

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ ETANOL-BENZİN KARIŞIMI YAKITLARIN
BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARDA KULLANILMASININ ÇEVRESEL
VE EKONOMİK YÖNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Derya KOÇTÜRK

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

**ANKARA
2011**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ ETANOL-BENZİN KARIŞIMI YAKITLARIN BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARDA KULLANILMASININ ÇEVRESEL VE EKONOMİK YÖNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Derya KOÇTÜRK

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU

Günümüzde tarım ve ulaştırma sektörleri yenilenemeyen enerji kaynaklarından biri olan petrol tüketiminde ön sırada yer almaktadır. Gelecek 15 yıl içerisinde dünya üzerindeki araç sayısının iki katına çıkacağı ihtimali göz önüne alındığında, enerji temini ve çevre ile ilgili önemli sorunların çok daha fazla artacağı kolaylıkla görülebilir. Türkiye'nin petrol ihtiyacının yaklaşık %90'ını ithal ederek karşıladığı düşünüldüğünde konunun enerji güvenliği kısmı da ortaya çıkmaktadır. Petrole olan bu bağımlılığın azaltılması için gerçekçi, verimli ve sürdürülebilir enerji politikalarının oluşturulması gerekmektedir.

Petrolün yakın gelecekte tükenecek olması, enerji güvenliği ve çevre ile ilgili olan endişelerle birleştirildiğinde yeni seçeneklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu seçenekler içinde biyoetanol yeni ve hızla yaygınlaşan bir yakıt olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyoetanol, daha çok tarımsal ürünlerden ve değişik kimyasal yöntemler aracılığı ile üretilen, benzine alternatif veya benzinle karışım halinde kullanılabilen, yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir.

Bu çalışmada; Türkiye'de farklı hammaddelerden üretilen biyoetanoller belirli oranlarda benzine karıştırılarak tarım kesiminde yaygın olarak kullanılan küçük güçlü buji ile ateşlemeli bir motorda yapılan denemelerle motor performans ve egzoz emisyon değerleri belirlenmiştir. Biyoetanol olarak, dünyada yaygın kullanılan benzin içerisine %5, %10, %15 ve %20 oranlarında karışımlar kullanılmıştır. Bu karışım oranları (E5, E10, E15 ve E20) motorda herhangi bir değişiklik yapılmaksızın kullanılmıştır. Benzin-biyoetanol karışım oranlarına bağlı olarak motor performans değerleri; güç, moment, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarındaki değişim incelenmiştir. Çalışmada ayrıca, deneme yakıtı olarak kullanılan değişik hammaddelerden üretilmiş biyoetanol maliyetleri de dikkate alınarak performans özellikleri, çevresel etkisi ve maliyeti açısından en uygun yakıt belirlenmiştir.

Eylül 2011, 184 sayfa

Anahtar Kelimeler: Etanol, Biyoetanol, Biyoetanol Hammaddeleri, Biyoetanol Üretimi, Çevre, Yakıt, Egzoz Emisyonu

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE ASSESSMENT OF ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASPECT OF SPARK IGNITION ENGINES FUELLED BY DIFFERENT CHARACTERISTIC ETHANOL-GASOLINE BLENDS

Derya KOÇTÜRK

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemical Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU

At the present day, the sectors of agriculture and transportation are top of the list, which is ranked according to consumption of oil that is one of the non-renewable energy sources. When it is considered that the number of vehicles on earth will be doubled in the coming 15 years, it is easy to presume that the problems with regards to energy supply and environment will be risen. When it is thought that 90 % of Turkey's oil need is met through import trade, the topic of energy security comes on the scene. There is a need to establish realistic, effective and sustainable energy policies for reducing oil dependency.

When both environmental and energy security concerns are considered together with the fact of oil depletion, which is expected to come true in close future; it is easy to mention that there is a need for new options. Bioethanol is one of those mentioned options, which is a new and widely used fuel type. As an alternative for oil, Bioethanol is one of the renewable energy sources that can be also be used by mixing it with oil. This source is produced as a result of various chemical methods generally applied to agricultural products.

Within the scope of this study, the engine performances and exhaust emission values of small powerfull spark-ignited engine, which is widely used in agricultural sector, are determined. As engine fuel, bioethanol oil mixture is used where bioethanol is produced with the usage of various raw materials in Turkey. The selected bioethanol, blended at %5, %10, %15 and %20 in gasoline mixture, is used in the world. Those mentioned mixture ratios (E5, E10, E15 and E20) are used without any engine modifications. Following topics, which are considered as engine performance values connected to bioethanol oil mixture ratios have been analyzed; power, momentum, fuel consumption and exhaust emission alterations. On the other hand, within the scope of this study, the most appropriate experimental fuel type is determined by consideration of following topics in addition to bioethanol production cost; performance, environmental impacts and cost.

September 2011, 184 pages

Key Words: Ethanol, Bioethanol, Bioethanol Feedstocks, Bioethanol Production, Environmental, Fuel, Exhaust Emissions

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, farklı oranlardaki ve farklı hammaddelerden elde edilmiş benzin-biyoetanol yakıt karışımlarının, motor performansına, egzoz emisyonlarına ve yakıt hammaddelerin üretim maliyetlerine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmanın gelecekte alternatif yakıt olarak kullanılabilecek olan biyoetanolün motor performansını artırıcı, sera gazı emisyonlarını azaltıcı, maliyet unsurlarının çözümünde önemli bir çözüm aracı olmasına katkısı sağlanması hedeflenmiştir.

Tüm çalışmalarım esnasında, ilgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyip bana rehberlik eden danışmanım sayın Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü) hocama, tez çalışmam boyunca bana yol gösteren ve destekleyen sayın hocalarım Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA (Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği Bölümü) ve Prof. Dr. Recai GÜRHAN (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü), doktora çalışmam boyunca beni hep destekleyen birçok fedakarlık gösteren değerli eşim Barış Özgür KOÇTÜRK'e maddi ve manevi desteklerini öğretim hayatım boyunca hiçbir zaman esirgemeyen annem Gülcihan COŞKUN, babam Satılmış COŞKUN'a ve tezimin deneme ve yazım sürecinde hep benimle olan sevgili oğlum Çağan KOÇTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Derya KOÇTÜRK

Ankara, Eylül 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Biyoetanolün Tarihçesi.....	3
1.2 Dünyada ve Türkiye’de Biyoetanol Üretimi ve Kullanımı.....	6
1.2.1 Dünyada biyoetanol üretimi ve kullanımı.....	6
1.2.2 Türkiye’de biyoetanol üretimi ve kullanımı.....	10
1.3 Biyoetanol Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	14
1.3.1 Şekerpancarı	15
1.3.2 Buğday.....	21
1.3.3 Arpa	25
1.3.4 Patates	28
1.3.5 Mısır.....	33
1.3.6 Selüloz.....	38
1.3.7 Şeker kamışı.....	40
1.4 Biyoetanol Üretim Yöntemleri	43
1.4.1 Dört Teknoloji Platformu.....	45
1.4.1.1 Konsantre asit hidrolizi.....	46
1.4.1.2 Seyreltik asit hidrolizi.....	46
1.4.1.3 Enzimatik hidroliz.....	47
1.4.1.4 Biyokütlenin Gazlaştırılması ve Fermantasyon.....	48
1.4.2 Kuru öğütme ile etanol üretimi.....	48
1.4.3 Yaş öğütme ile etanol üretimi.....	50
1.4.4 Şeker mayalama işlemi.....	51
1.5 Biyoetanolün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	52
1.6 Biyoetanolün Motorlarda Kullanımı.....	54
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	59
3. MATERYAL VE YÖNTEM	78
3.1 Materyal	78
3.1.1 Deneme motoru.....	78
3.1.2 Deneme tesisi	80
3.1.2.1 Yakıt tüketimi ölçüm düzeni	81
3.1.2.2 Egzoz gaz analiz cihazı	82
3.1.2.3 Elektronik hassas tartı.....	83
3.1.3 Denemelerde kullanılan yakıtların özellikleri.....	83
3.2 Yöntem.....	84
3.2.1 Motor karakteristik özelliklerinin belirlenmesi.....	85
3.2.2 Farklı hammaddelerden elde edilmiş biyoetanollerin ekonomik yönden değerlendirilmesi.....	87
3.2.3 Farklı hammaddelerden elde edilmiş biyoetanollerin çevresel etkisinin değerlendirilmesi.....	88

3.2.4 Motor gücü, ekonomiklik ve çevresel etki açısından optimum hammaddenin belirlenmesi.....	97
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	99
4.1 Motor Karakteristik Değerleri.....	99
4.2 Farklı Biyoetanollerin Maliyetleri	102
4.3 Farklı Biyoetanollerin Çevresel Etkileri	118
4.4 Motor Performansı, Ekonomiklik Ve Çevresel Etki Açısından Optimum Hammaddenin Belirlenmesi.....	121
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	127
KAYNAKLAR	133
EKLER.....	145
Ek 1 Benzinin motor karakteristik değerleri.....	147
Ek 2 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor momenti deneme değerleri.....	148
Ek 3 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor efektif güç değerleri.....	149
Ek 4 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri.....	150
Ek 5 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri.....	151
Ek 6 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor momenti deneme değerleri.....	152
Ek 7 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor efektif güç değerleri.....	153
Ek 8. Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri.....	154
Ek 9 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri.....	155
Ek 10 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor momenti deneme değerleri.....	156
Ek 11 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor efektif güç değerleri.....	157
Ek 12 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri.....	158
Ek 13 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri.....	159
Ek 14. Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor momenti deneme değerleri.....	160
Ek 15. Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor efektif güç değerleri.....	161
Ek 16 Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri.....	162
Ek 17. Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri.....	163
Ek 18 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor momenti deneme değerleri.....	164

Ek 19 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor efektif güç değerleri.....	165
Ek 20 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri.....	166
Ek 21 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri.....	167
Ek 22 Benzinin egzoz emisyon değerleri.....	168
Ek 23 Şekerpancarından elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri.....	169
Ek 24. Şekerpancarından elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO ₂ emisyon değerleri.....	170
Ek 25 Şekerpancarından elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO _x emisyon değerleri	171
Ek 26 Buğdaydan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri	172
Ek 27 Buğdaydan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO ₂ emisyon değerleri	173
Ek 28 Buğdaydan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO _x emisyon değerleri	174
Ek 29 Arpadan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri	175
Ek 30 Arpadan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO ₂ emisyon değerleri	176
Ek 31 Arpadan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO _x emisyon değerleri	177
Ek 32 Mısırdan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri	178
Ek 33 Mısırdan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO ₂ emisyon değerleri	179
Ek 34 Mısırdan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO _x emisyon değerleri.....	180
Ek 35. Patatesden elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri	181
Ek 36 Patatesden elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO ₂ emisyon değerleri	182
Ek 37 Patatesden elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO _x emisyon değerleri	183
ÖZGEÇMİŞ.....	184

SİMGELER ve KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
be	Özgöl Yakıt Tüketimi
B	Saatlik yakıt tüketimi
COVimep	İndike Efektif Basınç Değişim Katsayısı
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
DDGS	Distillers Dried Grains With Solubles=Damıtılmış Tahıl Artığı
DEE	Dietil Eter
DİPE	Diizopropil Eter
E0	Kullanılan Yakıt Sadece Benzin
E05	%95 Benzin + % 5 Biyoetanol Yakıtı
E10	%90 Benzin + % 10 Biyoetanol Yakıtı
E15	%85 Benzin + %15 Biyoetanol Yakıtı
E20	%80 Benzin + %20 Biyoetanol Yakıtı
E85	%15 Benzin + %85 Biyoetanol Yakıt
ETOH P.K	Biyoetanol Üretimi Potansiyelleri
ETBE	Tersiyer Amil Metil Eter
FAO	Food And Agriculture Organisation
FÖYT	Fren Özgöl Yakıt Tüketimine
GKA	Gaz keleşbeği açıklığına
HC	Hidrokarbon
HFK	Hava Fazlalık Katsayısı
kg	Kilogram
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
l	Litre
MON	Motor Oktan Sayısı
MTBE	Metil Tersiyer Bütil Eter
M _t	Dönme momenti
M5	%95 Benzin+%5 Metilalkol Yakıtı
M10	%90 Benzin+%10 Metilalkol Yakıtı
M85	%15 Benzin+%85 Metilalkol yakıtı
n	Motor Devir Sayısı D/Dk
Ne	Efektif Güç Kw
NPA	The National Petroleum Agency
NREL	National Renewable Energy Laboratory
NO	Azot monoksit
NO ₂	Azotdioksit
NO _x	Azotoksit
OECD	Organisation For Economic Co-Operation And Development
ÖTV	Özel Tüketim Vergisi
RON	Araştırma Oktan Sayısı
SO	Sıkıştırma oranına
SO ₂	Kükürtdioksit
TAME	Etil Tersiyer Bütil Eter
TMO	Toprak Mahsülleri Ofisi
TSE	Türk StandartlarıEnstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurum

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Biyoetanol Üretimindeki işlem basamakları	19
Şekil 1.2 Şeker pancarından elde edilen ürünler ve yan ürünler	20
Şekil 1.3 Patatesin kimyasal yapısı.....	31
Şekil 1.4 Patatesden biyoetanol üretim süreci.....	32
Şekil 1.5 Selülozun yapısı.....	39
Şekil 1.6 Selülozik biyoetanol üretim işlemi.....	40
Şekil 1.7 Biyoetanol üretim yöntemlerinin tarihsel gelişimi.....	43
Şekil 1.8 Biyokütleli biyoetanole dönüştürmek için genel bir yöntem.....	44
Şekil 1.9 Biyoetanol tesisinin üretim aşamaları şeması.....	45
Şekil 1.10 Sulandırılmış asit hidroliz yöntemi akış şeması.....	47
Şekil 1.11 Enzimatik hidroliz işleminde hidroliz ve fermantasyon şematik gösterimi.....	47
Şekil 1.12 Enzimatik hidroliz işleminde eş zamanlı sakkarifikasyon ve fermantasyon işleminin şematik gösterimi.....	48
Şekil 1.13 Kuru öğütme iş akış diyagramı.....	49
Şekil 1.14 Yaş öğütme iş akış diyagramı.....	51
Şekil 3.1 Deneme motoru.....	78
Şekil 3.2 Deneme motorunun katalogdan alınan karakteristik eğrileri.....	79
Şekil 3.3 Deneme test ünitesinin şematik görünümü.....	80
Şekil 3.4 Motor test ünitesi.....	80
Şekil 3.5 Yakıt sarfıyatı ölçüm düzeni ve yakıt depoları.....	81
Şekil 3.6 Egzoz gaz analiz cihazı.....	82
Şekil 3.7 Elektronik hassas tartı.....	83
Şekil 3.8 Deneyde kullanılan yakıtlar.....	85
Şekil 3.9 Biyoetanol yaşam döngüsü.....	90
Şekil 3.10 Biyoyakıtların fosil yakıtlara kıyasla sera gazı salınımını azaltma oranları	92
Şekil 3.11 Biyoyakıtların fosil yakıtlara kıyasla sera gazı salınımını azaltma oranları	93
Şekil 3.12 Buğdaydan elde edilen biyoetanol üretim akış şeması.....	94
Şekil 3.13 Şekerpancarından biyoetanol üretim akış şeması.....	96
Şekil 4.1 Biyoetanol benzin karışımli yakıtların(E0, E5, E10, E15, E20) motordaki moment değişimleri.....	100
Şekil 4.2 Biyoetanol benzin karışımli yakıtların(E0, E5, E10, E15, E20) motordaki efektif güç değişimleri.....	101
Şekil 4.3 Biyoetanol benzin karışımli yakıtların (E0, E5, E10, E15, E20) motordaki saatlik yakıt tüketimi değişimleri.....	101
Şekil 4.4 Biyoetanol benzin karışımli yakıtların(E0, E5, E10, E15, E20) motordaki özgül yakıt tüketimi değişimleri.....	102
Şekil 4.5 Biyoetanol benzin karışımı yakıtlarının CO emisyonu değişimi.....	118
Şekil 4.6 Biyoetanol benzin karışımı yakıtlarının CO ₂ emisyonu değişimi.....	119
Şekil 4.7 Biyoetanol benzin karışımı yakıtlarının NO _x emisyonu değişimi.....	120

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 AB üyesi bazı ülkelerin 22 Eylül 2009 tarihli biyoetanol üretim kapasiteleri, şirketleri ve kullanılan hammaddeleri.....	7
Çizelge 1.2 AB ülkelerinde yıllara göre biyoetanol üretimi	9
Çizelge 1.3 Türkiye'nin enerji tüketimi ve ithalat oranları	11
Çizelge 1.4 Türkiye'deki biyoetanol üretim tesisleri ve kullandıkları hammaddeler..	12
Çizelge 1.5 Şeker ve nişasta içeren bazı maddelerin içerik dağılımları.....	15
Çizelge 1.6 Avrupa ülkeleri şekerpancarı tarımı	17
Çizelge 1.7 Türkiye'de şeker pancarı ekim alanları, üretim miktarları ve verimi.....	18
Çizelge 1.8 Çeşitli kaynaklarda yer alan şekerpancarı için biyoetanol verimleri.....	18
Çizelge 1.9 Dünya şekerpancarından biyoetanol üretimi (x 1000 m ³).....	21
Çizelge 1.10 Türkiye buğday ekim alanları, üretim miktarları ve verimi.....	23
Çizelge 1.11 Buğdayın bileşimindeki analiz değerleri.....	24
Çizelge 1.12 Çeşitli kaynaklarda buğday için biyoetanol verimleri.....	25
Çizelge 1.13 Türkiye, arpa ekim alanları, üretim miktarları ve verimi.....	26
Çizelge 1.14 Arpanın bileşenlerinin oransal değişimi	27
Çizelge 1.15 Çeşitli kaynaklarda arpa için biyoetanol verimleri.....	28
Çizelge 1.16 Türkiye'de patates tüketimi ve üretim miktarları	30
Çizelge 1.17 Patatesin içerdiği bileşenlerin oransal değerleri.....	31
Çizelge 1.18 Çeşitli kaynaklarda yer alan patates için biyoetanol verimleri.....	33
Çizelge 1.19 Türkiye'de mısır ekim alanları, üretim miktarları ve verimi.....	35
Çizelge 1.20 Çeşitli kaynaklarda yer alan mısır için biyoetanol verimleri.....	37
Çizelge 1.21 Farklı biyokütle kaynaklarının biyoetanol potansiyelleri	37
Çizelge 1.22 Şeker kamışı üretimi	41
Çizelge 1.23 Şeker kamışından üretilen biyoetanolün özellikleri.....	42
Çizelge 1.24 Biyoetanolün fiziksel özellikleri	53
Çizelge 1.25 Biyoetanolün kimyasal özellikleri	53
Çizelge 1.26 Biyoetanolün termal özellikleri	53
Çizelge 1.27 Benzin ve biyoetanolün özellikleri.....	54
Çizelge 2.1 Emisyon ve yakıt tüketimi sonuçları	62
Çizelge 3.1 Deneme motorunun teknik özellikleri.....	79
Çizelge 3.2 Deneme kullanılan motor test ünitesinin özellikleri.....	81
Çizelge 3.3 Egzoz gaz analiz cihazı ölçüm parametre ve aralıkları.....	82
Çizelge 3.4 Benzinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	84
Çizelge 3.5 Deneme yakıtlarının özgül kütleleri.....	84
Çizelge 3.6 Buğdaydan elde edilen biyoetanolün temel analiz sonuçları	95
Çizelge 3.7 Şekerpancarından elde edilen biyoetanolün temel analiz sonuçları.....	97
Çizelge 4.1 Şekerpancarının dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti.....	103
Çizelge 4.2 Buğdayın dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti.....	105
Çizelge 4.3 Arpanın dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti	108
Çizelge 4.4 Mısırın dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti.....	110
Çizelge 4.5 Patatesin dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti.....	113
Çizelge 4.6 1 kg biyoetanol hammaddesinin üretim maliyetleri.....	115
Çizelge 4.7 1 l biyoetanol üretmek için kullanılan hammadde miktarları.....	115
Çizelge 4.8 1 l biyoetanol hammadde üretim maliyetleri.....	116

Çizelge 4.9 Bir litre biyoetanol satış maliyeti.....	117
Çizelge 4.10 Biyoetanol karışımli yakıtların benzine göre motor performans ve egsoz emisyon değerlerinin değışimi.....	122
Çizelge 4.11. Biyoetanol üretiminde kullanılan hammaddelerin motor performansı ve maliyet açısından karşılaştırılması.....	125

1. GİRİŞ

İnsanlığın var oluşundan bu yana, yaşam gereksinimlerinin karşılanması için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkelerin hızla kalkınması ve üçüncü dünya ülkelerinin de modern enerji kaynaklarına ulaşması sonucunda dünya toplam enerji ihtiyacı her geçen gün artmakta ve nihayetinde enerji ağımızın en önemli stratejik değeri haline gelmektedir. Bu açıdan enerji kaynakları üzerine yapılacak her türlü çalışma, enerji konusundaki bilgi birikiminin artması açısından faydalı olacaktır.

Motorlu araçların egzoz emisyonlarından başta yanmamış hidrokarbonlar, karbon monoksit ve azot oksitler olmak üzere kanserojen ve zehirleyici etkileri nedeniyle insan sağlığını ve çevreyi tehdit eden maddelerdir. 1980'li yılların sonunda ve 1990'lı yılların başında, çevresel problemlere karşı kamu hassasiyetinin arttığı, hükümetlerin ve düzenleyici kuruluşların bu problemlere karşı daha duyarlı hale geldiği görülmüştür. Uygulanan yasal yaptırımlar ve düzenlemelerle motorlu taşıt yakıtlarının ekosistem ve özellikle insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri azaltmaya çalışılmaktadır. Son yıllarda gelişmiş ülkelerde yakıtların değiştirilmesi doğrultusunda pek çok araştırmalar yapılmıştır. Kaliteli benzin, düşük molekül ağırlıklı hidrokarbonlardan oluşmakta ve içerisine yanma kalitesini artırıcı maddeler, depoziti önleyici katkı maddeleri ve kıvam artırıcılar ilave edilmektedir. Araçlarda tam ve iyi yanmanın sağlanabilmesi için oktan sayısının artırılması, benzin uçuculuğunun bastırılması ve mevcut piston silindir sistemlerinin hareketi için kursun ve mangan bileşikler karışıma ilave edilmektedir. Halbuki kurşun ve mangan bileşikler ağır metallerdir, bunların insan sağlığı ve çevreye olumsuz etkiler bıraktığı bilinmektedir. Ancak kurşun ve mangan bileşikler insan ve çevre sağlığına zararlı ağır metaller olduğundan dolayı benzin katkı maddesi olarak kullanılmaları yasal düzenlemelerle sınırlandırılmıştır. 1980'lerin başında kurşunsuz benzine olan talebin artmasıyla kurşun ve mangan bileşikler yerine çevreyi kirletmeyen ve insan sağlığına zararlı olmayan oksijenli bileşenlerin benzin katkı maddesi olarak kullanılmaları gündeme gelmiştir. Oksijenli bileşenlerin yanma performansını artırıcı, motor vuruntusu azaltıcı özelliğinden dolayı kullanımı yaygın hale gelmiştir. Bu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması için kurşun ve mangan bileşikler yerine oksijenli bileşenler, katkı maddesi olarak benzin karışımına ilave edilirler. (Harting et al. 1993).

Benzin katkı maddesi olarak çevre ve insan sağlığına zararlı olmayan oksijenli katkı maddeleri arasında önerilen maddeler alkoller (metanol, etanol) ve eterlerdir (metil tersiyer bütöl eter (MTBE), etil tersiyer bütöl eter (ETBE), tersiyer amil metil eter (TAME) ve tersiyer amil etil eter (TAEE), dietil eter (DEE) ve diizopropil eter (DİPE). Oksijenli bileşiklerin benzin karışımına ilavesi ile tam ve iyi yanma sağlanır. Böylece egzozlardan çevreye atılan yanmamış hidrokarbon, karbon monoksit ve azot oksitlerin miktarlarında azalma sağlanır. Yapılan çalışmalarda benzin karışımına %15 oranında oksijenli bileşen ilave edilmesiyle egzozlardan çevreye atılan yanmamış hidrokarbon ve karbon monoksit miktarlarında %5-7 oranında azalma sağlandığı görölmüştür (Oktar 2001).

Buji ateşlemeli motor yakıtları üzerine yapılan çalışmalarda amaç; yakıtın oktan sayısını yükseltmek, motor performansını iyileştirmek ve zararlı egzoz emisyonlarını azaltmaktır. Ham petrol kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle araştırmacılar, son yıllarda alternatif yakıtlara ilgi duymuşlardır. Benzin motorları için en ilgi çekici alternatif yakıtlar etanol ve metanol gibi alkollerdir. Etanol, ısı değeri daha yüksek ve buharlaşma ısısının daha düşük olması gibi metanole göre daha iyi özelliklere sahiptir. Çeşitli araştırmacılar, benzine belirli oranlarda etanol katılmasının motor tasarımında herhangi bir değışikliğı gerektirmediğini vurgulamaktadırlar (Bayraktar 1997).

Bu çalışmanın temelini; farklı özellikteki hammaddelerden elde edilen biyoetanoller oluşturmaktadır. Biyoetanol-benzin karışımlarının motor yakıtı olarak kullanılmasıyla, tek silindirli benzinli motorda denemeler yapılmış motor performans değeri ve egzoz emisyon değeri incelenmiştir. Farklı hammaddelerden elde edilmiş biyoetanol çeşitlerinin çevresel etkileri yanında maliyetleri de dikkate alınarak en uygun biyoetanol hammaddesinin seçilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

1. Farklı karışım oranlarına (%5, 10, 15 ve 20) sahip biyoetanol-benzin karışımlarının motor performans ve egzoz emisyon değeri etkisinin belirlenmesi,
2. Farklı hammaddelerden üretilmiş biyoetanollerin benzinle birlikte motorda

- kullanılmasıyla çevresel etkisinin incelenmesi,
3. Motor denemelerinde tüketilen biyoetanol-benzin karışımlarının maliyet analizlerinin yapılması,
 4. Tüm kriterler dikkate alınarak en uygun biyoetanol hammaddesinin belirlenmesi

1.1 Biyoetanolün Tarihçesi

Birçok alanda olduğu gibi, alkol üretiminin başlangıcı üzerinde de çok sayıda araştırmalar yapıp, eserler yayınlanmış olmasına karşın; bugüne değin tüm araştırmacıların birleşebildiği kesin bir tarih saptanmamıştır. Wagner (1925)'in de belirttiği gibi günümüzdeki genel kanı, saf alkol üretiminin milattan önceki evrelerde söz konusu edilemeyeceği yönündedir. Ancak sonraki evrelerde alkol üretimine kaynak teşkil edebilecek ve milattan çok öncelere inen gelişmelerden söz edilebilir. Gerçekten de günümüzde alkol geniş ölçüde fermentasyon yoluyla üretildiğine göre, bu biyokimyasal olayın tarihsel gelişmesinden işe başlayarak, sırasıyla damıtmanın ve değişik hammaddelerden alkol üretiminin geçmişi özetlemek yerinde olacaktır.

