T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MELASTAN ETİL ALKOL ELDESİ VE BİYODİZEL ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

Kemal ATEŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Konya, 2007

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MELASTAN ETİL ALKOL ELDESİ VE BİYODİZEL ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

KEMAL ATEŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 18/04/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Mustafa YILMAZ	**Doç.Dr. Ahmet GÜLCE**	**Yrd.Doç.Dr. Ufuk Sancar VURAL**
(Üye)	**(Üye)**	**(Danışman)**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MELASTAN ETİL ALKOL ELDESİ VE BİYODİZEL ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

Kemal ATEŞ

Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ufuk Sancar VURAL

2007, 68 Sayfa

Bu tezde melastan etil alkol ve hayvansal yağlardan biyodizel üretimi araştırılmış, hayvansal yağlardan etanol yardımıyla elde edilen biyodizelin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

Saccharomyces cerevisiae mayası kullanılarak şeker pancarı melasından fermantasyonla %90,69 verimle etanol üretildi. Hayvansal yağ esteri ve üretilen bu etanolün karışımlarının fiziksel özellikleri, dizel yakıtın viskozitesiyle aynı viskoziteye sahip ester/etanol karışımını bulmak için tayin edildi. Hayvansal yağ esteri ve etanolün %65:35'lik (v/v) karışımının dizel yakıtla aynı viskozite değerini verdiği gözlendi. Hayvansal yağ esteri ve etanol karışımının bir dizel yakıtı türevi olabileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Melas, Saccharomyces cerevisiae, Fermantasyon, Etanol, Hayvansal yağ, Transesterifikasyon, Biyodizel

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

ETHYL ALCOHOL PRODUCTION FROM MOLASSES AND ITS USAGE IN THE PRODUCTION OF BIODIESEL

Kemal ATES

Selcuk University
Graduate School of Chemical Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ufuk Sancar VURAL

2007, 68 Page

In this thesis, production of ethanol from molasses and production of biodiesel from animal fats was searched. In addition, physical and chemical properties of biodiesel obtained from animal fats and bioethanol were investigated.

During the investigation, ethanol was produced - with an efficiency of 90,69% - from beet molasses by means of fermentation of Saccharomyces cerevisiae yeast. The physical properties of the animal fat ester and the produced ethanol were also determined in order to confirm that the viscosity of an ester/ethanol mixture has the same value with that of diesel fuel. Then, the viscosity values of diesel fuel and animal fat ester – ethanol mixture (65:35%, v/v) were compared and it was observed that the former and the latter has the same viscosity. As a result, it has been observed that the mixture of animal fat ester and ethanol is a derivative of diesel fuel.

Keywords: Molasses, Saccharomyces cerevisiae, Fermentation, Ethanol, Transesterification, Animal fat, Biodiesel

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmam boyunca her konuda değerli yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Ufuk Sancar VURAL hocama saygı ve şükranlarımı sunarım.

Eğitim ve Öğrenim hayatımın ilk gününden itibaren çeşitli fedakârlıklarda bulunarak bana her konuda destek olan sevgili aileme ve eşime de teşekkür ederim.

Kemal ATEŞ

Konya, 2007

İÇİNDEKİLER

ÖZET
ABSTRACT
ÖNSÖZ
İÇİNDEKİLER
1.GİRİŞ……...1

2.TEORİK BİLGİLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI……4
2.1. Melas…….....4
2.1.1. Karbonhidrat Metabolizması ...…….……..…...5
2.1.2. Fermantasyon Teknolojisi……...…….7
2.1.2.1. Fermantasyonun Tanımı……..7
2.1.2.2. Sakkarozun Alkolik Fermantasyon Mekanizması…..……..…..…....9
2.1.2.3. Etanol Metabolizması…….…..... 10
2.1.2.4. Melasın hazırlanması, Aşılama ve fermantasyon……....11
2.1.2.5. Biyolojik Reaktörlerin Tanımı ve Sınıflandırılması……...12
2.1.2.6. Fermantasyon Yoluyla Endüstriyel Boyutlardaki Önemli Üretimler……..14
2.1.3. Fermantasyon Mikrobiyolojisi…….…….....15
2.1.3.1. Fermantasyonda Kullanılan Mikroorganizmalar……15
2.1.3.2. Mayalar……...……..15
2.1.4. Etanolün Kullanım Alanları…….....19

2.2. Biyodizel……..……...20
2.2.1. Biyodizelin Genel Kullanım Özellikleri…..……...21
2.2.2. Biyodizelin Diğer Yakıt Türlerine Göre Üstünlükleri……23
2.2.3. Biyodizelin Emisyonları…….....24
2.2.4. Biyodizel Pazarının Üretim Ve Tüketim Alanları……..26
2.2.5. Biyodizelin Yakıt Özellikleri…….. ……...27
2.2.6. Etanol-Dizel Ve Biyodizel-Dizel Karışımları…….....29
2.2.7. Hayvansal Yağ Esteri ve Dizel Yakıt Karışımlarının Fiziksel Özellikleri…..31
2.2.8. Biyodizel Üretim Yöntemi……..34
2.2.8.1. Alkol ve Katalizörün Karıştırılması…….36
2.2.8.2. Reaksiyon…….…36
2.2.8.3. Ayırma……..…37
2.2.8.4. Alkolün Uzaklaştırılması…….…38
2.2.8.5. Gliserin Nötralizasyonu…… ...…38
2.2.8.6. Etil Ester Yıkama İşlemi……..…39

2.3. Kaynak Araştırması…..……..……40

3.MATERYAL METOT……48
3.1. Materyal……...48

3.2. Metot……48
3.2.1. Mayaların Çoğaltılması……48
3.2.2. Fermantasyon İşlemi……48
3.2.3. Hayvansal Yağlardan Biyodizel Eldesi……49
3.3. Fiziksel Özelliklerin Tayini……49

3.4. Biyodizel, Alkol ve Dizel Karışımları……52

4.SONUÇ TARTIŞMA…….... 53
4.1. Etanole Dönüşüm Oranı…….. 54
4.2.GC (Gaz Kromatografisi) Sonuçları……55
4.3. Biyodizele Dönüşüm Oranı……. 57
4.4. Viskozite……..58
4.5. Yoğunluk……..58
4.6. Donma Noktası…… 59
4.7. Bulutlanma Noktası……. 59
4.8. Akma Noktası…….. 60

5.EKLER……..61
EK 1.Çeşitli Ülkelerde Uygulanmakta Olan Dizel ve Biyodizel Standartları.....61
EK 2.TS EN 14214 Biyodizel Standardı…….....62

6.KAYNAKLAR…….....63

1. GİRİŞ

Son yıllarda fosil yakıt stoklarının azalmasıyla birlikte enerji bunalımının büyümesi yanında rezervlerin gelecek için yeterli olmayacağı tartışması, geleneksel olmayan diğer enerji kaynaklarının uygun ve verimli bir biçimde kullanılması üzerine araştırmaların yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Günümüzde enerji ve temel kimyasal üretimlerin en az bir bölümünün tarımsal ürünler veya bunların atıklarından karşılanması elverişli ve avantajlı bir duruma gelmiştir. Karbonhidratlardan elde edilen etanolün petrol yerine kullanılabileceğinin tespiti üzerine bazı ülkeler fazla miktarda alkol üretimi için geniş kapsamlı projeler hazırlamışlardır (Clement, 1993).

Günümüzde üretilen etanolün %90'ından daha fazlası fermantasyon yöntemiyle sağlanmaktadır. Çeşitli şekerleri içeren meyve ve sebzeler; patates, tahıllar vb. nişasta içeren sebze ve tohumlar, selüloz içeren sap, saman, tarımsal atıklar gibi çeşitli özellikteki hammaddeler teorik olarak etil alkol üretiminde kullanılabilmektedir. Ancak hangi tür hammaddenin kullanılabileceğini ekonomik koşullar belirlemektedir. Örneğin ülkemizde içki olarak kullanılacak etanol üretiminde, kuru üzüm, endüstriyel üretimde ise şeker pancarı melası kullanılmaktadır. Etanol üretiminde, birim maliyeti etkileyen faktörlerden en

önemlisi hammadde olduğundan, kaliteli, kolay bulunabilen, ucuz hammaddeler ele alınmalıdır (Dönmez, 1993).

Endüstriyel boyutlarda etanol üretimi, birçok Avrupa ülkesinde daha ortaçağda başlamışken, ülkemizde ancak son yüzyılda başlamıştır. Ülkemizde üretimde olduğu gibi, bu konuda yapılan araştırmalarda da geç kalınmış ve alkol üretimi ile ilgili araştırmalar sınırlı kalmıştır (Şahin ve Özçelik, 1979).

Yerli kaynaklara dayalı enerji üretimi bakımından ülkemizde bugün için en bol ve en ucuz alkol hammaddesi olan melas önemli bir potansiyel göstermektedir. Şeker endüstrisi yan ürünü olan melas ortalama 400-500 bin ton/yıl miktarda olmasına rağmen bunun ancak 1/3'ü alkol için işlenmektedir. Bu sebeple şeker sanayi yetkilileri için bir problem olduğu belirtilmektedir (Taygun, 1974).

Teknik düzeyde, küçük miktarlarda (%2-15) alkolün benzine karıştırılmasıyla, havayı kirletici etkisi bilinen kurşun tetraetilin benzine karıştırılmasından kurtulma imkanı veren daha iyi bir yakıt elde edilir. Alkolün bunun gibi küçük dozlarda karıştırılması durumunda, yanmalı motorlarda önemli değişiklikler yapmaya gerek yoktur. Motorlu taşıtlarda alkolün petrol ürünlerine katkı olarak veya tümüyle onların yerine kullanılabilmesinin gerçekleşmiş olması, gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerini düzeltmeleri açısından önemli bir imkanın doğmasını sağlamıştır. Konunun ekonomik yönünden başka stratejik yönü de önemlidir. Uluslararası düzeydeki petrol kaynaklarının tükenmesi, çatışmalar, petrolün taşınmasındaki güçlükler ve doların aşırı değer kazanması gibi siyasal ve ekonomik koşullar, özellikle enerji gereksinimini dış kaynaklardan sağlamak zorunda kalan ülkelerin dışa bağımlılığını ortadan kaldırmaları gereğini ortaya çıkarmaktadır. Bu gereklilik,

ülkelerin savaşta ve barışta geleceklerini güvence altına almaları için kaçınılmazdır (Clement, 1993).

Dünya üzerinde özellikle taşımacılık ve enerji üretimi amacıyla kullanılan içten yanmalı motorlarda enerji, petrol ürünlerinden sağlanmaktadır. Petrolün sınırlı rezervi ve fiyatındaki dalgalanmalardan dolayı petrolün yerini tutabilecek ve içten yanmalı motorlarda kullanılabilecek enerji kaynakları üzerinde çok çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Buji ile ateşlemeli motorlarda, etil alkol, metil alkol, hidrojen, LPG, doğal gaz ve biyogaz gibi yakıtların kullanılabilirliği araştırılmış ve bazı ülkelerde alkole dayalı, metil ve etil alkol yakıt olarak kullanılmıştır. Yine bir kısım ülkelerde LPG ve doğal gaz buji ateşlemeli motorlarda yakıt olarak kullanılmakta ve kullanımı her geçen gün artmaktadır (Yücesu ve Ark 2001).

Mevcut enerji kaynaklarının sınırlı olması ve yaşanan enerji krizlerinden sonra yeni enerji kaynaklarına ilgi de artmaktadır. Bu kaynaklar arasında biyokütle en büyük potansiyele sahiptir. Bu biyokütle kökenli en önemli alternatif yakıt dizel motorları için üretilen ve biyodizel, biyomotorin, diesel-bi olarak adlandırılan alternatif yakıttır. Kullandığımız ithal enerjinin fiyatı ve emisyon değerleri nelerdir? Yerli potansiyelimizi nasıl değerlendirebiliriz? Sorularına cevaplar bulmak ülkemizin geleceği açısından önem arz etmektedir (Oğuz, 2004).

2. TEORİK BİLGİLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Melas

Melas; şeker üretiminde, teknik ve ekonomik şartlar altında şuruplardan maksimum kristal şeker alındıktan sonra geriye kalan ana şuruptur. Başlıca fermantasyon teknolojisinde en önemli hammaddelerden biri olarak kullanılmasının yanında, üre gibi azotlu bileşiklerle karıştırılarak hayvan yemi olarakta değerlendirilmektedir. Ayrıca melasın içerdiği şekerin kimyasal yoldan ya da iyon değişimi yoluyla kristalleştirilip kazanılması yararlı olmakta ve ticari olarak uygulanmaktadır (Norris, 1985).

Şeker fabrikalarında şeker pancarından, kristal şeker elde edilirken, hasat şekli, depolama şartları ve şeker elde etme yöntemine bağlı olarak kristallendirilemeyen en son şurup şeklinde yaklaşık %4 oranında melas kalır (Schneider, 1971).

Melas alkol üretimi yanında, çeşitli mikroorganizmalar kullanılarak aerobik ve anaerobik fermantasyonla protein ve çeşitli kimyasal maddelerin (formik asit, asetik asit, sitrik asit, glukonik asit, glukarik asit, okzalik asit, aseton, glikol vs.) üretiminde ilaç sanayinde (antibiyotikler), döküm kaplamada bağlayıcı madde ve pürüzsüz yüzey çıkarmada kullanılmaktadır (Gürel, 1996).

Melasın bileşimi; inorganik maddeler, su, şeker ve şeker dışı organik maddelerden oluşan kompleks bir karışımdır. Melas, ortalama %75-80 kuru madde ve bu kuru maddenin %48-52'si toplam şeker ve %25-28'i şeker dışı maddelerden oluşur. Melasta şeker olarak başlıca sakaroz bulunur. Şeker dışı maddeler hücre gelişimini ve fermantasyonu uyarıcı ve baskılayıcı maddelerden oluşur. Örneğin

azot maddeleri fermantasyonu uyarırken, eser elementlerin toksit miktarları baskılayıcıdır. Ticari amaçla kullanılan melasta toplam şeker %47'den daha az, pH değeri 6,8'den aşağı olmamalı ve SO_2 içeriği %0,15'i geçmemelidir (Pamir, 1978).

Büyük bir bölümü betainden oluşan melastaki toplam azot miktarı %1,2-2,4 arasında bulunmaktadır (Fidan ve Şahin, 1979).

Melasta nitrat %0,8 ve nitrit %0,03'ten fazla olmamalıdır. Melasların uçucu asitleri (asetik asit, bütirik asit) toplam olarak %0,1-0,3'ten fazla olmamalı, eğer uçucu asit miktarı %0,35-1,0 arası ise melas ön işlemlere (asitlendirme ve kaynatma) tabi tutulmalıdır. %0,005'ten fazla bütirik asit mayayı olumsuz yönde etkiler, %1 bütirik asit ise fermantasyonu tamamen durdurur. Ülkemizde şeker fabrikalarında elde edilen melaslar genelde bu olumlu miktarları içermektedirler. Melasta, sadece uçucu asitlerin miktarları fazladır ve inorganik fosfor miktarı da düşüktür. Fermantasyonda bu olumsuz durumları düzeltmek için melas önce asitlendirilir ve kaynatılır. Böylece uçucu asitler uzaklaştırılmış olur. Fermantasyondan öncede ortama inorganik fosfor kaynağı olan maddeler ilave edilerek de fosfor eksikliği tamamlanmalıdır (Taygun, 1974).

2.1.1 Karbonhidrat Metabolizması

Genel formülü $C_nH_{2n}O_n$ şeklinde olan polihidroksi aldehit veya polihidroksi ketonlara karbonhidrat denir, burada n>2'dir. Karbonhidrat molekülündeki 'n' üçten birkaç bine kadar değişebilmekte ve bunun sonucu olarak çok farklı büyüklüklerde karbonhidrat moleküllerine rastlanmaktadır. Hayvansal ve bitkisel dokularda yaygın

bir şekilde bulunan karbonhidratlar, monosakkaritler, oligosakkaritler ve Polisakkaritler olmak üzere 3 ana bölüme ayrılmaktadır (Tüzün, 1992).

Monosakkaritler: Bu sınıfa girenler $C_nH_{2n}O_n$ formülüne tamamen uyarlar ve karbon sayıları 3-7 arasında değişir. 4 ve 7 karbonlulara tabiatta çok ender rastlanır. Heksozlardan yalnız D-glukoz ve D-fruktoz serbest ya da oligo ve polisakkaritlerin birimi halinde kanda ve meyve sularında doğal olarak bulunur. Biyokimyasal olaylarda önemli rol oynayan bazı monosakkaritler şöyle verilebilir; L-arabinoz, D-riboz, D-ksiloz, D-fruktoz ve D-deoksiriboz (Tüzün, 1992).

Oligosakkaritler: Yapısında 2-10 arasında monosakkarit içeren karbonhidrat bileşikleridir. Disakkaritlerin en önemlileri sakaroz, maltoz ve laktozdur. Kamış yada pancar şekeri olarakta bilinen sakkaroza birçok bitkide rastlanmaktadır. Sakkaroz birer molekül α-D-glukoz ile β-D-fruktozun 1α-O-2β şeklinde bağlanarak birer molekül suyun ayrılıp bu iki monosakkaritin birleşmesi sonucunda oluşmaktadır. Bu birleşme sonucunda glukoz ve fruktozda serbest halde bulunan hidroksi grupları asetal bağı oluşturdukları için sakkaroz indirgen özellik göstermez (Tüzün, 1992).

