % 91,4'ünü ise ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Her yıl yaklaşık 23 milyon ton ham petrol ve 5,7 milyon ton petrol ürünü ithal edilmekte ve bunun için 5,9 milyar ABD doları ödenmektedir [4]. Türkiye ham petrol açısından dışa bağımlı bir ülke konumunda olduğundan dolayı, acil olarak bu bağımlılığı azaltacak çevre dostu yeni alternatifler geliştirmek zorundadır.

Gelecek nesiller için fosil yakıt kaynaklarından, kömürün 150 yıl petrolün ise 50 yıl sonra tükeneceği ve gelişen teknoloji ile birlikte ham petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki artışlarla birlikte, kömür ve nükleer enerji kullanan tesislerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri düşünüldüğünde; yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin kullanılması zorunlu hale gelmiştir [5]. Dünyada son yıllarda yaşanan petrol fiyatlarındaki aşırı dalgalanmaların yarattığı ekonomik krizlere ve petrolün aşırı tüketiminin yarattığı çevresel sorunlara çözüm bulmak amacıyla fosil yakıtlara alternatif olarak bitkisel yağlar özellikle son 20 yıldır petrol dizeline eşdeğer yakıt üretiminde kullanılmaktadırlar. Bilindiği gibi biyodizel olarak adlandırılan bu yenilenebilir yakıt; kanola, ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağların, hayvansal yağların veya atık kızartma yağlarının bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır [6].

Avrupa Birliği'nin 2003/30/EC direktifi 2005 sonunda piyasaya arz edilen fosil yakıtların yerine % 2 biyoyakıt konulması zorunluluğunu getirmiştir. Her yıl bu oran;

2006 yılında % 2,75

2007 yılında % 3,50

2008 yılında % 4,25

2009 yılında % 5,00

2010 yılında % 5,75

artarak devam edecektir. Dolayısıyla 2005 yılı verilerine göre yılda 12 milyon ton dizel kullanan Türkiye'nin 2005 yılı verilerine göre 240 bin ton, 2006 yılı verilerine göre ise 330 bin ton biyodizeli ulaşımında kullanması gerekmektedir. 2010 yılına kadar kullanılan dizel miktarı değişmezse 2010 yılında kullanılması gerekli biyodizel miktarı 690 bin ton olacaktır [1].

Bir tarım ülkesi olan Türkiye biyodizel üretimi ve kullanımı için yeterli ve uygun bir altyapıya sahiptir. Ancak bitkisel yağlardan elde edilen biyodizelin maliyeti petrol dizelinin maliyetinden yüksektir. Almanya kanola yağına dayalı biyodizel üretiminde lider konumundadır. Haziran 2007 satışlarına göre bir litre petrol dizeli 1,95 YTL iken bu rakam biyodizel için 2,15 YTL'dir. Gıda açığı olan ve bitkisel yağ ihtiyacının kendi üretimi dışında yurt dışından tedarik eden Türkiye için biyodizel üretimi bahsedilen rakamların da üzerinde olacaktır. Ayrıca TBMM'de kabul edilen kanun ile biyodizele litre başına 0,6498 YTL Özel Tüketim Vergisi getirilmesi biyodizelin maliyetini arttıran bir başka etkidir [7]. Bu nedenle sadece biyodizel üretmek yerine üretim maliyetini düşürücü çalışmaların da yapılması gerekmektedir. Bu amaçla izlenebilecek bir yol, vergi indiriminin dışında, gıda açığına yol açmayacak ve bu etkiyi arttırmayacak gıda da kullanılmayan ürünler üretip kullanmak; bir diğer yol ise ülkede tüketilen bitkisel yağlar sonucunda oluşan atık yağlardan biyodizel üretmektir.

Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan biyodizel üretmenin sağlayacağı avantajların bir kısmı aşağıda şekilde sıralanabilir;

- Tesislerin atık yönetiminin daha sağlıklı hale getirilmesi
- Su ve toprak kirliliğinin minimize edilmesi
- Atmosfere salınan zararlı gazların minimize edilmesi
- Atıkların ekonomiye kazandırılarak, döviz kazancı elde edilmesi
- İstihdam yaratılması, olarak sayılabilir.[8]

Yukarıda verilen kazanımlara ek olarak biyodizel sera etkisini arttırmaz, egzozlardan atılan duman ve kurumu % 70 oranında azaltır, araçlarda motor ömrünü uzatır, vuruntuyu önler ve aracın sessiz çalışmasını sağlar. Bu özellikleri ile birlikte biyodizel, dizel yakıtına belirli oranda eklenerek kullanıldığında, dizel yakıtının özelliklerini düşürmediği ve egzoz emisyonlarından CO, HC ve partikül madde miktarında azalma sağladığı saptanmıştır [9,10].