Monick (1968) fermentasyona ilişkin bilgilerin yazılı tarihi kayıtlardan 6000 yıl daha eskiye gittiğinin anlaşıldığını belirtirken; Engelbart (1978) alkol fermentasyonun binlerce yıldan beri öncelikle içki üretiminde kullanıldığını ve yaklaşık 100 yıldan fazla bir zamandır nişasta ve şekerli hammaddelerden fermentasyon alkolün endüstri düzeyinde üretiminin önem kazandığını yazmaktadır.

Alkol üretiminin hammaddelerinden biri tahıldır. Gerçek anlamda tahıl alkolü üretiminin başlangıcı olarak, yazılı belgelerle 16. yüzyılın başları (1507) saptanmıştır (Wüstenfeld 1964). Patatesten alkol üretiminin başlangıcı ise tahıla oranla oldukça yenidir. Çünkü bir yenedünya bitkisi olan patates, ancak 16. yüzyılda Amerika'dan Avrupa'ya getirilmiş ve tarımına başlanmıştır. Bunun doğal sonucu olarak da bu yeni tarım ürününün etanol hammaddesi olarak kullanılması oldukça gecikmiştir. Olbrich (1963)'in belirttiğine göre ilk olarak 1669 yılında Johan Joachim Becher patatesten etil

alkol üretildiğini yazmış ise de, patatesten alkol üretiminin başlangıcı olarak Skytte'nin deneme sonuçlarını yayınladığı 10 Ekim 1747 tarihi kabul edilir.

Günümüzde de önemli bir alkol hammaddesi olan şeker fabrikasyonu artığı melasın etanol üretimi için Avrupa'da ilk olarak kullanılması Olbrich (1966)'e göre 19. yüzyılın başlarına rastlar. Buna göre 1803 yılında Achard tarafından kurulan fabrika 1804'de işletmeye açılmıştır. Bu tarihlerden sonra gerek şeker pancarı ve kamışının gerekse bunlardan elde olunan melasın etanole işlenmesi hızla gelişerek bugünkü durumuna ulaşmıştır.

Gelişen teknolojinin de yardımıyla özellikle son yüzyılda alkol üretimi endüstriyel görünüm kazanmıştır. Bu artan üretim için hammadde gereksinimi de giderek artmış ve ülkelerin ekonomik ve doğal koşullarına göre yeni bazı hammaddeler bu endüstride kullanılır olmuştur. Alkolün önemi, 1900'den başlayarak motorlu araçlarda yakıt olarak kullanılması ve alkolle çalışan motorların yapılması ile de daha da artmıştır (Olbrich 1978). Alkolün amaca yönelik kullanımı, petrolü dış alımla karşılayan ülkelere özellikle son yıllardaki petrol fiyat artışı sonra gerçekten büyük bir ekonomik önem kazanmıştır. Bu yöndeki çalışmalar başta Brezilya olmak üzere birçok ülkede son aşamaya gelmiştir.

Alkolün öneminin giderek artması, başka üretim yöntemlerinin araştırılmasına da neden olmuş ve bu araştırmalar sonucunda sentetik yolla alkol üretimi çabaları ortaya çıkmıştır. Gerçekten de Monick (1968) bu çalışmaların daha 19. yüzyılın başlarında var olduğunu, Lowitz ve Saussure'ün çalışmalarını örnek göstererek belirtmiştir. Bu çalışmalar olumlu sonuçlanmış ve sentetik yollardan alkol üretimine başlanmışsa da, günümüzde alkol üretimi hala büyük ölçüde fermentasyon yolu ile olmaktadır.

Biyoyakıtlar Türkiye'de ilk defa 1931 yılında Ankara'da gerçekleştirilen Birinci Ziraat Kongresi'nde ele alınmıştır. Ana amacı, "An'anevi Ziraattan Rasyonel Ziraata" olan söz konusu Kongrede, Türkiye'nin tarımsal üretiminin nitelik ve nicelik olarak arttırılması, dünya piyasalarında rekabet gücünün iyileştirilerek tarımsal ihracatın yükseltilmesi en önemli hedef olarak belirlenmiştir. Yaklaşık 50 alt bölümden oluşan Kongre'ye ait

ihhtisas raporlarında; Türkiye’de yetişen çeşitli tarım ürünlerine ilişkin detaylı değerlendirmeler yapılmış, hayvancılık, sulama, ağaçlandırma, toprak işleme, tarımsal alet ve makineler, kooperatifler, istatistikler ve kredilere ilişkin mevcut durum ve yapılması gerekenler ortaya konulmuştur. Bu başlıklardan biri olan, “Ziraat Aletleri” bölümünde, tarım ürünleri üretiminin arttırılmasında tarımsal alet ve makinelerin önemine değinilmiş, söz konusu makineleri ve bu makinelerde kullanılan yakıtı ithal etmek yerine yerel kaynaklarla üretilmesinin faydalarından bahsedilmiştir. Tüm bunlar göstermektedir ki, o zaman ki adı biyoyakıt olmasa da Türkiye’de ilk defa Birinci Ziraat Kongresi’nde, yerel kaynaklar kullanılarak elde edilecek yakıtın ülke ekonomisi açısından çok faydalı olduğu vurgulanmış ve biyoyakıt üretiminin önemi çeşitli boyutlarıyla birlikte ele alınmıştır (Hatunoğlu 2010).

Atatürk’ün de talimatıyla dönemin milletvekilleri ve ilgili kurumların yetkililerinin 1934 yılında imzaladığı belge, Türkiye’de biyoyakıtlara ilişkin ilk resmi belge olması açısından önemlidir. Diğer yandan, biyoetanol konusundaki gelişmelerin başlangıç tarihi olarak, 1936 yılında hazırlanan İkinci Beş Yıllık Sanayi Planı’nı göstermek mümkündür. Atatürk’ün talimatıyla İktisat Vekâleti Sanayi Tetkik Heyeti tarafından hazırlanan söz konusu Plan 9 ana bölüm üzerine inşa edilmiş olup, ülkenin ekonomi politikası da Devletçilik prensibine dayandırılmıştır. Bu ana başlıklardan “VII. Kimya Sanayi” kısmında yer alan “23. Sentetik Benzin Sanayi” bölümünde, ithal edilen benzin ve diğer fosil yakıtların ülke kaynakları kullanılarak elde edilmesinin önemine değinilmiştir. Ancak, Atatürk’ün ölümü ve İkinci Dünya Savaşı’nın patlak vermesi gibi hadiseler planın uygulanmasına olumsuz yönde etki yapmıştır. Yaşanan bu olumsuz gelişmelere rağmen, 1942 yılında Türk Silahlı Kuvvetleri’nde kullanılan benzinin %20 oranında biyoetanolla harmanlanarak kullanılması sağlanmıştır. İlerleyen yıllarda Tekel ve Türkiye Şeker Fabrikaları gibi kamu iktisadi teşebbüsleri, biyoyakıtlar konusunda çeşitli proje ve girişimler başlatsa da, bu çalışmalardan pek bir sonuç alınamamıştır. Sonuç itibarıyla, Türkiye’de biyoyakıtlar konusundaki gelişmeler uzun yıllar boyunca sadece bilimsel çalışmalarla sınırlı kalmıştır (Hatunoğlu 2010).

2000’li yılların başında dünyada yaşanan gelişmelere paralel bir şekilde, biyoyakıtlar Türkiye’de ilgili kuruluşlar tarafından tekrar ele alınmaya başlanmıştır. Türkiye’de

kurulan biyodizel ve biyoetanol üretim tesislerine rağmen, biyoyakıt sektörünün üretim ve tüketim rakamlarının çok düşük düzeyde seyrettiği görülmektedir (Hatunoğlu 2010).

1.2 Dünyada ve Türkiye’de Biyoetanol Üretimi ve Kullanımı

1.2.1 Dünyada biyoetanol üretimi ve kullanımı

Dünyada biyoyakıtlar içerisinde en yaygın olarak kullanılan yakıt biyoetanoldür ve biyoetanol üretiminin %95’inden fazlası tarımsal ürünlerin işlenmesi ile elde edilmektedir. Dünyada biyoetanol üretimi ve kullanımı Türkiye’ ye oranla oldukça yüksektir. Dünyada yenilenebilir enerjilere, konusunda önemli çalışma ve uygulamalar yapılmıştır. Dünyanın pek çok ülkesinde, araçlarda biyoetanol kullanımı zorunlu hale getirilmiş ve bunun oranı her ülkede kendi üretim büyüklüklerine göre çeşitlenmiştir (Bayrakçı 2009).

AB ülkelerinde de biyoyakıt kullanım şartı vardır. Günümüzde minimum biyoetanol ilavesi % 2 iken, bu değerin 2010’da % 5,75, 2020’de % 10 ve 2030’da % 25’ e çıkması beklenmektedir. 2003 yılında alınmış olan “EU Biofuels Directive” ile 2005 yılından başlayarak giderek arttırıma başlanmıştır (Demirbaş, 2008).

AB ülkelerindeki toplam 2008 yılı biyoetanol üretimi 4,6 milyar litre olmakla birlikte, 9 Mayıs 2009 tarihi itibarıyla kurulu kapasite 6,08 milyar litredir (Anonymous 2009A). Ayrıca, inşası devam eden 19 tesisin üretim kapasitesi olan 2,4 milyar litre de ilave edildiğinde, toplam kurulu kapasite 8,48 milyar litreye ulaşacaktır. AB ülkeleri içinde % 2’lik üretim payı ile Fransa ön plana çıkmaktadır. Biyoetanol üretiminde en çok kullanılan madde şeker pancarıdır. Bunun yanı sıra İspanya’da, son zamanlarda yapmış olduğu atılımlar ile oldukça büyük bir potansiyele sahip olmuştur (Anonymous 2008a).

Biyoetanolu en çok kullanan AB üyesi ülke ise İsveç’ tir. Yaygın olarak E85 yakıtı kullanılmaktadır. İsveç hükümetinin vatandaşlarını ilgisini biyoetanole çekmesiyle

birlikte, Saab marka İsveç otomobil üreticisi de E85 ile çalışan özel araba üretimine başlamıştır (Anonymous 2009a).

İngiltere’de yasal olarak araçlarda biyoetanol kullanım zorunluluğu bulunmaktadır. Ülkenin ilk E85 yakıt pompası Norwich kentinde işleme girmiştir ve ilk etapta sadece modifiye Ford marka araçlar ile Saab marka otomobiller çalıştırılmaktadır (Anonymous 2009a). Çizelge 1.1’de Avrupa Birliği ülkelerinde, biyoetanol üreten şirketler, biyoetanol üretimi potansiyelleri (ETOH P.K.) ile biyoetanol üretiminde kullanılan hammaddeler yer almaktadır.

Çizelge 1.1 AB üyesi bazı ülkelerin 22 Eylül 2009 tarihli biyoetanol üretim kapasiteleri, şirketleri ve kullanılan hammaddeleri (Anonymous 2009a).

Ülkeler	Şirketler	ETOH P.K. (x1000 litre)	Hammadde
Avusturya	Agrana((Pischelsdorf)	240 000	Buğday, Mısır
Belçika	BioWanz (Wanze)	300 000	Buğday, Şeker şurubu
	AlcoBioFuel (Gent)	150 000	Buğday
	Amylum (Aalst) 32	32 000	Buğday
Bulgaristan	Euro Ethyl GmbH (Silistra)	10 000	Mısır
Çek Cumhuriyeti	Agroetanol TTD (Dobrovice)	100 000	Şeker şurubu
	PLP (Trmice)	100 000	Tahıllar
	Ethanol Energy (Vrdu)	70 000	İşletme durmuş durumda
Finlandiya	St1 (Lappeenranta)	1 500	Organik atıklar
	St1(Närpiö)	1 500	Organik atıklar
	St1 (Hamina)	1 000	Organik atıklar
	St1 (Hamina)	44 000	Hidrolanmış alkol
Fransa	Tereos (Artenay)	40 000	Şeker şurubu
	Tereos (Provins)	15 000	Şeker şurubu
	Tereos (Morains)	40 000	Şeker şurubu
	Tereos (Lillers)	40 000	Şeker şurubu
	Tereos (Lillebonne)	250 000	Buğday
	Tereos (Origny)	300 000	Şeker şurubu
	Cristanol (Arcis sur Aube)	150 000	Şeker pancarı, şeker
	Cristanol I (Bazancourt)	150 000	Şurubu
	Cristanol II (Bazancourt)	200 000	Buğday, glukoz
	Cristanol/Deulep (St. Gilles)	40 000	Ham alkol
	Saint Louis Sucre	90 000	Şeker şurubu
	CropEnergies AG (Dunkerque)	100 000	Hidrolanmış alkol
	AB Bioenergy France (Lacq)	250 000	Ham alkol, mısır
	Roquette (Beinheim)	75 000	Buğday
Almanya	Verbio AG (Zörbig)	125 000	Tahıllar
	Verbio AG (Schwedt)	230 000	Tahıllar, şeker şurubu
	CropEnergies AG (Zeitz)	360 000	Tahıllar, şeker şurubu
	Fuel 21 (Klein Wanzleben)	130 000	Şeker şurubu
	Prokon (Stade)	120 000	Buğday
	Danisco (Anklam)	56 000	Şeker şurubu
	KWST (Hannover)	40 000	Ham alkol
	Müllermilch (Leppersdorf)	10 000	Günlük ürünler
	Wabio	12 000	-
	SASOL (Herne)	76 000	Ham alkol
Macaristan	Hungrana Kft.(Szabadegyháza)	170 000	Mısır
	Györ Distillery	40 000	Mısır
İrlanda	Carbery	10 000	Süt alt suyu
İtalya	Silcompa (Correggio)	60 000	Ham alkol
	Alcoplus (Ferrara)	42 000	Tahıllar
	IMA (Bertolino Group)	200 000	Ham alkol

Çizelge 1.1 AB üyesi bazı ülkelerin 22 Eylül 2009 tarihli biyoetanol üretim kapasiteleri, şirketleri ve kullanılan hammaddeleri (devamı)

Letonya	Jaunpagastas (Riga)	12 000	Buğday
Litvanya	Biofuture	45 000	
Hollanda	Royal Nedalco (Bergen op Zoom)	14 000	Nişasta
Polonya	Wratistavia-Bio (Wroclaw) Destylacje	170 000	Ham alkol
	Polskie (Oborniki)	150 000	Ham alkol
	BioAgra (Go 140)	140 000	Ham alkol
	Cargill (Wroclaw)	70 000	Nişasta
	Grupa Sobieski	36 000	Mısır
	Bioetanol Sp (Nowa Wies Wielka)	45 000	Ham alkol
	Komesr International (Straszyn)	30 000	Ham alkol
	Solanum	20 000	Ham alkol
	PHP Wawrzyniak (Kalisz)	20 000	Ham alkol
	Uni-Malew (Konin)	10 000	Ham alkol
Romanya	Amochim	18 000	Tahıllar
Slovakya	Enviral	138 000	Mısır
İspanya	Ecocarburantes (Cartagena)	150 000	Ham alkol
	Bioetanol Galicia (Teixeiro)	176 000	Tahıllar
	Biocarburantes C&L (Babilafuente)	32 000	Tahıllar
	Acciona (Alcázar de San Juan)	195 000	Arpa, buğday
İsveç	Agroetanol	210 000	Tahıllar
	SEKAB	10 000	Selüloz
	SEKAB	90 000	Ham alkol
Birleşik Krallık	British Sugar plc (Downham)	70 000	Şeker şurubu

Çizelge 1.2’de AB ülkelerinin yıllara göre biyoetanol üretimi verilmiştir. 2004-2008 yılları boyunca biyoetanol üretimi yapan ülkeler Fransa, Almanya, Letonya, Hollanda, Polonya, İspanya ve İsveç olmuştur. 2004-2005 yılında en çok biyoetanol üretimi yapan ülke İspanya’dır. 2006 yılında Almanya, 2007-2008 yılında Fransa en çok biyoetanol üretimi yapan ülkedir. AB ülkelerinin 2004 yılında toplam biyoetanol üretim miktarı 528 milyon litre, 2005 yılında 913 milyon litre, 2006 yılında 1 608 milyon litre, 2007 yılında 1803 milyon litre ve 2008 yılında 2855 milyon litre’ dir.

Çizelge 1.2 AB ülkelerinde yıllara göre biyoetanol üretimi (Anonymous 2009a)

	2008	2007	2006	2005	2004
	(x1000 litre)				
Avusturya	89 000	15 000			
Belçika	51 000				
Çek Cumhuriyeti	76 000	33 000	15 000		
Finlandiya	50 000			13 000	3 000
Fransa	950 000	539 000	293 000	144 000	101 000
Almanya	581 000	394 000	431 000	165 000	25 000
Macaristan	150 000	30 000	34 000	35 000	
İrlanda	10 000	7 000			
İtalya	60 000	60 000	128 000	8 000	
Letonya	15 000	18 000	12 000	12 000	12 000
Litvanya	21 000	20 000	18 000	8 000	
Hollanda	9 000	14 000	15 000	8 000	14 000
Polonya	200 000	150 000	120 000	64 000	48 000
Slovakya	94 000	30 000			
İspanya	346 000	348 000	402 000	303 000	254 000
İsveç	78 000	120 000	140 000	153 000	71 000
Birleşik Krallık	75 000	20 000			
Toplam	2 855 000	1 803 000	1 608 000	913 000	528 000

Brezilya'nın, yıllık biyoetanol üretimi 20 milyar litredir. Brezilya'nın Amerika ile yaptığı anlaşma sonrasında, Brezilya' da üretilen biyoetanolün % 66'sı Amerika' ya satılmaktadır. Böylece dünya üzerinde en çok biyoetanol kullanan ülke Amerika olmaktadır. Brezilya'da başlıca kullanılan biyoetanol hammaddesi, sıcak ve tropik koşullarda yetişen şeker kamışıdır. Yasal olarak, araçlarda minimum %26' lık biyoetanol kullanımı şart koşulmuştur (Kammen, 2006).

Brezilya'da sulu ve susuz yakıt biyoetanol özellikleri "The National Petroleum Agency" (NPA) tarafından belirlenmektedir. Araçlarda biyoetanol kullanımı, son yıllarda % 85' tir (E85). Bunun yanı sıra E100 (% 100 Biyoetanol) ile çalışan ulaşım araçları da kullanılmaktadır. 2008 yılında ortalama 27 milyar litre biyoetanol üretilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri, son iki seneye kadar biyoetanol üretiminde lider olan Brezilya'yı geride bırakarak, yıllık ortalama 39 milyar litre ile birinci sırada yer almaktadır. Şu anda işletmede olan 109 adet biyoetanol tesisi bulunmaktadır. 70 adet tesis ise halen inşaat halindedir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki genel biyoetanol

yasal kullanım oranı %10' dur. Fakat bazı eyaletlerinde tarımsal ürünlerin daha fazla olması nedeniyle, çıkarılan yasa sayesinde 2008 yılı itibariyle biyoetanol benzine % 20 oranında katılmaktadır. Hammadde kullanımı genelde, üretimi en çok yapılan mısırdır (Anonymous 2009b).

Hindistan'da, birçok duraklama ve ilerleme dönemi sonucunda, biyoetanol programı 2006 yılı Ekim ayında yeniden çıkarılan yasal oran olan % 5 ile hızlanmaya başlamış gibi görünmektedir. Hindistan'ın yıllık üretimi, yaklaşık 250 milyon litredir (Chatanta, vd. 2008).

Çin'de toplam yakıt tüketiminin % 20'sini oluşturan biyoetanol üretimi, 3,85 milyon tona ulaşmıştır. Tayland'da, biyoetanol talebi giderek artmakta ve şu anda yıllık 750 milyon litrelik bir talep oluşmuş durumdadır. Öte yandan Japonya, özellikle Brezilya' da bulunan üretim tesislerini satın almaktadır. İthalatçı bir ülke olan Japonya' da, yıllık % 10'luk bir yakıt tüketimine tekabül eden 6 milyon tonluk yakıtın biyoetanolden karşılanması hedeflenmektedir. Japon Petrol Birliği, yakıtta biyoetanol karışım uygulamasını onaylamış bulunmaktadır (Koizumi ve Ohga, 2008).

1.2.2 Türkiye'de biyoetanol üretimi ve kullanımı

Türkiye' de çok yeni olan ve halen üzerinde çalışmalar yürütülen biyoetanol, ülkemizde benzine belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Türkiye' de kullanılan enerjinin büyük çoğunluğu ithalat yolu ile elde edilmektedir. Bu kaynakların neredeyse hepsi, fosil kaynaklı enerjiler olduğundan, tüm dünya ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimler söz konusu olmuştur. Biyoetanol de bu yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir ve üretim ve kullanım açısından da oldukça cazip hale gelmiştir. Ancak Türkiye'deki uygulamalar, yasal ve maddi destek sorunları nedeniyle ilerleyememektedir.

Çizelge 1.3'de Türkiye' nin enerji tüketimi ve bunları ithal etme oranları gösterilmektedir. Türkiye' de nihai enerji tüketim kaynaklarının dağılımına

bakıldığında, en yüksek tüketim oranı %38 ile petrole aittir. Kömür %27, doğalgaz ise %23 oranında paya sahiptir (Anonim 2009a).

Çizelge 1.3 Türkiye'nin enerji tüketimi ve ithalat oranları (Anonim 2009a)

Enerji Kaynağı	Tüketim Yüzdesi (%)	İthalat Yüzdesi (%)
Petrol	38	95
Kömür	27	47
Doğalgaz	23	98

Türkiye’de biyoetanolün benzine karıştırılabilmesi için yasal olarak % 5 oranında onay verilmiştir. Fakat ÖTV indirimini sağlayan oran sadece % 2’dir. Bu nedenle, üreten ya da üretilecek olan biyoetanolün tamamının kullanılması mümkün değildir. Biyoetanole çok fazla talep olmamasından dolayı üretim de kesintiye uğramıştır. Türkiye’ de biyoetanolü kullanan tek firma Petrol Ofisi’dir ve % 2’lik biyoetanolü benzinle karıştırarak araçlara aktarmaktadır. Biyoetanol üretimi ise şu anda tek bir fabrikada yürütülmekte olup, diğer açılmış olan fabrikalar üretimi durdurmuş, açılacak olanlar ise şimdilik ertelemeye gitmişlerdir (Oruç, 2008). Türkiye’de halen potansiyel olarak ise, ülkemizde dört tanesi Türkiye Şeker Fabrikaları’na ait olan yedi adet biyoetanol üretim tesisi mevcuttur. Bunlardan sadece Konya Şeker Fabrikası’na bağlı olan Çumra Şeker-Alkol Fabrikası yıllık düzenli biyoetanol üretimini sürdürmektedir. Diğer fabrikalar, oluşan maddi ve yasal problemler nedeniyle üretimlerini durdurmuşlardır. Bu tesisler biyoetanol üretiminde kullandıkları hammaddelere göre çizelge 1.4’de verilmektedir (Anonim 2004a).

Çizelge 1.4 Türkiye’deki biyoetanol üretim tesisleri ve kullandıkları hammaddeler (Anonim 2004a)

Etanol Üretim Tesisi	Kullanılan Hammdde
Çumra Şeker-Alkol Fabrikası	Şeker Pancarı
Erzurum Alkol Fabrikası	Şeker Pancarı
Eskişehir Alkol Fabrikası	Şeker Pancarı
Malatya Alkol Fabrikası	Şeker Pancarı
Tarkim	Buğday-Mısır
Tezkim	Buğday-Mısır
Turhal Alkol Fabrikası	Şeker Pancarı

Türkiye’deki en büyük şeker entegre tesislerinin yer aldığı Çumra’da kurulu biyoetanol tesisinin yıllık kapasitesi 84 milyon litre, günlük ortalama kapasitesi ise 300.000 litredir. (Anonim 2004a).

Petrol Ofisi'nden (PO) edinilen bilgilere göre, firmanın kurşunsuz benzin (95 oktan) satışı yaklaşık olarak 600 000 m³/yıl civarındadır ve bu benzinin tamamı biyobenzindir. PO tarafından biyobenzin üretimi için mevcut koşullarda ihtiyaç duyulan biyoetanol miktarının ise 62 000 m³/yıl civarında olduğu bildirilmektedir. Bu miktardaki biyoetanolün üretilmesi için;

- 64 500 ton buğday,
- 72 500 ton mısır ya da,
- 210 000 ton şekerpancarı kullanılması gereklidir.

ÖTV düzenlemesiyle yapılacak % 5’lik katma değer ile ihtiyaç duyulacak biyoetanol miktarı 157 000 m³/yıl olacaktır (Anonim 2006).

Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş.’ne ait olan Eskişehir’de 21 000 m³/yıl, Turhal’da 14 000 m³/yıl, Malatya’da 12 500 m³ /yıl ve Erzurum’da 12 500 m³/yıl olmak üzere şeker pancarı melasından teorik olarak toplam yılda 60 000 m³ etanol üretebilecek kapasitede

dört adet alkol fabrikası vardır. Ancak bu fabrikalardan sadece Eskişehir Alkol Fabrikası ve Çumra Şeker-Alkol Fabrikasında susuzlaştırma ve şilempe koyulaştırma üniteleri mevcuttur (Oruç, 2008).

Ayrıca şeker pancarından biyoetanol üretimine yönelik olarak Pankobirlik tarafından Çumra Şeker Fabrikası bünyesinde yıllık kapasitesi 84.000.000 litre olan biyoetanol tesisi kurulmuştur. Aynı zamanda buğday-mısır bazlı biyoetanol üreten Bursa, Mustafakemalpaşa'daki Tarkim'de 40 milyon l/yıl ve Adana Tezkim'de 26 milyon l/yıl biyoetanol üretilmektedir (Anonim 2008a).

Türkiye'nin biyoetanol üretim kapasitesi yıllık 180 milyon litre civarındadır. Ancak bu kapasitenin 70 milyon litrelik bir bölümü kullanılmaktadır. Kurulu kapasitenin aktif bir şekilde kullanılabilmesi için, AB ülkelerinde ve diğer dünya ülkelerinde olduğu gibi biyoetanolün benzine harmanlanmasının zorunlu hale getirilmesi ve halen %2 olan ÖTV muafiyetinin artırılması gerekmektedir. Teorik olarak, her 100 kg mısırdan biyoetanol eldesi, Türkiye'ye 110 TL katma değer sağlamaktadır. Ayrıca mısırın biyoetanol sektöründe kullanılması halinde, yem sektörüne göre % 82 oranında katma değer artışı sağladığı hesaplanmıştır (Bayrakçı 2009).