Sakkarozun kararlılığı, ortamın pH değeri ile yakından ilgilidir. Ortam nötral veya bazik olduğunda sakkaroz molekülü dayanıklı bir yapıya sahiptir. pH 7'nin altında düştüğünde 1 mol H_2O alarak kendini oluşturan glukoz ve fruktoza dönüşür. Ancak bu dönüşüm, pH 4,5-5,0 değerine yaklaştığında yavaş, 4'ün altında ise çok hızlı cereyan eder. Bu olaya "inversiyon" denir. Oluşan glukoz ve fruktoz karışımı ise invert şeker olarak adlandırılır. Sakkarozun inversiyonunda, ortamın pH değeri yanında sıcaklıkta önemlidir. Yüksek sıcaklıklarda invert şekerin parçalanması sebebiyle inversiyonun 55-60°C sıcaklıkta yapılması gerekmektedir (Tüzün, 1992).

Polisakkaritler: Pekçok sayıda monosakkarit yada türevlerinin glukozit bağı ile birbirlerine bağlanmasıyla oluşturdukları yüksek kütleli maddelere polisakkarit denilmektedir. Eğer birleşen birimlerin hepsi aynı ise homopolimer, farklı ise heteropolimer meydana gelir. Biyohomopolisakkaritlerin en önemlileri nişasta ve selülozdur (Tüzün,1992).

2.1.2 Fermantasyon Teknolojisi

2.1.2.1 Fermantasyonun tanımı

Hücre içine giren glukoz stoplazmada bir seri tepkimeye girerek sonuçta pürivik aside dönüşür. Maya hücreleri oksijensiz solunum yapabildikleri için, pürivik asit kademesinden ancak biraz daha ileri bir parçalanmayı gerçekleştirebilirler. Fermantasyonda son elektron alıcısı, oksijenin yerine, hayvanlarda laktik asit, mayalarda etanol, bazı bakterilerde gliserol ya da sirke bakterilerinde asetik asittir. Maya hücrelerinde pürivik asit önce dekarbolsile (CO_2 çıkarılarak) edilerek asetaldehite dönüşür. Daha sonra asetaldehit etanole indirgenir. Bu enzim olmadığı için hayvanlarda ve insanlarda asetaldehit ve etanol meydana gelmez. Ancak oksijenin varlığında asetil koenzim A'yı meydana getirecek enzimler vardır. Bu tip oksijensiz solunuma "fermantasyon" denir.

Standart bir mikroorganizmayla başlayıp, uygun ortamlar sağlayıp, biyolojik değişime uğratıp istenilen ürünün elde edilmesi fermantasyonun temelini oluşturur. Alkol fermantasyonunda yer alan esas reaksiyon;

$$\underset{\text{sakkaroz}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{invertaz}} \underset{\text{D-glukoz}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{D-fruktoz}}{C_6H_{12}O_6}$$

Fermantasyon:

$$\underset{\text{Glukoz, Fruktoz (Monosakkarit)}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Etanol (Alkol)}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2 \quad \Delta H = -31{,}2 \text{ kcal}$$

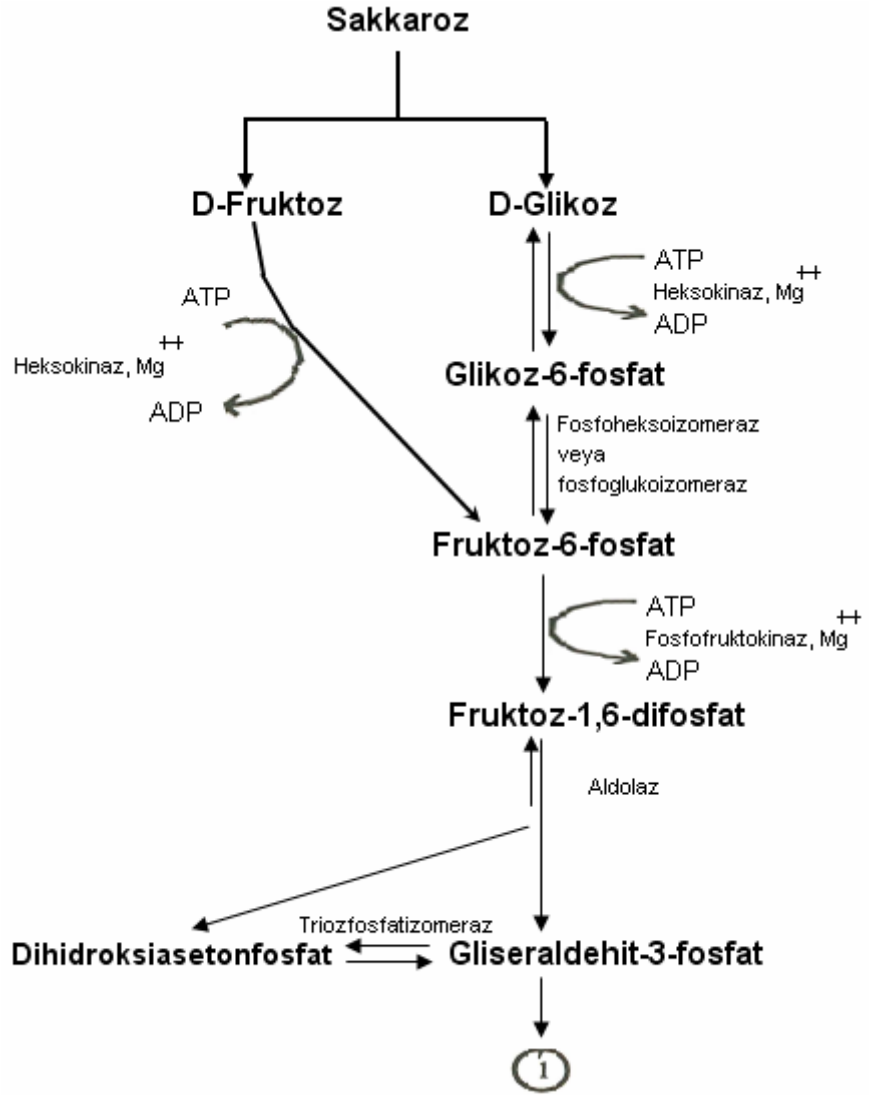
Fermantasyon sonuna doğru, asidite ve gliserin miktarında artma olur.

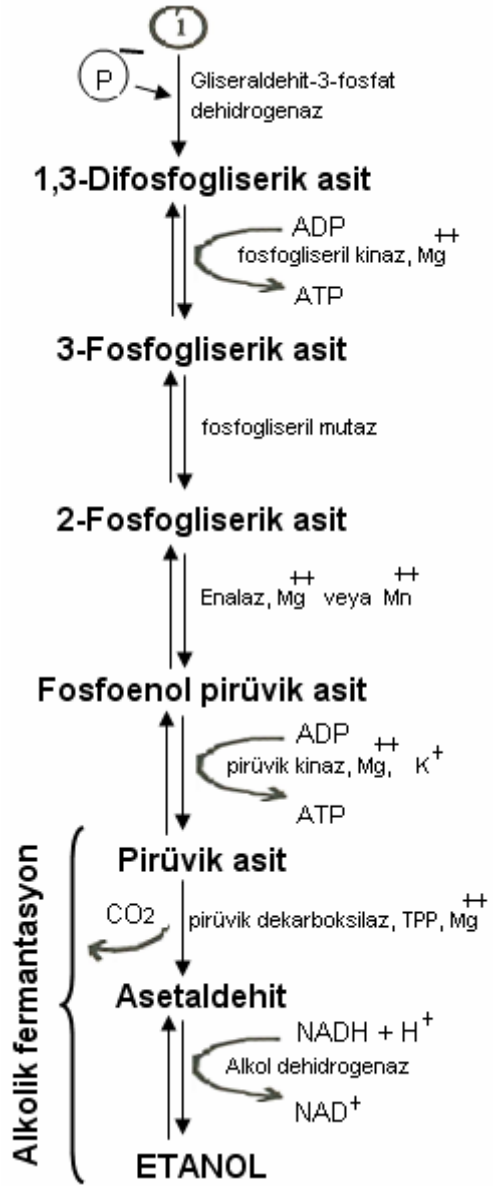
$$\underset{\text{Glukoz}}{2\,C_6H_{12}O_6} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{Etanol}}{C_2H_5OH} + \underset{\text{Asetikasit}}{CH_3COOH} + 2CO_2 + \underset{\text{Gliserin}}{2C_3H_8O_3}$$

Alkol fermantasyonun da her zaman az miktarda gliserin bulunur (Asan, 1997).

2.1.2.2 Sakkarozun Alkolik Fermentasyon Mekanizması

Maya hücreleri ortamdaki sakkarozu invertaz enzimleri yardımıyla D-glukoz ve D-fruktoza dönüştürürler. Bu olayın adı inversiyondur. Bundan sonraki (etanol elde edilinceye kadar) tüm basamaklar enzimleriyle birlikte aşağıdaki Şekil 2.1'de verilmiştir (Tüzün,1992).

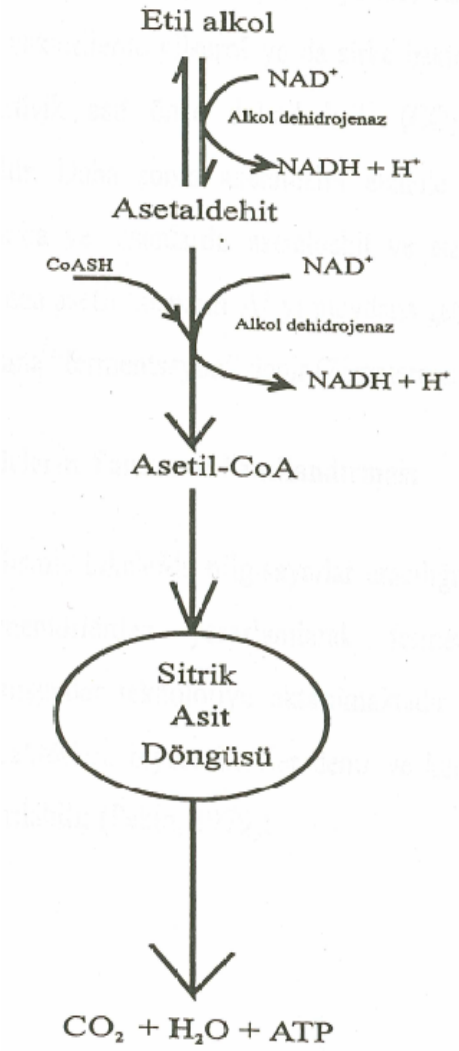




Şekil 2.1 Sakkarozun alkolik fermantasyon mekanizması.

2.1.2.3 Etanol Metabolizması

Fermantasyon ortamında etanol konsantrasyonu en yüksek değere ulaştıktan sonra zamanla azalmaya başlar. Bunun anlamı maya hücrelerinin metabolik olarak enerji üretmek için etil alkolü de kullandığıdır. Maya hücrelerindeki etanol metabolizması aşağıdaki şekilde verilmiştir (Gözükara, 1989).



Şekil 2.2 Etanol Metabolizması

2.1.2.4 Melasın Hazırlanması, Aşılama ve Fermentasyon

Çeşitli fermantasyon alanlarında birlikte melas mayşesinin (melas+maya) hazırlanmasında; bulanıklık ve kirletici maddelerin, kolloid ve renk maddelerinin, zararlı mikroorganizmaların azaltılması, ayrılması veya zararsız hale getirilmesine dikkat edilmelidir. Havalandırılmış şekerli bir çözeltiye maya aşılandığı zaman maya gelişimi ve şeker fermantasyonu genellikle birlikte cereyan eder. Havalandırma, sıcaklık, şeker konsantrasyonu, aşılama oranı, aşılamada kullanılan mayanın özelliği

gibi bir takım faktörlere bağlı olarak ortamdaki şeker maya çoğalmasına veya fermantasyonla oluşan ürünlere harcanır. Kullanılan mayanın çeşidine göre 20-40 ºC arasında şeker kullanılabilmektedir. Mayanın yaşayabildiği maksimum sıcaklığa doğru gidildikçe maya gelişimi azalır ve fermantasyon hızı artmaya başlar. Metabolizma ürünlerinin ortamda birikmesiyle birlikte çoğalma oranı azalır, fermantasyon sırasında amino asitlerin parçalanmasıyla meydana gelen bazı yüksek karbonlu alkoller maya gelişimini durdurucu etki gösterirler. % 10'dan daha yüksek şeker konsantrasyonlarında CO_2 ve alkol birikiminin de etkisiyle fermantasyon oranının azaldığı belirtilmiştir (White and Munns, 1951).

Maya aşılama oranı ve başlangıç şeker konsantrasyonu fermantasyon kinetiği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Başlangıç şeker konsantrasyonunun %10-15 olması gerektiği ve aşılama oranının 25 g/L'ye kadar yükseltilmesiyle fermantasyon hızının arttığı, daha yüksek aşılama oranlarında düzenli bir şekilde azaldığı belirtilmiştir (White, 1955).

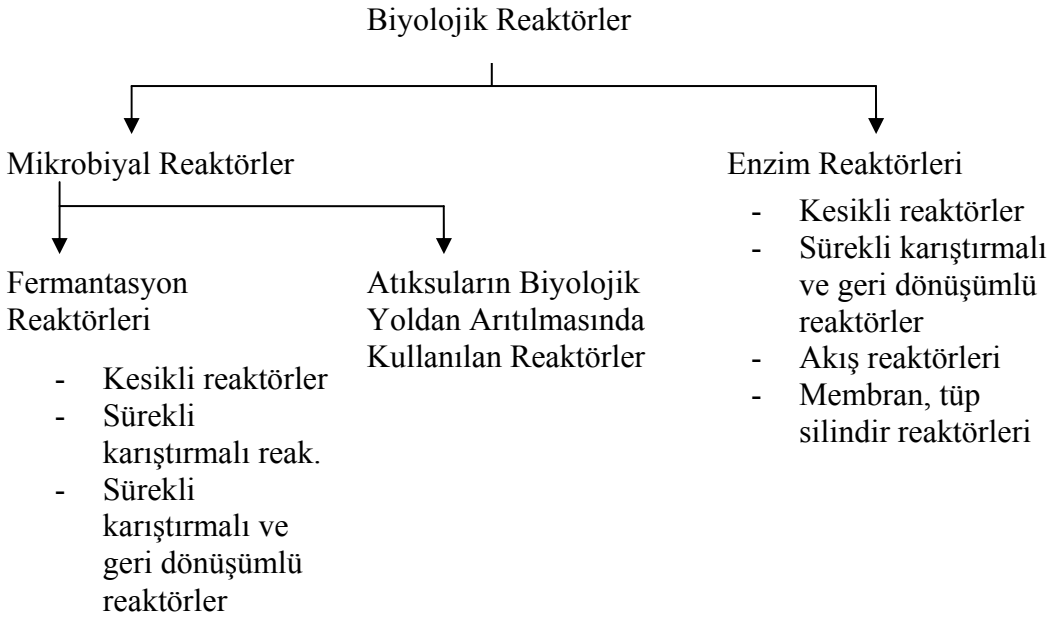
Melas fermantasyonu sırasında alkol kayıpları teorik olarak elde edilebilen alkolün %3,25'i kadardır (Barta and Zvacek, 1959).

Mayaların çoğunun %12 alkol oluşacak kadar derişik mayşeleri tamamen fermente edemedikleri, birkaç suşun %11'e kadar alkol oluşturabildikleri açıklanmıştır (Taygun, 1974).

2.1.2.5 Biyolojik reaktörlerin tanımı ve sınıflandırılması

Günümüzde gelişmiş ülkelerde bilgisayar aracılığıyla kontrol edilen çok iyi geliştirilmiş fermentörlerden yararlanılarak fermantasyon araştırmaları yürütülmekte

ve bu çalışmalar teknolojiye aktarılmaktadır. Biyolojik tepkimeleri oluşturmaya yarayan reaktörlere biyoreaktörler denir ve kullanılış alanlarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Pekin,1979).



2.1.2.6 Fermantasyon Yoluyla Endüstriyel Boyutlardaki Önemli Üretimler

Fermantasyon yoluyla endüstriyel boyutlardaki önemli üretimler aşağıda Tablo-2.1'de verilmiştir (Norris, 1985).

Yiyecek ve İçecekler	Endüstriyel	Farmasötik (Antibiyotikler)	Vitaminler
Bira (Y)	Asetik Asit	Amfoterasin B	Ergosterol (Y ve M)
Ekmek (Y)	Aseton	Basitrasin	Riboflavin (B ve Y)
Peynir (M veya B)	Aspartik Asit	Bleomisin	Vitamin A (B)
Kakao (B ve Y)	2,3 Butandiol	Kandisidin	Vitamin B_2 (Y)
Kahve (M)	n- Butil Alkol	Kapramisin	Vitamin B_{12} (B ve M)
Koji(MveY)	Karbondioksit	Sefalosporin C	
Zeytinler (B ve Y)	Sitrik Asit	Kloramfenikol	
Turşular (B ve Y)	Dekstrin	Klortetrasiklin	
Tek Hücre Proteini	Dihidroksiaseton	Sikloheksimit	
(Y, B veya M)	Etil Alkol	Siloserin	
Çay(B)	Fumarik Asit	Daktinomisin	
Sirke (B veya Y)	Fuzel Yağı	Doksorubisin	**Enzimler**
Şarap(Y) '	Gallik Asit	Eritromisin	Amilaz
Viski (Y)	Glukonik Asit	Gentamisin	Selülaz
	Gliserin	Griseofulvin	Diastaz
	;İzolösin	Kanamisin	İnvertaz
	Itakonik Asit	Linkomisin	Maltaz
	2-Ketoglukonik	Mitramisin	Zimaz
	Asit	Mitomisin C	
	5-Ketoglukonik	Neomisin	
	Asit	Novobiosin	
	Kolik Asit	Nistatin	
	Laktik Asit	Paramonisin	
	Lizin	Penisilin	
	Süksinik Asit	Polimisin	
	Kükürtten Sülfirik	Kleandromisin	
	Asit	Rifampin	
	Tartarik Asit	Spektinomisin	
	Vanilin	Streptomisin	
	Maya	Tetrasiklin	
		Vankomisin	
		Viomisin	

Y: Maya B: Bakteri M:Küf

Tablo 2.1 Fermantasyon Yoluyla Endüstriyel Boyutlardaki Önemli Üretimler

2.1.3 Fermantasyon Mikrobiyolojisi

2.1.3.1 Fermantasyonda Kullanılan Mikroorganizmalar

Fermantasyonda kullanılabilen mikroorganizmalar küfler, mayalar ve bakteriler olmak üzere 3'e ayrılırlar. Bu organizmalara örnek olarak aşağıdakiler sayılabilir (Cohen, 1980).