SONUÇ

Avrupa Birliği zorunlu biyoyakıt kullanımını 2030'da % 30'a çıkarmayı hedeflerken, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı verilerine göre, Türkiye'de petrol yakıtlarına 2007'de % 3,5 ve 2010 yılında % 5,75 biyoyakıt katılması hedeflenmektedir. Bu oran dikkate alındığında 2007 yılı için 280 bin ton biyodizele bunu sağlayabilmek için de 366 bin hektar alanda kolza veya aspir gibi yağlı tohumlu bitkilerin yetiştirilmesine gereksinim vardır. Ancak 2006 yılında kolza üretimi henüz 5400 hektar alanda yapılabilmektedir [7]. Bu nedenle Türkiye'de yağlı tohum üretimini acil olarak arttırmalı ve yağlı tohum üretimi için yeni alanlar yaratılmalıdır.

Bu atıkların açık sulara (deniz, göl ve akarsu gibi), kanalizasyon kanallarına atılmaları engellenmelidir. Özellikle belediyeler kaynağı hazır yemek tesisleri, lokantalar, hazır yemek sanayi, restoranlar, oteller, aş evleri, balık kızartma yerleri ve hastaneler olan bu tesislerin Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yürürlüğe giren "Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği" ile atık yağlarını toplamalarını şart koşmalıdır.

Kendi öz kaynaklarımızdan elde ettiğimiz petrol ülkemiz ihtiyacının yok denebilecek kadar küçük bir kısmını karşılamaktadır. Oysa günümüzde dizel tüketimi 10 milyon tonun üzerindedir ve bu tüketim

gelişen teknoloji ve artan nüfusa paralel olarak sürekli artmaktadır. Bu tüketim miktarının % 15–20 arası bir miktar biyodizel üretilebilir. Üretilen biyodizel ise petrol dizeli ile karıştırılarak kullanıldığında mevcut dizel yakıtlarının kalitesini Avrupa Birliği tarafından belirlenmiş standartlara taşıyacak ve yapılan üretim tamamen yerli olmasından dolayı dışa olan bağımlılığımızı azaltacaktır. Aynı zamanda çevre üzerine olumsuz etkisi olan atık hayvansal ve bitkisel yağların değerlendirilip çevreyi kirlilemeden ekonomik değer kazandırılması sağlanmış olacaktır. Bu nedenle biyodizel üretimi için kullanılacak yağ bitkilerinin tarım alanları arttırılarak üretimi teşvik edilmeli, bununla birlikte atık yağ potansiyelimiz belirlenerek, biyodizel üretiminde değerlendirilmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] ÖZTÜRK, M., “*Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağdan Biyodizel Üretimi*”, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara (2006).
- [2] <http://cevre.nilufer.bel.tr>, Nilüfer Belediyesi Bitkisel Atık Yağ Faaliyetleri.
- [3] “*Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği*”, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- [4] KILLI, F., “*Biyodizel Üretiminde Kullanılabilecek Yağ Bitkileri ve Yakıtlarla İlişkili Önemli Özellikleri*”, Enerji Bitkileri ve Yeşil Yakıtlar Sempozyumu, 41-48, İzmir, (2006).
- [5] UZUN, B.B., KILIÇ, M. PÜTÜN, A.E., “*Ayçiçeği Yağından Transesterifikasyon Yöntemiyle Biyodizel Üretimi*”, 1. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, Samsun (2007).
- [6] ÇANAKÇI, M., V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, (2004).
- [7] BOURNE, J.K.JR., “*Yeşil Düşler*”, National Geographic, 111-129, Ekim (2007).
- [8] “*Kullanılmış Atık Yağlardan Biodiesel Üretimi*”, Antalya Tanıtım ve Turizm Geliştirme A.Ş. Atık Geri Kazanım Projesi.
- [9] KILIÇ, M., UZUN, B.B., PÜTÜN, A.E., “*Biyodizel-Dizel Karışımlarının Yoğunluk, Parlama Noktası ve ısı Değer Özelliklerinin Belirlenmesi*”, IV.Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Kayseri (2007).
- [10] ÇANAKÇI, M., VAN GERPEN, J.H., “*Comparison of Engine Performance and Emissions for Petroleum Diesel Fuel, Yellow Grease Biodiesel and Soybean Oil Biodiesel*”, Trans. Of ASAE, 46 (4), 937-944 (2003).



TMMOB
KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI



TMMOB
ZİRAAT MÜHENDİSLERİ ODASI

BİYOYAKITLAR ve BİYOYAKIT TEKNOLOJİLERİ SEMPOZYUMU



BİLDİRİLER KİTABI

12-13 ARALIK 2007