Benzinde uygulanacak % 5 oranında biyoetanol kullanım zorunluluğunun, Türkiye'ye her yıl 670 milyon dolar kazandıracığı belirtilmektedir. 9 kilogram şeker pancarıyla 1 kilogram biyoetanol üretilmektedir. Türkiye'de 31 tane şeker fabrikası mevcuttur ve yıllık üretim kapasitesi 3 milyon ton civarındadır. 2006 yılına kadar Türkiye, bunun 1 milyon tonunu sübvansiyon ederek ihraç etmiştir. İhraç edilen şekerdeki sübvansiyon kaldırılınca bir atıl kapasite ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bu atıl kapasite tamamen biyoetanole dönüştürülebilir özelliktedir (Anonim 2007).

Şeker pancarından şeker üretimi yapılırken yan ürün olarak, % 50'si şeker olan melas ortaya çıkar. Şeker fabrikalarının mevcut teknolojileri, melasın içerisindeki şekeri alamadığından kullanılamamaktadır. Eskişehir ve Konya'daki şeker fabrikalarında, fermentasyon yöntemiyle melastaki şeker alınıp, biyoetanol üretilirken, DDGS

(Distillers Dried Grains with Solubles=Damıtılmış Tahıl Artığı) olan yan üründen de yem yapılmaktadır.

100 kg mısırdan biyoetanol üretiminde; kullanılan mısırın % 33'ünden biyoetanol, % 4'ünden yemeklik yağ, % 30' undan yüksek proteinli hayvan yemi ve % 33' ünden de gıda sektöründe kullanılabilen karbondioksit üretilmektedir (Coşkun, 2007).

1.3 Biyoetanol Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Biyoetanol, kökeni şeker olan organik maddelerin fermentasyon ortamında mikroorganizmalar tarafından dönüşüme uğratılması ile elde edilmektedir. Kullanılan hammaddenin içerik özellikleri ve ihtiva ettiği şeker oranı, fermentasyon sonunda elde edilecek biyoetanol verimini önemli derecede etkilemektedir. Temel olarak şekerli bileşikler, nişastalı bileşikler ve selülozik materyaller olmak üzere üç farklı hammaddeden biyoetanol üretim basamakları yürütölür. Genellikle şekerli ve nişasta içeren ürünler ortak alanda ele alınırken, selülozik yapılı hammaddeler, ön işlem olarak daha uzun ve karmaşık prosesler gerektirdiğinden ayrı tutulmaktadır. Nişastalı maddelerin temel yapısı şekere dayandığından, bir kaç farklı ön işlem ile içerdikleri şeker kolayca açığa çıkartılabilir. Bunlara örnek olarak, dünyanın pek çok yerinde kullanılan mısır verilebilir. Bunun dışında buğday, arpa gibi tahıllar da yüksek oranda şeker içermektedirler. şeker kamışı, şeker pancarı gibi tarımsal ürünlerde ise şeker direkt olarak açığa çıkmaktadır (Roehr 2001). Bazı biyoetanol hammaddelerinin analiz içerikleri çizelge 1.5'de gösterilmiştir.

Ancak bu maddeleri her zaman ve her yerde bulmak mümkün değildir. şeker kamışı, sadece iyi tropik koşulları olan bölgelerde yetişirken, şeker pancarı ılıman ya da daha serin yerlerde yetişmektedir. Bölgesel farklılıklara göre değişiklik gösteren bu maddeler, biyoetanol üretiminde kullanılırken, mevsim ve bulunma olasılıkları göz önüne alınmalıdır.

Çizelge 1.5 Şeker ve nişasta içeren bazı maddelerin içerik dağılımları (Roehr 2001)

	Şeker (%)	Fiber (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Su (%)
Şeker kamışı	16,5	3,1	0,6	0,1	0,3	82,5
Şeker pancarı	20,4	1,1	1,1	0,1	0,7	76,6
Mısır	68,3	2,9	7,4	2,8	0,9	17,7
Buğday	69,1-75,4	1,8-2,3	9,4-14,0	1,8-2,5	1,7	11,6-14,0
Yulaf	67,4	5,8	13,1	6,1	2,4	11,0

Türkiye tarımında önemli rol oynayan bu hammaddelerin biyoetanol üretiminde kullanılması, bir sezonda bu ürünlerden hangilerinin ne kadar ekildiği, birim fiyatı ve yeterliliğinin göz önüne alınmasıyla söz konusu olabilmektedir.

1.3.1. Şekerpancarı

Şekerpancarının toprak altındaki etli kök gövdesinde %12-18 oranında şeker bulunan ve etli kökünden şeker elde edilen tek yıllık bir bitkidir. Şekerpancarından elde edilen şeker, insanlar için önemli bir enerji kaynağıdır. Şekerpancarından şeker elde edilmesi sırasında ortaya çıkan melas önemli bir biyoetanol hammaddesidir. Şeker çıkarıldıktan sonra kalan posa ve şekerpancarının, hasadı sırasında ortaya çıkan yapraklar ve baş artıkları da değerli bir hayvan yemidir (Anonim 2010a).

Şekerpancarı tohumları 7-8°C’de çimlenmeye başlamakta olup 25°C’de en iyi şekilde çimlenme gerçekleşmektedir. Çimlenmeden sonraki 20°C dolaylarındaki toprak sıcaklıkları pancar gövdesindeki şeker oranını olumlu yönde etkilemektedir. İlk gelişme döneminde 1-4°C sıcaklıklardan zarar gören şekerpancarı, hasada doğru -5°C(-7°C)’ye kadar dayanabilmektedir. Şekerpancarında en yüksek şeker ve pancar verimi için gece sıcaklığının 10-15°C, gündüz sıcaklığının ise 20-26°C dolaylarında olması istenir. Uzun gün bitkisi olan şekerpancarında güneşli ve bulutlu günlerin birbirini izlemesi pancar verimini olumlu yönde etkilemektedir. Şekerpancarında 1 kg kuru madde birikimi için 400-600 mm suya ihtiyaç vardır. Yıllık toplam yağışı 600-700 mm olan, bu yağışın

mevsimlere göre dağılımı düzenli olduğu bölgelerde şekerpancarı sulanmadan yetiştirilebilmektedir.

Şekerpancarından yüksek ve kaliteli kök verimi alabilmek için ekim sıklığının uygun olması gerekmektedir. Ülkemiz koşullarındaki şekerpancarı ekiminde sıra arası mesafe, 45 cm ve sıra üzeri mesafesi ise, 20-25 cm olarak düzenlenmektedir. Şekerpancarında en uygun ekim derinliği; iklim ve toprak şartlarına göre; 2-5 cm arasında değişmektedir. Yağışlı bölgelerde 3-4 cm, kurak bölgelerde ise 4-5 cm ekim derinliği şekerpancarı için uygundur. Özellikle, kurak bölgelerde ekim geciktiğinde, ekim derinliği 5-6 cm'ye kadar artırılmalıdır (Anonim 2010a).

Şeker endüstrileri, hammadde olarak kullanılan şekerpancarı veya şeker kamışının yenilenebilir enerji kaynağı olması nedeniyle ülkelerin enerji kaynaklarına çeşitli şekillerde katkıda bulunmaktadır. Gerek yakıt biyoetanolü gerekse atıklardan elektrik enerjisi üretmek için dünyada giderek artmaktadır. AB ve Bazı Avrupa Ülkelerindeki şekerpancarı tarımı büyük ölçüde yapılmaktadır. Çizelge 1.6'da Avrupa'da 2007 yılına ait şekerpancarı tarımı değerleri verilmektedir. Fransa ve Almanya'nın şekerpancarına ayırdığı ekim alanı yüksek olmakla beraber diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında pancar verimi de yüksektir. Türkiye'de de pancar ekim alanı yüksek olmasına karşın verimi düşüktür.

Türkiye'de şeker üretiminin tek hammaddesi şekerpancarıdır ve Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Doğu ve Batı Karadeniz dışında tüm bölgelerde tarımı yapılabilen önemli bir sanayi bitkisidir. Türkiye'de şekerpancarı tarımı şeker sanayi ile birlikte gelişmiş, bu gelişmede kamu şeker fabrikalarının önemli payı olmuştur. Yurtiçi tüketimin %85'i şeker pancarından, %15'i ise şekerin kısmen yerini alan ve ithal mısırdan üretilen nişasta bazlı şekerlerden karşılanmaktadır. Türkiye 2005 yılında Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü verilerine göre 13 500 000 ton şeker pancarı üretimi ile dünyada 6. büyük üreticidir (Bulut 2006). Türkiye'de 2001-2008 yılları arasındaki şekerpancarı ekim alanları üretimi ve verimi Çizelge 1.7'de verilmiştir. 2007 yılında gerçekleşen kuraklık nedeniyle üretim yaklaşık 2 milyon ton düşmüştür.

Çizelge 1.6 Avrupa ülkeleri şekerpancarı tarımı (Anonim 2008b)

Ülkeler	Ekim alanı (bin ha)	Hektara pancar verimi (ton, ham değer)
Avusturya	42	63,12
Belçika	85	64,86
Çek Cumhuriyeti	44	54,89
Danimarka	39	5782
Finlandiya	16	42,06
Fransa	300	70,8
Almanya	392	64,13
Yunanistan	14	55,5
Macaristan	36	46,67
İtalya	86	53,82
Hollanda	73	67,12
Polonya	232	47,66
Slovakya	19	45,05
İspanya	74	69,47
İsveç	41	51,22
İngiltere	103	63,11
Diğer Avrupa ülkeleri	43	51,21
AB	1639	60,85
Belarus	97	37,36
Hırvatistan	20	79,15
Moldovya	31	20,35
Rusya	992	29,03
Sırbistan	81	39,58
İsviçre	21	75,71
Türkiye	330	44,85
Ukrayna	584	29,22
AB üyesi olmayan diğer ülkeler	3	33,00

Çizelge 1.7 Türkiye’de şeker pancarı ekim alanları, üretim miktarları ve verimi
(Anonim 2008c)

Yıl	Ekilen alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (ton/ha)
2001	358 763	12 632 520	35,2
2002	372 468	16 523 166	44,4
2003	315 303	12 622 900	400
2004	315 344	13 517 000	42,9
2005	317 000	13 500 000	42,9
2006	325 699	14 452 162	44,3
2007	300 242	12 414 715	41,3
2008	321 981	15 488 332	48,1

Olgun bir şekerpancarındaki tipik şeker miktarı ağırlıkça %17 olup bu değer cinse göre yetiştiği yıldan yıla ve bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. 1 ton şeker pancarından elde edilecek biyoetanol miktarı çeşitli kaynaklarda farklı değerlerde olabilmektedir (Çizelge 1.8).

Çizelge 1.8 Çeşitli kaynaklarda yer alan şekerpancarı için biyoetanol verimleri

Kaynak	Biyoetanol verimi (litre biyoetanol/ ton şekerpancarı)
Rice,1999	101
Mornier ve Lanneree, 2000	100
Anonymous 2009d	108
Mortimer, 2004	98
Anonymous 2005	151
Anonymous 2004b	101

Şeker pancarı önce ezilerek küçük parçalara ayrılır. Sıcaklık 70 °C’ ye getirilerek, hücre duvarlarında ihtiva edilen şekerin, proteinlerin yıkımı ile açığa çıkması sağlanır. pH seviyesi sülfürik asit kullanılarak 4,1’e getirilir. Yaklaşık 36-40 saat içerisinde

Çizelge 1.9 Dünya şekerpancarından biyoetanol üretimi (x 1000 m³) (Anonim 2008b)

Ülkeler	2008	2007	2006	2005	2004
Fransa	1 550	1 150	850	910	830
Brezilya	26 790	22 551	17 830	15 899	14 663
Hindistan	1 963	2 075	1 687	1 177	1 133
AB	4 369	3 600	3 402	2 811	2 491
Çin	4 100	4 050	3 900	3 500	3 500
Tayland	599	396	383	309	247
ABD	35 315	25 864	19 689	16 044	14 158
Meksika	64	39	50	59	35
Pakistan	280	240	185	137	100
Avustralya	200	180	149	125	125
Rusya	548	559	558	716	745
Endonezya	200	190	180	170	165
Filipiner	110	105	84	84	84
G.Afrika	399	404	409	404	385
Kolombiya	300	283	269	29	20
Arjantin	220	212	188	165	167
Guatemala	110	90	80	65	65
Türkiye	70	70	50	45	20
Ukrayna	370	370	332	320	250
Mısır	40	40	37	37	36
Küba	134	121	110	89	134
Dünya Toplamı	77 731	62 589	50 422	43 095	39 353

1.3.2. Buğday

Türkiye topraklarının yaklaşık %32'si (25 milyon hektar) tarım yapılabilir özelliktedir. Tarım alanlarımızın %68'i (17 milyon hektar) tarla tarımına ayrılmıştır. Bu alanın da % 73'ünde (12.4 milyon hektar) hububat ekilmektedir. Hububat ekim alanı içerisinde yaklaşık % 65'lik pay ile ilk sırada buğday, %28'lik payla ikinci sırada arpa ve % 4.5'lik payla mısır üçüncü sırada yer almaktadır. Bu ürünleri sırasıyla çavdar, yulaf ve çeltik izlemektedir (Anonim 2008d).

Buğday, tek yıllık bir bitki olup her türlü iklim ve toprak koşullarında yetişebilecek çok sayıda çeşite sahip olması nedeniyle, dünyanın hemen her yerinde yetiştirilmektedir. Genellikle ılık ve serin iklim şartlarında yetişir. Buğday gelişiminin ilk devrelerinde yüksek sıcaklıklardan hoşlanmaz. Sıcaklık 5-10°C, nispi nem %60'ın üstünde olursa bitki normal gelişmesine devam etmektedir. Yıllık yağışı 350-1150 mm olan iklim bölgelerinde yetişebilmektedir. Buğday türleri makarnalık buğday, ekmeklik buğday ve topbaş grubu olmak üzere 3 gruba ayrılır. Buğday ekimi genellikle 15 Ekim- 15 Kasım arasında, hasadı ise ülkemizde Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları arasında yapılmaktadır (Anonim 2004b). Türkiye'deki buğday ekim alanlarının %50'sinde kışlık ekmek buğdayı, %19'unda yazlık ekmek buğdayı, %18'inde yazlık durum buğdayı ve %13'ünde kışlık durum buğdayı yetiştirilmektedir.

Buğday üretimi, ülkemizin her bölgesinde yapılmakta olup, tarla ürünleri içerisinde ekiliş alanı ve üretim miktarı bakımından ilk sırayı almaktadır. Buğdaydan elde edilen un, bulgur, makarna, nişasta insan beslenmesinde; buğday bitkisinin sapları ise kâğıt-karton sanayinde ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Buğdayın Türkiye için hem ekonomik ve hem de sosyal açıdan taşıdığı önem büyüktür. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki küçük bir şerit dışında hemen hemen tüm bölge ve illerde yetiştirilmektedir. Bu bölgeler arasında Orta Anadolu Bölgesi Türkiye toplam tahıl ekiliş ve üretiminin %50'den fazla bir kısmını sağlamaktadır. Son 8 yılda buğday ekim alanları ve üretim miktarı incelendiğinde, ekim alanlarının 8,1-9,5 milyon hektar arasında, üretimin ise 17,2–21,5 milyon ton arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 1.10).

Buğday dünyada biyoetanol üretiminde mısırdan ve şeker kamışından sonra en çok kullanılan üründür. Biyoetanol üretimi için buğdayın içersindeki nişasta değeri önemlidir, buğday çeşitleri içerisinde protein oranı düşük olan ve dolayısı ile daha yüksek nişasta değerine sahip olan türler biyoetanol üretimi için önemli olmaktadır.

Çizelge 1.10 Türkiye buğday ekim alanları, üretim miktarları ve verimi (Anonim 2008d)

Yıl	Ekilen alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (ton/ha)
2001	9 350 000	19 000 000	2,0
2002	9 300 000	19 500 000	2,1
2003	9 100 000	19 000 200	2,1
2004	9 300 000	21 000 000	2,3
2005	9 300 000	21 500 000	2,3
2006	8 490 000	20 010 000	2,3
2007	8 097 700	17 234 000	2,1
2008	8 090 000	17 782 000	2,1
2009		20 600 000	

Buğdaylarda protein miktarı çeşit, çevre koşulları (iklim, toprak, hastalık ve zararlılar) ve üretim koşullarına (gübreleme, sulama, makinalı tarım) bağlı olarak değişmektedir. Buğdayda kalite protein ve sertliğe bağlıdır. Genel olarak sert buğdaylarda, azotu bol topraklarda yetişenlerde protein miktarı fazladır. Yumuşak buğdaylarda sert buğdaylara göre daha fazla nişasta bulunmaktadır. Türkiye’de Orta Anadolu ve bazı diğer bölgelerinde ekilen topbaş buğday, diğer çeşitlere göre biyoetanol üretimi için daha elverişli olmaktadır. Kuraklığa dayanıklıdır, taneleri beyaz, yapısı yumuşak ve protein miktarı düşüktür. Buğdayın ham protein miktarının % 13’den daha yüksek olduğu durumlarda biyoetanol üretim prosesinde problemler oluşmaktadır. Bunun nedeni, fermentasyon esnasında, yüksek seviyedeki protein miktarının köpük oluşumuna neden olmasıdır. Köpük, fermentörde istenmeyen, giderilmesi gereken bir etkidir. Bunun için ortama fazladan köpük kırıcı ajanlar eklenmelidir, ki bu da hem maliyeti arttırmakta hem de ortama fazladan bir madde konulduğu için biyoetanol distilasyonunda problem yaratabilmektedir. Buğdayın içerdiği nişasta oranı yaklaşık olarak % 60’ tır. 100 kg buğdayın fermentasyonu ile ortalama olarak 38 litre biyoetanol elde edilebilmektedir. Çizelge 1.11’de buğdayın içerdiği bileşenlerin miktarları gösterilmiştir (Bayrakçı 2009).

Çizelge 1.11 Buğdayın bileşimindeki analiz değerleri (Türker ve Canbaş 1995)

Bileşenler	Yüzde oran (%)
Su	13,2
Ham protein	11,7
Ham yağ	2,0
Ham fiber	2,0
Kül	1,8

Buğdayın içerisinde bulunan nişasta bir dönüşüm basamağından sonra glikoza dönüştürülüp daha sonrada fermantasyona tabi tutulur. Bu dönüştürme işlemi ek bir maliyet oluşturur ancak tüm üretim sürecindeki maliyetlere bakıldığında önemli bir orana sahip değildir. Biyoetanol üretimi sırasında buğday öncelikle öğütülmektedir. Öğütülen buğday, kontrol edilen sıcaklık ve nem değerlerinde malt haline getirilip ve enzimler yardımı ile nişasta glikoza dönüştürülmektedir. Daha sonra glikoz, biyoetanol üretmek için mayalar yardımı ile fermantasyona uğratılmaktadır. Fermantasyon sonrası lapa biyoetanol, fermantasyona uğramayan buğday artığı ve maya hücrelerinden oluşmaktadır. Bu lapa, biyoetanolden suyun ve artıkların ayrılacağı damıtma sistemine pompalanmaktadır. Burada %96 saflıkta biyoetanol elde edilmektedir. Bu biyoetanol daha sonra dehidrasyon sistemine geçer ve içerisindeki kalan su ayrıştırılır. Geri kalan artıklar ise yaş halde veya buharlaştırıcı ve gaz ateşlemeli kurutucular ile kurutulurarak DDGS denilen yan ürünler elde edilmekte ve hayvan yemi olarak kullanılabilir (Easson vd. 2004). Buğdayın içerisinde yaklaşık olarak %58-62 oranında nişasta vardır ve biyoetanol üretimi için iyi bir hammadde kaynağıdır (Fidan, Şahin 1993). Çeşitli kaynaklara göre 1 ton buğdaydan biyoetanol verimi Çizelge 1.12’de verilmiştir. Bu kaynaklara göre 1 ton buğdaydan en az 346 litre biyoetanol, en çok 385 litre biyoetanol üretilmektedir.

Biyoetanol üretimi sırasında 1 ton buğdaydan yaklaşık olarak 350 kg hayvan yemi elde edilmektedir ve %38’i ham proteindir (Anonymous 2003). Kanada, İspanya, Fransa, İsveç ve Avustralya biyoetanol üretiminde buğdayı kullanan ülkelerdir (Bulut 2006) .

Çizelge 1.12 Çeşitli kaynaklarda buğday için biyoetanol verimleri

Kaynak	Biyoetanol verimi (litre biyoetanol/ ton buğday)
Anonymous 2004b	349
Anonymous 2004b	385
Anonymous 2004b	346
Anonymous 2004b	349

1.3.3 Arpa

Arpa dünyada tahıllar içinde buğday ve mısır üretiminden sonra 3. sırada yer almaktadır. Türkiye’de ise buğdaydan sonra ikinci sıradadır. Tek yıllık bir uzun gün bitkisi olan arpa değişik gün uzunluklarına da uyum sağlayabilmektedir. Serin iklim tahılları içinde iklim isteği en fazla olan arpadır. Arpa, fazla soğuk ve fazla sıcak olmayan, nispi nemi yüksek olan yerlerde iyi gelişmektedir. Sıcaklığı 0°C’nin altına düşmeyen ve 18-20°C’nin üzerine çıkmayan, nispi nemi %70-80 olan yerler arpa için uygundur. Kurağa ve soğuğa dayanıklı değildir. Bu nedenle Doğu Anadolu’nun yüksek yaylalarında kışlık ekim yapılamamaktadır. Soğuk bölgelerde iki sıralı, ılıman bölgelerde ise altı sıralı arpalar yetiştirilmektedir (Karahocagil ve Ege 2004).

Arpanın toprak isteği havalanması iyi olan, en az %5 organik madde içeriği olan, nötr ve tınlı topraklardır. Asitli topraklara duyarlı, buna karşılık tuza dayanıklıdır. Toprakta fazla tuz kaldırdığı için sulcu tarım alanlarında ekim nöbetinde önemi büyüktür. Topraktaki fazla tuzu aldığı için çoraklaşma ve alkalileşmeyi önleyerek toprağın verimliliğini korur.

Arpa daha çok hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Yemlik arpalarda protein oranı yüksek olanlar tercih edilmektedir. Kavuzun fazla olması besleyicilik değerini düşürmektedir. Kullanıldığı önemli alanlardan biri de malt sanayidir. Bira üretimi için gerekli olan malt iki sıralı beyaz arpalardan elde edilmektedir. Yemlik çeşitlerin aksine,

biralık arpalarda protein oranının %9-10.5 gibi düşük düzeylerde olması gereklidir (Anonim 2009b).

Arpa Türkiye'nin tüm bölgelerinde yetiştirilmekle birlikte, özellikle Orta Anadolu (Konya, Ankara, Eskişehir ve Kırşehir) ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi (Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin) arpa yetiştirilen iki önemli bölgedir. Ege Bölgesi'nde yazlık arpa çeşitleri için en uygun ekim zamanı 15 Kasım-15 Aralıktır. Kışlık veya alternatif arpa çeşitleri daha erken ekilebilmektedir. Yazlık arpa çeşitlerinde ekim, zorunlu durumlarda, iklim şartlarına göre Ocak ayının ortalarına kadar uzatılabilmektedir.

Geleneksel bir tarım ürünü olan arpanın ekim alanı, üretim ve verimi yıllar itibari ile sürekli artış göstermektedir (Karahocagil, Ege 2004). Ancak 2008 yılında yaşanan kuraklık nedeniyle arpa veriminde bir önceki yıla göre 330 kg/ha düşüş olmuştur (Çizelge 1.13).

Çizelge 1.13 Türkiye, arpa ekim alanları, üretim miktarları ve verimi (Anonim 2008d)

Yıl	Ekilen alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (ton/ha)
2001	3 640 000	8 000 000	2,0
2002	3 600 000	8 300 000	2,3
2003	3 400 000	8 100 000	2,3
2004	3 600 000	9 000 000	2,5
2005	3 650 000	9 500 000	2,6
2006	3 649 800	9 551 000	2,6
2007	3 428 016	7 306 800	2,1
2008	3 276 000	5 900 000	1,8
2009		7 590 000	

Dünyada arpadan biyoetanol üretimi azdır. İspanya'da arpadan biyoetanol üretimi yapılmaktadır. Arpanın, kendisi gibi tahıl ürünü olan mısır ve buğdaya göre daha az nişasta miktarına ve bir dış kabuğa sahip olması biyoetanol üretiminde pek tercih

edilmemektedir. Fermantasyon sürecinden önce tahıl tanesindeki kabuğun ve nişasta dışı kısmın ayrılması üretim sürecini ve maliyeti etkilemektedir. Çizelge 1.14’ de arpanın içerdiği bileşenler oransal miktarlarla gösterilmiştir.

Çizelge 1.14 Arpanın bileşenlerinin oransal değişimi (Türker ve Canbaş, 1995)

Bileşenler	Yüzde oranları (%)
Nişasta	63,0
Protein	11,0
Selüloz	5,0
Pentozlar	9,0
Şeker	2,0
Yağ	2,5
Kül	2,6
Diğer Maddeler	4,9
Kavuz	9,0

Arpadan biyoetanol üretilmesi çalışmaları doğal olarak kabuksuz arpaların yetiştirilmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Arpa kuru ağırlığında nişasta oranı ortalama olarak %55-65’dir (Anonymous 2002a). Çizelge 1.15’de farklı kaynaklarda yer alan 1 ton arpa için biyoetanol verimleri verilmiştir. Arpa, bir sonraki hasat sezonuna kadar tahıl ambarında depolanmaktadır. Arpanın içerisinde biyoetanol üretimi için kullanılacak madde diğer tahıl ürünlerinde olduğu gibi nişastadır, dolayısı ile nişasta bir dönüşüm basamağından sonra glikoza dönüştürülerek fermantasyona tabi tutulmaktadır. Biyoetanol üretim süreci de yine diğer tahılların izlediği yolu izlemektedir. Arpa öğütülmeden önce kabuğundaki aşındırıcı kısmın ayrılması gerekmektedir. Ekipmanlara zarar vermemesi için arpa kabuğunun yaklaşık olarak %3’ü ayrılmak zorundadır. Arpa öncelikle öğütülmekte ve kontrol edilen sıcaklık ve nem değerlerinde malt haline getirilip ve enzimler yardımı ile nişasta glikoza dönüştürülmektedir. Glikoz ise daha sonra mayalar yardımı ile fermantasyona uğratılır (Bulut 2006).

Çizelge 1.15 Çeşitli kaynaklarda arpa için biyoetanol verimleri

Kaynak	Biyoetanol verimi (litre biyoetanol/ ton arpa)
Rice 1999	298
Anonymous 2002a	326
O'Connor 2003	320
Anonymous 2004a	320-330
Anonymous 2005	295

Biyoetanol üretiminde hammadde olarak arpanın kullanılması durumunda yine hayvan yemi olarak kullanılabilecek DDGS yan ürünü elde edilebilmektedir ve hayvan yemi için önemli olan protein miktarı yan ürünün yaklaşık olarak %29'udur. Biyoetanol üretiminde arpa kullanılması durumunda damıtma işlemi sonucunda elde edilebilecek yan ürün miktarı yaklaşık olarak kullanılan arpa ağırlığının %30'u kadardır (Anonymous 2002a).