Küfler : Mucor, Rhizopus ve Aspergillus türleri

Mayalar: Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces carlbergeneses, Schizosaccharomyces pombe, Toralopsis cremoris, Candida tropicalis

Bakteriler : Zymomonas mobilis

2.1.3.2 Mayalar

1) Mayaların Tanımı: Mayalar şekeri etanole dönüştürecek enzimlerin sentezini sağlayan ökaryotik ve tek hücreli canlılardır. Faydalı mayalar çeşitli maddelerin (alkol, enzim, vitamin, organik asit v.b.) üretiminde kullanılırlar (Cohen, 1980).

2) Mayaların Ekolojisi: Mayalar doğada çok yaygın halde bulunurlar. Toprakta, özelliklede şeker ve karbonhidrat bakımından zengin olan besin maddelerinde bulunurlar (Pamir, 1985).

3) Mayaların Morfolojisi: Maya hücreleri uzun, yuvarlak, elips ve yumurta şeklindedirler. Hücre şekli türe, hatta bireye göre değişebildiği gibi yetişme ve saklanma koşulları ile de değişebilir. Maya hücrelerini morfolojik olarak ayırt etmek

zor olmasına rağmen kural olarak Saccharomyces cerevisiae genellikle yuvarlak veya eliptik bir şekil gösterir ve çapları 5-10 μm'dir (Mc Millam, 1970).



Şekil 2.3. Saccharomyces cerevisiae mayası

4) Mayaların Bileşimi: Mayaların bileşiminin iyi bilinmesi organizmanın ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin ve biyokütle olarak beslenmedeki yerinin tayininde önemli bir rol oynar. Mayada başlıca su, azotlu maddeler, karbonhidratlar, organik tuzlar, yağlar, enzimler ve vitaminler bulunmaktadır. Taze mayanın ortalama %75'i su ve %25'i kuru maddeden ibarettir. Kuru maddeninde yaklaşık %45-60'ı protein, %25-35'i karbonhidrat, %6-9'u mineral maddeler, %1-7'si yağlardan ibarettir (Pamir, 1985).

5) Mayaların Çoğalması: Mayalar eşeysiz ve eşeyli olmak üzere iki şekilde çoğalırlar. Eşeysiz çoğalma; tomurcuklanma ile çoğalma, sporlanma ile çoğalma ve bölünme ile çoğalma olarak 3'e ayrılır. Eşeyli çoğalma ise, a ve α olmak üzere iki eşey hücresi vardır. Bu iki hücre birleşerek önce zigotu, sonra zigot gelişerek sporları oluşturur (Conde and Fink, 1976).

6) Mayaların beslenmesi: Mayaların gelişebilmesi ve çoğalabilmesi için başta su olmak üzere karbon ve azot kaynakları ve madensel maddeler gereklidir. Bunlara gelişme maddeleri adı verilen ve özellikle sentetik besiyerleriyle çalışırken önem kazanan bazı maddelerinde ilave edilmesi gerekir. Melas, yukarıda sayılan gelişme

maddelerini içerir. Bu sebeple melasa zorunlu olarak dışarıdan ilave edilmesi gereken madde yoktur (Deamin, 1972).

7) **Mayaların Gelişme Şartları:** Mayaların yaşaması, gelişmesi ve faaliyetlerini sürdürebilmesi çeşitli etkenlere bağlıdır. Bu etkenler, içeriklerine ve devam sürelerine göre mayalar üzerine teşvik edici, durdurucu veya öldürücü olabilir. Mayaların faaliyetlerini kontrol etmek, istenilen özellikleri azami derecede teşvik etmek ve zararlı etkenleri de mümkün olduğu derecede önleyebilmek için bu etkenlerin maya yaşamına oynadığı rolleri bilmek gerekir. Pamir'e göre bu etkenler şunlardır.

a) **Su etkeni:** Hücrede suyun bulunmasına kesin gereksinim olduğu gibi besin maddelerinin çözünmesi için de yeterli miktarda suyun bulunması gerekir. Çünkü besin maddeleri ancak suda çözünmüş bir halde hücre içine geçebilirler.
b) **Oksijen etkisi:** Bir çok saccharomyces türleri, yalnız çoğalma devresinde oksijen ihtiyacı gösterirler. Oksijensiz ortamda da şeker molekülünü parçalayarak fermantasyonu tercih ederler.
c) **Sıcaklık etkeni:** Maya belli bir sıcaklık aralığında en üst düzeyde etkenlik gösterir. S.cerevisiae için optimum sıcaklık 30ºC'dir.
d) **Işık etkeni:** güneş ışığı mayaya dolaylı olarak geldiğinde mayaya herhangi bir etkide bulunmaz. Fakat direkt olarak geldiğinde mayanın gelişimini durdurur.
e) **Besiyeri ozmotik basınç etkisi:** Besiyerindeki şeker ve tuzun toplam ozmotik basıncı mayanın hücre içi ozmotik basıncından yüksek olursa, hücre içinden dışına doğru bir su çıkışı olur. Eğer su çıkışı fazla olursa maya ölür.

f) **Metabolizma ürünleri etkeni:** Fermantasyon sırasında oluşan etanolün ozmotik basıncıda maya üzerine etkilidir. Eğer fermente olmuş sıvıdaki etanol konsantrasyonu, tüm şeker tüketilmeden önce maya üzerinde olumsuz etki gösterecek seviyeye ulaşırsa (%12 etanol) kalan şeker tüketilemez ve atık olarak kalır.

g) **pH etkeni:** pH değişmeleri mayanın zar geçirgenliğinin değişmesine sebep olur. Mayalar genelde 3-6 pH değeri arasında, optimum 4,5 pH'ta etkinlik gösterirler.

8) Saccharomyces Cerevisiae Mayasının Özellikleri: Saccharomyces cerevisiae mayası ekmek yapımı, etil alkol üretimi ve genetik mühendisliğinde oldukça fazla kullanılan endüstriyel bir mikroorganizmadır. Saccharomyces cerevisiae mayasının karakteristik özelliği aşağıda verilmiştir (Wümpelmann, 1984).

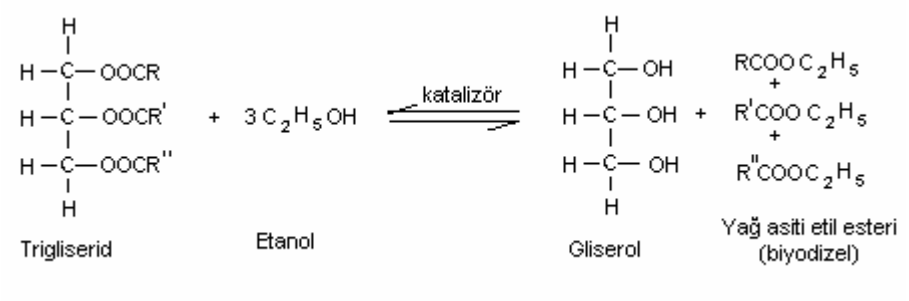
- Ökaryotik mikroorganizmalardır.
- Besin kaynağı olarak glukoz, fruktoz ve maltoz gibi şekerlerin yanında laktik, tartarik, süksinik asitleri ve etanolü kullanırlar. Bundan dolayı hetetrof bir mikroorganizmadır.
- Havalı ve havasız ortamda üreyebilirler.
- Gelişmeleri için en uygun sıcaklık aralığı 27-30ºC, en düşük ve en yüksek sıcaklıklar sırasıyla 1-3ºC ve 40ºC'dir.
- En uygun pH 4-5 arası değişir.

2.1.4 Etanolün Kullanım Alanları

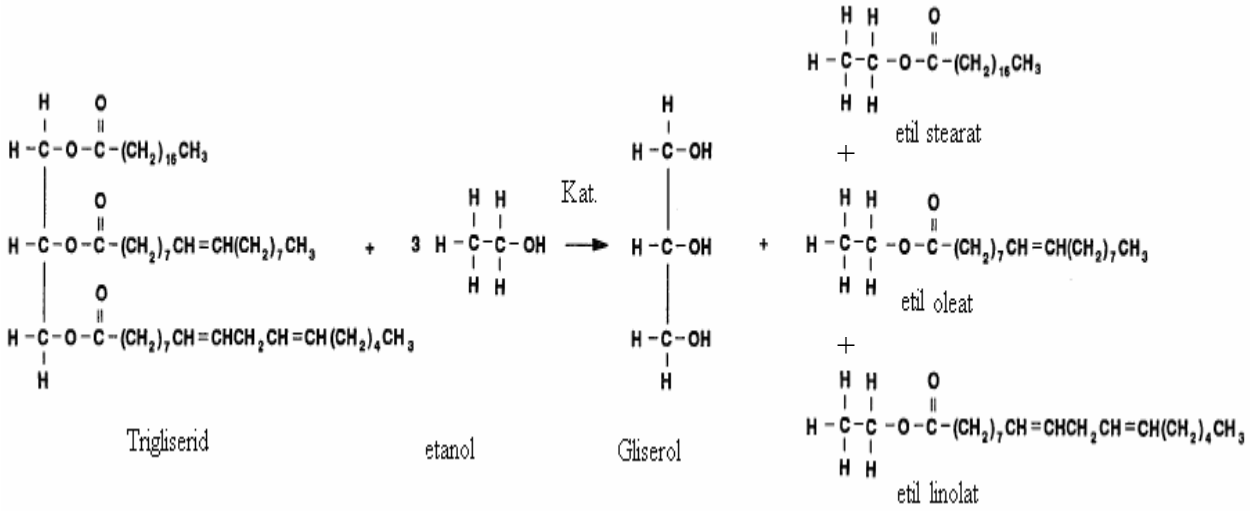
Başlangıçta yalnızca içki üretiminde kullanılan etanol, üretiminin artması ve teknik gelişmelerle birlikte ucuz ve kolayca elde edilmesi sonucunda çok geniş ve farklı alanlarda kullanılmaktadır. İçki üretimi dışında kullanılan etanol, kullanım yerine ve amacına göre yapılacak katkılarla içilemez hale getirilmelidir. Etanol kimya sanayinde suni ipek, selüloz ve patlayıcı yapımında, boya ve lak üretiminde çözücü ve çöktürme maddesi olarak kullanılır. Eczacılıkta, parfümeride, sirke üretiminde de kullanılır. Etanolün motorlu taşıtlarda yakıt veya yakıt katkı maddesi olarak kullanılması fikri 1900'lü yıllarda ortaya atılmış ve 1920'li yıllarda birçok ülkede yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Etanolün enerji olarak kullanılmasının yararı ise, yenilenebilir ve yerel kaynaklara dayalı olması, tükenebilir ve giderek pahalılaşan bir enerji kaynağı olan petrolün yerine alternatif olmasıdır. Etanolün otomobil yakıtı olarak en yaygın kullanımı Brezilya'da uygulanmaktadır. Bu ülkede otomobillerin büyük çoğunluğu ya benzin-etanol karışımı (gasohol), ya da saf etanolle çalışmaktadır. 1930-1975 yılları arasında taşıt araçları arasında kullanılan benzine %5 etanol karıştırılması zorunlu tutulmuş, 1975'ten sonra bu oran %15'e çıkartılmıştır. Bilindiği gibi oktan sayısı otomobil yakıtlarının önemli bir özelliğidir. Süper benzinden daha yüksek oktan sayısına sahip olan etanol, benzine katkı olarak ilave edildiğinde, benzinin oktan sayısını artıracak, böylece benzine kurşun bileşiklerinin ilavesi gerekmeyecektir. Temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan etanol, günümüz otomobillerinde, karbüratör sisteminde yapılacak küçük bir değişiklikle yakıt olarak kullanılabilir. Ancak etanolle çalışacak şekilde özel olarak geliştirilmiş motorlar ile yakıt tüketimi üzerinden %15-20 daha yüksek verim alınabilecektir (Dönmez, 1993).

2.2 Biyodizel

Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir.



Şekil 2.2.1. Trigliseritin etanol ile Katalizör Esterleşme Reaksiyonu



Şekil 2.2.2. Yağ asitlerinin etil esterine dönüşüm reaksiyonu (Ali, 1995).

Biyodizel petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizelle karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir.

Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları herhangi bir dizel motoruna, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir.

2.2.1 Biyodizelin Genel Kullanım Özellikleri

Biyodizel orta uzunlukta C_{16}-C_{18} yağ asidi zincirlerini içeren metil veya etil ester tipi bir yakıttır. Oksijenli zincir yapısı biyodizeli, petrol kökenli dizelden ayırır. Biyodizelin genel kulanım özellikleri aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir (Karaosmanoğlu, 2004):

- Çevre dostu
- Yenilenebilir hammaddelerden elde edilebilen
- Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilebilen
- Anti-toksik etkili
- Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozunabilen
- Kanserojenik madde ve kükürt içermeyen
- Yüksek alevlenme noktası ile kolay depolanabilir, taşınabilir ve kullanılabilir
- Yağlayıcılık özelliği mükemmel
- Motor ömrünü uzatan
- Motor karakteristik değerlerinde iyileşme sağlayan
- Kara ve deniz taşımacılığında kullanılabilen
- Isıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygun
- Stratejik özelliklere sahip
- Mevcut dizel motorlarında hiçbir tasarım değişikliği gerektirmeden kullanılabilen
- Ticari başarıyı yakalamış bir yeşil yakıttır.

Biyodizel saf ve dizel-biyodizel karışımları şeklinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu yakıtlar aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır.

B5 : % 5 Biyodizel+ %95 Dizel

B20 : % 20 Biyodizel+ %80 Dizel

B50 : % 50 Biyodizel+ %50 Dizel

B100 : %100 Biyodizel

Biyodizelin özelliklerine genel olarak değinecek olursak (Karaosmanoğlu, 2004) ;

Biyobozunabilirlik; Biyodizeli oluşturan C_{16}-C_{18} etil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozunur, 10.000 mg/L'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki göstermezler. Suya bırakıldığında biyodizelin 28 günde % 95'i, dizel yakıtın ise %40'ı bozunabilmektedir. Biyodizelin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir.

Toksik Etki; Biyodizelin olumsuz bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Biyodizel için ağızdan alınmada öldürücü doz 17,4 g biyodizel/kg vücut ağırlığı şeklindedir. Sofra tuzu için bu değer 1,75g tuz/kg vücut ağırlığı olup, tuz biyodizelden 10 kat daha yüksek öldürücü etkiye sahiptir. İnsanlar üzerinde yapılan elle temas testleri biyodizelin ciltte %4'lük sabun çözeltisinden daha az toksik etkisi olduğunu göstermiştir. Biyodizel toksik olmamasına karşın, biyodizel ve biyodizel-dizel karışımlarının kullanımında; dizel için zorunlu olan standart koşulların (göz koruyucular, havalandırma sistemi v.b.) kullanılması önerilmektedir.

Depolama; Dizel için gerekli depolama yöntem ve kuralları biyodizel için de geçerlidir. Biyodizel temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik,

florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen seçilebilir. Depolama, taşıma ve motor malzemelerinde bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı sakıncalıdır; çünkü biyodizel bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyodizelle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir.

Soğukta Akış Özellikleri; Biyodizel ve biyodizel-dizel karışımları, dizelden daha yüksek akma ve bulutlanma noktasına sahiptir; bu durum yakıtların soğukta kullanımında sorun çıkarır. Akma ve bulutlanma noktaları uygun katkı maddeleri (anti-jel maddeleri) kullanımı ile düşürülebilmektedir. Biyodizel-dizel karışımları 4°C üzerinde harmanlama ile hazırlanmalıdır. Soğukta harmanlamada biyodizelin dizel üzerine eklenmesi, sıcakta harmanlama da ise karışımda daha fazla olan kısmın az kısım üzerine eklenmesi önerilmektedir. Eğer harmanda soğumaya bağlı olarak kristal yapılar oluşursa, harmanın tekrar normal görünümünü kazanması için bulutlanma noktası üzerine ısıtılması ve karıştırılması gerekmektedir.

Motor Yakıtı Özellikleri; Biyodizelin ısıl değeri dizelin ısıl değerine oldukça yakın değerde olup, biyodizelin setan sayısı dizelin setan sayısından daha yüksektir. Biyodizel kullanımı ile dizele yakın özgül yakıt tüketimi, güç ve moment değerleri elde edilirken, motor daha az vuruntulu çalışmaktadır. Biyodizel motoru güç azaltıcı birikintilerden temizleme ve dizelden çok daha iyi yağlayıcılık özelliklerine sahiptir.

2.2.2 Biyodizelin Diğer Yakıt Türlerine Göre Üstünlükleri

Biyodizelin diğer dizel (motorin veya mazot), fueloil gibi yakıt türlerine göre gözlenen üstünlükleri genel olarak aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bir ülkenin dışa bağımlı olmadan üretebileceği bir yakıttır.

- Hayvansal ve bitkisel yağlardan elde edilebilir.
- Tarımsal sanayinin güçlenmesini sağlar ve kırsal alandan göçü azaltır..
- Zehirli atık içermez.
- Bakterilerle ayrışabilir, kükürtsüzdür.
- Şeker gibi doğada hızlı ve güvenli çözünür, mazotla karıştırılarak kullanıldığında karışımın çözülümünü hızlandırır.
- Egzoz duman gazlarını azaltır.
- Saf veya karışım olarak kullanıldığında kokusu mazotunkinden daha iyidir.
- Yenilenebilir ve çevreci bir yakıttır.
- Dizel yakıt yerine doğrudan kullanılabilir.
- Atıkları gübre ve yem olabilir, doğaya zarar vermez.

2.2.3 Biyodizelin Emisyonları

Tablo 2.2'de B100 ve B20 emisyonlarının (Life Cycle Emissions) dizel emisyonları ile karşılaştırılması verilmektedir. Biyodizel ve dizel- biyodizel karışımı kullanımı ile CO, PM, HF, SOx , ve CH_4 emisyonlarında azalma, NOx , HCl ve HC emisyonlarında ise artma görülmektedir (Karaosmanoğlu, 2004).

Sera gazları içinde büyük bir pay sahibi olan CO_2 dünyanın en önemli çevre sorunu olan küresel ısınmaya neden olmaktadır ve yanma sonucu ortaya çıkan bir emisyondur. Yine yanma sonucu açığa çıkan ve sera gazları arasında yer alan CO, SOx, NOx emisyonları insan sağlığına da zararlıdır.

Biyodizel emisyonları incelendiğinde, CO, SOx emisyonlarının, partikül madde ve yanmamış hidrokarbonların (HC) daha az salındığı görülmüştür. Biyodizelin NOx emisyonları da dizel yakıta göre daha fazladır. Emisyon miktarı motorun biyodizel yakıta uygunluğuna bağlı olarak değişir. NOx emisyonlarının %14,7 oranına kadar arttığı test edilmiştir. Bununla birlikte biyodizel kükürt içermez.

Bu yüzden NOx kontrol teknolojileri biyodizel yakıtı kullanan sistemlere uygulanabilir. Konvansiyonel dizel yakıtı kükürt içerdiği için NOx kontrol teknolojilerine uygun değildir. Ozon tabakasına olan olumsuz etkiler biyodizel kullanımında dizel yakıta nazaran %50 daha azdır. Asit yağmurlarına neden olan kükürt bileşenleri biyodizel yakıtlarda yok denecek kadar azdır. Biyodizel yakıtlarının yanması sonucu ortaya çıkan CO (zehirli gaz) oranı dizel yakıtların yanması sonucu oluşan CO oranından %46 daha azdır (Peterson, 1995).

Saf biyodizel (B100) ve %20 oranında (B20) biyodizel kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek emisyon değerlerinin dizel yakıtlarla karşılaştırmalı değerleri Tablo 2.2'de verilmektedir. Ayrıca, biyodizelin sudaki canlılara karşı herhangi bir toksik etkisi yoktur. Buna karşılık 1 litre ham petrol 1 milyon litre içme suyunun kirlenmesine neden olabilmektedir (E.İ.E. 2005).

HCl ve HF emisyonları motorin ve biyomotorin için oldukça düşük seviyede ve kömür emisyonlarından çok daha düşük değerde olup, çevre için asit tehlikesi oluşturmazlar (Karaosmanoğlu, 2004).

Tablo 2. 2. Biyomotorin ve Motorinin Emisyonlarının Karşılaştırılması

EMİSYONLAR	B20	B100
CO: Karbonmonoksit	-6.90%	-34.50%
PM: Partikül Madde	-6.48%	-32.41%
HF: Hidroflorik Asit	-3.10%	-15.51%
SO x : Kükürt Oksitler	-1.61%	-8.03%
CH 4 : Metan	-0.51%	-2.57%
NO x : Azot Oksitler	2.67%	13.35%
HCl: Hidroklorik Asit	2.71%	13.54%
HC: Hidrokarbonlar	7.19%	35.96%

Biyodizelin HC emisyonu, dizelinkinden yüksektir. Bu değer biyodizel üretim süreç aşamalarından (yağlı tohumun ziraati ve işlenmesi) kaynaklanmaktadır. Ancak biyodizel, dizelden daha düşük HC egzoz gazı emisyonu vermektedir. Egzoz gazı emisyonu yönünden incelendiğinde CO, HC, SOx, PM (Partikül Madde) emisyonlarının dizelden daha az, NOx emisyonlarının ise fazla olduğu görülmektedir. NOx emisyonu katalitik konvertör kullanımı ile azaltılabilir.

2.2.4 Biyodizel Pazarının Üretim, Tüketim Alanları

Biyodizel sanayi ölçekli modern tesislerde üretilebildiği gibi küçük ölçekli evsel üretim tesislerinde de üretilebilmektedir.

Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Biyodizel bu nedenle, "Acil Durum

Yakıtı" ve "Askeri Stratejik Yakıt" şeklinde adlandırılabilir. Biyodizelin jeneratör yakıtı ve kalorifer yakıtı olarak da değerlendirilmesi mümkündür.

Kükürt içermeyen biyodizel, seralar için mükemmel bir yakıt olabilir. Ayrıca yeraltı madenciliğinde, sanayide (gıda işleme sanayii de dahil) kullanımı önerilmektedir.

Ülkemizde de biyodizel çok soğuk bölgelerimizin dışında dizelin kullanıldığı her alanda kullanılabilecek bir yakıttır. Biyodizel ulaştırma sektöründe dizel yakıtı yerine kullanıldığı gibi konut ve sanayi sektörlerinde de fuel oil yerine kullanılabilecek bir yakıttır.

2.2.5 Biyodizelin Yakıt Özellikleri

Biyodizelin yakıt özellikleri; viskozite, spesifik gravite, API gravitesi, destilasyon aralığı, setan sayısı, enerji içeriği, flash noktası, su içeriği, kükürt içeriği, erime noktası, bulutlanma noktası, asitlik değeri, karbon kalıntısı, bakır çubuk korozyon testi, kül içeriği, akma noktası olarak sıralanabilir.

Hayvansal ve bitkisel yağların, alkol ile transesterfikasyonu sonucu elde edilen esterlerinin (biyodizel) başlıca öğelerini belirlemede gaz kromatografi analizleri kullanılır. Gaz kromatografi analizleri göstermiştir ki, hayvansal yağ ve esterleri %2-5 myristic asit, %25-30 palmitik asit,%2-4 palmitikoleik asit, %13-15 stearik asit, %45-50 oleik asit ve %5-10 linoleik asit içerir.

Soya yağı ve esterleri ise yaklaşık olarak %10 palmitik asit, %3-5 stearik asit, %20-25 oleik asit, %55-60 linoleik asit ve %7-10 linolenik asit içerir (Ali, 1995).

Tablo 2.3. Çeşitli Yağlarda Bulunan Yağ Asidi Bileşimleri (Kincs, 1985)

Yağ Asiti	Soya Yağı	Pamuk Yağı	Palm Yağı	Hayvansal Yağ	Hindistan Cevizi Yağı
Lirik	0,1	0,1	0,1	0,1	46,5
Miristik	0,1	0,7	1,0	2,8	19,2
Palmitik	10,2	20,1	42,8	23,3	9,8
Stearik	3,7	2,6	4,5	19,4	3,0
Oleik	22,8	19,2	40,5	42,4	6,9
Linoleik	53,7	55,2	10,1	2,9	2,2
Linolenik	8,6	0,6	0,2	0,9	0,0

Bitkisel ve hayvansal yağlar sıkıştırmalı ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilir. Dizel yakıtla karıştırılabildiği fiziksel ve yakıt özelliklerine sahiptir. Biyodizelin dizel motorlardaki kullanımı viskozite gibi en azından bir fiziksel özellikle sınırlandırılmıştır.

Yağların viskoziteleri dizel yakıta göre daha yüksektir, ayrıca düşük enerji içeriği, yüksek yoğunluk, karbon kalıntısı, partikül miktarı değişkenleri de farklılık göstermektedir. Yağların bu tip sorunları seyreltme, piroliz, mikroemülsiyon, transesterifikasyon yöntemleriyle giderilebilir.

Transesterifikasyon yağları yakıt olarak kullanmak için uygulanan en yaygın metottur. Bu metot da yağlar, gliserin ve yağın metil ya da etil esterine dönüştürülür. Bu sayede viskozite dizel yakıtın viskozite değerine indirilmiş olur, fakat 3-4 birim daha dizel yakıttan yüksek değerdedir.

Son yıllarda alternatif dizel yakıtların kalitesini artırma yönünde çalışmalar yapılmaktadır, özellikle yakıt emisyonu üzerinde etkili olan yeni yakıt özellikleri araştırılmaktadır. Bu sayede hava için daha az kirletici etkiye sahip yakıt kullanılabilecek, çevresel olarak da düzelme gözlenebilecektir. Hayvansal ve bitkisel yağların alternatif yakıt olarak dizel motorlarda kullanılması bu yağların fiziksel

özelliklerini inceleme gerekliliği getirmiştir. Rafineri, kullanıcılar, saf homojen ürün, yeni formülasyonlar ve ilave edilen katkı maddeleri bu yakıtların fiziksel özellikleri sonucu ortaya çıkar.

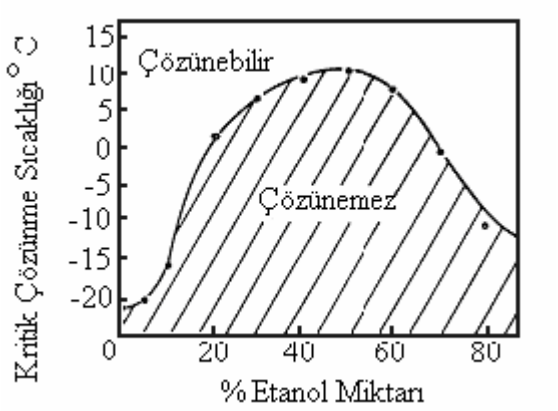
2.2.6 Etanol-Dizel ve Biyodizel-Dizel Karışımları

Biyodizel ve etanol, dizel motorlar için yenilenebilir alternatif yakıtlardır ve farklı oranlarda dizel yakıta karıştırılarak dizel motorlarda kullanılabilirler. Etanol tek bir kimyasal yapıya ve belli özelliklere sahip yakıt olmasına rağmen, biyodizellerin özellikleri elde edildikleri yağın cinsine ve esterleştirme metotlarına bağlı olarak değişmektedir.

Yapılan çalışmalarda etanol ve iki farklı biyodizelin özellikleri dizel yakıt ile karşılaştırılmış, etanol ve biyodizellerin ön yanma odalı turbo dizel bir motorun performans ve emisyonlarına etkileri incelenmiştir (Usta, Can, Öztürk, 2005).

Kullanılan alternatif yakıtlar CO, is ve SO_2 emisyonlarının azalmasını sağlarken, NOx emisyonunda artışa sebep olmuştur. Etanol ilavesi güçte bir miktar düşmeye sebep olurken, biyodizel ilavesi dizel yakıta göre çok az oranda güç artışı sağlamıştır. Alkollerin dizel yakıta eklenmesi ile dizel yakıtın özelliklerinde hem kimyasal hem de fiziksel bazı değişiklikler olmaktadır. Özellikle setan sayısı, viskozite ve ısıl değer düşmektedir (Henham, 1991).

Şekil 2.2.3'de etanolün, dizel yakıtı içerisinde sıcaklığa göre çözünme yeteneği gösterilmektedir. Ortam sıcaklığı yüksek olduğunda 200 derece (proof) etanol dizel yakıtı içerisinde kolayca çözünebilmektedir, fakat 10°C'nin altında iken faz farkı oluşturmaktadır (Eugene, 1984, Hansen, 2001).



Şekil 2.2.3. Etanol'ün Dizel Yakıtı İçerisinde Sıcaklığa Göre Çözünme Yeteneği (Eugene, 1984)

Etanolün karışım şeklinde dizel motorlarda kullanımı az oranlarda (%5 civarı) daha iyi sonuçlar vermektedir (Bilgin, 2002). Ancak, karışıma farklı polarizede olan ağır alkoller (C_9-C_{11}, propanol, bütanol v.b.) eklenerek karışımın termodinamik olarak daha kararlı bir karışım olması sağlanabilmektedir (Eugene, 1984, Satge de Caro and Moloungui, 2001; Asfar and Hamed, 1998). Bu da emülsiyon tekniği olarak adlandırılmaktadır.

Etanolün aksine biyodizeller dizel yakıt ile iyi bir şekilde karışabilmektedirler ve daha kararlı halde karışım oluşturabilmektedirler. Etanolün ısıl değeri %35-40 mertebelerinde dizel yakıttan daha düşük olmasına rağmen, biyodizellerin ısıl değerleri yaklaşık olarak %10-12 oranında dizel yakıttan daha düşüktür. Düşük ısıl değer motor momenti ve gücünde düşmelere sebep olan önemli bir etkendir (Altın, 2001; Nwafor, 2000; Bari, 2002; Antolin, 2002). Bununla birlikte, belirli oranlarda biyodizelin dizel yakıt ile karışımları yapılarak güçte beklenen olası düşüş daha iyi yanma, bir miktar yüksek yoğunluk ve viskozite ile kısmen karşılanabilmektedir.

Dizel yakıtına oksijenli bileşikler olan etanolün ve biyodizelin eklenmesi CO, is ve SO_2 emisyonlarını azaltırken, NOx emisyonlarını bir miktar artırmıştır. Yapılan çalışmalarda etanol ilavesi ile güçte azalma ve özgül yakıt tüketiminde artış görülürken, biyodizel karışımları ile dizel yakıta oldukça yakın güç ve özgül yakıt tüketim değerleri elde edilmiştir. Etanol karışımlarına %1 oranında izopropanol ilave edilerek karışımın stabilizesi sağlanmış olmasına rağmen güçteki dikkate değer düşüş ve özgül yakıt tüketimindeki artışın iyileştirilmesi için etanol-dizel karışımlarına setan sayısı iyileştirici katkı maddelerinin ilavesinin gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır (Usta, Can, Öztürk, 2005).

2.2.7 Hayvansal Yağ Esteri ve Dizel Yakıt Karışımlarının Fiziksel Özellikleri

Saf hayvansal yağ esteri ve etanol karışımlarının fiziksel özellikleri ester-etanol karışımının viskozitesinin, dizel yakıt viskozitesi ile aynı değerde tutularak belirlenmiştir.

Hayvansal yağ esteri ve etanolün hacimce %65:35 oranında karışımı dizel yakıtı ile aynı viskozite değerini vermektedir. Karışım dizel yakıtı ile %0-100 arasında değişen oranlarda karıştırılmış, viskozitesi ve yoğunluğu belirlenmiştir. Sıcaklığın yükselmesiyle karışım viskozitesi düşmektedir.

Petrol tabanlı enerji kaynaklarının fiyatlarındaki değişmeler çalışmaları yeni alternatif enerji kaynakları bulmaya sevk etmiştir. Bununla birlikte petrolde dışa bağımlılık, yakıt emisyonundan kaynaklanan çevresel sorunlar da petrol tabanlı olmayan, yenilenebilir enerji kaynakları arama ve geliştirmeye neden olmuştur.

Bu yakıtları birçok bitkisel ve hayvansal yağlardan elde etmek mümkündür. Alternatif yakıt olarak tabir edilen bu ürünler dizel motorları için uygun bir yakıttır, fakat üzerinde daha yoğun ve geniş bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Başlıca sorun yağların saf olarak kullanılmasının dizel motorların atomizer ve ateşleme kısmında tıkanmalara neden olmasıdır. Yüksek viskoziteli yağlar motorun yanma odasında düzgün olmayan yakıt karışımını ve yetersiz yanma olayını meydana getirmektedir, ayrıca enjektör başlığında tıkanmalara da neden olmaktadır. Diğer bir sorun ise hayvansal yağ esteri oda sıcaklığında katı fazdadır, erime noktası $45^{o}C$'dir. Buda otomobil yakıtı olarak direkt kullanılmasını imkansız hale getirmektedir. Yapmamız gereken hayvansal yağı mümkün olan en düşük sıcaklıkta sıvı fazda tutmaktadır. Yapılan çalışmalarda viskozite problemine dört ayrı yönden yaklaşılmıştır;

1- Transesterifikasyon
2- Seyreltme
3- Piroliz
4- Mikroemülsiyon

Transesterifikasyon sayesinde yağ, gliserin ve yağın metil yada etil esterine dönüştürülür, bu yöntemle viskozite düşürülür fakat dizel yakıta göre viskozite hala 3-4 birim yüksektir.

Seyreltme işlemi ise yağı dizel yakıtla karıştırarak yapılır, bu işlemde de viskozite değeri aşağı çekilir, fakat seyreltme oranına bağlı olarak viskozite değişkendir.

Piroliz işlemi üzerinde ise sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bitkisel yağların pirolizi yapılmış enerji gereksinimi ve son üründe sorunlarla karşılaşılmıştır. Piroliz sade bir anlatımla uzun karbon yapılarının ısı etkisiyle daha basit yada daha küçük yapılara parçalanması olarak izah edilebilir. Endüstriyel kullanımda termal kraking ya da piroliz ifadeleri aynı anlamlarda kullanılmaktadır (Hanna, 1987).