1.3.4 Patates

Bitkinin toprak altında kalan yumruları “patates” olarak bilinmektedir. Bu yumrular nişasta bakımından zengin olduğundan önemli bir besin maddesidir. Patates tohumuna milva denir. Patates, tek yıllık bir kültür bitkisi olup, yumru veya tohum ile çoğalmaktadır. Bir patates yumrusu toprağa dikildiğinde, yumru üzerinde bulunan gözlerin sürmesi ile toprak altında kök, stolon ve yumru meydana getirirken, toprak üzerinde ise; sap, yaprak, çiçek, meyve ve tohumlarından oluşmaktadır. Bu nedenle patatesin bitkisel özellikleri; toprak altı ve toprak üstü organları olarak iki kısımda incelenmektedir. Bitkinin toprak üst kısımlarında zehirli alkaloidler bulunmasına karşılık yumruları zehirli değildir. Ancak çimlenmiş patateslerde de bu alkoloitler teşekkül ettiğinden zehirlenmelere sebebiyet vermektedir. Patates yumrularında bulunan nişasta taneleri yumurta veya armut şeklinde olup, 70-100 mikron büyüklüğünde tanelerden oluşmaktadır. Patates dış kabuk rengine göre sarı ile kırmızı, etine göre beyaz ve sarı olarak ayrılmaktadır.

Patates, ılıman ve ılıman serin iklim bölgelerinin bir bitkisidir. Toprak üstü organları 1,5°C-1,7 °C'ye, yumru ise -1,4 °C-(-2°C)'ye kadar dayanabilmekte, daha düşük sıcaklarda ise bitki ve yumru zarar görmektedir. Düşük hava sıcaklığı nedeniyle bitkinin toprak üstü organları zarar görmekte, ancak daha sonra bitki kendisini yenileyebilmektedir. Hava sıcaklığını 30°C'nin üzerine çıktığında, bitkiler fazla miktarda su kaybetmeye başlamaktadır. Bu nedenle de bünyelerindeki su dengesini oluşturabilmek için, stomalarını kapatmak zorunda kalmaktadır ve yumru büyümesi durmaktadır. Yüksek hava sıcaklığı bitkinin vejetatif gelişmesini hızlandırmakta, ancak yumru oluşumunu geciktirmektedir. Bu da verim azalmasına neden olmaktadır (Arioğlu 2007).

Patates bitkisi, yumru oluşturması bakımından kısa gün; toprak üzerinde çiçek, meyve ve tohum oluşturabilmesi bakımından ise uzun gün bitkisidir. Gün uzunluğu arttığında, bitkinin ışık enerjisinden yararlanabilme süresi de artmakta, dolayısı ile verim de yüksek olmaktadır. Uzun gün koşulları, bitkinin vejetatif gelişmesini artırmakta, ancak yumru oluşumunu geciktirmektedir. Türkiye'de patates tarımı ana ürün olarak ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yapılmaktadır. Kış mevsiminde ise turfanda olarak yetiştirildiğinde, kısa gün koşulları nedeniyle yumru oluşumu önemli ölçüde kısalmakta verim de düşmektedir.

Fotosentez için gerekli enerjiyi, güneşten almaktadır. Işık yoğunluğu arttıkça fotosentez, dolayısıyla yumru verimi artmaktadır. Yükseklerle doğru çıkıldıkça ışık yoğunluğu arttığından, yumru veriminde de bir artış olmaktadır.

Patates ilkbaharın son donlarından sonra toprak sıcaklığı 8-10°C'yi bulduğunda dikilmektedir. Dikim zamanı bölgelere göre değişmektedir. Yazlık patates dikimleri, Nisan-Mayıs aylarında yapılmaktadır. Turfanda patates dikimleri ise; kıyı bölgelerimizde 15 Aralık-15 Ocak tarihleri arasında yapılmaktadır. Ülkemizde patates dikimi en erken Akdeniz bölgesinde yapılmakta (Aralık-Ocak), burayı İzmir-Aydın (Ocak-Şubat), Bursa-İnegöl (Mart), Bolu-Adapazarı (Mart-Nisan), Niğde-Nevşehir (Nisan-Mayıs) ve Erzurum-Kars (Mayıs) bölgeleri izlemektedir.

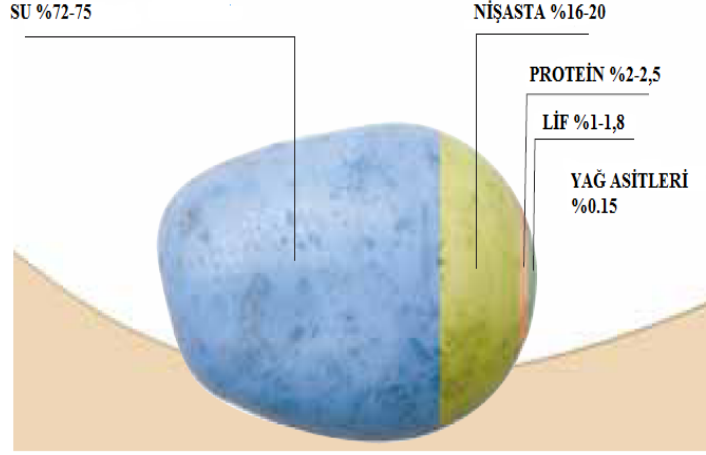
2007 yılında Birleşmiş Milletler Gıda Örgütü verilerine göre patates üretiminde ilk sıralarda Çin, Hindistan, İran ve Bangladeş vardır. Patates üretiminde beşinci sırada Türkiye bulunmaktadır ve Türkiye'nin ekim alanı 158 500 hektar olup, üretimi ise 4 280 700 ton olarak gerçekleşmektedir (Anonymous 2008d). Türkiye'de patates üretimin yoğun olarak yapıldığı iller sırasıyla Niğde, Nevşehir, İzmir, Bolu ve Afyonkarahisar'dır. Türkiye üretiminin %57,9'u bu illerimiz tarafından yapılmaktadır. Çizelge 1.16'de patates tüketimi ve üretim miktarları verilmiştir. Son 8 yılda patates ekim alanı azalmış ve buna bağlı olarak da üretim azalmıştır. Türkiye'de patates işletmeleri çok küçük işletmeler niteliğindedir. Türkiye'de patates üretiminin %13'ü tohumluk olarak ayrılmakta, %16'sı patates üreten işletmelerde aile içi tüketime tahsis edilmekte, %3'ü hayvan beslenmesinde kullanılmakta, kalan %68'i ise pazara arz edilmektedir (Anonim 2004c).

Çizelge 1.16 Türkiye'de patates tüketimi ve üretim miktarları (Anonim 2008d)

Yıl	Ekilen alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (ton/ha)
2001	200 000	5 000 000	25,0
2002	198 000	5 200 000	26,2
2003	195 000	5 300 000	27,1
2004	177 600	4 770 000	26,8
2005	152 800	4 060 000	26,5
2006	157 908	4 366 180	27,6
2007	152 597	4 227 726	27,7
2008	147 888	4 196 522	28,3

Patatesten biyoetanol üretimi Dünyada düşük seviye yapılmaktadır. Biyoetanol üretimini kısmen patatesten yapan ülke olarak Polonya sayılabilir, Finlandiya ve ABD'de de birkaç tesiste patatesten biyoetanol üretildiği bilinmektedir. Kanada'da 440 000 ton patatesden 4-5 milyon litre biyoetanol üretilebilmektedir. Romanya'da 1 hektar patates başına 4 000 litre biyoetanol üretilmektedir. Patatesin ortalama olarak %16-20'i fermantasyonda kullanılabilecek nişastayı içermekte olup protein miktarıda %2-2.5'dur

(Şekil 1.3). Patates özel koşullarda yaklaşık olarak 5 ay boyunca depolandığında nişasta değerini koruyabilmektedir, 5 aydan daha uzun sürelerde nişasta oranı düşmektedir.



Şekil 1.3 Patatesin kimyasal yapısı

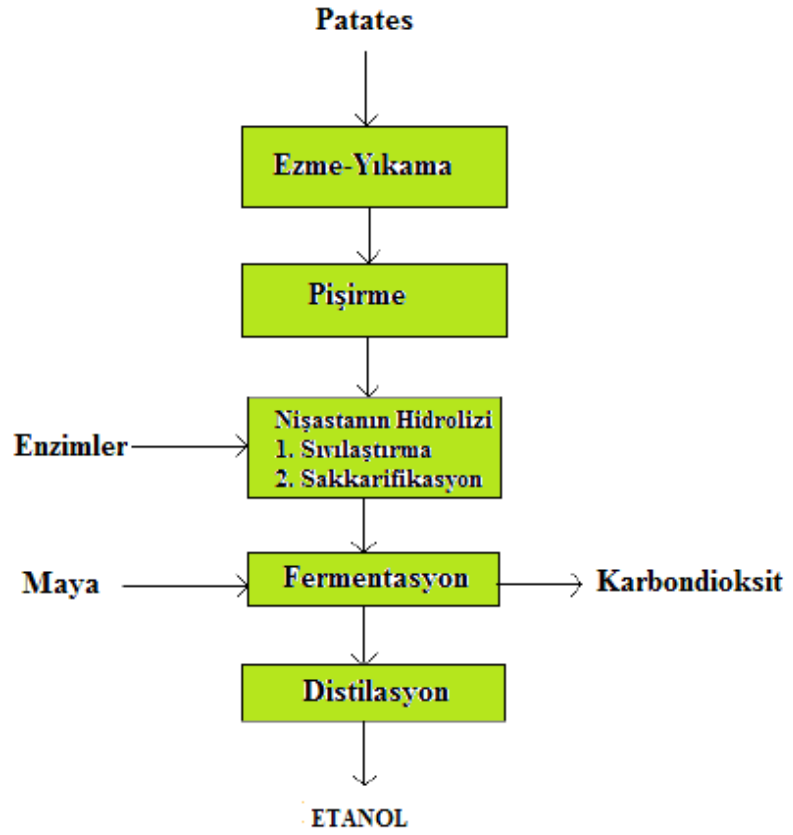
Örneğin; hasat sonunda % 8 olan nişasta miktarının 8 ay sonra % 16,5 olarak değiştiği belirlenmiştir (Roehr, 2001). Patatesin içerdiği bileşenlerin oransal miktarları Çizelge 1.17’de verilmiştir.

Çizelge 1.17 Patatesin içerdiği bileşenlerin oransal değerleri (Roehr, 2001)

Bileşenler	Yüzde Oranı (%)
Su	72,0-80,0
Nişasta	12,0-21,0
Şeker	0,07-1,5
Dekstrin ve Pektin	0,20-1,6
Pentozlar	0,75-1,0
Nitrojenli Bileşikler	1,20-3,2
Yağ	0,10-0,3
Ham Fiber	0,50-1,5
Kül	0,50-1,5

Şekil 1.4’de patatesden biyoetanol üretim süreci verilmektedir. Ticari olarak patatesler buhar kazanlarında basınç altında pişirilmekte ve burada izlenen süreç su şeklindedir: Patatesler 5 mm boyutunda kesilerek, belli bir miktarda su ile kazanlarda yumuşayınca kadar yaklaşık bir saat pişirilmektedir. Pişirme aşamasından önce bir

miktar alfa-amilaz enzimi karışıma katılmaktadır. Pişirmeden sonra lapa 80-90°C'ye kadar soğutulur ve geri kalan alfa-amilaz enzimi eklenmekte ve yaklaşık bir saatlik sıvılaştırma sürecinden sonra karışım 60°C'ye soğutulmaktadır. Sakkarifikasyon aşamasında önce karışımın pH değeri kontrol edilip ve gluko-amilaz enzimi eklenmektedir. 90 dakikalık sakkarifikasyon sürecinden sonra karışım 30°C'ye soğutulur, maya eklenir ve geri kalan süreç bilinen fermentasyon sürecidir (Liimatainen, vd. 2004).



Şekil 1.4 Patatesden biyoetanol üretim süreci (Liimatainen, vd. 2004).

Çizelge 1.18'de Çeşitli kaynaklarda yer alan patates için biyoetanol verimleri görülmektedir. En yüksek biyoetanol verimi OECD'den alınan değerdir.

Çizelge 1.18 Çeşitli kaynaklarda yer alan patates için biyoetanol verimleri

Kaynak	Biyoetanol Verimi (litre biyoetanol/ ton patates)
Rice 1999	91
Anonymous 2002a	100
Liimatainen 2004	87-104
Anonymous 2004a	105
Anonymous 2005	151

Biyoetanol üretiminde hammadde olarak patatesin kullanılması durumunda da hayvan yemi olarak kullanılabilecek yan ürün elde edilebilmektedir. Biyoetanol üretiminde patates kullanılması durumunda elde edilebilecek yan ürün miktarı kuru patates ağırlığının %28'i kadardır, patates yan ürünü içerisindeki ham protein miktarı yan ürünün yaklaşık olarak %55'idir (Anonymous 2004a).

1.3.5 Mısır

Mısır, Türkiye'de tarla ürünleri arasında ekiliş alanı bakımından yedinci sırada (buğday, arpa, nohut, mercimek, pamuk, ayçiçeği), üretim miktarı bakımından ise üçüncü sırada yer alan bir üründür. Mısır Ülkemizde en fazla Akdeniz ve Karadeniz'de yetiştirilmektedir ve bu bölgeleri Marmara ve Ege takip etmektedir. İç bölgelerde ise üretimi azdır ve sulanabilen alanlarda yetiştirilmektedir.

Mısır, gerek besin maddesi olarak gerekse glikoz, nişasta, yağ ve yem sanayinin ham maddesi olarak önemli bir üründür. Ülkemizde üretilen mısırın tamamına yakını yurtiçinde tüketilmektedir.

Dünyada üretilen mısırın yaklaşık %27'si insan beslenmesinde ve kullanımında, %73'ü ise hayvan yemi olarak tüketilmektedir. Bizim gibi gelişmekte olan ülkelerde üretilen mısırın

%45,9'u hayvan beslenmesinde, %54,1'i insan beslenmesinde kullanılırken, gelişmiş ülkelerde hayvan yeminin payı %88,9'a ulaşmaktadır.

Mısır tarımının belli ölçüde su istemesi nedeniyle, bu ürünün verimi diğer hububatlarla göre daha yüksektir. Verimin yüksek olması özellikle bu ürünün Çukurova'da ikinci ürün olarak ekimini artırmaktadır (Şahin 2001).

Mısır genel olarak sıcak ve nemli bölgelerde yetiştirilmektedir. Çok çeşitli türü bulunduğundan yetiştirme sahası geniştir. Tek yıllık bir bitki olan, mısır bitkisinin yetiştirme süresi 70-150 gün arasında değişmektedir. Türüne ve yetiştirilen alana göre değişmekle birlikte çimlenme devresinde 10-13°C, yetiştirme devresinde 10-20°C sıcaklık istemektedir. Sıcaklığın bu değerlerin dışında seyretmesi bitkilerin gelişimini olumsuz etkiler ve verimin düşük olmasına yol açar.

Mısır tarımının susuz olarak yapılabilmesi için yıllık yağışın ortalama 600-1200 mm kadar olması gerekmektedir. Ülkemizde yıllık yağış miktarının 500-600 mm olduğu yerlerde bile bazen mısır yetiştirilmektedir. Ancak böyle alanlarda sulama yoluyla yağış açığı giderilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca mısır bitkisinin yetiştirme dönemleri boyunca istediği nem miktarı diğer tahıllardan farklıdır. Bu sebeple diğer tahılların aksine yağışların aralıklı olması ve önemli bir kısmının olgunlaşma devresinde olması gerekmektedir. Bu nedenle yaz yağışları büyük önem taşımaktadır (Şahin 2001).

Mısır genellikle her çeşit toprakta yetiştirilmektedir. Fakat su tutma kapasitesi fazla, derin, humuslu, iyi havalanabilen ve besin maddelerince zengin toprakları daha çok sevmektedir. Ayrıca mısır yetiştirilecek toprakların azot ve fosfor bakımından zengin olması gerekmektedir. Mısır bitkisinden istenilen verimi sağlayabilmek için aynı tarlaya üst üste ekilmemesi ve özellikle azotlu gübre verilmesi gerekmektedir (Şahin 2001).

Mısır, çeşitli şekillerde insan gıdası, hayvan yemi, ve endüstri hammaddesi olarak kullanılan bir bitkidir. Ayrıca sap ve yaprakları hayvan yemi, kağıt yapımı ve küçük çapta hasır el işleri yapımında da kullanılmaktadır. 100 kg mısırdan 77 kg nişasta, 2 kg şeker, 9

kg protein, 5 kg yağ ve 7 kg da diğer maddeler elde edilebilir (Kanburoğlu ve Öğretir 1980).

Türkiye’de mısır ekim alanlarının ve üretiminin yıllara göre değişimi incelendiğinde 1935’te, 175 000 hektarlık bir alanda mısır ekimi yapıldığı halde bu değer 1940’tan itibaren artmaya başlamakta ve 500 000 hektarın üzerine çıkmaktadır.

Türkiye’de mısır ekim alanları çok fazla bir artış göstermemesine karşın, mısır üretiminin giderek arttığı görülmektedir. Çizelge 1.19’da görüldüğü gibi mısır üretim miktarı 2001 yılında 2 200 000 ton, 2002 yılında 2 100 000 tondur. Daha sonrasında ise mısır üretiminin dikkat çekici bir şekilde artarak 2005 yılında 4 200 000 tona çıktığı görülmektedir. Son yıllarda, mısır üretimindeki artışın en önemli nedeni, ekonomik olarak üretim yapılan bölgelerde hibrit tohum kullanımının yaygınlaşması ve üretim tekniklerindeki gelişmekte olmasıdır.

Çizelge 1.19 Türkiye’de mısır ekim alanları, üretim miktarları ve verimi
(Anonim 2008d)

Yıl	Ekilen alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (ton/ha)
2001	550.000	2.200.000	4,0
2002	500.000	2.100.000	4,2
2003	560.000	2.800.000	5,0
2004	700.000	3.000.000	4,3
2005	600 000	4 200.000	4,4
2006	536 000	3 811 000	7,1
2007	517 500	3 535 000	6,8
2008	595 000	4 274 000	7,1

Dünya üzerinde mısırdan biyoetanol üretimi önemli bir paya sahiptir. Bunun nedeni ise dünyanın en büyük Biyoetanol üreticilerinden biri olan ABD’nin, üretiminin tamamına yakını mısırdan sağlamasıdır. Mısırın kuru ağırlığı dikkate alındığında ortalama

olarak %70'i nişastadan oluşturmaktadır ve bu oran mısırı biyoetanol üretimi için cazip hale getirmektedir (Bulut 2006).

Mısır da tahıl grubuna girdiği için mısırdan biyoetanol üretimi süreci diğer tahılların izlediği süreçlerle benzerlik göstermektedir. Günümüzde mısırdan biyoetanol üretimi iki üretim yöntemle yapılmaktadır, bunlar yaş öğütme ve kuru öğütmedir. Yaş öğütme yönteminde mısır taneleri öncelikle ılık su içerisinde ıslatılıp ve tane içindeki proteinler ayrılır, nişasta açığa çıkar ve öğütme işlemi için mısır tanesi yumuşatılmış olur. Öğütme işlemi ile mısır özü, lif ve nişasta elde edilmektedir. Lif ve ilk adım olan suya bastırılmadan elde edilen sulu karışım yoğunlaştırılarak hayvan yemi olarak kullanılmaktadır ve kuru ağırlığın yaklaşık %35'i proteindir. Mısır özü, yağ elde etmek için kullanılır, nişasta ise santrifüj ve sakkarifikasyon aşamasından geçirilmektedir. Bu aşamadan sonra ise daha önce bahsedilen biyoetanol üretim aşamaları izlenmektedir. Kuru öğütme yönteminde ise mısır taneleri doğrudan öğütücüde öğütülürler ve un kıvamına getirilmektedir. Bu aşama ile mısır özü, lif ve nişasta elde edilmektedir. Daha sonra bir şeker çözeltisi elde etmek için karışım hidrolize edilmekte ve sakkaroz enzimler veya sulu asit kullanılarak parçalanmaktadır. Kuru öğütme yöntemi günümüzde fabrika kurulumu ve işletimi için olan düşük sermaye yatırım oranı ile tercih edilmektedir. Teknolojik ilerlemeler kuru öğütme yöntemini daha cazip ve verimli hale getirmektedir (Bulut 2006).

Çeşitli kaynaklara göre mısır için biyoetanol verimleri çizelge 1.20'de verilmektedir. En yüksek verim Leventon'nun 2000 yılında yaptığı çalışmada yer almaktadır. Son yıllarda tüketimi önemli derecede artan biyoetanolün dünya mısır piyasasının genişlemesini ve gelişimini sağlaması beklenmektedir.

Türkiye' de en çok kullanılan hammaddeler şeker pancarı başta olmak üzere, mısır ve patatestir. Bunun dışında çizelge 1.21'de biyoetanol üretimi için kullanılabilecek biyokütle kaynakları görülmektedir.

Çizelge 1.20 Çeşitli kaynaklarda yer alan mısır için biyoetanol verimleri

Kaynak	Biyoetanol verimi (litre biyoetanol/ ton patates)
Marland, 1991	373
Anonymous 2004b	367
Anonymous 2000	470
Wang, 2001	373-388
GM/ANL, 2001	373-418
Pimentel, 2001	385
Anonymous 2002a	398
Graboski 2002	392-399
O'Connor, 2003	400

Çizelge 1.21 Farklı biyokütle kaynaklarının biyoetanol potansiyelleri (Balat vd. 2007)

Hammadde	Biyoetanol Potansiyeli (l/ton)
Şeker kamışı	70
Şekerpancarı	110
Tatlı patates	125
Patates	110
Manyok (Cassava)	180
Mısır	360
Pirinç	430
Arpa	250
Buğday	340
Tatlı sorgum	60
Küspe ve diğer selülozik biyoküteller	280

Çizelgede biyoetanol potansiyeli, ülkemiz tarımında yetiştirilebilen şekerpancarından 110 l/ton, buğdaydan 340 l/ton, arpadan 250 l/ton, patatesden 110 l/ton ve mısırdan 360 l/ton olarak belirlenmiştir.

1.3.6 Selüloz

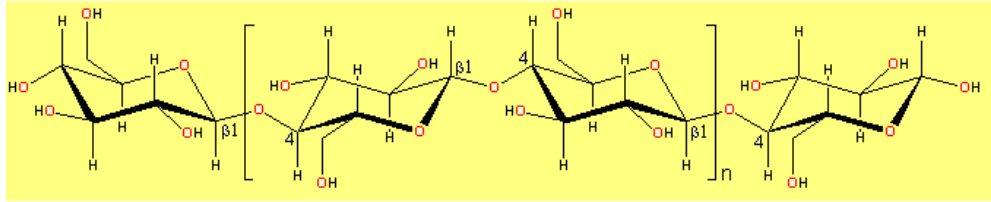
Selüloz, yosunlardan ağaçlara kadar bütün bitki hücrelerinin ana yapısal elemanını oluşturan ve yeryüzünde en çok bulunan organik bileşiktir. Yaklaşık olarak her yıl 100 trilyon kg selüloz oluşmaktadır (Bailey and Ollis 1986). Selüloz bitkilerde karbondioksit ve suyun fotosentez yoluyla oksijen ve karbonhidratlara dönüşmesiyle oluşur bazı bakteri mantar, yosunlar tek hücreli bitkiler ve hayvanlar tarafından da sentezlenebilmektedir (Gürdağ vd. 1997). Pamuk ve orman ürünleri selüloz bakımından en zengin olan maddelere örnek olarak gösterilebilir. Selüloz bunun yanında bitki ve ağaçlarda hücre duvarlarının ve baklagil tohumlarının meyvelerin dış kabuklarının büyük kısmını oluşturmaktadır. En basit karbonhidrat birimlerinden olan glukoz selülozun önemli ara ürünlerinden biridir. Glukoz ($C_6H_{12}O_6$) formülüne sahip 6 karbonlu aldohelsozlardandır.

Selüloz hemiselüloz ve lignin bitki hücre duvarının üç temel ögesini oluşturmaktadır. Selülozlu maddeler genel temel yapıya sahip olsalar da kimyasal bileşim ve fiziksel yapıda değişim görülebilmektedir. Genel olarak bu maddeler %30-60 selüloz, %10-30 hemiselüloz ve %10-20 ligninden oluşmaktadır. Lignin, selülozun biyolojik ve kimyasal etkilerden korunmasını sağlayan selülozun esneklik ve dayanıklılığına sebep olmaktadır. Hemiselüloz, lignini selüloza bağlar (Lee 1992).

Bitkilerden selüloz elde etme prosesi oldukça fazla enerjiye ve kimyasal maddeye ihtiyaç duyar. Bu kimyasallar ise çevre kirliliğine neden olmaktadır. Dünya nüfus artışına bakıldığında her geçen gün selüloza olan talebinde artacağı kolayca görülmektedir. Klasik yöntemlerle bitkilerden selüloz elde edilmeye devam edildiği bu artan selüloz ihtiyacını karşılamak için odun ve pamuk yetiştirilecek daha fazla alana ihtiyaç duyulacaktır. Bu durumdan dünyadaki karbon (C) döngüsü direkt olarak etkilenecektir (Brown 2006).

Selülozu nişastadan ayıran özellik; selülozdaki asetal bağının β olmasıdır. Asetal bağdaki bu farklılık insan sindiriminde çok büyük bir farka neden olmaktadır. İnsanlar, inek, at ve koyunlar gibi selülozu sindiremez. Çünkü β asetal bağlarını parçalayacak enzime sahip değildirler (Chaplin 2006).

Selüloz molekülü genişletildiğinde dışarıda hidroksil grupları bulunan ve bu sayede molekül içi ve hücre içi hidrojen bağları yapabilen düz bir kurdele yapıda olduğu görülür. Bu kurdelenin yüzeyi karbon atomlarına direkt bağlı hidrojen atomları içermektedir ve bu nedenle hidrofobiktir. Şekil 1.5’de selülozun moleküler yapısı gösterilmektedir (Geyer vd. 1994).