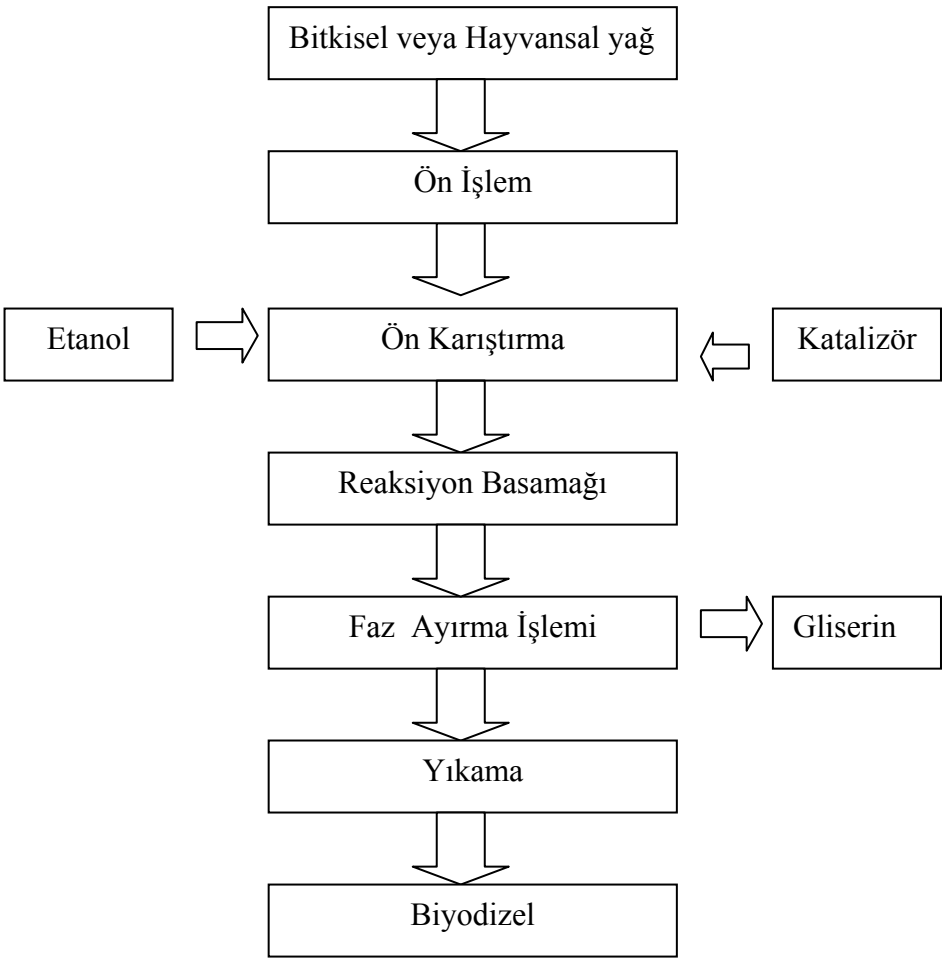
Oda sıcaklığında katı halde bulunan C_{16} daha yukarı karbon sayılı hidrokarbonlar ısı etkisiyle (300-400^{o}C) parçalanarak çeşitli boyutlarda yapılar meydana getirirler bu sayede de viskozite değeri düşürülmüş olur. Çünkü viskozite karbon zincirinin uzunluğuyla doğru orantılı olarak artar (Ali, 1995).

Mikroemülsiyon yöntemi ile büyük ölçüde viskozite problemi aşılmış, fakat düşük setan sayısı ve kabul edilebilir miktarın dışında gliserol açığa çıkmıştır, buda tekrar seyrelme işlemini gerekli kılmıştır (Ali, 1995). Bitkisel yağların yüksek viskozitesinin azaltılması için metanol, etanol, iyonik ve iyonik olmayan kimyasallar gibi karışmayan sıvılarla çalışılmıştır.

Hayvansal yağı yakıt olarak kullanmak için, dizel motorlara adapte etmek amacıyla hayvansal yağ viskozitesi transesterifikasyon yöntemi yada diğer yakıtlarla karıştırılarak yada her iki yöntemde uygulanarak düşürülmüştür. Bu nedenle çalışmada hayvansal yağ esteri elde edilmiş, elde edilen bu esterin etanol ve dizel yakıt ile karışımının fiziksel özellikleri belirlenmeye çalışılmış karışımın ve hayvansal yağ esterinin viskozitesi, özgül ağırlığı özellikleri incelenmiştir.

2.2.8 Biyodizel Üretim Yöntemi

Biyodizel üretiminin çeşitli metotları olmakla birlikte günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon; yağların (bitkisel yağlar, evsel atık yağlar, hayvansal yağlar) uygun bir katalizör eşliğinde alkol (metanol, etanol vb.) ile esterleşme reaksiyonudur.



Şekil 2.2.4. Biyodizel Üretim Şeması

Hayvansal yağlar da basit reaksiyonlarla biyodizele dönüştürülebilir. Önce bitkisel ve hayvansal yağ içinde bulunması muhtemel katı maddeler filtre edilmelidir. Sonra yağ içinde olması gerekli su ısıtılarak bertaraf edilir. Ortamda su

bulunmamalıdır, aşağıdaki reaksiyonda görüleceği gibi ortamda su bulunması halinde yazılı olan denge reaksiyonu tersine hareket ederek etoksit oluşumunu olumsuz etkiler.

$$C_2H_5OH + NaOH \rightleftharpoons NaOC_2H_5 + H_2O$$

Ayrıca alkolde ve yağda da su bulunmamalıdır, aksi halde;

$$\text{Biyodizel} + \text{Su} \rightleftharpoons \text{Yağ asidi} + \text{Alkol}$$

$$\text{Yağ} + \text{su} \rightleftharpoons \text{Yağ asidi} + \text{Gliserol}$$

Yukarıdaki izahattan anlaşılacağı üzere reaksiyon ortamında su bulunması halinde hem oluşan biyodizel harcanır hem de yağın kendisi harcanır. Bu da toplam verimi düşürerek biyodizelin oluşumunda ekonomik olumsuzluk meydana getirir.

Biyodizel üretiminde dikkat edilmesi gereken önemli unsurlardan biri de üretimde kullanılacak yağ içindeki serbest yağ asidi miktarıdır, yağın içinde bulunan serbest yağ asidi miktarı da düşük olmalıdır (%1,5- 2)

$$\text{Yağ asidi} + NaOH \rightarrow \text{Sabun} + \text{Su}$$

Bu reaksiyondan da görüleceği gibi serbest yağ asidi içeriği fazla olursa hem katalizörü harcar, hem biyodizel oluşumunu azaltır. Yani biyodizel yerine sabun oluşur. Ayrıca bu reaksiyon sonunda oluşan su katalizörü zehirler, yağ asidi oluşturur. Burada oluşan sabun aynı zamanda biyodizel ve gliserol fazlarının ayrılmasını zorlaştırır.

Yapılan çalışmalarda serbest yağ asidi miktarı %1,5- 2'den daha fazlaysa asit giderme işlemi ya da asit katalizör (genellikle HCl, H_2SO_4) kullanılmalıdır. Eğer söz

konusu miktar belirtilen oranlardan düşükse alkali katalizör (genellikle NaOH, KOH) eşliğinde reaksiyon gerçekleştirilir.

Asit katalizörler baz katalizörlere göre çok daha yavaş çalışırlar. Örneğin; reaksiyon aynı miktarda asit ve baz katalizör kullanıldığında baz katalizör için 4000 kat daha hızlı gerçekleşir. Baz katalizör kullanıldığında oda sıcaklığı yeterli iken asit katalizör durumunda reaksiyon sıcaklığını artırmak gerekir. Baz katalizör için kütlesel olarak reaksiyona sokulan yağın %0,1-1'i yeterli iken, bu oran asit katalizör için %3-5'e çıkar. Ayrıca, asit katalizör kullanıldığında kullanılması gereken alkol miktarı da artar. Baz katalizör ile 6:1'lik oranında elde edilen ester dönüşümünü aynı süre içinde asit katalizör ile elde etmek için 30:1'lik bir oran gerekli olabilir. Yukarıda anlatılan bu olumsuz özellikler nedeniyle biyodizel üretiminde büyük çoğunlukla baz katalizör kullanılır (Çildir, Çanakçı, 2006).

2.2.8.1 Alkol ve Katalizörün Karıştırılması

Katalizör tipik olarak sodyum hidroksit (kostik soda) veya potasyum hidroksittir. Katalizör standart bir karıştırıcı veya mikser kullanılarak alkol içerisinde çözülür.

$$C_2H_5OH + NaOH \rightleftharpoons NaOC_2H_5 + H_2O$$

2.2.8.2 Reaksiyon

Alkol/katalizör karışımı kapalı reaksiyon kabı içerisine doldurulur ve bitkisel veya hayvansal yağ ilave edilir. Daha sonra alkol kaybını önlemek amacıyla sistem tamamen atmosfere kapatılır. Reaksiyon karışımı, reaksiyonu hızlandırmak amacıyla belli bir sıcaklıkta tutulur ve reaksiyon gerçekleşir. Önerilen reaksiyon süresi 1 ile 8 saat arasında değişmektedir ve bazı sistemler reaksiyonun oda sıcaklığında olmasını gerektirir. Hayvansal veya bitkisel yağların kendi esterlerine tamamen

dönüştürülmesinden emin olunmasını sağlamak için normal olarak fazla alkol kullanılır.

Beslemedeki hayvansal veya bitkisel yağların içerisindeki su ve serbest yağ asitlerinin miktarının izlenmesi konusunda dikkatli olunmalıdır. Serbest yağ asidi veya su seviyesinin yüksek olması sabun oluşumu ve gliserin yan ürününün alt akım olarak ayrılması problemlerine neden olabilir.



Şekil 2.2.5. Biyodizel Üretiminde Reaksiyon Düzeneği

2.2.8.3 Ayırma

Reaksiyon tamamlandıktan sonra iki ana ürün gliserin ve biyodizeldir. Her biri reaksiyonda kullanılan miktardan arta kalan önemli miktarda etanol içerir. Gerek görülürse bazen reaksiyon karışımı bu basamakta nötralize edilir. Gliserin fazının yoğunluğu, biyodizel fazınınkinden çok daha fazla olduğundan bu iki faz gravite ile ayrılabilir ve gliserin fazı çöktürme kabının dibinden kolayca çekilebilir. Bazı durumlarda bu iki malzemeyi daha hızlı ayırmak amacıyla santrifüj kullanılır.





Şekil 2.2.6 Biyodizelin Gliserinden Ayrılması Esnasında Fazların Görünümü

2.2.8.4 Alkolün Uzaklaştırılması

Gliserin ve biyodizel fazları ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkol bir flaş buharlaştırma veya distilasyon prosesi ile uzaklaştırılır ve reaksiyon karışımı nötralize edilir. Gliserin ve ester fazları ayrılır. Her iki durumda da alkol distilasyon kolonu kullanılarak geri kazanılır ve tekrar kullanılır. Geri kazanılan alkol içerisinde su bulunmamalıdır.

2.2.8.5 Gliserin Nötralizasyonu

Gliserin yan ürünü, kullanılmamış katalizör, alkol, bir miktar biyodizel, su, sabun içerir ve ham gliserin olarak depolanmak üzere depolama tankına gönderilir. Bazı durumlarda bu fazın geri kazanılması sırasında oluşan tuz, gübre olarak kullanılmak üzere geri kazanılır. Pek çok durumda tuz gliserin içerisinde bırakılır. Su ve alkol, ham gliserin olarak satışa hazır olan %80-88 saflıkta gliserin elde etmek amacıyla uzaklaştırılır. Daha sofistike işlemlerde gliserin %99 veya daha yüksek saflığa kadar destillenir, kozmetik ve ilaç sektörüne satılır.

2.2.8.6 Etil Ester Yıkama İşlemi

Gliserinden ayrıldıktan sonra biyodizel, kalıntı katalizör ve sabunları uzaklaştırmak amacıyla ılık suyla yavaşça yıkanır, suyu uzaklaştırılır ve depolamaya gönderilir. Bazı proseslerde bu basamak gereksizdir. Bu normal olarak, açık amber-sarı renkte, petrodizele yakın viskoziteli bir sıvı veren üretim prosesinin sonudur. Bazı sistemlerde de biyodizel distillenerek safsızlıkların uzaklaştırılması sağlanır.



Şekil 2.2.7. Biyodizelin Yıkanması İşleminde Su ve Biyodizel Fazlarının Görünümü

2.3 Kaynak Araştırması

Oderine (1985), melasın alkolik fermantasyonu için kurulan kesikli pilot sistemde saccharomyces cerevisiaeile melastan etanol üretiminde potasyum ferrosiyanür ve EDTA'nın etkilerini incelemiştir. Bu işlem üç basamakta gerçekleştirilmiştir. Aşılama anında ferrosiyanür eklendiğinde etil alkol üretimi artar, 261 ppm ferrosiyanür ile maksimum ürüne ulaşılmıştır. Mayanın üremesi esnasında ferrosiyanür ilavesi ile etil alkol üretimi %4 azalırken, EDTA ilavesi ile %2 artış sağlanır. Fermantasyon basamağında eklenen ferrosiyanürün alkol üretiminde önemli etkileri olmazken belli konsantrasyonlarda EDTA ile üretilen alkolde kararlı artış sağlanmıştır.

Sa-Correa ve Uden (1982), çalışmalarında saccharomyces cerevisiae ve Kluyveromyces fragillis mayalarının büyümesi için, maksimum ve minimum sıcaklıkların, ortama eklenen etanol ile değişimini incelemişlerdir. Ortama eklenen %11 konsantrasyonunda etanol maksimum büyüme sıcaklığını 42°C'den 27°C'ye düşürmüş, yine ortama eklenen %11 etanol minimum büyüme sıcaklığını 3°C'den 13°C'ye artırmıştır. %3 konsantrasyonuna kadar etanol eklenmesi maksimum, minimum büyüme sıcaklığını etkilememiştir. %3'ten sonra maksimum ve minimum sıcaklıklar değişmeye başlamıştır. Elde edilen etanol konsantrasyonu sıcaklık profilinden, ortama %11 oranında etanol eklenmesinin 13-17°C arasındaki sıcaklıklarda, mayanın çoğalması üzerine olmadığını göstermiştir.

Thatipamala (1992), yüksek ürün ve substrat inhibisyonları ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada saccharomyces cerevisiae mayası için hazırlanan

ortamda farklı başlangıç sakkaroz ve başlangıç etanol konsantrasyonlarının saccharomyces cerevisiae hücrelerindeki canlılık üzerinde etkilerini incelemiştir.

Paul, Obi ve Slaughter 1983'te yaptıkları çalışmada Saccharomyces cerevisiae'dan etanol üretimini artırmak için NH_4^+ etkisini incelemişler. Aynı çalışmada Zn'nin ve ortama yağ ilavesinin de sonuçlarını gözlemlemişlerdir.

Shukla 1984'te yayınladıkları makalede kesikli kültürde Saccharomyces cerevisiae mayasını kullanarak glukozun etanole dönüşümü sırasında elde ettikleri verileri kinetik açıdan incelemişlerdir. Etanol ve biyolojik kütle oluşum hızları, D-glukoz kullanım hızı ve pH değişimi gibi farklı kinetik parametrelerin etkisi üzerinde çalışmışlardır.

Orlowski ve Barford 1987'de yaptıkları çalışmada Saccharomyces cerevisiae mayasının ayrı ayrı glukoz, fruktoz ve glukoz fruktoz eşit molardaki karışımlarını içeren substratlar üzerinde havalı, kesikli kültürde büyüme kinetiğini uygun transport mekanizmalarını referans alarak incelemişlerdir. Farklı iki tüketimin oluştuğu bulunmuştur. Birincisinde hem glukoz hemde fruktoz eşit olarak tüketildiği, diğerinde ise glukozun fruktoza göre öncelikli olarak tüketildiği ifade edilmiştir.

Converti, Attilio ve çalışma arkadaşlarına (1985) göre enerji krizi, alternatif enerji kaynakları olarak kullanılabilir bileşiklerin üretimini gerçekleştiren çalışma işlemlerine bir sebep olarak öne sürülebilir. Bu işlemler arasında alkolik fermantasyon önemli bir örnek teşkil eder. Alkolik fermantasyonda ilginç bir araştırma sahası, Saccharomyces cerevisiae tarafından endüstriyel uygulamada genellikle fermente edilmiş şeker konsantrasyonlarından daha derişimli şeker

çözeltilerini kullanma yeteneğine sahip maya suşları veya yeni mikroorganizmaları araştırmıştır. Bu çalışmada Saccharomyces cerevisiae ve S.oviformis mayalarının etanol üretimindeki etkileri birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Castro ve çalışma arkadaşlarına (1990) göre dünyada etanol üretiminde besin stoğu olarak nişasta veya sakarozdan biri kullanılır. Nişasta subsratları için fermantasyon sırasında veya önce bir hidrolik basamağa ihtiyaç vardır. Sukroz melastan daha ucuz elde edilmesine rağmen melas gibi fermente olmayan organik maddeler ve tuzların yüksek bir miktarını içermez.

Ngang, Essia ve arkadaşlarına (1989) göre alkol fermantasyonunda kullanılan endüstriyel pancar melası bazı bakteriler ile özellikle laktik asit bakterileri için iyi bir substrat değerindedir. Mikroorganizmalar için laktik asit önemlidir. Alkolik fermantasyonun bu inhibitörü materyallerin ozmotik basıncına bağlı farklı yollardan spesifik alkol üretim hızını ve mayanın spesifik gelişimin hızını etkiler. Mayanın aşılamada yüksek oranda kullanılması gözlenen inhibisyonda azalmaya neden olur.

Raghav ve arkadaşları (1989) yaptığı çalışmada şeker kamışı melasının alkolik fermantasyonunda Saccharomyces cerevisiae Y 10 ile birlikte s.uvarum ATTC 26602 suşları karşılaştırılmıştır. Fermantasyon işleminin başarılı olabilmesi için yüksek olabilmesi için yüksek sıcaklıkta ürün verebilen etanol üretimi yüksek olabilen ve substrata tolerans gösterebilen maya suşlarının olması gerekir.

Shankar, ve arkadaşları (1985) besin olarak %13,5 fermente olabilir şeker içeren şeker kamışı melası kullanılarak, 30ºC de, bir reaktörde, sea plaque agarose

isimli düşük sıcaklıkta jelleşebilen bir agarazda hareketsizleştirilmiş s. uvarum ile sürekli etanol üretimi yapmışlardır.

Park ve çalışma arkadaşları (1991) tarafından z.mobilis inceleme yeni bir ozmotolerant mutant suşu pancar melasından etanol üretimi için iyi sonuç vermiştir. Z.mobilis 2M4 (ATTC 31821)'ün osmotolerant mutant bir suşu içeren seçilmiş bir ortamda kimyasal mutasyon olayında sonra izole edilmiştir. Bu mutant hidroliz olmuş melas içeren ortamda yetiştirildiği zaman hücre gelişimi ve etanol üretimi anlamlı bir artış göstermiştir. Ama bu sonuçlar eksraktlı ortamda elde edilmiştir. Bu pahalı ilave endüstride mümkün olmayabilir.

Laplace, ve çalışma arkadaşlarına (1993) göre; melas gibi çeşitli şeker içeren numunelerde bu şekerlerin tamamının kullanılarak daha fazla etanol elde edilmesi için bazı mayaları birlikte kullanmışlardır. Örneğin; melastaki glukoz ve fruktozu fermente etmek üzere Saccharomyces cerevisiae ile ksilozu fermente etmek üzere p.stipitis veya candida shehatae mayalarından biri aynı anda aynı fermantasyon ortamında kullanılabilir.

Pandey and Agarwal'a (1993) göre melaslar ham bir substrat olmasına rağmen ana substrat olan şekere ilaveten büyümeyi teşvik eden birçok bileşikleri ihtiva eder. Bununla beraber maya ekstraktı ve NH_4Cl, $MgSO_4$, $CaCl_2$ vb. bazı bileşiklerin ilavesi fermantasyon hızını artırarak daha yüksek etanol geri kazanımını sağlar.

Preez ve çalışma arkadaşlarına (1986) göre ezilip suyu çıkarılmış şeker kamışı gibi lignoselüloz içeren atık maddelerin seyreltik asitle hidrolizi sonucu meydana gelen ksiloz, glukoz, arabinoz ve galaktozun fermantasyon sonucu ekonomik olarak etanol üretilebilir.

Kazuhito ve çalışma arkadaşları (1989) yaptığı çalışmada 2-deoksiglukoza ve etanol fermantasyonundan sonra pancar melası ezmesinin distilasyonu sonucu oluşan atık suya dirençli bir Saccharomyces cerevisiae mayası tarafından şeker pancarı melasının etanol fermantasyonunda bilinen maya suşlarına göre iyi sonuçlar elde etmiştir.

Pancar melası gibi kompleks materyallerin endüstriyel alkolik fermantasyonunda alkol üretim hızı, organik ve inorganik bileşiklerin toksit miktarlarının toplanmasından meydana gelen bazı inhibitörler tarafından sınırlanır. Webb ve İngraham (1963) tarafından tanımlanan daha yaygın olan bu maddelerin arasında laktik asit en önemlilerindendir ve laktik asit bakterisinin bulunması sebebiyle uzaklaştırmak zordur.

Chen ve Mou (1990) ise steril olmayan şeker kamışı melası kullanarak sürekli etanol fermantasyonu çalışması yapmıştır.

1982'de Avusturya'da Tarım ve Orman Bakanlığı'nın desteği ile yürütülen araştırmalarda kolza yağı metil esterinin iyi bir dizel yakıt alternatifi olabileceği ortaya konulunca ülkenin tarımsal fazlasını kolza ve ayçiçeği ekimi yönüne çevirerek 2000 yılına kadar hem dizel yakıt alternatifi üretimine hem de kendi talebine yetecek ölçüde bitkisel yağ elde etmesi öngörülmüştür (Oğuz, 2004).

Almanya bitkisel yağların alternatif dizel yakıtı olarak değerlendirilmesi konusunda önemli çalışmaların önderliğini yapmaktadır. Devlet destekli büyük projeler, uluslararası üne sahip otomobil fabrikalarının gerçekleştirdiği uygulamalar oldukça önemli sonuçlar vermiştir (Oğuz, 2004).

Scharmer (1994), dizel yakıtına alternatif olarak, bitkisel yağ metil esteri (biyodizel) ve özel motorlar için doğal dizel üretim yöntemlerini sunmuştur. Araştırmacı aynı zamanda biyodizelin ekonomik analizini yaparak, kanola yağı metil esterinin (RME) madeni yağ vergisi kapsamına girmediğinden, dünya bitkisel yağ piyasasına 0,80 DM/L fiyatından verilebileceğini ve bu fiyatla 1,16 DM/L olan dizel yakıtına rakip olabileceğini belirtmiştir.

Goodrum (2002), hayvansal yağ atıklarından biyodizel üretimi ve bu biyodizelin petrol kökenli dizel yakıta katkı karışımı şeklinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla sığır etinden elde edilen donyağı, domuz eti yağı ve kümes hayvanlarından elde edilen yağ gibi çeşitli hayvansal yağların dizel katkı materyali olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir. Yapılan karışımların, dizel yakıt performans değerlerine çok yakın olduğunu gözlemişlerdir.

Stavarache (2005), bitkisel yağların, küçük moleküllü alkollerle transesterifikasyonunun baz katalizli ortamda, 28-40 kHz gibi düşük frekanslı ultrasonik ses vasıtasıyla gerçekleştirerek, biyodizel elde etmiştir. Ultrasonik ses kullanıldığında reaksiyon zamanının mekanik karıştırmaya göre 10-40 dakika daha kısa olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca kullanılan katalizör miktarının da 2-3 kat düştüğünü gözlemişlerdir. Alkol/yağ oranının da 6/1 şeklinde düştüğü görülmüştür. Küçük moleküllü alkollerle reaksiyonun çok hızlı olduğu, buna karşın sekonder ve

tersiyer alkollerle reaksiyonun 60 dakika civarında veya daha uzun olduğu gözlenirken, reaksiyon veriminin % 98-99 civarında olduğunu tespit etmişlerdir.

Türkiye'de alternatif yakıt konusu Cumhuriyetin ilk yıllarında gündeme gelmiştir. 1936 yılında Atatürk'ün hazırlattığı 2. Beş Yıllık Kalkınma Planında yakıtların ithal yolu ile sağlanmaması, ülkenin hammadde kaynaklarından faydalanılması öngörülmüştür. Ancak II. Dünya Savaşı ardından dünya ham petrol üretiminin artması, fiyatların düşmesi konunun ilgi görmemesine neden olmuştur. 1973 yılından sonra petrol fiyatlarındaki artış ve enerji krizleri sonucu bu konu çerçevesinde çeşitli girişimler olmuşsa da dizel yakıt alternatifi olarak bitkisel yağlardan yararlanma konusu ancak çok az sayıdaki bilimsel çalışma ile sınırlı kalmıştır. 2003 yılında Enerji Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt idaresi Genel Müdürlüğü biyodizel konusunda çalışmaya başlamış ve tarlasında biyodizel üretmek maksadı ile aspir yetiştirmektedir. Enerji Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü 200 L/saat kapasiteli bir biyodizel reaktörü yaptırarak biyodizel üretmeye başlamış ve bu reaktörü çeşitli fuarlarda sergileyerek tanıtımlar yapmaktadır (Oğuz, 2004).

Yaşanan petrol sıkıntıları bitkisel yağların dizel motorlar için yakıt alternatifi olabilirliğini yeniden gündeme getirmiş ve böylece yağların hangi kimyasal ve fiziksel özellikleri ile dizel motorlarında daha sorunsuz kullanılabileceği konusu araştırılmıştır. Kimyasal yapı olarak uzun, dallanmış ve tek çift bağ içeren yağ asidi esterlerinin dizel motorları için uygun yakıt olabileceği, artan doymamışlığın setan sayısını olumsuz yönde etkilediği ortaya konulmuştur. Bunun yanı sıra viskozitenin karbon zinciri uzunluğu ile orantılı olarak arttığı yağ asidindeki doymamışlığın artışı ile de azaldığı bilinmektedir. Yüksek oleik ve yüksek linoleik bitkisel yağlarının her

ikisi de dizel yakıtı alternatifi olabilme özelliğine sahip görünmektedir (Işığıgür 1982, Schmidt ve Gerpen 1996, Ikwuagwu ve Ark 2000, Vita 2000).

Ali ve Hanna (1994), hayvansal yağın metil esterini etanolle karıştırarak viskozitesini düşürmeye çalışmışlardır. Bitkisel yağ numunesi üzerinde yapılan yakıt özellikleri belirleme çalışmalarında şu sonuçlar açığa çıkmıştır; Bitkisel yağlar çok viskozdur, oksijene reaktifliği çok fazladır, ayrıca yüksek bulutlanma noktası ve yüksek akma noktasına sahiptirler.

Schwab (1987), soya yağı esterlerinin yakıt özelliklerini belirlemiş ve soya yağının metil, etil, bütil esterlerinin dizel yakıtla aynı sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Ayrıca bu esterlerin dizel yakıttan düşük enerji içeriğinin olduğuna, yüksek kalıntı miktarına, yüksek flash noktasına, yüksek viskozite değerine sahip olduğunu belirlemiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu çalışmada etanol üretimi için kullanılan melas, Çumra Şeker Fabrikasından, miroorganizma, maya üreticisi bir firmadan alınan saccharomyes cerevisiae mayası ve biyodizel üretimi için kullanılan hayvansal yağlar da Konya ilinde mevcut çeşitli kesimhanelerden alınmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Mayaların Çoğaltılması

Mayaların çoğaltılmasında; toplam şeker oranı damıtık suyla 120 g/L düzeyine kadar seyreltilmiş melas çözeltisine, 10 g/L maya özütü, 1 g/L $(NH_4)_2SO_4$ ve 0,5 g/L KH_2PO_4 ilave edilerek pH'sı H_2SO_4 ile 4,5'e ayarlanıp 120ºC'de 30 dakika sterilize edildikten sonra hazırlanan besiyeri kullanılmıştır (Şahin, ve Özçelik, 1979-1984).

3.2.2 Fermantasyon işlemi

Fermantasyon işleminde toplam şeker oranı 150 g/L olan, 1 g/L $(NH_4)H_2PO_4$ ilave edilmiş ve pH'sı H_2SO_4 ile 4,5'e ayarlanmış melas çözeltisi kullanılmıştır. Melas çözeltisi fermantasyon şişesine alınıp 115ºC'de 30 dakika süre ile tutulmuş, soğuduktan sonra çoğaltılmış olan 48 saatlik kültürle %2,5 oranında aşılanarak 30ºC'de 3 gün inkübasyona bırakıldı. Fermantasyonun gidişi şişeden belirli zaman aralıklarında alınan örneklerde ölçülen etilalkol konsantrasyonundaki değişimler izlenmiştir. Fermantasyon sonunda oluşan etanol, damıtılarak çözeltiden alınmış ve saflaştırılmıştır.

3.2.3 Hayvansal Yağlardan Biyodizel Eldesi

Hayvansal yağ kaynağı olarak sığır kemikleri ve iç yağı kullanıldı, öncelikle kemiklerden hayvansal yağ elde edildi. Bunun için kemikler 0,5-1 cm boyutlarında kırılarak 80^{o}C'de etüvde 2 saat kadar bekletildi, daha sonra 250^{o}C'de 8 saat ısıtıldı.

Yağlar fırından alınarak ayrı bir kaba süzüldü, sodyum etoksit çözeltisi ile reaksiyona tabi tutuldu. Reaktöre 1L yağ ve %20 oranında sodyum etoksit çözeltisi ilave edilerek 8 saat 65^{o}C'de karıştırmak suretiyle reaksiyona sokuldu. Swern (1979), hayvansal yağda serbest yağ asidini %1,67 bulmuştur, çalışmamızda bu literatür bilgisi kullanılarak reaksiyon, asit giderme işlemi yapılmadan, alkali katalizör ile yapılmıştır.

Reaksiyon sonunda karışım dinlenmeye bırakıldı, dinlenmede 24 saat bekletildi, alt faz karışımdan ayrılarak uzaklaştırıldı, üst faz (biyodizel) yıkama kabına alındı, 8 saat kadar 55^{o}C'de sıcak su ile fıskiye yapmak suretiyle yıkandı. Bu işleme su berrak olana kadar devam edildi. İşlemin sonunda ürün tekrar 12 saat dinlenmeye bırakıldı. Altta biriken su fazı ayrıldı ve üst faz (biyodizel fazı) süzülerek depolandı.

3.3. Fiziksel Özelliklerin Tayini

Melasta şeker tayini; Dr.kernchen marka Sucromat model otomatik polarimetre ile yapılmıştır.

Destilatta alkol tayini; %99,5'lik saf etanol ile standart konsantrasyonları hazırlandıktan sonra refraktometre ile kırılma indisleri ölçülüp, bu değerlerle kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Değerler tablo 3.1'de verilmiştir. Destilasyondan

alınan destilatın kırma indisleri refraktometre ile ölçüldükten sonra kalibrasyon eğrisinden alkol %'si (v/v olarak) bulunmuştur.

Refraktometre ile kırma indisi ölçümü madde tanıma ve miktarını tayin etme metodlarından birisidir (Gündüz, 1990).

Tablo 3.1. Değişik konsantrasyonlardaki etanol-su çözeltilerinin kırma indisi

Etanol %'si	Kırma İndisleri
99,5	1,3650
96	1,3638
50,0	1,3598
25,0	1,3480
12,5	1,3407
6,25	1,3370
3,125	1,3357
1,562	1,3349
Saf su	1,3342

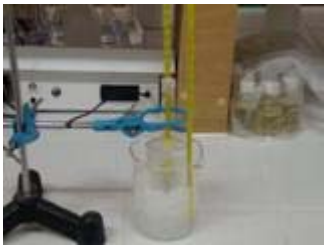
Viskozite; İlk olarak dizel yakıtın viskozitesi 40^{o}C'de ölçülmüştür, bu işlemde Oswald viskozimetresi kullanılmıştır. Numunenin sıcaklığı ±0,5^{o}C olacak şekilde su banyosunda kararlı hale getirilir. Daha sonra hayvansal yağ esteri ve bu esterin çeşitli oranlarda etanol ile hazırlanan karışımlarının viskozite değeri 40^{o}C'de ölçülür.

Yoğunluk; Biyodizelin yoğunluğu Anton Paar dansimetresi ile ölçülmüştür. Hayvansal yağların yoğunluğu 0,92g/mL civarında olup dizel yakıt için tespit edilen 0,84g/mL den biraz yüksektir. Bu nedenle hayvansal yağlardan elde dilen biyodizeller etanol ile karıştırılmak suretiyle yoğunlukları düşürülmüştür.

Tablo 3.2. Hayvansal Yağ Esteri/Etanol ve Dizel Yakıt Karışımlarının Yoğunluğu

Dizel Yakıt : (%65 Hay.Yağ Esteri + %35 Etanol) (v/v)	Yoğunluk, g/mL
0:100	0,835
10:90	0,833
20:80	0,832
30:70	0,830
40:60	0,831
50:50	0,831
60:40	0,832
70:30	0,832
80:20	0,830
90:10	0,832
100:0	0,830

Donma Noktası: Donma noktası ölçümü Şekil 3.1'deki düzenek ile tayin edildi. Düzenekte numune deney tüpüne konuldu, sıcaklık okumak amacıyla numune içine termometre yerleştirildi, buz banyosu için %15'lik $CaCl_2$ (kalsiyum klorür) çözeltisi hazırlanarak sıcaklığın -20^oC civarlarına kadar düşmesi sağlandı. Tüp -20^oC'ye kadar 0,2^oC aralıklarla soğutuldu.



Şekil 3.1. Donma Noktası, Bulutlanma Noktası ve Akma Noktası Ölçümlerinde Kullanılan Düzenek

Bulutlanma Noktası: Bu parametreyi tayin etmek amacıyla Şekil 3.1.'deki düzenek kullanıldı.

Yakıt numunesi, içine termometre daldırılmış ceketli silindirik kaba konularak, buz banyosuna daldırıldı. Sıcaklık düşerken ilk kristalin gözlendiği sıcaklık değeri kaydedildi.

Akma Noktası: Bulutlanma noktası düzeneğine benzer olarak tayin edildi.