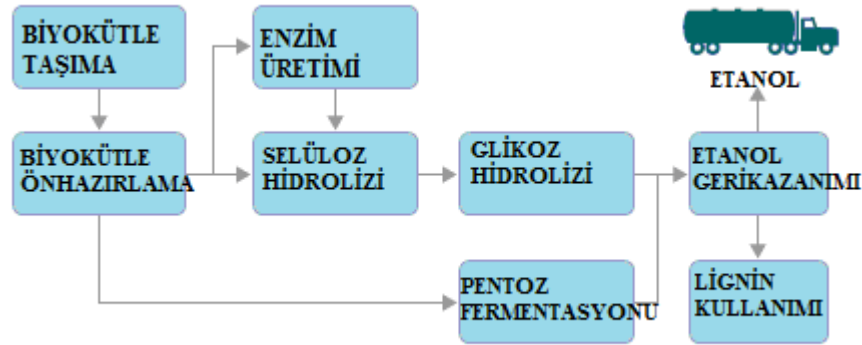
Şekil 1.5 Selülozun yapısı (Geyer vd. 1994)

Selülozik biyoetanol bir çok açıdan şeker ve nişasta bazlı biyoetanoldan avantajlıdır. Endüstriyel olarak üretimi gerçekleştirilip biyoyakıt olarak kullanılabilir olduğunda daha ucuz ve verimli olmaktadır, hammadde miktarı daha fazladır, çevresel açıdan daha temizdir. Selülozik biyoetanolin CO_2 emisyonu benzinden %85 daha az iken mısırdan üretilmiş biyoetanolin CO_2 emisyonu %30 daha azdır. Bitkilerin yaydığından daha fazla karbonu tükettiği bilindiğinden yakıt amaçlı kullanıldığında negatif emisyonu olduğu kesinleşmiştir. Aynı zamanda daha az SO_x yayılımı vardır.

Özellikle ABD’de selülozik biyoetanol için düşünülen en büyük aday olan dallı darının mısırdan %75 daha az su ihtiyacı, % 70 gübre ve pestisit ihtiyacı vardır. Hektar başına biyoetanol verimi mısırın 2 katıdır. Büyüme süresi çok kısa olup bakım ihtiyacı çok azdır, hastalıklara kuraklığa dayanıklılığı daha fazladır.

Birbirlerine göre farklılıklar olsa da temel olarak selülozdan yakıt üretimi; ısıtma işlemi ile selülozun elde edilmesine (bu kısım kağıt amaçlı selüloz üretimi ile aynıdır),

sonrasında enzimatik reaksiyonlar ile şekere parçalanmasına, ve son olarak; şekerin fermantasyon ve distilasyon işlemleri ile biyoetanolle dönüştürülmesine ve safsızlaştırılmasına dayanmaktadır (Şekil 1.6). Bu şekliyle işlem çok basit görünmektedir. Ancak sonlandırılması gereken çok fazla detay vardır.



Şekil 1.6 Selülozik biyoetanol üretim işlemi (Anonymous 2011)

Selülozik biyoetanol üretiminin en büyük problemi büyük miktarlarda selülozu hızlı bir şekilde parçalanmasını gerçekleştirmeye yetecek enzimi miktarının oluşturulmamasıdır. Mevcut çalışmalar ile selülozik biyoetanolün maliyet 1,5-2,5 dolar/galon (litre maliyeti 0,4-0,67 dolar) arasındadır. Ancak bu fiyat 1 dolar/galon (0,26 dolar/litre) seviyelerine düşebileceği tahmin edilmektedir (Anonymous 2008c).

1.3.7 Şeker kamışı

Şeker, dünyada başlıca iki bitkiden, şeker kamışı ve şekerpancarından elde edilmektedir. Şeker kamışı tropik-subtropik iklim kuşaklarında, şekerpancarı iklim kuşağına sahip ülkelerde yetiştirilmektedir. Dünyada şeker kamışının 90'dan, şekerpancarının da 60'dan fazla ülkede tarımı yapılmaktadır. 1974-76 yılları ortalamasına göre şeker kamışının 649 416 000 ton, şekerpancarının ise 261 030 000 tonluk bir üretimi vardır. 1998'de şeker kamışının üretimi 1 254 290 700 tona, şekerpancarının üretimi ise 261 630 800 tona yükselmiştir. Bu rakamlar son yirmibeş yılda şeker kamışı üretiminde %93'e varan bir artış, şekerpancarı üretiminde ise önemli bir artış olmadığını göstermektedir (Arslan vd. 2000).

Şeker kamışı yetiştiren önemli ülkeler Brezilya, Hindistan, Çin, Filipinler, Kolombiya, Küba, Meksika, ABD, Endonezya; şekerpancarı yetiştiren önemli ülkeler ise Fransa, ABD, Almanya, İngiltere, Ukrayna, Polonya, İtalya ve Türkiye'dir (Arslan vd 2000).

Çizelge 1.22'de toplam şeker kamışı üretiminin %86'sı 15 ülke tarafından yapıldığı görülmektedir. Biyoetanol üretiminin en kolay yapıldığı bitki şeker kamışıdır. Şeker kamışı en fazla Brezilya'da üretilmektedir (6,71 milyon ton), daha sonra Hindistan (4,90 milyon ton), Çin (1,24 milyon ton) ve Pakistan (1,03 milyon ton) takip etmektedir. Dünyada toplam 18,95 milyon ton şeker kamışı üretilmektedir.

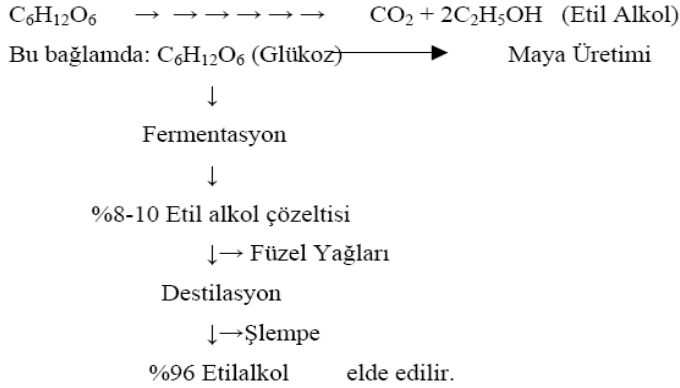
Brezilya'da şeker kamışından biyoetanol üretimi 1975 yılında başlamıştır. Üretim 1997 yılında 15 milyar litreye ulaşmıştır. Fakat daha sonra değişen politik amaçlar nedeni ile 2000 yılında 11 milyar litreye düşmüştür. Brezilya'da bu yıldan sonra biyoetanol üretimi tekrar yükselişe geçmiştir. Brezilya'da satılan benzine hacimsel olarak %22 ile %26 değerleri arasında biyoetanol katılabilmektedir veya saf olarak kullanılabilmektedir (Schmitz vd. 2002).

Çizelge 1.22 Şeker kamışı üretimi (Anonymous 2007)

	Üretim (x1000 ton)
Brezilya	6 710
Hindistan	4 900
Çin	1 240
Pakistan	1 040
Tayland	1 010
Meksika	680
Kolombiya	450
Avustralya	420
Güney Afrika	420
Küba	400
Filipinler	400
ABD	360
Endonezya	350
Arjantin	290
Toplam	18 950

Şeker kamışı, şekerpancarı ve melastan biyoetanol üretiminin temel reaksiyonu aynıdır. Aşağıda reaksiyon verilmektedir.

Alkol Fermentasyonu



Teorik olarak 180 gr glikozdan 96 gr biyoetanol üretilmektedir.

Şeker kamışından biyoetanol üretimini tercih edilmesinin sebepleri aşağıda verilmiştir.

- Mısırdan elde edilen biyoetanol kullanıldığında %30, şekerpancarından elde edilen biyoetanol kullanıldığında %40, şeker kamışından elde edilen biyoetanol kullanıldığında %84 oranında sera gazı emisyonu azaldığı görülmektedir.
- Üretim maliyeti mısırdan %60, şekerpancarından %75 daha azdır.
- Hektar başına biyoetanol verimi yüksektir ve 6 470 l/ha, mısırın 4 180 l/ha, şekerpancarının 5 500 l/ha'dır (Goldemberg 2011).

Çizelge 1.23'de Brezilya'da şeker kamışından üretilen biyoetanolün özellikleri verilmiştir. Çizelgede şeker kamışından elde edilen biyoetanol için ekilen alan 3,4 milyon ha, toplam üretim 22,5 milyar litre, üretim maliyeti 14,48 €/100 litre, benzine göre CO₂ salınımı %84 daha az ve hektar başına verimi 6 471 litre'dir.

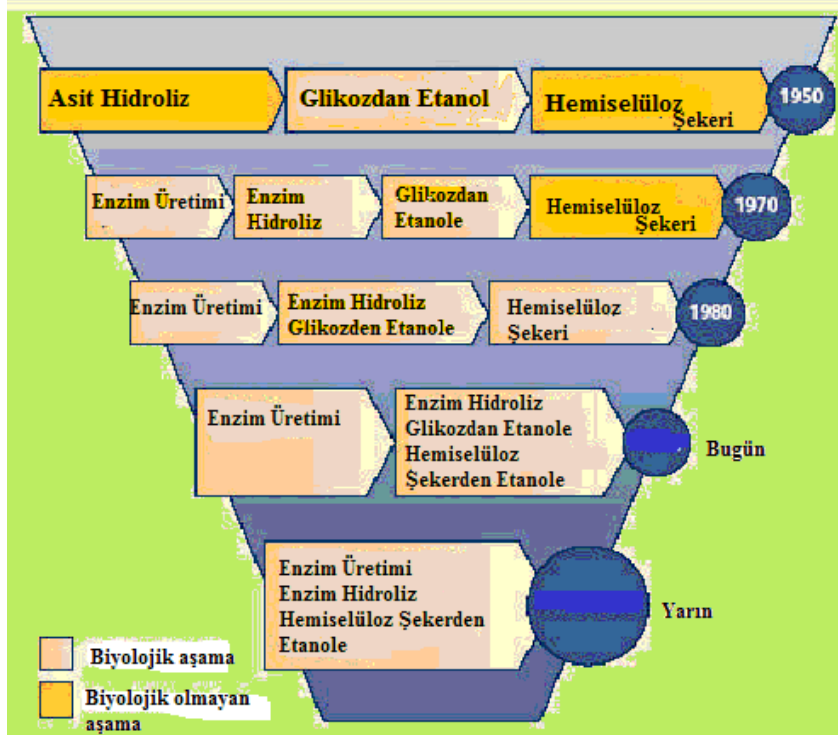
Çizelge 1.23 Şeker kamışından üretilen biyoetanolün özellikleri (Goldemberg 2011)

	Şeker kamışı (Brezilya'da)
Üretim maliyeti (€/100 litre)	14,8
Benzine göre CO ₂ azalımı	%84
Toplam üretimi (milyar litre)	22,5
Ekili alan (milyon hektar)	3,4
Verim (litre/hektar)	6,47

Türkiye'nin ekolojisi şeker kamışı tarımına uygun değildir ve sadece Çukurova'da yetiştirilir, üretimi sınırlıdır. Bu nedenle biyoetanol üretiminde yaygın olarak kullanılmamaktadır.

1.4 Biyoetanol Üretim Yöntemleri

Biyoetanol üretimi 1950'li yıllarda başlamıştır. Üretimde kullanılan ilk yöntem asit hidroliz yöntemi olmuştur. Sonraki yıllarda bu teknolojinin yerini enzim üretimi yöntemi almıştır. Tarihsel gelişim durumu Şekil 1.7'de verilmektedir (Anonymous 2001).

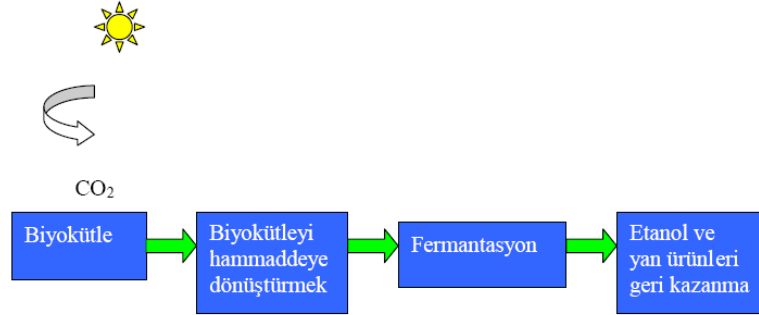


Şekil 1.7 Biyoetanol üretim yöntemlerinin tarihsel gelişimi

Biyokütleyi biyoetanole dönüştürmede kullanılan genel yöntem akış şeması Şekil 1.8'de görülmektedir. Dönüştürme dört temel adımda meydana gelir. Bunlar:

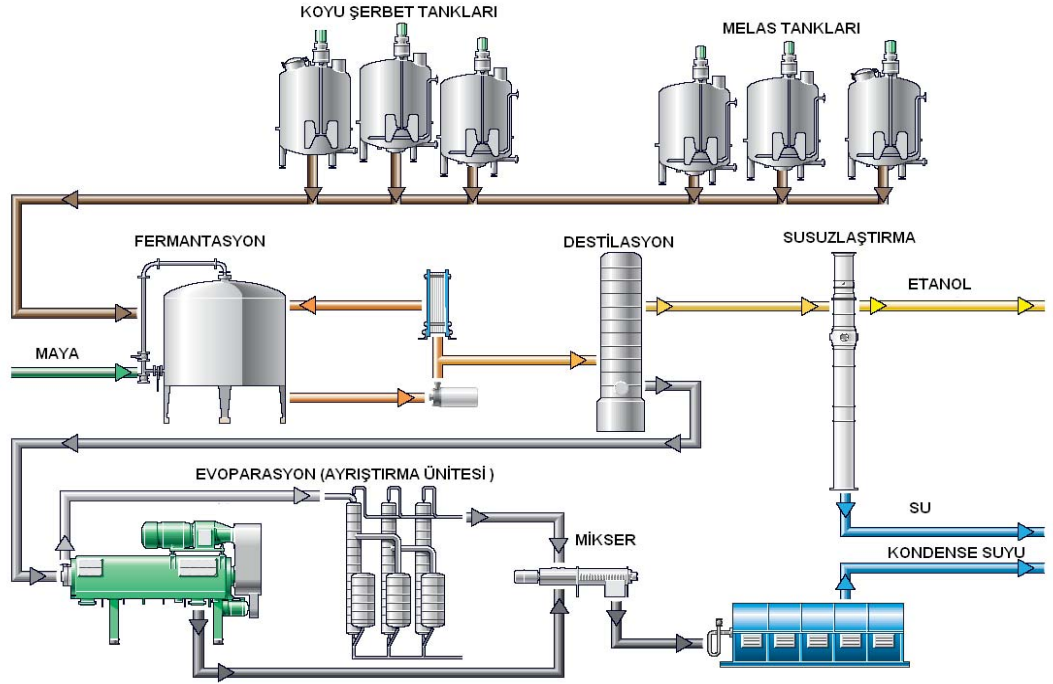
1. Güneş enerjisini fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu biyokütle üretmek.

2. Bu biyokütleyi farklı proses teknolojilerinde kullanılabilecek bir hammaddeye dönüştürmek.
3. Biyoetanol üretmek için biyokatalizörler kullanarak biyokütleyi fermente etmek.
4. Kimyasal, ısı ve diğer yakıtları üretmek için kullanılabilen fermantasyon ürünleri biyoetanolü ve yan ürünleri geri kazanmak (Alma vd. 2004).



Şekil 1.8 Biyokütleyi biyoetanole dönüştürmek için genel bir yöntem (Alma vd. 2004).

Biyoetanol elde etmek için hammadde olarak koyu şerbet ve melas kullanan bir tesisin üretim aşamaları Şekil 1.9’da verilmektedir. Bir biyoetanol üretim tesisi fermantasyon, destilasyon, rektifikasyon (susuzlaştırma) ve ayırıştırma ünitelerinden meydana gelmektedir.



Şekil 1.9 Biyoetanol tesisinin üretim aşamaları şeması (Anonim 2006)

1.4.1 Dört teknoloji platformu

Biyoetanol üretimi için dört farklı yöntem geliştirilmiştir. İlk üç yöntem biyokütleden şeker üretmek ve sonra fermantasyon ile şeker biyoetanole dönüştürme ilkesine dayanmaktadır. Dördüncü yöntem ise çok farklı bir yaklaşım olup, biyokütlenin termal işlem ile H_2 ve CO gazlarına dönüştürülmesi ve sonra biyoetanol üretimi için fermente edilmesidir. Bu yöntemler sırası ile; (Sheehan ve Himmel 1999);

- Asit Hidroliz Toplama (Konsantre Asit Hidrolizi),
- Seyreltik Asit Hidroliz,
- Enzimatik Asit Hidroliz,
- Biyokütle gazlaştırma ve mayalamadır.

Hidroliz : Bu yöntem normalde birbirine karışık zincir bağları ile bağlı olan şekerlerden kimyasal reaksiyon ile kurtarmadır.

Fermantasyon : Mayalanmış şekerden, maya ve bakteri içeren biyoetanole dönüştüren mikroorganizmalardır.

1.4.1.1 Konsantre asit hidrolizi

Bu yöntem seyreltik asit hidrolizi ile şeker üretimini takip eden selülozun konsantre asit dekristalizasyonuna dayanmaktadır. Şekerlerden asidin ayrılması, asidin geri kazanılması ve asidin yeniden konsantre hale getirilmesi yöntemin kritik noktasıdır. Daha sonra fermantasyon işlemi ile şeker biyoetanole dönüştürülmektedir (Sheehan ve Himmel 1999).

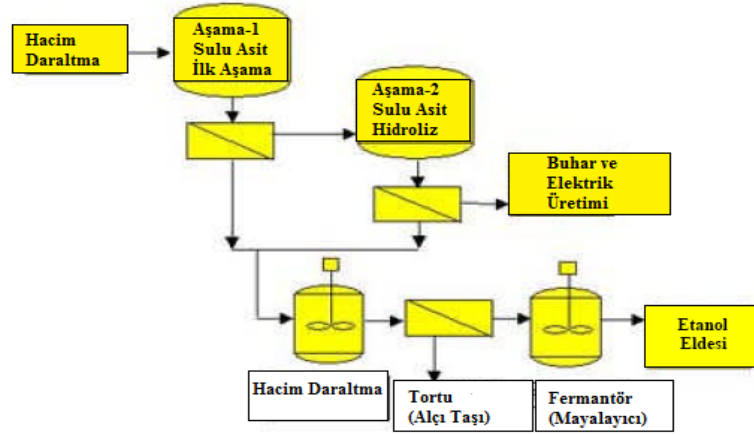
Yöntemin kalbi seyreltik asit hidrolizi ile takip edilen dekristalizasyon işlemidir. Dekristalizasyondan önce hemiselülozu ayırmak için seyreltik asit ile ön muamele uygulanmaktadır. Sonra biyokütle konsantre sülfirik asit ilavesinden önce asitin absorbe edilmesi için kurutulmaktadır. İşlemler hidroliz reaktörlerinde gerçekleştirilmektedir (Sheehan ve Himmel 1999).

Arkenol işlemi %10 nem oranında kurutulmuş olan canlı kütleye %70–77 oranında sülfirik asit eklenerek gerçekleşmektedir. 1,25 asite karşı 1 “canlı kütle” oranında yapılan karışımda sıcaklık 50°C kontrol edilip, daha sonra %20–30 oranlı asit elde etmek için su eklenerek ve bir saat boyunca 100°C de tutulmaktadır. Üretilen jel, asit şeker karışımını oluşturmak için preslenerek, kalanlar asit şeker ayırımı için kullanılmaktadır (Sheehan ve Himmel 1999).

1.4.1.2 Seyreltik asit hidrolizi

Seyreltik asit hidrolizi yöntemi biyokütlenin hemiselüloz ve selüloz kısmından maksimum şeker üretimi için iki aşamadan meydana gelmektedir. Birinci aşama hemiselüloz hidrolizi için daha ılımlı koşullar altında meydana gelirken ikinci aşama daha dayanıklı selülozu hidroliz etmek için optimize edilmektedir. Hidroliz ürünleri her bir aşamadan geri kazanılır, nötralize edilir ve biyoetanole fermente edilmektedir. Kalıntı selüloz ve lignin elektrik veya buhar üretimi için kullanılmaktadır (Şekil 1.10).

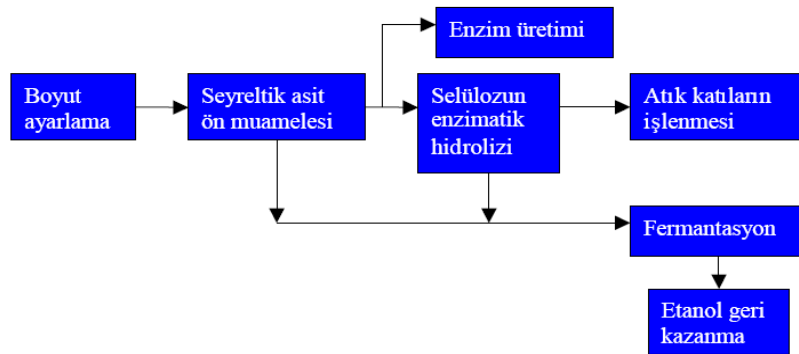
Bu yöntem ile mannoz için % 89, galaktoz için % 82 ve glukoz için % 50 verim elde edildiği kanıtlanmıştır. *Saccharomyces cerevisiae* ile fermantasyonda teorik olarak % 90 biyoetanol verimi elde edilmektedir (Sheehan ve Himmel 1999).



Şekil 1.10 Sulandırılmış asit hidroliz yöntemi akış şeması (Anonymous 2009d)

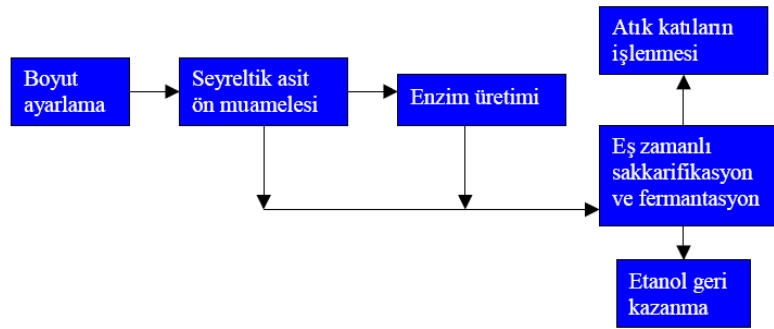
1.4.1.3 Enzimatik hidroliz

Canlı kütleyi sakkarozu hidroliz etmek için asit kullanmak yerine, enzimler kullanılabilir. Fakat bu işlem çok pahalı ve halen gelişiminin ilk aşamalarında. Biyoetanol işleminde odunun hidrolizi için ilk enzim uygulaması basitçe bir selüloz enzim hidroliz basamağı ile selüloz asit hidrolizinin yer değiştirmesinden oluşmaktadır. Sistem şematik olarak Şekil 1.11’de verilmiştir.



Şekil 1.11 Enzimatik hidroliz işleminde hidroliz ve fermantasyon şematik gösterimi (McAloon vd. 2000).

Biyokütlenin enzimatik hidrolizi için yapılan önemli bir proses modifikasyonu birçok şeker altyapısı ile birlikte fermente olmasını sağlayan eş zamanlı sakkarifikasyon ve fermantasyon işleminin geliştirilmesidir. Bu işlemde selüloz ve fermente edici organizmalar birleştirilmektedir. Şekerler meydana geldikçe fermente edici organizmalar şekerleri biyoetanole dönüştürmektedir. (McAloon etal. 2000). Biyokütlenin ön muamelesi selülozu enzimler için daha reaktif hale getirmek için gereklidir. Hem termal hem de kimyasal işlemler gibi birçok ön muamele düşünülmektedir. Akış şeması Şekil 1.12’ de verilmiştir.



Şekil 1.12 Enzimatik hidroliz işleminde eş zamanlı sakkarifikasyon ve fermantasyon işleminin şematik gösterimi (McAloon vd. 2000)

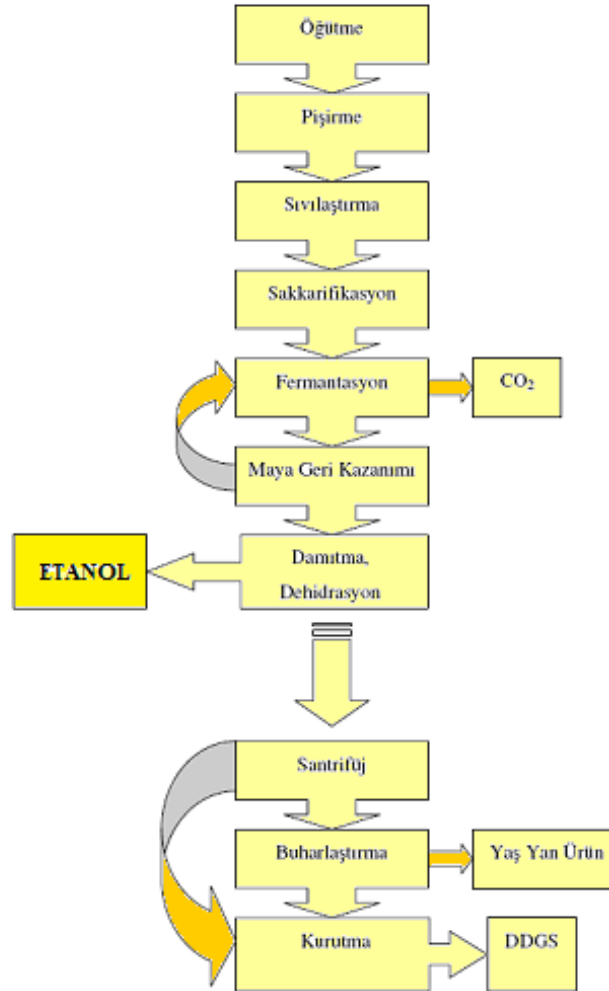
1.4.1.4 Biyokütlenin gazlaştırılması ve fermentasyon

Biyokütle yüksek sıcaklıkta gazlaştırma ile CO, CO₂ ve H₂ gibi sentez gazlarına dönüştürülmektedir. Anaerobik bakteri sentez gazlarını biyoetanola dönüştürmek için kullanılmaktadır. Gazlaştırma işleminin uygulanmasında teknik açıdan bir problem olmayıp, ekonomik açıdan maliyeti oldukça yüksektir (Wyman ve Hinman 1988).