3.4. Biyodizel, Alkol ve Dizel Karışımları

Hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel, etanol ve dizel karışım oranları, bu karışımların bulutlanma, akma, donma noktaları ile viskozite değerleri Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Biyodizel, Etil Alkol ve Dizel Karışımlarına Ait Fiziksel Özellikler

Örnek No	Hay. Yağ	Dizel %	Biyodizel %	Etanol %	Bult. Noktası ^oC	Akma Noktası ^oC	Donma Noktası ^oC	Viskozite g/cm.s (40^oC)
1	100	0	0	0	-	-	43^{lit}	0,5105
2	0	100	0	0	$-8,5^{lit}$	-18^{lit}	-20^{lit}	0,0197
3	0	0	100	0	20	16	14	0,0401
4	0	0	65	35	12	11	10,5	0,0213
5	0	80	13	7	-8^{lit}	-20	-25	0,0178
6	0	70	20	10	-8	-17,5	-19,5	0,0177
7	0	60	26	14	-4^{lit}	-8	-12	0,0181
8	0	80	20	0	-1	-17	-19	0,0250
9	0	70	30	0	2	-7	-9	0,0271
10	0	60	40	0	4	-1	-5	0,0297

lit: Literatür bilgisi (Ali, Y. , Beef Tallow As a Biodieselfuel, 1995)

4. SONUÇ TARTIŞMA

Fermantasyonda toplam şekeri 150g/L olan melas çözeltisi kullanılmıştır. Fermantasyon sonunda oluşan etanol damıtılarak ayrılmış ve rekraktometre ile kırma indisi bulunup grafik 4.1'den faydalanılarak etanolün hacimsel yüzdesi bulunmuştur. Buna göre elde edilen etanol 96,5 mL olup (kırma indisi= 1,3637) %96 saflıktadır.

Viskozite, yoğunluk, donma noktası ve GC ölçümlerinden elde edilen değerlere göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1-Hayvansal yağ esteri %65:35 v/v oranında etanolle karıştırıldığında bu karışımın viskozite değeri, dizel yakıtın viskozite değeriyle uygunluk gösterir.

2-Hayvansal yağ esteri/etanol karışımının viskozite değeri sıcaklığın artmasıyla düşer.

3-Hayvansal yağ esterinin etanol ile karışımının yoğunluğu dizel yakıtla aynı değerlerdedir.

Deneysel verilerden elde edilen sonuçlar Tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.3.'de görüldüğü gibi hayvansal yağların viskozitesi 0,5105 g/cm.s iken bu yağlardan elde edilen esterleri (biyodizel) 0,0401 g/cm.s civarına düşmüştür. Dizel yakıtın viskozitesi 0,0197 g/cm.s dir. Bu durumda hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin viskozitesi normal dizelden daha yüksektir, doğrudan kullanılmasında ciddi problemler ortaya çıkabilir, bunun için hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel uygulamalarda genel olarak viskozitesi 0,0081g/cm.s olan etanol ile karışım halinde veya etanol ve dizel ile karışım halinde kullanılmaktadır. Bu suretle standartlara uygun biyodizel yakıtı elde edilmesi mümkündür.

Yine Tablo 3.3'den görüldüğü gibi hayvansal yağın donma noktası 43^{o}C civarında esterlerin ise 14^{o}C civarındadır. Dolayısıyla hayvansal yağdan elde edilen biyodizelin doğrudan doğruya yakıt olarak kullanılmasında büyük bir sakınca gözlenmektedir. Alkol veya dizel yakıt ile karıştırmak suretiyle kullanılması bu sorunu da ortadan kaldıracaktır.

Hayvansal yağ esteri, alkol ve dizelin farklı karışımlarının viskozite ve donma noktaları incelendiğinde viskozite ile farklı karışım oranları grafiğinden %65 :35 v/v hayvansal yağ esteri/etanol ve % 60:26:14 dizel yakıtı/hayvansal yağ esteri/etanol karışımının uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Yine karışımların donma noktalarının %65:35 hayvansal yağ esteri/etanol karışımı için 10,5^{o}C ve %60:26:14 dizel yakıtı/hayvansal yağ esteri/etanol karışımı için -12^{o}C civarında uygun değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu nedenle hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin soğuk iklim bölgelerinde kullanımı sakıncalıdır.

4.1. Etanole Dönüşüm Oranı

Aşağıdaki denklemden görüleceği üzere 1 mol sakkarozdan 4 mol etanol oluşur. Burada sakkarozun molekül kütlesi 342 g/mol, etanolün molekül kütlesi 46 g/mol'dür. Dolayısıyla teorikte 342 g sakarozdan 4x46 g yani 184 g etanol oluşur.

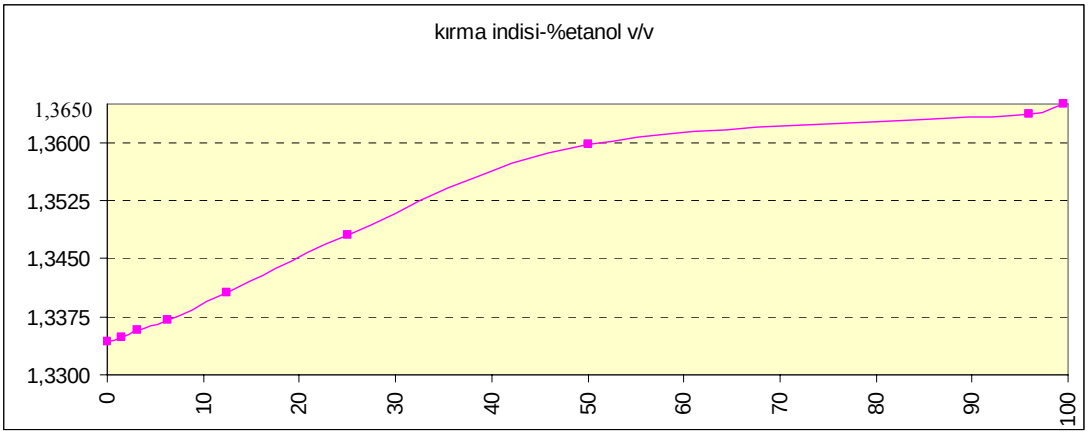
$$\underset{\text{sakkaroz}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H2O \longrightarrow \underset{\text{D-Glikoz}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{D-Fruktoz}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\substack{\text{Etanol}\\(\text{Alkol})}}{4C_2H_5OH} + 4CO_2$$

Başlangıçtaki fermantasyon çözeltisindeki sakaroz miktarı = 150g

Teorikte oluşması gereken etanol miktarı = 150*184/342 = 80,7 g etanol

Gerçekte oluşan etanol = 96,5 ml (96,5x0,79x0,96=73,19 g) etanol

%Verim = (73,19/80,7)*100 = 90,69



Grafik 4.1. Değişik konsatrasyonlarda etanol-su çözeltisinin kırma indisi

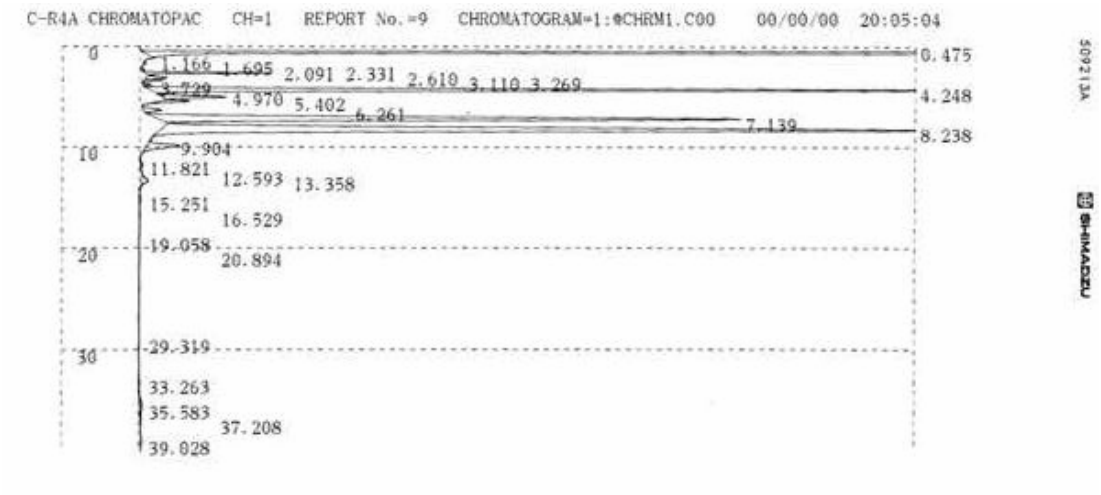
4. 2. GC (Gaz Kromatografisi) Sonuçları

Hayvansal yağ ve elde edilen biyodizel gaz kromatografisi ile analiz edilerek, hayvansal yağ ve biyodizeldeki yağ asitleri tespit edilmiştir. Şekil 4.1.-Şekil 4.2 ve Tablo 4.1'de hayvansal yağ ve biyodizel için elde edilen kromatografik veriler görülmektedir.

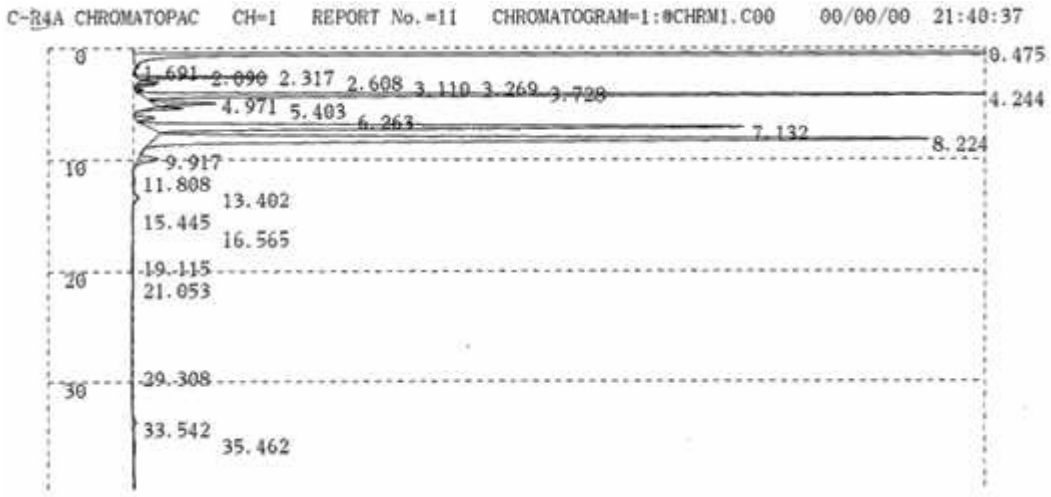
Kullanılan GC Cihazı GC 15A Shimadzu marka, GP %10 SP 2330 Chromosorb Carbowax kolon dolgu malzemesine sahip, 3,2-1,6 inch kolon uzunluğu olan, FID dedektörlü cihazdır. Numune 190^{o}C'de 31 dak, daha sonra 1dak'da 30^{o}C artışla 220^{o}C'ye getirilen kolon içinde 8 dak kalmıştır. Toplam işlem süresi 40 dak'dır.

Gaz kromatografisi sonuçlarından anlaşıldığı gibi hayvansal yağda sırayla %40,16 oleik asit (C 18:1), %25,88 stearik asit (C 18:0) ve %24,32 palmitik asit (C 16:0) büyük oranda görülmekte, diğer yağ asitleri ise genel olarak, %1'in altında kalmaktadır.

Şekil 4. 1. Yağ Numunesi İçin Elde Edilen Gaz Kromotoğramı



Şekil 4. 2. Biyodizel Numunesi İçin Elde Edilen Gaz Kromotoğramı



Tablo 4. 1.Hayvansal Yağ ve Biyodizelin Yağ Asidi Bileşimi Verileri (%)

Hayvansal Yağ Yağ Asiti	**Yağ Asit Yüzdesi**	**Biyodizel Yağ Asiti**	**Yağ Asit Yüzdesi**
C 16:0	24,32	C 16:0	24,32
C 18:0	25,88	C 18:0	26,29
C 18:1	40,16	C 18:1	40,19
Diğerleri	90,36	Diğerleri	90,80
Toplam	100,00	Toplam	100,00

4. 3. Biyodizele Dönüşüm Oranı

Biyodizel üretimi için 250 mL hayvansal yağ ve 100 mL etoksit çözeltisi kullanılmış, reaksiyon sonunda 245 mL biyodizel fazı, 105 mL ise gliserin fazı olarak ayrılmıştır.

Biyodizelin yoğunluğu 0,88 g/mL, hayvansal yağın yoğunluğu ise 0,92 g/mL olarak ölçülmüştür (d= yoğunluk, V= hacim, m= kütle, kısaltmalar: bd=biyodizel, hy=hayvansal yağ, tr=trigliserit).

d_{bd}= 0,88 g/mL d_{hy}= 0,92 g/mL V_{bd}= 245mL V_{hy}= 250mL

m=d*V eşitliğinden; m_{hy}= 0,92*250 m_{bd} = 0,88*245

m_{hy}= 230 g m_{bd} = 215,6 g

Teorik olarak, biyodizelde bulunan C atomu sayısı, trigliseritte bulunan C atomu sayısından 3 atom fazla ve H atomu sayısı, trigliseritte bulunan H atomu sayısından 10 atom fazladır. Bunun nedeni trigliseritte bulunan;

H_2C-
|
HC −
|
H_2C-

formunun etil alkolden gelen hidroksil gruplarıyla birleşerek gliserin oluşturmak üzere ayrılması, bu formun yerine ise yine etil alkolden gelen etil gruplarının bağlanarak biyodizel oluşturmalarıdır.

Biyodizel oluşum reaksiyonu şekil 2.2.2.'de açık olarak verilmiştir.

Burada trigliseridin molekül kütlesi = 884 g/mol

Biyodizelin molekül kütlesi = 930 g/mol dür

Dolayısıyla 884 g trigliserit reaksiyona girdiğinde, etil alkolden gelen C ve H atomları nedeniyle 930 g biyodizel elde edilecektir.

Teorik olarak 230 g hayvansal yağdan = 230*930/884 = 241,96 g biyodizel elde edilmelidir. Gerçekte elde edilen biyodizel ise 215,6 g'dır. Buna göre verim;

% Verim = 215,6/241,96*100 ⟶ % Verim = %89,1'dir

4. 4. Viskozite

İyi bir yakıtın yakıt özelliği yüksek oranda viskozitesine bağlıdır. Sıvı yakıtların viskozitesi, yakıtın borulardan akışı, enjektör deliklerinden geçişi gibi çeşitli noktalarda oldukça önem arz etmektedir. Viskozite ölçümlerindeki hassasiyet yakıtın fiziksel özelliğinin belirlenmesi açısından çok gereklidir. Hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel ile ilgili elde edilen viskozite değerleri Tablo 3.3'de verilmiştir. Hayvansal yağının viskozite değeri 0,51 g/cm.s olup dizel yakıttan 25 kat daha viskozdur. Dizel yakıtın viskozitesi 0,0197 g/cm.s civarındadır. Transesterifikasyonla hayvansal yağdan elde edilen biyodizelin viskozitesi 0,0401 g/cm.s değerine düşürülmüştür. Etanol ile biyodizel/etanol %65:35 (v/v) oranında karıştırıldığında dizel yakıtın viskozite değerine yaklaşık sonuç elde edilmiştir. Bu karışımın viskozite değerleri hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel karıştırma miktarıyla orantılı olarak artıp, azalmıştır. %80:20 %70:30 %60:40 dizel/hayvansal kaynaklı biyodizel karışım oranlarının viskozite değerleri; 0,025-0,0271-0,0297 g/cm.s şeklinde artmıştır.

4. 5. Yoğunluk

Yoğunluğun belirlenmesi petrol yakıtlarında hacim dönüşüm hesaplamaları bakımından çok önemlidir. Bu faktör ham petrol kalitesini de belirlemektedir. Bununla birlikte diğer özellikler ile ilişkilendirilmedikçe tek başına yakıt kalitesi hakkında bilgi vermez.

Hayvansal yağların özgül ağırlığı 0,92 g/mL civarında olup dizel yakıt için tespit edilen 0,84 g/mL değerinden biraz daha yüksektir. Bu nedenle hayvansal

yağlardan elde edilen biyodizel etanol ile çeşitli oranlarda karıştırılarak özgül kütlesi 0,85 g/mL civarlarına düşürülmüştür.

4. 6. Donma Noktası

Yağların donma noktaları yağın saflığı hakkında veya kristal yapısıyla ilgili açık bir fikir vermez. Donma noktası sıvı hale getirilmiş yağlar için belirli şartlarda belirli bir sıcaklık dikkate alınarak tespit edilir.

%35 hacimce etanol/ester karışımlarında donma noktası 14^{o}C'den $10,5^{o}$C'ye kadar düşmektedir. Hayvansal yağ esterlerinin petrol dizeli ile %40:60 v/v ve %20:80 v/v karışımlarında donma noktası -5^{o}C'den -19^{o}C civarına düşürülmüştür.

4. 7. Bulutlanma Noktası

Petrol ürünleri için bulutlanma noktası sıvı soğutulduğunda ilk gözlenen vaks bulutunun oluştuğu sıcaklıktır. Bulutlanma noktası genel olarak 40 mm kalınlıktaki tabaka üzerinde tespit edilir. Hayvansal yağ esteri ile bunların dizel yakıtı ve etanol ile karışımlarının bulutlanma noktası değerleri Tablo 3.3'de görülmektedir. %40:60 - %20:80 v/v oranlarında hayvansal yağ esteri ve petrol dizeli karıştırıldığında bulutlanma noktası 4^{o}C'den -1^{o}C'ye düşmektedir. Bu karışım oranlarına etanol ilave edildiğinde bulutlanma noktası daha da aşağılara düşer.

4. 8. Akma Noktası

Akma noktası değerleri tüm karışımlar için donma noktası ve bulutlanma noktası ile benzerdir. Dizel yakıtın akma noktası -18^{o}C'dir. Hayvansal yağ etil esterinin akma noktası 16^{o}C'dir. Ester olmayan formlarda bu değerler 37 ile 21^{o}C arasında olup dizel yakıtının değerinden daha yüksektir. Esterlere etanol ilave edildiğinde (%65:35 v/v), akma noktası 11^{o}C'ye düşmektedir. %60:40 v/v - %80:20 v/v petrol dizeli / hayvansal yağ esteri karışımlarının akma noktası -1^{o}C ile -17^{o}C arasında değişmektedir. Petrol dizeli/etanol/hayvansal yağ dizeli karışımlarında ise akma noktası -8 ile -20^{o}C arasında değişmektedir.

5. EKLER

EK – 1

Çeşitli Ülkelerde Uygulanmakta Olan Dizel ve Biyodizel Standartları

Özellik	Birim		Dizel EN 590	Avusturya (ONORM C 1190)	Fransa (ARRETE 20/12/1993)	İtalya (CUNA NC 635-01)	Almanya (DIN V 51606)	AB EN 14214
Yoğunluk 15 °C	kg/m^3		830-880	870-890		880-900	3,5-5	860-900
Viskozite 40°C	mm^2/s		2- 4,3			3,3-3	3,5-5	3,5-5
Kükürt İçeriği	kütlesel %		≤0,05	≤0,02		≤0,01	≤0,01	<0,01
Su İçeriği	mg/kg		≤200		≤200	≤700	≤300	<500
Katı Madde İçeriği	kütlesel %		≤24				≤300	<20
Kül İçeriği	kütlesel %		≤0,01			≤0,01	≤0,01	≤0,01
Setan Sayısı			≥49	≥48			≥49	≥51
Oksidasyon Kararlılığı	g/m^3		≤25					<25
Alevlenme Noktası	°C		≥55	≥100		≥100	≥100	≥101
Soğukta Filtre Tıkanma Noktası	°C	Yaz		≤0			≤20	≤0
		Kış		≤-15				< -15
Nötralleşme Sayısı	mg KOH/g			≤0,80	≤1	≤0,5	≤0,5	<0,5
Metanol & Etanol İçeriği	kütlesel %			≤20	≤0,1	≤0,2	≤0,3	<0,2
Ester İçeriği	kütlesel %				≥96,5	≥95,0		≥96,5
Monogliserid	kütlesel %				≤0,8	≤0,8	≤0,8	≤0,8
Serbest Gliserin	kütlesel %			≤0,02		≤0,05	≤0,02	≤0,02
Bağlı Gliserin	kütlesel %			≤0,24	≤0,25	≤0,25	≤0,25	≤0,25
İyot İndisi							≤115	<120
Fosfor	mg/kg			≤20	≤10	≤10	≤10	≤10
Alkali Metaller	mg/kg				≤3			≤5

EK – 2

TS EN 14214 Biyodizel Standardı

Özellik	Birim	Minimum	Maksimum	Test metodu
Yoğunluk 15ºC'deki	kg / m³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Akışkanlık 40ºC'deki	mm² / s	3,50	5,00	EN ISO 3104
Parlama Noktası	º C	120	-	ISO/DIS 3679
Karbon Artığı (10% damıtma artığı)	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
Bakır Şerit Korozyonu (50ºC'de 3 saat)	Sınıflama	1.Sınıf		EN ISO 2160
Toplam Kirlilik	mg / kg	-	24	EN 12662
Oksidasyon Kararlılığı, 110ºC	Saat	6,0	-	prEN 14112
Setan numarası		51,0		EN ISO 5165
Asit değeri	mg KOH / g		0,50	prEN 14104
İyod değeri			120	prEN 14111
Kül İçeriği	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Su İçeriği	mg / kg	-	500	EN ISO 12937
Metanol & Etanol İçeriği	% (m/m)		0,20	prEN 14110
Sülfür İçeriği	mg / kg	-	10,0	prEN ISO 20846 prEN ISO 20884
Fosfor İçeriği	mg / kg	-	10,0	prEN 14107
Ester İçeriği	% (m/m)	96,5		prEN 14103
Linolenic asit metil esteri	% (m/m)		12,0	prEN 14103
Çokludoymamışlık (en az 4 çift bağlı metil ester)	% (m/m)		1	
Monogliserit içeriği	% (m/m)		0,80	prEN 14105
Digliserit içeriği	% (m/m)		0,20	prEN 14105
Trigliserit içeriği	% (m/m)		0,20	prEN 14105
Serbest gliserol	% (m/m)		0,02	prEN 14105 prEN 14106
Toplam gliserol	% (m/m)		0,25	prEN 14105
Grup I metaller (Na+K) Grup II metaller (Ca+Mg)	mg / kg mg / kg		5,0 5,0	prEN 14108 prEN 14109 prEN 14538

6. KAYNAKLAR

Ali, Y. 1995. Beef Tallow as a Biodiesel Fuel, The Graduate Collage in the University of Nebraska Agricultural and Biological System Engineering.

Ali, Y. and M.A. 1994. Hanna. Physical properties of tallow ester and diesel fuel blends. Bioresource Technology.

Altın R, Çetinkaya S, Yücesu H. S. 2001. The Potential of Using Vegetable Oil Fuels As Fuel for Diesel Engines. Energy Conversion and Management Volume: 42 P 529 – 538

Antolin, G., Tinaut, F.V., Briceno, Y., Castano, V., Perez, C., Ramirez, A. I. 2002. Optimisation of Biodiesel Production by Sunflower oil Transesterification, Bioresource Technology, 83, 111-114.

Asan, G. 1997. "MYGP ortamında saccharomyces cerevisiae'dan etanol üretimi" Kırıkkale üni. Fen bilimleri Enst. Kırıkkale

Asfar, K. R., Hamed, H. 1998. Combustion of Fuel Blends. Energy Convers Manage, (10): 1081-93.

Bari, S., Lim T. H., Yu, C. W. 2002. Effects of Preheating of Crude Palm oil (CPO) on Injection System, Performance and Emission of a Diesel Engine. Renewable Energy, 27: 339–351

Barta, J., and Zvacek, O., 1959, J. Inst.brew., 65,207

Bilgin, A., Durgun, O., Şahin, Z. 2002 The Effects of Diesel-Ethanol Blends on Diesel Engine Performance, Energy Sources, 24:431-440

Castro H.F.,1990, Appl. Biohem. And biotech.,24/25,545-551

Chen, H.C. and Mou, D.G., 1990, "pilot-scale multi-stage multi-feeding continuous ethanol fermentation using non-sterile cane-molasses", biotech. Letters, 12:5,367-372

Clement, J.M., 1993,"Distillation and alcohols", Thema Larousse, 4,531

Cohen R.E., Ballov L. And Ballov C.E., 1980, "Mutagenesisin yeast", J.Biol.Chem., 255,7700-7707

Conde, J. and Fink, G.R.,1976, "Mapping and fusion", Proc. Natl. Acad. Sci., USA, 73,3651-3655

Converti, Atillio.,1985, Biotech. and bioeng., 27,1108-1114

Çıldır, O., Çanakçı, M., 2006. Çeşitli Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör ve Alkol Miktarının Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi.

Deamin, A.L., 1972, "Theoritical and applied aspects of enzym regulation and biosyntesis in microbial cells", Enzym engineering, biotech.and bioeng. Symposium 3,21-22

Dönmez, S., 1993, "Etanolün Kullanım Alanları", Bilim ve Teknik Dergisi, 26:313,900

Eugene, E. E., Bechtold, R. L., Timbaro, T. J., McCallum, P. W. 1984. State of Art Report on the Use of Alcohols in Diesel Engines, SAE, Paper No: 840118.

Fidan, I., ve Şahin, İ., 1979, İspirto teknolojisi ve damıtık içkiler, A.Ü. Ziraat Fak. Teksir no: 12 . Ankara, s.59

Goodrum, J.W. 2002. Volatility and boiling points of biodiesel from vegetable oils and tallow.

Gözükara, Engin M.,1989, " Etil Alkol Metabolizması", Biyokimya Ders Kitabı, Ofset Repromat Ltd. Şti., Ankara, 821

Gürel, Ö., 1996, "Melastan Fermantasyon Yoluyla Etanol Elde Edilmesi" Gazi üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Gündüz, T., 1990, "Refraktometriden Sağlanan Yararlar", İnstrümental Analiz, Bilge Yayıncılık, 2.baskı, Ankara, 385

Hanna , M.A. (1987) Processing vegatable oils for non-food oil. Paper No. 87-1584 , presented at the 1987 Winter Meetingof Amer. Soc. Of Agri. Eng. ASAE , St. Joseph, MI 49085 , USA

Hansen, A.C., Lyne, W.L., Zhang Q. 2001. Ethanol-Diesel Blends: A Step Towards A Bio-Based Fuel for Diesel Engines, ASAE, Paper No: 01-6048.

Harding P.J., Obi E.I. Ve Slaughter J.C., 1984. The Potential Action of NH_4 as a Stimulator of ethanol production by Saccharomyces cerevisiae, FEMS microbiology letters, 21,185-187,

Henham, A.W.E., Johns, R.A., Newnham, S. 1991. Development of a fuel-tolerant Diesel for Alternative Fuels. Int J Vehicle Des, 2(3):296–303.

http://www.biodiesel.org,2003
http://www.biyomotorin-biodiesel.com,2004
http://www.egebiyoteknoloji.com, 2005
http://www.eie.gov.tr, 2005

Ikwuagwu, O. E.; Ononogbu, I. C.; Njoku, O. U. 2000, Indust. Crops Prod. 12,

Karaosmanoğlu, F., 1999, "Vegetable Oil Fuels: a Review", Energy Sources, 21(3):221-231,

Kazuhito, M., hitoshi, S., shun-ıchi, S.,kazuo. S. And makoto, t., 1989, "ethanol fermentation of beet molasses by a yeast resistans to distillery waste water and 2-deoxyglucose", J.Ferm. And Bioeng., 67:5,321-323

Kincs, F.R., 1985. Meat fat formulation. JAOCS 62, 815±818.

Laplace, J.M., 1993, "Co-fermentation of glucose and xylose to ethanol by a respiratory-deficient mutant of saccharomyces cerevisiae co-cutivaed with a xylose-fermenting yeast", J.ferm.and bioeng.,75:3, 207-212

McMillam, I.C., 1970, "The structure, synthesis and fonction of the yeast cell wall", J.Ins.Brew.,76,524-535

Ngang,J.J. Essia.,1989, "Alcoholic Fermentation Of Beet Molasses: Effects Of Lactic Acid on Yeast Fermentation Parameters" appl. Microbiol. Biotech., 31,125-128

Norris, R., 1985, "Fermantasyon Endüstrileri", Kimyasal Proses Endüstrileri-2, inkılap kitabevi, Çeviren: Çataltaş, A.İ., 1.Baskı, 176

Nwafor, O. M. I., Rice, G, Ogbonna, A. I. 2000. Effect of Advanced Injection Timing on the Performance of Rapeseed oil in Diesel Engines. Renewable Energy, 21 : 433-444.

Oderine, R.A., Ngoka, L.C., 1985 "Comparative Study of the effect of ferrocyanide and EDTA on the production ethyl alcohol from molasses by Saccharomyces cerevisiae", Biotecnology and Bioengineering, 28, 1462-1465

Oğuz H. 2004. Tarım Kesiminde Yaygın Olarak Kullanılan Dizel Motorlarında Fındık Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanım İmkanlarının İncelenmesi Konya

Orlowski J.H., Barford J.P., 1987. The Mechanism of Muıtiple Sugars by Saccharomyces cerevisiae, in Batch Cuıture Under Fully Aerobic Conditions, Appl. Microbial Biotechnol, 25,459-463,1987

Pamir, M.H., 1978, Teknik ve Endüstriyel Mikrobiyoloji, A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları, Yayın No: 681, A.Ü. Basımevi, Ankara, s.188

Pamir, M.H., 1985, Fermantasyon Mikrobiyoloji, A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları, Yayın No: 936, A.Ü. Basımevi, Ankara, s.10-23

Pandey, K. and Agarwal, P.K.,1993, " effect of EDTA, potasium ferrocyyanide and sodium potassium tartarate on the production of ethanol from molasses by Saccharomyces cerevisiae", enzyme microbiol. and tech., 15:10,887-898

Park S.C., 1991, biotech. Aıud bioeng.,38,304-313 Park S.C et al., 1992, J. Ferm. and bioeng.,73:1,16-21

Pekin, B., 1979, Biyokimya mühendisliğinde temel ilkeleri; Ege üni. Kimya Fak. Yayın no:3, 1-64

Peterson, C. L., D. L. Reece, B. Hammond, J. C. Thompson, and S. Beck. 1995. Commercialization of Idaho biodiesel (HySEE) from ethanol and waste vegetable oil. ASAE Paper No. 95-6738. St Joseph, MI: ASAE.

Preez, J.C., Bosch, M.and prior, B.A., 1986, "the fermentation of hexose and pentose sugars by candida shehatae and pichia stipitis" Appl. Microbial. Biotech., 38, 596-598

R.Raghav., 1989, "Ethanolic Fermentation of Cane Molasses by a Highly Flocculen Yeast" Biotech. Letters, 11:10,739-744

Sa-Correa, I., van-Uden, N., 1982, "Temperature Profiles of Ethanol Tolerance Effects of Ethanol on the Maximum Temperatures for Growth of the Yeast Saccharomyces cerevisiae and Kluyveromyces fragilis", Biotechnology and Bioengineering, 28, 301-303

Satgé De Caro, P., Moloungui, Z. 2001. Interest of Combining an Additive with Diesel-Ethanol Blends for Use in Diesel Engines, Fuel, 80: 565-574.

Scharmer, K., F. Pudel, and D.Ribarov 1994. Conversion of vegetable oils to methyl and ethyl esters.

Schmidt K, Gerpen J.V., 1996. The Effect Of Biodiesel Fuel Composition On Diesel Combustion and Emissions, SAE Paper, 961086

Schneider, F., 1971, Şekerin teknolojisi, Türkiye şeker fab. A.Ş. Yayını, Çeviren: Tayfun, N., Ankara, 168

Schwab, A.W., M.O. Bagby and B. Freedman. 1987. Preparation and Properties of Diesel Fuels From Vegetable Oils, Fuel 66:1372-8 ()

Shankar, V., 1985. "Yeast cells entrappaed in low-gelling temperature agarose for the continuous production of ethanol", Biotech. Letters, 7:8,615-618

Shukla H., Viswanathan L., Shukla N.P., 1984. Reaction kinetics of d-glucose fermentation by Saccharomyces cerevisiae, enzyme microb. Technol., 6,560-564

Stavarache, C. ,Vinatoru, M. , Nishimura, R. , Maeda, Y. 2005. "Fatty Acids methyl esters from vegatable oil by means of ultrasonic energy", Ultrasonic Sonochemistry, 12, 367-372

Swern, D. , (ed) (1979) Bailey's Industrial Oil and Fat Products Vol. 1, 4th ed. John Wiley & Sons Newyork, NY

Şahin, İ. ve Özçelik, F. 1979. melasın etil alkol fermantasyonu sırasında önemli bazı etkenler üzerine araştırmalar. Ankara üni. Ziraat fak. Yıllığı, 29.fasikül 2-3-4'den ayrı basım. Ankara

Şahin, İ. ve Özçelik, F. 1984. Melastan Alkol üretiminde bazı etkenlerin verime ve has ispirto birleşimine etkileri üzerinde araştırmalar Ankara üni. Fen Bilimleri Enstitüsü yayınları: TÜT4

Tayfun, N.,1974, "Melasın Özelliklerinin Fermantasyona Etkisi" , Şeker 90, 42-50

Thatipamala, R., et al., 1992, "Effects of High Product and Substrate inhibitions on the Kinetics and Biomass and Product Yields during Ethanol Batch Fermentations"

Tüzün, C., 1992, Biyokimya Ders Kitabı, Palme Yayınları, 2. Baskı, 233-234

Usta N. ,Can Ö. ,Öztürk E. 2005, Pamukkale Ünv. Müh. Bilimleri Dergisi Sayı:3 Sayfa: 325-334

Üstün, S., 2006, "Hayvansal Yağlardan Biyodizel Elde Edilmesi", Selçuk Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Webb, A. and Ingraham, J., 1963, "Fusel oil", Adv. Appl. Microbiol., 57,317-353

White, J. and Munns, D.J., 1951, "Influence of Temperature on Yeast Growty and Fermentation" J. Inst. Brew., 57,280-284

White, J., 1955, "Effect of Feeding Raid and Sugar Concentration on Yeast Growty and Fermentation in Aerated, glucose Worts" J. Inst. Brew., 61,146-150

Wümpelmann M., Kjaergaard L., Jorgensen B.B., 1984. Ethanol production with saccharomyces cerevisiae under aerobik conditions at different potassium concentrations, biotech. And. Bioeng., 26,301-307

Yücesu H. S., Altın R, Çetinkaya S, 2001. Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel Olarak İncelenmesi. TUBİTAK Turk J. Engineering Enviromental Sciene 25, P 39-49

ÖZGEÇMİŞ

1981 Yılında Konya'nın Çumra ilçesinde doğdu. İlk eğitim ve öğrenimini Çumra'nın Güvercinlik Kasabasında, orta ve lise eğitim ve öğrenimini Çumra'da tamamladı. 1999 yılında girdiği Erzurum Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden 2003 yılında Kimya Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. 2003 yılında Konya Selçuklu Krom Manyezit Fabrikasında üretim mühendisi olarak görev yaptı. 2004 yılında ise Çumra Şeker Fabrikasında üretim mühendisi olarak görevine başladı ve halende devam etmektedir. Eylül 2003'te Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2006 yılında vatani görevini bitirerek Nisan-2007'de Yüksek Lisans Öğrenimini tamamladı.