1.4.2 Kuru öğütme ile biyoetanol üretimi

Kuru öğütme işlemi tahıllar için uygulanan yaygın bir yöntemdir. Tahılın içindeki maddelerin ayrılması için bir ön işlem yapılmamaktadır. Tahıl ilk olarak öğütülerek toz haline getirilmektedir. Daha sonra su eklenerek karışım pişiricilerde alfa-amilaz enzimi ile beraber sıvılaştırma işlemine girmektedir. Nişastanın sıvılaştırılmasının gerçekleşmesi için karışım 120°C ile 150°C'ye kadar ısıtılmaktadır. Sakkarifikasyon

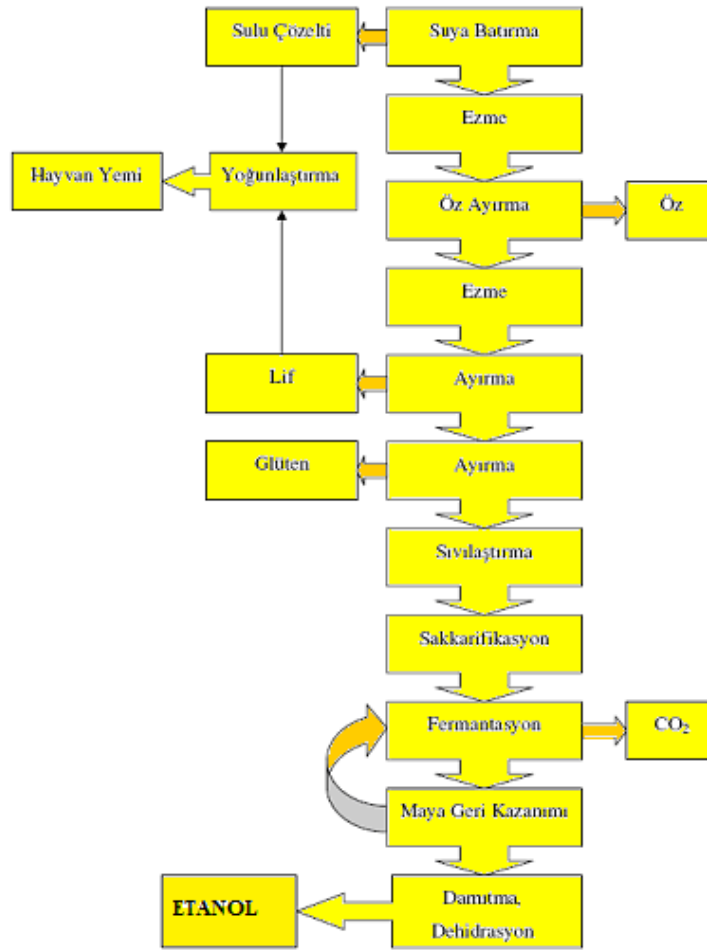
aşamasında ise lapa halindeki karışım soğutulur ve gluko-amilaz enzimi katılıp nişasta şekere dönüştürülmektedir. Elde edilen şeker daha sonra biyoetanol üretmek için mayalar yardımı ile fermantasyona uğratılmaktadır (Şekil 1.13). Fermantasyon sonrası lapanın hacimsel olarak %11 ile %15'i biyoetanoldür, geri kalan kısmı fermantasyona uğramayan tahıl artığı ve maya hücreleridir. Bu lapa, biyoetanolden suyun ve artıkların ayrılacağı damıtma sistemine pompalanmaktadır. Çok kolonlu bu sistemde biyoetanol son kolonu %96'lık bir saflıkta terkettirmektedir. Bu biyoetanol daha sonra dehidrasyon sistemine geçer ve içerisindeki kalan su ayrıştırılmaktadır. Geri kalan artıklar ise yaş halde veya buharlaştırıcı ve gaz ateşlemeli kurutucular ile kurutularak DDGS yan ürünü elde edilmektedir ve hayvan yemi olarak elden çıkarılmaktadır (Anonymous 2004a).



Şekil 1.13 Kuru öğütme iş akış diyagramı (Bulut 2006)

1.4.3 Yaş öğütme ile biyoetanol üretimi

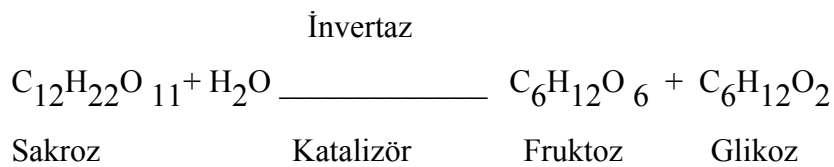
Yaş öğütme işlemi genellikle mısırın hammadde olarak kullanıldığında söz konusu olmaktadır. Mısırın yaş öğütülmesi işleminde tahıl öncelikle su ve kükürtdioksit karışımı bir sıvıya 24 ile 48 saat batırılmaktadır. Bu işlemin ardından ezme işlemi gelmektedir (Şekil 1.14). Bu süreç ile tahıldaki yağ, öz ve protein nişastadan ayrılır ve sonraki aşama için nişastaca zengin karışım ortaya çıkarılmaktadır. Bu aşamadan sonra elek ve santrifüj ayırıcılar ile glüten ve lif de karışımdan ayrılmaktadır. Lif ve ilk adım olan suya bastırmadan elde edilen sulu karışım yoğunlaştırılarak hayvan yemi olarak elden çıkarılabilmektedir. Nişasta karışımı ise pişiricilerde alfa amilaz enzimi ile beraber sıvılaştırma işlemine girmektedir. Nişastanın sıvılaştırılmasının gerçekleşmesi için karışım ısıtılır ve daha sonra lapa halindeki karışım soğutularak glukoamilaz enzimi katılıp ve nişasta şekere dönüştürülmektedir, bu aşama sakkarifikasyon aşaması olarak adlandırılmaktadır. Elde edilen şeker daha sonra biyoetanol üretmek için mayalar yardımı ile fermentasyona uğratılmaktadır. Fermentasyon çözeltisi biyoetanol istenilen konsantrasyona gelinceye kadar damıtılır ve dehidrasyon işlemi yapılmaktadır (Anonymous 2004a).



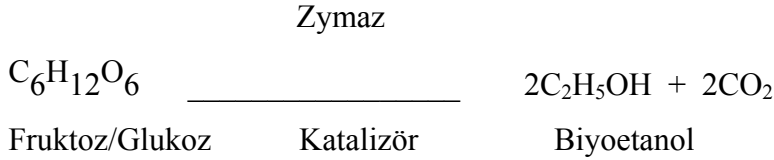
Şekil 1.14 Yaş öğütme iş akış diyagramı (Mısır) (Bulut 2006)

1.4.4 Şeker mayalama işlemi

Hidroliz aşaması mısır ve selüloz kısımları, daha sonra biyoetanole mayalanacak olan şeker karışımlarını hidrolize eder. Maya eklenip ısıtılmaktadır. Maya “invertaz” adında enzim içerir. Bu madde katalizör olarak etki yapar ve sakrozun, glikoz ve fruktoza dönüşümünü kolaylaştırır. Kimyasal reaksiyonu;



Fruktoz ve glikoz daha sonra “zymaz” adında enzimle reaksiyona girerler. Bu enzim biyoetanol ve CO₂ üretmek için mayanın içinde yer alır. Kimyasal reaksiyonu aşağıdadır;



Mayalama yaklaşık üç gün sürer ve 25 ile 30°C derece sıcaklıkta gerçekleşmektedir (Anonymous 2009c).

1.5 Biyoetanolün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Bir yakıt türü olan biyoetanol (C₂H₅OH) temiz, renksiz bir sıvıdır, canlı olarak değerlendirilebilir, toksit oranı az ve dökülünce çok az çevresel kirlenmeye yol açmaktadır. Biyoetanol yüksek oktanlı bir yakıttır ve petrolün içine kurşunun yerine oktan artırıcı olarak katılmaktadır. Biyoetanolün benzine karıştırılmasıyla yakıt karışımı daha verimli yanmaktadır. Biyoetanol karışımli yakıtlar en çok Amerika’ da satılmaktadır. En çok bilinen karışım %10 biyoetanol, %90 benzindir (E10). Araç motorlarının E10 ile çalıştırmak için modifiyeye ihtiyacı yoktur, araç garantileri de bundan etkilenmemektedir. Ayrıca kimi araçlarda %15 biyoetanol, %85 benzin karışımli yakıtlarda (E15) kullanabilmektedirler (Anonymous 2009c).

Biyoetanollerin buhar basıncı düşük olduğundan biyoetanol karışımli benzin kullanıldığında özellikle soğuk havalarda ilk harekette emme sisteminde buharlaşmayı iyileştirici önlemler almak gerekmektedir. Ayrıca biyoetanolün (ve içinde bulunabilecek suyun) emme ve yakıt sistemi ve diğer motor elemanları üzerindeki korozi ve aşındırıcı etkileri incelenmekte ve bu etkilere karşı gerekli önlemler alınmaktadır (Yıldız vd. 2003).

Biyoetanolün fiziksel, kimyasal ve termal özellikleri çizelge 1.24-1.26’de verilmiştir.

Çizelge 1.24 Biyoetanolün fiziksel özellikleri (Acaroğlu vd. 2004)

Özgöl Ağırlık (20°C)	0,79 kg/dm ³
Buhar Basıncı (38°C)	50 mmHg
Kaynama Noktası	78,5°C
Dielektrik Katsayısı	24,3
Suda Çözünme	Sonsuz

Çizelge 1.25 Biyoetanolün kimyasal özellikleri (Acaroğlu vd. 2004)

Formül	C ₂ H ₅ OH
Moleküler Ağırlık	46,1
Karbon	%52,1
Hidrojen	%13,1
Oksijen	%34,8
C/H oranı	4
Stokiyometrik Hava/Etanol (ağırlıkça)	9,0

Çizelge 1.26 Biyoetanolün termal özellikleri (Acaroğlu vd. 2004)

Alt Isıl Değeri (kJ/kg)	26.784
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (°C)	425
Özgöl Isı (kJ/kg°C)	2,5
Donma Noktası (°C)	-115

Biyoetanolün en önemli dezavantajlarından biri içinde bulunan suyun yakıt donanımında ve emme sistemi üzerindeki korozif etkisidir. Biyoetanolün korozif etkisini önlemek için yakıt ve emme sistemi, koruyucu maddelerle kaplanmaktadır. Ayrıca biyoetanolün nem tutuculuk özelliğinin yüksek olması ve çok çabuk nemlenmesi biyoetanol benzin karışımı olan yakıtlarda faz ayrışmasına neden olabilir. İçerisinde su

bulunmayan alkol ve benzini karıştırmak mümkün olmasına rağmen az miktarda su ihtiva eden karışımlarda bu mümkün olmamakta ve faz ayrışması oluşmaktadır (Acaroğlu 2003).

1.6 Biyoetanolün Motorlarda Kullanımı

Biyoetanol, renksiz, saydam, hafif kokulu bir sıvıdır. Etilenin hidratlanması ve şekerli bitkilerin fermentasyonu ile endüstriyel ölçüde üretilmektedir. Temiz yanan bir yakıttır. Yanma sonu sıcaklıklarının düşük olması ve yapısında oksijen bulundurması nedeni ile yanma ürünleri içinde daha düşük oranda azotoksitler ve karbonmonoksit bulunur (Anonymous 2009e). Benzin ve biyoetanolün özellikleri Çizelge 1.27’de verilmiştir.

Çizelge 1.27 Benzin ve biyoetanolün özellikleri (Çolak 2006, Haşımoğlu vd. 2000).

Özellikler	Etanol	Benzin
Kimyasal formül	C_2H_5OH	C_8H_{18}
Molekül ağırlığı (kg/kmol)	46	100-105
Alt ısı değeri (kJ/kg)	26900	44300
Stokiyometrik H/Y oranı	9	14,6
Buhar basıncı (kpa, 38°C)	15,9	48-103
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	425	257
Araştırma oktan sayısı (AOS)	108,6	88-100
Motor oktan sayısı (MOS)	89,7	80-90
Kaynama noktası (°C)	78,3	27-225
Donma noktası (°C)	-114,3	-40
Yoğunluk (kg/m ³)	789	730
Viskozite (mPas, 20°C)	1,52	04-08
Buharlaştırma ısısı (kJ/kg)	960	360

Çizelge 1.27’de yapılan karşılaştırmanın sonucunda, biyoetanolün motorlarda kullanılması durumunda motor üzerinde oluşabilecek etkiler aşağıdaki gibi sıralanabilir. Biyoetanol benzine göre daha düşük ısı değere ve daha düşük stokiyometrik yakıt/hava oranına sahiptir. Bu nedenle motorlarda benzin yerine biyoetanol ya da benzin–

biyoetanol karışımları kullanılması durumunda aynı performansı elde etmek için daha fazla yakıt gerekmektedir (Bayraktar, 2005). Biyoetanol yüksek oktan sayısına sahip olmasının yanında çok düşük setan sayısına sahip olması ve kendi kendine tutuşma direnci nedeniyle dizel motorlarda kullanımında sorunlar oluşmasına sebep olabilir. Kendi kendine tutuşma direnci Otto motorlarında sıkıştırma oranının arttırılmasına olanak sağladığından biyoetanolün kullanımına Otto motorlar daha uygundur (Batmaz vd. 2004).

Biyoetanol, düşük ısı değeri ve yüksek buharlama ısısı nedeniyle emilen taze karışım üzerinde soğutucu etki oluşturabilir ve bu da motorun volümetrik veriminin artmasına neden olabilir. Yüksek volümetrik verim nedeniyle biyoetanol ile çalışan motorların momenti ve gücü yüksek olabilir. Taze dolgu sıcaklığının düşmesi ve motorun daha fakir karışımlarla çalışması gibi nedenlerle CO ve NO_x emisyonlarında önemli azalmalar oluşabilir (Vezir 2006). Bununla birlikte, yüksek buharlaşma ısısı ve düşük buhar basıncı soğuk havalarda buharlaşma sorunlarına yol açabilir. Gerekli buharlaşmayı sağlamak için biyoetanol ya da benzin-biyoetanol karışımlarına buharlaşmayı kolaylaştırıcı katkı maddelerinin katılması gerekir (Soruşbay ve Arslan, 1998).

Biyoetanolün buhar basıncı düşük olmasına karşın benzin-biyoetanol karışımlarının buhar basıncı artan biyoetanol miktarı ile artar. Bu nedenle sıcak havalarda buhar tıkaçı oluşabilir. Ayrıca biyoetanolün su çekici özelliği vardır ve bu nedenle benzin-biyoetanol karışımlarında faz ayrışması oluşabilir. Bu sorun, izopropanol gibi çözünürlüğü arttırıcı maddeler karışıma katılarak önlenabilir. Diğer taraftan biyoetanolde bulunan su, mekanik parçalar üzerinde korozyona neden olabilir. Başka bir önemli problem ise; biyoetanolün formaldehit, asit aldehit ve aseton gibi zararlı emisyonları önemli düzeylerde artırmasıdır (Batmaz vd. 2004).

Eğer biyoetanol bol miktarlarda ve ekonomik yöntemlerle üretilebilirse, gelecekte buji ateşlemeli motorlar için ilgi çekici bir yakıt olabilir. Biyoetanol motorlarda tek başına veya benzin-alkol karışımları şeklinde kullanılabilir. Her iki seçenek de motor performansı, yakıt ekonomisi ve egzoz emisyonları bakımından bazı üstünlüklere ve

yetersizliklere sahiptir. Belirli oranlarda biyoetanol içeren karışımlar motor tasarımı ve yakıt sistemi üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan motorlarda kullanılabilir (Soruşbay ve Arslan 1998, Vezir 2006).

Biyoetanolün benzine alternatif olarak kullanılması, gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayabilecek olmasıyla birlikte, sürdürülebilir ve güvenli bir enerji piyasası oluşturulması, tarımsal iş hacminde genişleme sağlaması, petrolde dışa bağımlılığı azaltılması, ekonomiye katkı sağlaması ve temiz bir enerji olmasından dolayı önem taşımaktadır (Bayrakçı 2009).

Biyoetanol, araçlarda hiç bir modifiye yapılmasına gerek duyulmaksızın yaklaşık % 10 oranına kadar kullanılabilir. E10 olarak adlandırılan bu yakıt % 90 benzin ve % 10 biyoetanolden oluşmaktadır. Bunun yanısıra daha farklı oranlarda da karıştırılabilmekte ve hatta araç motorlarında küçük değişiklikler ile tamamen biyoetanolle çalışması sağlanabilmektedir. Biyoetanolün yakıtlarda kullanılma oranına göre, % 10 ile % 15 arasında enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Biyoetanolün ısı değeri benzinden daha düşüktür. Biyoetanol su ile her oranda karışabilmektedir. Ayrıca yüksek oktan sayısına sahip olmasına rağmen setan sayısı çok düşüktür ve kendi kendine tutuşma direnci nedeni ile dizel motorlarda kullanımında bazı sorunlar yaratabilir. Bu nedenle dizel motorlarda kullanımı buji varlığında ya da dizel yakıtla karıştırılması durumunda gerçekleştirilebilmektedir (İmrağ, 2006).

Alkollerin buhar basıncı düşük olduğundan, alkol karışımları kullanıldığında, özellikle soğuk havalarda ilk harekette emme sisteminde buharlaşmayı iyileştirici önlemler almak gerekir. Ayrıca alkolün (ve içinde bulunabilecek suyun) emme ve yakıt sistemi ile diğer motor elemanları üzerindeki korozyon ve aşındırıcı etkileri incelenmeli, bu etkilere karşı gerekli önlemler alınmalıdır.

Biyoetanol yaygın olarak motorlarda kullanımı düşüncesi daha çok geniş tarım alanlarına sahip ülkelerde görülmektedir. ABD’ de tarımla uğraşan eyaletlerde, % 80 biyoetanol ile % 20 benzin karışımından oluşan E80 yakıtı, yıllardan beri otomobillerde

kullanılmaktadır. Petrol rezervlerinin hemen hemen olmadığı fakat özellikle şeker kamışının bol bulunduğu Brezilya’da otomobiller 1988 yılından beri biyoetanolle çalışmaktadır (Yıldız vd. 2003).

Bunun yanısıra biyoetanol için özel üretilmiş araçlarda, % 85 biyoetanol ile % 15 benzin (E85) karışım oranına kadar, yüksek karışım oranlarında kullanılabilir. E85 araçlar, otomobil üreticilerinin bu ürünü test etmeleri nedeniyle sınırlı sayıda üretilmektedir. Bu araçlar % 100 biyoetanol veya % 85 sınırına kadar her oranda biyoetanol-benzin karışımli olarak çalıştırılabildiğinden bu taşıtlara esnek yakıtlı taşıtlar olarak adlandırılmaktadır. E85 yakıtının kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen etmenlerden biri, özel dağıtım ekipmanlarına ihtiyaç olmasıdır.

Tam çevrimde bir litre % 100 benzin yerine E10 yakıtı kullanıldığında, sera gazı yaratan gaz emisyonu, biyoetanol tahıldan üretilmişse % 3 ile % 4 oranında, biyoetanol selülozdan üretilmiş ise % 6 ile % 8 oranında düşürülebilmektedir. % 100 benzin yerine E85 yakıtının kullanımı ise net emisyonları % 75 oranına kadar düşürebilmektedir (Acaroğlu vd. 2004).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde, biyoetanolün ve biyoetanol-benzin karışımı yakıtların benzin motorlarında kullanımı ile ilgili olarak değişik tip ve güçteki motorlar üzerinde birçok araştırmalar yapılmıştır.

Uşaklı (1980) tarafından %96,4 saflıktaki biyoetanolle yapılan çalışmada; fren özgül yakıt sarfıyatının önemli bir şekilde artarak pahalı bir işletmeye neden olduğunu, fren özgül enerji tüketiminin ise benzinli çalışmayla karşılaştırıldığında önemli bir değişme göstermediğini tespit etmiştir. Biyoetanollü çalışmada volumetrik verimin benzine göre arttığını bunun da motor gücünü arttırdığını, termik verimin her iki yakıtta da belirgin bir değişim göstermediğini tespit etmiştir. Biyoetanolle belirli oranlarda su katılarak yaptığı denemeler sonucunda, su miktarı arttıkça yakıt tüketiminin arttığını, termik verimin azaldığını ve gücün düştüğünü belirtilmiştir. Bu nedenle; taşıtlarda %96,4 saflık yerine, %99.5'lik saf biyoetanol kullanımının performansı olumlu etkileyeceğini ifade etmiştir.

Gülder (1981) yaptığı çalışmada saf biyoetanol, biyoetanol-su karışımları ve biyoetanol benzin karışımlarını yakıt olarak kullanmıştır. Benzine saf biyoetanol katılmasının oktan sayısını arttırdığını ifade etmiştir. Benzine %25'e kadar katılan biyoetanolün motor ısı veriminde önemli bir değişiklik göstermediğini, saf biyoetanolle yapılan çalışmada ise motor veriminde benzine göre %3-4 civarında artış gösterdiğini tespit etmiştir. Biyoetanol-su karışımlarının ise motor verimini düşürdüğü görülmüştür. Fakat biyoetanol içindeki suyun oktan sayısını arttırdığı gözlenmiştir. Biyoetanol-su karışımlarının bu özelliğinden yararlanarak motor sıkıştırma oranını 9,2'den 13,25'e çıkartmış ve motor veriminde önemli artışlar elde edilmiştir.

Faroog (1988) tarafından dört zamanlı benzinli bir motor üzerinde yapılan çalışmada, biyoetanol ve biyoetanol-benzin karışımlarının egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. CO miktarının karışımdaki biyoetanol miktarının artmasına paralel olarak azaldığını, saf biyoetanollü çalışmada CO miktarının benzinli çalışmadan düşük olduğunu tespit etmiştir. Karışımda biyoetanol miktarı arttıkça HC miktarının azaldığını

fakat saf biyoetanol kullanımının HC miktarını arttırdığını göstermiştir. Karışımda biyoetanol yüzdesi arttıkça NOx emisyonu azalma göstermiş, en düşük değere saf biyoetanollü çalışmada ulaşılmıştır.

Kızıltan (1988) yaptığı çalışmada motor yakıtlarına alkol katılmasının motor performansına etkisini incelemiştir. Çalışmasında benzine alkol katılmasıyla moment, güç ve ortalama efektif basınçta azalma olduğunu belirtmiştir. Alkol kullanımının hava kirliliği üzerine etkisini de incelemiş ve hava kirliliğine olumlu bir etki yaptığını belirtmiştir. Alkolün benzine göre daha düşük alev sıcaklıklarına sahip olması, yanma işleminin iyileşmesini ve yanma ürünleri içindeki NOx'lerin azalmasını sağladığını belirtmiştir. Alkol oranının artmasıyla yanmış gazlar içindeki CO miktarının benzine göre giderek azaldığını belirtmiştir.

Çıtıroğlu (1990), çalışmasında tek silindirli içten patlamalı motor kullanmıştır. % 96 saflıktaki etanolün, benzinle değişik oranlardaki karışımının, içten patlamalı motorlarda, motorda hiçbir değişiklik yapmaksızın, kullanılması sırasındaki, motor performansına etkilerinin incelendiği çalışmasında tek silindirli içten patlamalı motor kullanmıştır. Benzine %6, %10, %17, %20.5, %26.5, %31 ve %50 oranlarında etanol katılmıştır. Bu çalışmada, en uygun karışım olarak %31 etanol-%69 benzin karışımı belirlenmiştir. Bu karışım, benzinli motorda, hiçbir dizayn değişikliği gerektirmeden kullanılabilir. Ancak etanol oranının %50'den fazla olması motorda dizayn değişikliği gerektirmektedir.

Karaosmanoğlu (1990) tarafından yapılan doktora çalışmasında, alkol-benzin karışımlarının faz ayrışması ve yakıt özellikleri incelenmiştir. Alkol-benzin karışımlarında ortam sıcaklığı, benzinin kimyasal yapısı, karışımdaki alkol ve su miktarına bağlı olarak faz ayrışması meydana gelmektedir. Bu çalışmada farklı bileşimlere sahip benzinlerle oluşturulan metanol ve etanol karışımlarının faz ayrışması sıcaklıkları belirlenmiştir. Farklı benzinlerle oluşturulan metanol-benzin karışımlarında faz ayrışması sıcaklıklarının değişiminde de farklılıklar gözlenmiştir. Aromatik bileşikler daha yüksek olan benzinlerle hazırlanan metanol-benzin karışımlarında, karışımdaki alkol miktarı arttıkça faz ayrışması sıcaklığının azaldığı görülmüştür. Düşük aromatik içerikli benzinlerle oluşturulan karışımlardaki alkol miktarının artması

faz ayrışması sıcaklığını arttırmaktadır. Etanol-benzin karışımlarında farklı bileşimlere sahip benzinlerin kullanılması durumunda karışımdaki alkol miktarının artması faz ayrışması sıcaklığının azalmasını sağlamıştır. Karışımların su kaldırabilirlik değerlerinin ortam sıcaklığının artmasına bağlı olarak arttığı görülmüştür. Aynı benzinle hazırlanan ve aynı oranda alkol içeren etanol-benzin karışımları, metanol-benzin karışımlarından daha yüksek su kaldırabilirlik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Popuri ve Bata (1993) tarafından yapılan bir çalışmada, tek silindirli bir motor, %5, %10, %15, %20 ve %25 alkol-benzin karışımları ile denenmiştir. Sıkıştırma oranı motor vuruntusu dikkate alınarak 7,5-15 aralığında değiştirilmiştir. Ayrıca avans 5°-25° arasında 5° aralıklarla değiştirilerek motor performansına etkileri incelenmiştir. Termik verim %5 civarında önemsenmeyecek bir artış göstermesine rağmen yakıt tüketiminin hızlı bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Turan (1993), yaptığı çalışmasında dört silindirli bir benzin motoru kullanmış olup benzine %10, %20, %30, %40 oranlarında alkol karıştırarak motora ait karakteristik değerlerden moment, saatlik yakıt tüketimi yada özgül yakıt tüketimi, egzoz ve emme sıcaklıkları ile egzoz emisyonu değerlerini ölçmüştür. Denemeler sırasında motorda hiçbir değişiklik yapmamıştır. Alkol benzin karışımının kullanılmasıyla motor gücü, moment, egzoz sıcaklıkları ile emilen hava sıcaklıkları azalırken efektif verim ve özgül yakıt tüketimi değerleri artmıştır.

Borat vd. (1995) "İçten Yanmalı Motorlar Yakıtın Elde Edilebilirliği" adlı çalışmalarında; Yakıtın elde edilebilirliği, ekonomik olması ile ilgili bir unsur olduğunu ve bu açıdan petrol kaynaklı yakıtların birim maliyetleri değişmezse bile rezervlerin tükenmesi nedeniyle ekonomik olan ve olmayan yakıtlar arasındaki dengenin yakın bir gelecekte değişeceğini tahmin edilmekte olduğunu belirtmişlerdir. Benzinin maliyeti 1970'lerden itibaren oldukça dalgalı bir seyir izlediğini, benzin fiyatlarının ham petrol fiyatlarından etkilenmesinin yanı sıra ham petrol kalitesi ve kaynağı, rafineri boyutu ve konfigürasyonu, ülke petrol üretim politikası, benzinin kalitesi vb. çeşitli faktörler de benzinin maliyeti üzerinde etkili olduğunu söylemişlerdir. Bununla beraber ortalama olarak benzinin fiyatı ham petrol fiyatının 1,3 katı alınabileceğini belirtmişlerdir.

Guerrieri ve arkadaşları (1995) yüksek oranlı etanol karışımlarının taşıt ve egzoz emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Egzoz emisyonları ve yakıt ekonomisi, 1990 ve 1992 yıllarında üretilen altı araçta benzin ve hacimsel olarak %10-40 oranlarında etanol bulunan dokuz farklı etanol-benzin karışımları kullanılarak test edilmiştir. Her bir karışımdan emisyon verileri, standart Federal Test Prosedürü uygulanarak elde edilmiştir. Test yakıtları ve temel yakıt arasındaki yakıt ekonomisi ve emisyonlardaki farklar oransal olarak hesaplanmıştır. Taşıtların yakıt ekonomisi ve ortalama emisyon değerleri belirlenmiştir. Çalışmada; etanol yüzdesine bağlı olarak HC ve CO emisyonları ile yakıt ekonomisinin değişimi incelendiğinde karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak değişim gösterdiği görülmüştür. En yüksek etanol konsantrasyonunda toplam HC emisyonu %30, CO emisyonu %50, yakıt ekonomisi %15 azalmıştır.

Benson ve arkadaşları (1995) farklı yakıtların kullanılabilmesine olanak sağlayan yakıt sistemli araçlarda benzin ve E85 yakıtlarının emisyonlara etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada üç farklı yakıt (A, C2 ve E85) üç farklı taşıtta (Chevrolet Lumina, Ford Taurus ve Plymouth Acclaim) kullanılarak emisyonların değişimi incelenmiştir. Test edilen benzinlerden Yakıt A, 1988 ulusal ortalama bileşimi, Yakıt C2 ise; 1996 California Faz 2 düzenlemesini karşılayan benzindir. Test edilen araçlardan Chevrolet Lumina marka araçta egzoz çıkışındaki CO ve NOx emisyonları E85 yakıtı kullanıldığında her iki yakıttan daha az oluşmuştur. Ford Taurus ve Plymouth Acclaim marka araçlarda ise; egzoz çıkışındaki CO emisyonu E85 yakıtında her iki yakıttan daha yüksek iken, NOx emisyonu daha az gerçekleşmiştir.

Şahin (1995) yaptığı çalışmada, mevcut motorlarda yakıtlar, yakıt özellikleri ve motor performans karakteristikleri ve egzoz emisyonlarını incelemiştir. Ayrıca çalışmasında alternatif yakıtları motor performansı, yanma ve egzoz emisyonları açısından karşılaştırmıştır. Çalışmasında alternatif yakıtlarla ilgili bölümünde etanol-benzin karışımlarının motor denemelerinde benzine çok yakın motor karakteristikleri elde etmiştir. Etanollü benzinlerin egzoz emisyonu ölçümlerinde benzine göre olumlu düşüşler gözlemlemiştir. Denemeler sonucunda etanollü benzinlerde benzine göre; özgül yakıt tüketimlerinde artma, moment ve güçte azalma görülmüştür.

Fanick ve arkadaşları (1996) tarafından yapılan çalışmada, 1994 model kolay değiştirilebilir yakıt sistemli, 3 L hacminde V6 motor, üç yollu katalitik konvertör ve EGR sistemine sahip Ford Taurus marka araçta beş ayrı yakıt (benzin, M85, E85d, LPG ve doğalgaz) kullanılarak emisyon değişimleri incelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan E85d yakıtı, %85 denatüre etanol ve %15 benzin karışımından oluşmaktadır. Bu karışımda kullanılan denatüre etanol, %95 etanol ve %5 benzinle hazırlanmıştır. Emisyonlar, şasi dinamometresinde Federal Test Prosedürüne göre değerlendirilmiştir. Bu prosedür şehir içi dinamometre sürüş programını içermektedir. Deneylerde elde edilen sonuçlar Çizelge 2.1’de yer almaktadır. Alkol içeren M85 ve E85d yakıtları, benzinle karşılaştırıldığında daha düşük kirletici emisyon (HC, CO ve NO_x emisyonları) değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 2.1 Emisyon ve yakıt tüketimi sonuçları (Fanick etal. 1996)

	Toplam HC (g/km)	CO (g/km)	NO_x (g/km)	Yakıt Tüketimi (L/100km)
Benzin	2,21	43,15	0,3	12,4
M 85	1,19	32,27	0,002	20,5
E85d	2,06	41,4	0,02	15,62
LPG	1,75	54,62	0,04	13,05
Doğalgaz	2,97	66,84	<0,01	16,29

Kelly ve arkadaşları (1996) farklı yakıtların kullanılabilmesine olanak sağlayan yakıt sistemine sahip Chevrolet Lumina marka araçlarda benzin, E50 ve E85 yakıtları kullanarak, Federal Test Prosedürüne göre emisyonların değişimini araştırmışlardır. Deneylerde 1992 ve 1993 model, farklı yakıtların kullanılabilmesine olanak sağlayan yakıt sistemli 21 adet Chevrolet Lumina ile aynı miktarda standart benzinli Chevrolet Lumina marka otomobil kullanılmıştır. Bu araçlar V6 3,1 L hacminde, sıkıştırma oranı 8,8:1 ve yakıt sistemi çok nokta enjeksiyonlu bir motora sahiptir. Bu araçlarda farklı segman, yakıt deposu, motor elektronik kontrol modülü, yüksek kapasiteli yakıt enjektörleri, korozyona dayanıklı yakıt sistemi ve motora gönderilen etanol miktarını belirleyen ek yakıt kompozisyon sensörü kullanılmıştır. Benzin, E50 ve E85 yakıtları

rastgele bir sırayla her bir etanol-benzin karışımlarıyla çalışabilen araçlarda kullanılmıştır. E85 yakıtı kullanıldığında benzine göre NO_x emisyonunun Laboratuvar 1’de %25, Laboratuvar 2’de %32 azaldığı, CO emisyonunun da Laboratuvar 1’de %24, Laboratuvar 2’de %12 azaldığı görülmüştür. Şasi dinamometresinde yapılan yakıt ekonomisi ölçümünde E85 ve benzinin eşdeğer enerjilerinin benzerlik gösterdiği görülmüştür. Benzine karşılaştırıldığında E85’in eşdeğer enerji yakıt ekonomisinin Laboratuvar 1’de %1 gelişme gösterdiği, Laboratuvar 2’de %1 azaldığı anlaşılmıştır.

Taylor et al. (1996) kütleli olarak %1,25, %2,5, %3,75 ve %5 oksijen içeren alkol-benzin karışımlarının egzoz emisyonlarına etkisini inceledikleri çalışmada, metanol, etanol, i-propanol ve n-propanol kullanılmıştır. Kütleli olarak %5 oksijen içeren alkol-benzin karışımlarıyla 120 km/h taşıt hızında CO emisyonlarında %75 ve HC emisyonlarında %40 azalma elde edilmiştir.

Abdel-Rahman ve Osman (1997) tarafından yapılan çalışmada, farklı etanol-benzin karışımlarının farklı sıkıştırma oranlarında buji ile ateşlemeli bir motorun performansına etkileri araştırılmıştır. Testlerde %10, %20, %30 ve %40 etanol içeren etanol-benzin karışımları kullanılmıştır. Karışımlar deneyden hemen önce hazırlanmıştır. Karışımlarda 72 saat sonra bile herhangi bir ayrışma gözlenmemiştir. Tam gaz kelebek açıklığında, 2150 1/min motor devrinde ve farklı sıkıştırma oranlarında açık indikatör diyagramının değişimi incelenmiştir. 10:1 sıkıştırma oranında E10 yakıtı kullanıldığında, maksimum basınç kurşunsuz benzinden daha yüksek elde edilirken, karışımdaki etanol miktarı %10’un üzerindeki karışımlarda maksimum basınç azalmıştır. Sıkıştırma oranına bağlı olarak maksimum indike basınç artmaktadır. Bununla birlikte kullanılan yakıtın oktan sayısı vuruntu eğilimini sınırlayamadığından sıkıştırma oranı arttıkça indike güçte azalma elde edilmiştir. Her bir karışım için maksimum indike gücü veren optimum sıkıştırma oranları belirlenmiştir. En iyi sıkıştırma oranı %10, %20, 30 ve %40 etanol içeren karışımlar için sırasıyla 8, 10, 12 ve 1 olarak bulunmuştur. Benzine etanol ilavesinin oluşturulan karışım üzerinde önemli iki etkisi ortaya çıkmaktadır. İlk olarak etanol ilavesi karışımın oktan sayısını arttırmaktadır. Etanolün buharlaşma ısının benzinden daha yüksek olması son gaz bölgesindeki reaksiyonların gecikmesine yardımcı olmaktadır. Karışımın ısı değeri azalması etanol ilavesinin ikinci bir etkisi

olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum motor performansını olumsuz etkilemektedir. Yapılan çalışmada etanol miktarı %10'a kadar arttırıldığında ilk etkinin, daha yüksek oranlarda ikinci etkinin etkili olduğu görülmüştür.

Bayındır (1998) tarafından yapılan doktora çalışmasında, etanol-benzin karışımlarının buji ile ateşlemeli bir motorda motor karakteristiklerine etkileri araştırılmıştır. Deneyler, tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı, kurs hacmi 392,3 cm³ ve sıkıştırma oranı 6:1 olan Cussons marka motorda yapılmıştır. Yakıt olarak normal benzin ve %96,6 saflıkta etanol kullanılarak hazırlanan etanol-benzin karışımları (E10, E20 ve E30) kullanılmıştır. 6:1, 7:1 ve 8:1 sıkıştırma oranlarında ateşleme avansı ve hava/yakıt oranı değiştirilmiştir. Motorun standart sıkıştırma oranı ve ateşleme zamanında etanol-benzin karışımlarıyla elde edilen motor momenti ve gücünün normal benzinden daha az gerçekleştiği görülmüştür. Motor momenti ve gücünün karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak özgül yakıt tüketimi artarken, özgül enerji tüketiminin daha az gerçekleştiği anlaşılmıştır. Motorun sıkıştırma oranı arttırıldığında motor gücünde normal benzinle karşılaştırıldığında etanol-benzin karışımlarında daha fazla artış sağlanmıştır.

Wang vd. (1999), yaptıkları çalışmada mısırdan üretilen biyoetanol, selülozik biyoetanol ve petrol yakıtlarının çevreye yaydıkları sera gazı emisyonlarını karşılaştırmışlardır. Örneğin mısırdan üretilen biyoetanol benzin ile karıştırıldığında;

“% 10 biyoetanol-%90 benzin (E10)

- %6 oranında petrol kullanımı azalır,
- % 1 oranında sera gazı emisyonu azalır,
- %3 oranında fosil yakıt kullanımı azalır.

% 85 biyoetanol-%15 benzin (E85)

- %73-75 oranında petrol kullanımı azalır,
- % 14-19 oranında sera gazı emisyonu azalır,
- %34-35 oranında fosil yakıt kullanımı azalır.

% 95 biyoetanol-%5 benzin (E95)

- %85-88 oranında petrol kullanımı azalır,
- %19-25 oranında sera gazı emisyonu azalır,
- %42-44 oranında fosil yakıt kullanımı azalır.

Yakın gelecek için selülozik biyoetanol kullanılırsa;

% 10 biyoetanol-%90 benzin (E10)

- %6 oranında petrol kullanımı azalır,
- %6–9 oranında sera gazı emisyonu azalır ve
- %6–7 oranında fosil yakıt kullanımı azalır.

% 85 biyoetanol-%15 benzin (E85)

- %70–71 oranında petrol kullanımı azalır,
- %68–102 oranında sera gazı emisyonu azalır ve
- %70–79 oranında fosil yakıt kullanımı azalır.

% 95 biyoetanol-%5 benzin (E95)

- %81-84 oranında petrol kullanımı azalır,
- %79-118 oranında sera gazı emisyonu azalır,
- %82-92 oranında fosil yakıt kullanımı azalır” sonuçlarını çalışmalarında belirtmişlerdir.

Wicker ve arkadaşları (1999) yaptıkları bir çalışmada, taşıtın E85 (%85 denatüre etanol ve %15 benzin) yakıtıyla çalışabilecek şekilde dönüştürme işlemi için pratik düşünceler ileri sürmüşlerdir. Yapılan çalışmada 5,3 l hacminde, V8 benzin motorlu, orijinal ekipmana sahip, 1999 model Chevrolet Silverado marka pikap kullanılmıştır. Benzinli taşıtı kolayca E85 ile çalışabilecek hale getirebilmek için yakıt sisteminde bir takım düzenlemelerin yapılması gerektiğinden mevcut elektronik kontrol ünitesi kullanıldığında E85 için benzine göre yaklaşık %40 daha fazla yakıt sağlayacak yüksek akışlı enjektörlere ihtiyaç duyulmuştur. Delphi tarafından sağlanan enjektörlerin statik akış debileri 310 kPa test basıncında 2,303 g/s ve 3,152 g/s’dir. Motor devrine bağlı olarak motor momenti ve motor gücünün değişimi için yapılan ölçümler 2000 ile 5500

1/min devir aralığında 250 1/min aralıkla yapılmıştır. Motor momenti ve gücünde her iki yakıtta da benzer eğriler elde edilmiştir. E85 motor momentinde yaklaşık %2,5 artış gösterirken, Federal Test Prosedürünün şehir ve otoban testlerinde yakıt ekonomisinin yaklaşık %30 azalmasına neden olmuştur.

Bayındır ve Yücesu (1999) yapmış oldukları çalışmada, buji ile ateşlemeli bir motorda etanol benzin karışımlarının ve sıkıştırma oranının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Standart sıkıştırma oranı 6 olan bir motorda, sıkıştırma oranı 7 ve 8'e yükseltilmiştir. Her sıkıştırma oranında motor, benzin ve benzin içerisine %10, %20 ve %30 etanol karıştırılarak 1/1 gaz kelebeği açıklığında test edilmiş ve test sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Test sonuçları; benzin ile yapılan çalışmada, motor performansının daha iyi olduğunu fakat egzoz emisyonları bakımından ise; yakıt içerisinde etanol miktarı arttıkça HC ve CO emisyonlarında önemli azalma olduğunu ortaya çıkarmıştır. Test sonuçları normal bir benzin motorunda sıkıştırma oranının artırılmasıyla, etanol-benzin karışımının motor performansında bir miktar artış sağlayabileceği ve buji ile ateşlemeli motorda başarı ile kullanılabileceğini göstermiştir.

Sümer (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, dört zamanlı tek silindirli bir benzin motorunda alternatif yakıtlardan etanol ve değişik etanol-benzin karışımlarının kullanılabilirliği, motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Etanol ile benzinin karıştırılması esnasında faz ayrışması problemi ortaya çıkmıştır. Ayrıca saf etanol ile çalışmada, karbüratörde bir çevrimde sevk edilen yakıtın yetersiz olduğu ve motorun çalıştırılmadığı tespit edilmiştir. Faz ayrışmasını önlemek için çift karbüratör bağlanan bir manifold imal edilmiş ve ayrı ayrı hazırlanan yakıtlar manifold da karıştırılarak silindire sevk edilmiştir. Deneylerde saf etanolü çalışma ile elde edilen motor gücü, benzin ile elde edilen motor gücünden düşük çıkarken, etanol-benzin karışımlarında benzin miktarı arttıkça performans değerlerinin arttığı görülmüştür. Karışımdaki etanol yüzdesi arttıkça CO emisyonları azalmış, saf etanolü çalışmada en düşük değerler elde edilmiştir. HC emisyonları ise saf etanolü çalışmada maksimum çıkmış, karışımdaki etanol yüzdesi azaldıkça azalmıştır. Deney sonuçları,

karbüratör yapısında yapılacak basit düzenlemelerle bu ikili yakıt sisteminin kullanılabilirliğini göstermiştir.

Al-Baghdadi (2000) tarafından yapılan çalışmada, hidrojen ve etanol ilavesi yapılan dört zamanlı buji ile ateşlemeli bir motorun performansı incelenmiştir. Çalışmada Recardo E6/US tek silindirli, buji ile ateşlemeli, karbüratörlü, sıkıştırma oranı değiştirilebilen bir araştırma motoru kullanılmıştır. Kütleli olarak %0-20 oranında hidrojen ve hacimsel olarak %0-30 oranında etanol benzine ilave edilerek elde edilen karışımlar stokiometrik karışım oranında, en iyi momenti sağlayacak optimum ateşleme avansında, 7, 8 ve 9 sıkıştırma oranlarında ve 1500 1/min motor devrinde NO_x ve CO emisyonları, termik verim, özgül yakıt sarfıyatı ve motor gücü üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışılan parametreler 1500 1/min motor devrinde, stokiometrik karışım oranında, en iyi momenti sağlayan optimum ateşleme avansında ve sıkıştırma oranı 7 iken saf benzinle elde edilen verilerle ilişkilendirilerek boyutsuz hale getirilmiştir. Hidrojenin kütleli %8 ve etanol %30 ilave edilmesiyle elde edilen karışımla 9/1 sıkıştırma oranında CO emisyonunda %48,5, NO_x emisyonunda %31,1 ve özgül yakıt sarfıyatında %58,5 azalma gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca motor termik verimi %10,1 ve motor çıkış gücü %4,72 artmıştır. Etanol, NO_x ve CO emisyonlarında azalma, motor gücü ve termik verimde artış sağlarken, özgül yakıt sarfıyatında bir parça artışa neden olmuştur. Hidrojen ilavesi ise; NO_x emisyonunu artırırken, CO emisyonunu azaltmaktadır. Ayrıca hidrojen ilavesi termik verimde artışa, özgül yakıt sarfıyatında azalmaya sebep olduğu çalışmanın bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Gautan vd. (2000) alkol benzin karışımlarının yanma karakteristiklerini incelemişlerdir. Sonuçlara göre karışımdaki alkol miktarı artıkça benzinli çalışmaya göre daha iyi vuruntu direnci tespit edilmiştir.

Poluopoulos vd. (2001) yapmış olduğu çalışmada benzin içine etanol karıştırmış ve emisyonlara olan etkisini araştırmıştır. Hidrolik fren dinamometresi ile tertibatlandırılan bir 4 silindirli Opel 1.6 içten yanmalı motor tüm deneylerde kullanılmış ve egzoz emisyonlarının iyileştirilmesi için 3 yollu katalitik konvertör kullanmışlardır. Egzoz emisyonlarındaki çeşitli bileşikler incelenmiş ve metan, hekzan, metilen, asit aldehit,

asetan, benzin, bütan, tolven, asetik asit ve etanol emisyonları, motor ve katalitik konvertör çıkışından ölçülmüştür. Yakıt içerisindeki etanolün %10 artırılması ile egzozdan çıkan karbonmonoksit emisyonlarının azaldığı belirlenmiştir.

Al (2001), yaptığı çalışmada, yakıt olarak hidrojen etanol karışımlarını kullanan 4 zamanlı buji ateşlemeli bir motorun performans ve emisyonlarını incelemiştir. Testler, kütle oranı olarak %2, %4, %6, %8, %10 ve %12 hidrojen-etanol karışımları kullanılarak yapılmıştır. Benzin yakıtı karşılaştırma için kullanılmıştır. Yakıtların, motor gücüne, özgül yakıt tüketimine, CO ve NO_x emisyonlarına etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, etanol-hava karışımına hidrojen ilavesinin yanmayı iyileştirdiğini, motor gücünün arttığını, özgül yakıt tüketimi ve zehirli emisyonları azalttığını göstermiştir.

Hsieh ve arkadaşlarının (2002) yapmış oldukları çalışmada, etanol-benzin karışımlarının buji ile ateşlemeli bir motorda motor performansına ve emisyonlara etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada New Sentra GA16DE marka 1600 cm³ çok nokta enjeksiyonlu, üstten çift kamlı, 9,5:1 sıkıştırma oranına sahip motor kullanılmıştır. %99,9 saflıktaki etanol hacimsel olarak %0-%30 oranlarında (E0, E5, E10, E20 ve E30) benzin ile karıştırılarak deneylerde kullanılacak yakıtlar elde edilmiştir. Çeşitli oranlardaki benzin-etanol karışımlarının gaz keleşbeği açıklığına bağlı olarak 1000, 2000, 3000 ve 4000 1/min motor devirlerinde yalnız benzin (E0) kullanıldığı durumdaki motor momentini verebildiği görölmüştür. Özellikle kısmi keleşbek açıklıklarında (% 20) veya yüksek motor devirlerinde (4000 1/min) yalnız benzinle elde edilen motor momenti, E5-E30 karışımlarındaki yakıtlardan daha azdır. Araştırmacılar bunun nedenini, orijinal yakıt enjeksiyon stratejisinin bu çalışma şartlarında zengin karışım hazırlama eğiliminde olmasına ve benzine eklenen etanolün fakirleştirici etkisiyle hava/yakıt oranının stokiyometrik orana yaklaşmasıyla sağlanan daha iyi bir yanma oluşumuna bağlamaktadırlar. Gaz keleşbeği açıklığına ve motor devrine bağlı olarak benzin ve çeşitli oranlardaki benzin-etanol karışımlarının fren özgül yakıt tüketimine (FÖYT) etkisi incelendiğinde FÖYT'nin, düşük motor devirlerinde (1000, 2000 1/min) ve %20'nin üzerindeki GKA'da veya yüksek motor devirlerinde (3000, 40001/min) ve yüksek GKA'da (%40'ın üstünde) belirli bir değerde kaldığı görölmüştür. Yakıt enjeksiyon stratejisinin motoru zengin bölgede çalıştırma eğilimi ve etanol ilavesinin

fakirleştirici etkisiyle yanmanın daha fazla tamamlanabilmesi etanol-benzin karışımlarıyla benzinin FÖYT'leri arasında fark oluşmamasını sağlamaktadır. Benzin ve çeşitli oranlardaki benzin-etanol karışımlarının HC, CO ve NO_x emisyonlarına etkisi 3000 1/min motor devrinde ve farklı GKA'da karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. CO ve HC emisyonları karışımdaki etanol miktarı arttıkça azalmaktadır. CO ve HC emisyonları λ ile yakından ilişkilidir. λ karışımdaki etanol oranının artmasına bağlı olarak artmaktadır. Stokiyometrik orana yaklaşılmayla, yanma sürecinin daha fazla tamamlanabilmesine bağlı olarak CO ve HC emisyonları azalmaktadır. NO_x emisyonu ile yakıt tipi arasında net bir ilişki kurulamamıştır. NO_x emisyonundaki değişim, etanol miktarından çok motor çalışma koşuluna bağlı olarak meydana gelmiştir.

Al-Farayedhi (2002) tarafından yapılan çalışmada, buji ile ateşlemeli bir motorda oksijen içeren üç farklı yakıtın oktan sayılarının egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir. Yaygın olarak kullanılan MTBE (metil tersiyer bütül eter), metanol ve etanol, hacimsel olarak %10, %15 ve %20 oranlarında kurşunsuz benzine katılarak, çalışmada kullanılan karışımlar elde edilmiştir. Karışımlarda Araştırma Oktan Sayısı (AOS) 84,7 olan yakıt kullanılmıştır. %98,71 saflıktaki MTBE'nin hacimsel olarak %10, %15 ve %20 oranlarında bulunduğu MTBE-Benzin karışımlarının AOS'leri sırasıyla 87,9, 89,8 ve 91,7'dir. %99,99 saflıkta metanolün kullanıldığı metanol benzin karışımlarının AOS'leri 88,2, 91,6 ve 94,4'tür. 88,4, 91,5 ve 93,4 AOS'lerine sahip etanol-benzin karışımlarında ise, %91 saflıkta etanol kullanılmıştır. 2000 1/min sabit motor devrinde, stokiyometrik karışım oranında ve 680 kPa fren ortalama efektif basıncında yapılan deneylerde oktan sayısına bağlı olarak CO, HC ve NO_x emisyonlarının değişimleri incelenmiştir. Genel olarak yakıtın oktan sayısındaki artış CO ve HC emisyonlarını azaltırken, NO_x emisyonunu artırdığı görülmüştür. Aynı araştırma oktan sayısı 92 olan ve kurşun tetra etil içeren benzin kullanılarak, farklı motor yüklerinde ve 1000, 2000 ve 3000 1/min motor devirlerinde CO, HC ve NO_x emisyonlarının değişimleri incelendiğinde CO ve NO_x emisyonlarının motor devrine bağlı olarak arttığı, HC emisyonunun ise azaldığı anlaşılmıştır. MTBE karışımlarının 1000, 2000 ve 3000 1/min motor devirlerinde, 680 kPa sabit motor yükünde oktan sayısına bağlı olarak CO, HC ve NO_x emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Tüm motor

devirlerinde CO emisyonu oktan sayısı artarken azalmış, motor devrindeki artışa bağlı olarak artmıştır. HC emisyonu, oktan sayısı ve motor devrindeki artışa karşılık azalmıştır. NOx emisyonları ise; oktan sayısı ve motor devrine bağlı olarak artmıştır.

He ve arkadaşları (2003) çalışmalarında; Etanol kullanımında motor çıkışındaki CO emisyonu azalmakta olduğunu ve 2000 1/min'de ve tam yükte motor çıkışındaki CO emisyonu, E0 ile karşılaştırıldığında E10 için %4,7 ve E30 için %5,8 azalmış olduğunu, 3000 1/min'de motor çıkışındaki CO emisyonun ise, %5,7 ve %3,1 azalmış olduğunu söylemişlerdir. Katalitik konvertör verimini, motor çıkışındaki emisyonlar ve egzoz çıkışındaki emisyonlardan hesaplanmışlardır. E0 ile karşılaştırıldığında etanol karışımları için katalitik konvertör verimi kısmi yüklerde ve 2000 1/min'de artmış, 3000 1/min'de ise; sadece E30 karışımı için katalitik konvertör verimi daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada Motor çıkışındaki toplam HC emisyonları E0 ile karşılaştırıldığında 2000 1/min'de E10 için % 6-13 ve E30 için % 15-29,5 azalmıştır. 3000 1/min'de ise; toplam HC emisyonları etanol karışımlarında sırasıyla % 5-15,3 ve % 22,1-25,8 azalmıştır. E10 ve E30 yakıtlarında katalitik konvertörün toplam HC emisyonlarını dönüştürülebilirliği birçok çalışma şartlarında E0'dan daha az elde edilmiştir. Ancak E10 ve E30'un motor çıkışındaki toplam HC emisyonlarının E0'dan çok daha az olması egzoz çıkışındaki emisyonların da daha az olmasını sağlamıştır. Etanol-benzin karışımlarında motor çıkışındaki NOx emisyonları, etanolün benzine göre daha yüksek buharlaşma ısısına sahip olması nedeniyle azalma göstermiştir. E10 ve E30 yakıtlarında katalitik konvertörün NOx emisyonlarını dönüştürülebilirliği birçok çalışma şartlarında E0'dan daha az olduğu görülmüştür. Fakat egzoz çıkışındaki NOx emisyonları, üç yakıt için de oldukça yakın değerlerde kalmıştır. Aynı çalışmada, yakıt tüketimi açısından 2000 ve 3000 1/min motor devirlerinde bu üç yakıt karşılaştırıldığında; etanolün düşük ısı değere sahip olması nedeniyle aynı çalışma şartlarında aynı güç için daha fazla yakıtı ihtiyaç duyduğundan fren özgül yakıt tüketimi, karışımdaki etanol miktarın bağlı olarak artış göstermiştir.

Al-Hasan (2003) tarafından yapılan çalışmada, etanol-kurşunsuz benzin karışımlarının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Deneylerde Toyota marka, dört silindirli, dört zamanlı, buji ile ateşlemeli, kurs hacmi (silindir hacmi) 1452

cm³ ve sıkıştırma oranı 9:1 olan motor kullanılmıştır. Motor testleri 1000, 2000, 3000 ve 4000 1/min motor devirlerinde 3/4 GKA'da yapılmıştır. Deneyler için on farklı etanol-kurşunsuz benzin karışımları hazırlanmıştır. Her karışımda etanol miktarı %2,5 oranında artırılmış ve karışımlarda %0-25 aralığında %99 saflıkta etanol kullanılmıştır. Etanolün su buharıyla reaksiyonunun önlemek ve karışımın homojenliğini sağlayabilmek amacıyla karışımlar deneyden hemen önce hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kurşunsuz benzine etanol ilave edilmesi motor performansında ve egzoz emisyonlarında gelişme sağlamıştır. Etanol ilavesi ortalama olarak motor gücünü %8,3, termik verimi %9 ve volumetrik verimi %7 artırmıştır. Yakıt tüketimi ortalama %5,7 artarken, fren özgül yakıt tüketimi yaklaşık %2,4 azalmıştır. Etanol-kurşunsuz benzin karışımları egzoz emisyonlarının azalmasında da etkili olmuştur. CO emisyonu yaklaşık %46,5 ve HC emisyonu %24,3 azalmıştır. CO₂ emisyonu ise; yaklaşık %7,5 artmıştır. Motor performansı ve egzoz emisyonlarında en iyi sonuçlar %20 etanolün bulunduğu karışımda elde edilmiştir.

Wu vd. (2003), yaptıkları çalışmada E0, E5, E10, E20 ve E30 yakıtlarının performans ve emisyonlara etkisini değişik hava fazlalık katsayısı değerlerinde incelemiştir. E30 yakıtlı çalışmada motor torkunun yaklaşık %4 oranında arttığı belirlenmiştir. Karışımdaki alkol miktarı arttıkça CO, HC ve CO₂ emisyonların azaldığı belirlenmiştir.

Anonim 2004d, "Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, jeotermal, biokütle, biyogaz) çalışma grubu raporuna göre; Petrol kökenli yakıtlara alternatif bir enerji kaynağı olan biyokütle enerjisi büyük bir potansiyele sahiptir. Biyokütle enerjisi, rüzgar ve güneş gibi kesikli olmayıp, sürekli enerji sağlayabilen ve kolay depolanabilen bir alternatif enerji kaynağıdır. Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikler olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler biyokütle kaynaklarıdır. Odun (enerji ormanları, çeşitli ağaçlar), yağlı tohum bitkileri (ayçiçeği, soya, kolza vb.), karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar vb.), elyaf bitkileri (keten, kenevir, sorgum vb.), protein bitkileri (bezelye, fasulye vb.), bitkisel atıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk vb.) bitkisel biyokütle kaynaklarını oluşturmaktadır. Bitkisel biyokütle, yeşil bitkilerin fotosentez yoluyla güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürerek depolamaları sonucu oluşur. Fotosentezle, enerji içeriği yaklaşık 3.1021 J/yıl olan organik madde oluşur. Bu miktar

dünya enerji tüketiminin yaklaşık on katıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 250 mm civarında olan orta verimli bir hektarlık araziden yılda ortalama 80-100 ton yaş veya 25-30 ton biyokütle elde edilebilmektedir. Daha uygun iklim koşullarında bu miktar da artabilecektir. Kara kavak, balzam kavakları, söğüt ve okaliptus gibi hızlı büyüyen ağaçlar enerji elde etmek amacıyla yetiştirilmektedir. Enerji ormanlarından elde edilen ortalama yıllık biyokütle miktarı hektarda 22 ton civarındadır. Bir milyon hektar üzerine kurulacak enerji ormanından yılda yaklaşık 7 milyon ton biyokütle enerji kaynağı elde edilebilir. Bu miktar yaklaşık olarak 30 milyon varil ham petrole eş değerdir. Türkiye'nin toplam enerji arzı 2002 yılında 78,4 milyon TEP olup, yenilenebilir enerji kaynakları bu arzın %13'ünü oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının %59,7'sini biyokütle (%46,8 odun-%12,9 hayvan ve bitki artıkları), %29'unu hidrolik ve %11'ini diğer yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgâr, güneş, jeotermal vb.) oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütle önemli bir paya sahip olmasına rağmen doğrudan yakılması ve modern biyokütle tekniklerinin yaygın olarak kullanılmaması verimsiz bir şekilde tüketilmesine neden olmaktadır. Türkiye'nin Avrupa Birliğine uyum süreci yaşaması, bir OECD ülkesi olması ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini 24 Mayıs 2004 tarihinde imzalamış olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım paylarının artırılmasını desteklediğini göstermektedir. 20 Aralık 2003 tarih ve 25322 sayılı TC Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Petrol Piyasası Kanununda biyodizel ve etanol, petrolle harmanlanan ürünler olarak tanımlanmıştır. Bu yasa, biyodizelin motorin ile etanolün benzinle karıştırılarak kullanılması yönünde yapılan ilk yasal düzenlemedir. 11 Haziran 2004 tarih ve 25489 sayılı resmi gazetede Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan "Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği"nin Ek 1'inde oksijenli bileşikler arasında etanol yer alarak, %5 oranında benzinle karıştırılarak kullanımına izin verilmiştir. 17 Haziran 2004 tarih ve 25495 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Petrol Piyasası Lisans Yönetmeliğinde biyodizel, akaryakıt olarak tanımlanmıştır. Biyodizel ve etanol 30 Eylül 2004 tarihli resmi gazetede yayımlanan 2004/7893 karar sayısında özel tüketim vergisinden muaf tutulmuştur.

Yüksel ve Yüksel (2004) tarafından yapılan çalışmada, karbüratörlü yakıt sistemin sahip buji ile ateşlemeli bir motorun, etanol-benzin karışımı ile çalışabilir hale dönüştürülebilmesi için karbüratör yeniden dizayn edilmiştir. İki şamandıra devresine sahip yeni karbüratörde, etanol ve benzin yakıt tankları ayrı ayrı bu şamandıra devrelerine bağlanmıştır. Dört silindirli, su soğutmalı, sıkıştırma oranı 8:1 olan Opel Record L marka motorda benzin ve etanol-benzin karışımı kullanılarak, motor performans karakteristikleri incelenmiştir. Etanol-benzin karışımındaki etanol miktarı, motor devrine bağlı olarak artmaktadır. Etanol-benzin karışımında özgül yakıt tüketimi artarken, motor momenti ve efektif güçte azalma elde edilmiştir. Termik verimde herhangi bir değişim görülmemiştir. Etanol-benzin karışımı kullanıldığında egzoz emisyonlarında önemli iyileşmeler olduğu belirlenmiştir. CO emisyonu %80, HC emisyonu %50 azalırken, CO₂ emisyonu motor koşullarına bağlı olarak %20 artmıştır.

Topgül vd. (2004), yapmış olduğu çalışmada farklı sıkıştırma oranlarında düşük oranlı etanol benzin karışımları (E10, E20) kullanımının motor momenti, fren özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Sıkıştırma oranına bağlı olarak motor momentindeki maksimum artış 2000 1/min motor devrinde E10 yakıtında %0.5 (SO: 11/1), E20 yakıtında %1.3 (SO:10/1) ve FÖYT' de ortalama olarak E10 için %5.5, E20 için %8.8 artış elde edilmiştir. CO emisyonunda 9/1 sıkıştırma oranında 2000 1/min motor devrinde E10 yakıtı kullanıldığında, %23.2'lik bir azalma elde edilmiştir. Etanol-benzin karışımlarında HC emisyonunda 10/1 sıkıştırma oranında ve 5000 1/min motor devrinde E10 yakıtıyla %29.2'lik bir azalma sağlandığını gözlemlemişlerdir.

Usta vd. (2004) yaptıkları çalışmada, biyodizel ve etanol, dizel motorlar için yenilenebilir alternatif yakıtlar olarak, farklı oranlarda dizel yakıtı karıştırılarak dizel motorunda kullanılmıştır. Bu çalışmada 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. Kullanılan alternatif yakıtlar CO, is ve SO₂ emisyonlarının azalmasını sağlarken, NO_x emisyonunda artışa sebep olmuştur. Etanol ilavesi güçte bir miktar düşmeye sebep olurken, biyodizel ilavesi dizel yakıtı göre çok az oranda güç artışı sağlamıştır.

Berg (2004) yaptığı çalışmada; Dünya üzerindeki biyoetanol üretiminin %95'inden fazlası tarımsal ürünlerin işlenmesi ile elde edilmekte olduğunu, Hindistan'da ulaşım sektörü büyük bir hızla geliştiğini, ülkenin petrol tüketiminin büyük bir bölümünü bu sektör oluşturmakta ve petrol ihtiyacı ithal edilerek karşılanabilmekte olduğunu belirtmiştir. Dünyanın en büyük şeker imalatçılarından birisi olan Hindistan, şeker endüstrisi üretim fazlası sorununu aşmak için geçmişte hükümetten biyoetanol üretimi için talepte bulunduğunu, Kasım 2001'de hükümet benzin-biyoetanol karışımının fizibilitesini test etmek için pilot projelere izin verildiğini ve Mart 2002'de ise ülke çapında E5 (hacimsel olarak %95 benzin, %5 biyoetanol) türü araç yakıtının satılması kararlaştırıldığını söylemiştir. Tayland'da ise ülkenin ithal petrole büyük oranda (kullanılan petrolün %90'ı ithal edilmektedir) bağımlı olması ve artan petrol fiyatlarının ekonomiyi olumsuz etkilemesi nedeni ile Eylül 2000'de hammadde olarak şeker kamışı, manyok ve pirinç kullanarak büyük çapta bir biyoetanol endüstrisi kurulması kararı alındığını, Kolombiya'da Eylül 2001'de hükümet, 2006 yılı için nüfusun 500.000'den fazla olduğu şehirlerde benzine %10 oranında biyoetanol karışımının zorunlu olması yönünde bir karar aldığını çalışmasında belirtmiştir.

Anonymous 2004b. (2004), biyoetanol ile ilgili araştırmada; E10 tipi yakıt göz önüne alındığında ve tüm biyoetanol üretim süreci hesaba katıldığında CO₂ emisyon değerinde benzine göre %1 ile %5 arasında bir azalma, E85 gibi biyoetanol içeriği fazla olan karışımlarda ise %19 ile %70 arasında bir azalma tespit edildiğini ortaya koymuştur. Tüm biyoetanol üretim süreci dikkate alınmadan egzoz çıkışı emisyon değerleri göz önüne alındığında CO₂ emisyon değerinin biyoetanol ve benzin için hemen hemen aynı seviyelerinde olduğunu belirtmektedir. Bir litre benzin yerine E10 yakıtı tam bir çevrimde kullanıldığında eğer biyoetanol tahıldan üretilmişse toplam sera etkisi yapan gaz emisyonu %3-4, şayet biyoetanol selülozdan üretilmişse gaz emisyonu %6-8 düşürebildiği belirtilmiştir.

Ceviz ve Yüksel (2005), tarafından etanol-kurşunsuz benzin karışımının buji ateşlemeli motorlarda, çevrimsel değişkenliğe ve emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Hacimsel olarak %10 etanol-kurşunsuz benzin karışımı COVimep (indike efektif basınç değişim katsayısı) ve egzoz emisyonları açısından en iyi sonucu vermiştir. Saf benzinle

karşılaştırıldığında egzoz emisyonlarında %20 oranında HC ve %30 oranında CO emisyonlarında azalma gözlemlenmiştir. Hacimsel oran %10'u geçtikten sonra, COVimep, HC ve CO emisyonlarında artma gözlenmiştir. Bunun sebebi ise emme supabının sıcaklığının artmasıyla, volumetrik verimin düşmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Ancak, hacimsel %20 etanol-benzin karışımında motor sorunsuz bir şekilde çalışmıştır.

Bayraktar (2005) yaptığı çalışmada, bir buji-ateşlemeli deney motorunda benzin-etanol karışımlarının kullanılmasının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Deneyler, benzine %1,5, 3, 4,5, 6, 7,5, 9, 10,5 ve 12 oranlarında etanol katılarak hazırlanan karışımlarla gerçekleştirilmiştir. Motor her bir karışımla 7.75 ve 8.25 sıkıştırma oranlarında ve çeşitli devir sayılarında çalıştırılmıştır. Bu çalışmaya göre yakıt içindeki alkol oranı arttıkça CO emisyonunun azaldığı, özgül yakıt tüketiminin arttığı belirlenmiştir. Sıkıştırma oranının artmasıyla efektif verimin arttığı tespit edilmiştir.

Jia vd. (2005) dört zamanlı küçük bir motorda etanol-benzin karışımlarının emisyonlara etkisini incelemiştir. Benzinli çalışmaya göre CO ve HC ve NO emisyonlarında azalma elde etmişlerdir.

Koç (2006) yaptığı çalışmasında, tek silindirli dört zamanlı, enjeksiyonlu, buji ile ateşlemeli bir benzin motorunda E0, E50 ve E85 kullanımının yüksek sıkıştırma oranlarında motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelemiştir. Deneyler tam yükte yapılmış, motor devri, ateşleme avansı, hava fazlalık katsayısı ve sıkıştırma oranı değişken parametreler olarak seçilmiştir. Motor sıkıştırma oranı 10'dan 11'e yükseltildiğinde tüm yakıtlarla yapılan çalışmalarda ve tüm deney şartlarında motor momenti ve motor gücünde artış, görülmüştür. Moment ve güçteki en yüksek artış oranı E85 ile elde edilmiştir. Sıkıştırma oranı 11'den 12'ye yükseltildiğinde motor momenti ve gücünde bir miktar azalma tespit edilmiştir. Bütün motor deneylerinde en yüksek özgül yakıt tüketimi E85 ile elde edilmiştir. E50 ve E0 bunu izlemiştir. Motor devrine bağlı testlerde ise devir artışına bağlı olarak HC emisyonunda azalma tespit edilmiştir. Ancak sıkıştırma oranının artırılmasıyla HC emisyonlarında her

üç deney yakıtında da artış tespit edilmiştir. Sıkıştırma oranı ve ateşleme avansına bağlı olarak CO ve CO₂ emisyonlarında kararlı bir değişim gözlenmemiştir. Hava fazlalık katsayısının artışına bağlı olarak HC ve CO emisyonlarında azalma olmuştur. 10- 11 ve 12 sıkıştırma oranlarında tüm yakıtlarla yapılan çalışmalarda ve tüm deney şartlarında, etanol-benzin karışımı yakıtların NO_x emisyonu benzinle yapılan çalışmaya göre daha düşük çıkmıştır. En düşük NO_x emisyonu E85 yakıtında elde edilmiştir. Motor performansı dikkate alındığında 11 sıkıştırma oranında en iyi sonuçlar E85 yakıtı ile elde edilmiştir. Bunu E50 ve E0 izlemiştir.

İmrağ (2006), tarafından yapılan bir başka çalışmada yakıt olarak sadece benzin (E0), %5 etanol karışımı (E05), %10 etanol karışımı (E10), %20 etanol karışımı (E20) kullanılmıştır. Bu karışımların; motor gücü, motor torku, özgül yakıt tüketimi, egzoz emisyonu, motor verimi, ortalama efektif basınç ve egzoz sıcaklığına etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Özsezen vd. (2008) çalışmalarında, kurşunsuz benzin, etanol-benzin (E5, E10) ve metanol-benzin (M5, M10) karışımlarının kullanıldığı bir taşıtta performans, yanma ve egzoz emisyon karakteristikleri incelemiştir. Deneyleri gerçekleştirebilmek için dört zamanlı, dört silindirli, buji ile ateşlemeli motora sahip bir taşıt elektromanyetik şasi dinamometresi üzerine alınmıştır. Deneyler 60 km/h sabit taşıt hızında ve tam gaz keleşliği açıklığında yapılmıştır. E5, E10, M5 ve M10 yakıtları kullanılarak elde edilen sonuçlar, benzin ile yapılan taşıt test verileri referans alınarak karşılaştırılmıştır. Tüm test yakıtları tam keleşlik açıklığında birbirine benzer tekerlek gücü değerleri üretmiştir. Bununla birlikte, etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının kullanımı ile yakıt tüketiminde benzine göre bir miktar artış görülmüştür. Benzin kullanımı ile ölçülen silindir gaz basıncı, alkol-benzin karışımlarına göre daha erken yükselmeye başlamış ve en düşük silindir gaz basıncı benzin kullanımı ile elde edilmiştir. Genel olarak, alkol-benzin karışımları kullanımı ile CO, HC, CO₂ ve NO_x emisyonlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Biyoetanol yapımında kullanılan hammaddelerin maliyetleri ve çevresel etkileri ile ilgili çalışmalar da aşağıda özetlenmiştir.

Rice (1999), biyoetanol hammaddesi değerlendirmesi için; ekim alanları, üretim miktarları, hektar başına verim, biyoetanol verimi, hammadde maliyeti, yan ürün değerleri, hammadde işleme maliyeti ve taşıma maliyeti kriterlerini dikkate almıştır.

Henke vd. (2005), bazı etanol hammaddelerinin tarlada yetiştirilmesinden (gübreleme, ilaçlama, taşıma vb. için harcanan enerji) etanole dönüştürülmesine kadar harcanan enerjileri ve sera gazı etkilerini değerlendirme için ortaya koymuştur.

Salter (2006) ise, hammaddenin çevresel etkisi, biyoetanol verimi, hammadde yetiştirilmesi için harcanan girdi enerji, toprağın kullanılma durumu ve hammaddenin diğer kullanım alanları kriterlerini kullanmıştır.

Bulut (2006), yaptığı çalışmada, biyoyakıt türlerinden biri olan biyoetanolü ele almış ve Türkiye’de biyoetanol üretiminde kullanılabilecek tarımsal ürünleri tanıtarak bunlardan en uygununun seçimini kapsayan bir çalışma yapmıştır. Türkiye’de biyoetanol üretimi için kullanılabilecek hammaddelerden, Türkiye’nin benzin tüketim değerleri ve tahmini biyoetanol ihtiyacından bahsedilmiştir. Yapılan anket çalışması bulguları ve Bulanık AHP (Analitik Hiyerarsi Prosesi) metodu kullanılarak Türkiye için biyoetanol üretiminde kullanılabilecek en uygun hammadde seçimi çalışması yapmıştır.

Hatunoğlu (2010), yaptığı çalışmada, Türkiye’deki biyoyakıtların durumu incelemiş. Biyoyakıt üretimi için gerekli altyapının etkileyici biçimde tamamlanmasına karşın, güncel üretim ve satış rakamlarında hayal kırıklığı yaşandığını gözlenmekte olduğunu belirtmiştir. Biyoyakıt üreten sektör temsilcileri dünyada da yaygın olan geleneksel fosil yakıtlarla harmanlama zorunluluğu üzerinde çok durdukları için, çalışmada farklı harmanlama senaryoları; üretim altyapı kapasitesi, gıda güvencesi, çiftçi gelirleri ve kırsal kalkınma ile bütçe değerlendirilmiştir. Bu analizin yardımıyla, biyoyakıtların muhtemel olumsuz etkilerini de göz önünde bulundurarak, uygulamaya konulabilecek alternatif yaklaşımlar tartışılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Biyoetanol benzin karışımı yakıtların performans özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan denemelerde materyal olarak, deneme motoru (Honda GX160), deneme tesisi, yakıt tüketim ölçüm düzeni, egzoz gaz analiz cihazı ve elektronik hassas tartı kullanılmıştır.

3.1.1 Deneme motoru

Deneme motoru olarak şekil 3.1’de görülen tek silindirli Honda GX160 marka benzinli tek silindirli dört zamanlı bir motor kullanılmıştır.

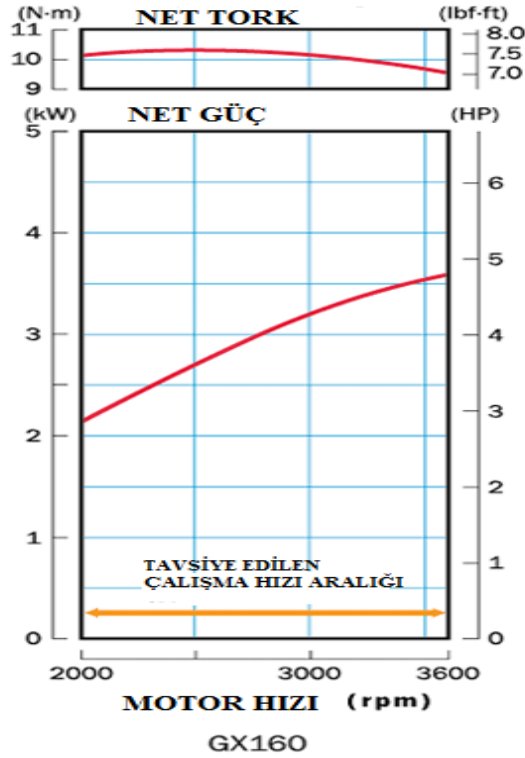


Şekil 3.1 Deneme motoru

Deneme motorunun teknik özellikleri de Çizelge 3.1’de, motorun karakteristik eğrileri de Şekil 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deneme motorunun teknik özellikleri

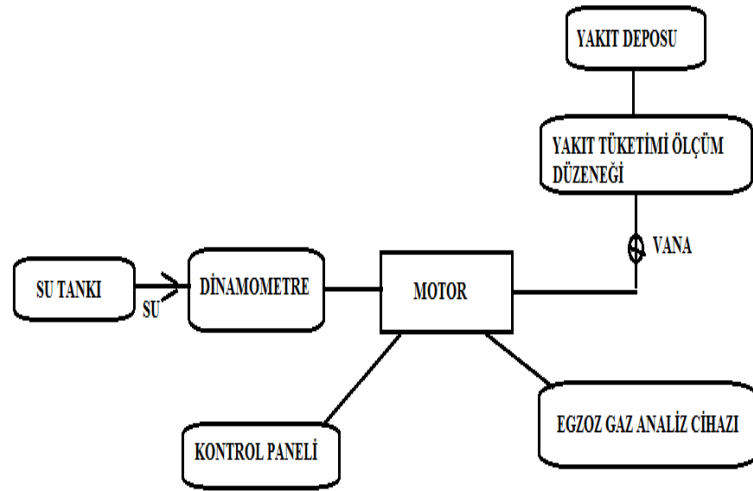
Markası	Honda GX160
Uzunluk mm	305
Genişlik mm	365
Yükseklik mm	335
Kuru Ağırlık kg	14
Motor Tipi	4 zamanlı tek silindirli
Strok hacmi cm ³	163
Çap x strok mm	68 x 45
Maks. Güç- kW/ 1/min	4/4 000
Maks. Güç- BG/ 1/min	5,4/4 000
Maks. Tork-kg- 1/min	1,1/2500
Özgül yakıt tüketimi	230 g/BG-h
Soğutma sistemi	Cebri hava soğutmalı
Güç çıkış ucu dönüşü	Arkadan bakıldığında saat ibrelerinin tersi yönde



Şekil 3.2 Deneme motorunun katalogdan alınan karakteristik eğrileri

3.1.2 Deneme tesisi

Denemeler Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilimdalı Kadayıfçılar Atölyesinde ve TSE 1231 “İçten Yanmalı Motorlar Muayene ve Deney Esasları” standardı dikkate alınarak yapılmıştır (Anonim 1991). Deneme test ünitesinin şematik görünümü Şekil 3.3’de, genel görünümü ise Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.3 Deneme test ünitesinin şematik görünümü



Şekil 3.4 Motor test ünitesi

Bu üniteye doğrudan bilgisayar ortamına aktarılabilen, fren beygir gücü, devir sayısı, dönme momenti, egzoz ve emme basınç ve sıcaklıklarının ölçümleri yapılmaktadır. Test ünitesine ait teknik özellikler Çizelge 3.2’de görülmektedir.

Çizelge 3.2 Deneme kullanılan motor test ünitesinin özellikleri

Marka	Taylan Makina Ltd.Şti.
Model	Taylan
Tip	Hidrolik Dinamometre
İmalat Yılı	1999
Maksimum Performans	kW (40)
Maksimum Hız	1/min (6000)
Maksimum Tork	Nm (175)
Maksimum Terazı Değeri	kg (75)
Hız Değeri Ölçüm Aralığı	1/min (3250)
Maksimum Performansda Su Debisi	m ³ /h (1,2)
Dönüş Yönü	Tek Yönlü

3.1.2.1 Yakıt tüketimi ölçüm düzeni

Saatlik ve özgül yakıt tüketiminin belirlenmesinde hacimsel ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Şekil 3.5’de çalışmada kullanılan yakıt ölçüm ünitesi görülmektedir.



Şekil 3.5 Yakıt sarfiyatı ölçüm düzeni ve yakıt depoları

3.1.2.2 Egzoz gaz analiz cihazı

Çalışmada atık gazların ölçümü için TSI 6200 Combustion Analyzers marka mikro işlemci kontrollü egzoz gaz analiz cihazından yararlanılmıştır (Şekil 3.6). Cihazın teknik özellikleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.6 Egzoz gaz analiz cihazı

Çizelge 3.3 Egzoz gaz analiz cihazı ölçüm parametre ve aralıkları

Marka	TSI 6200
O ₂ konsantrasyonu	0 – 20%
CO konsantrasyonu	0 – 5000 ppm
NO konsantrasyonu	0 – 4000 ppm
SO ₂ konsantrasyonu	0 – 4000 ppm
CO ₂ konsantrasyonu	%

3.1.2.3 Elektronik hassas tartı

Karışım yakıtların özgül kütlelerini belirlemek amacıyla BEL Engineering marka terazi kullanılmıştır (Şekil 3.7). Terazi, 0–210 g ölçme aralığına sahip ve 0,0001 g hassasiyetindedir.



Şekil 3.7 Elektronik hassas tartı

3.1.3 Denemelerde kullanılan yakıtların özellikleri

Denemelerde kullanılan 95 oktan kurşunsuz benzinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Benzinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değer
Renk	Temiz ve berrak
Koku	Hidrokarbon kokusu
Fiziksel görünüm	Ortam sıcaklığında sıvı halde
Yoğunluk	720-775 kg/m ³
Kaynama noktası aralığı	20-220 °C
Buhar basıncı	45-60°C yaz 60-90 °C kış

Denemelerde kullanılan biyoetanollere ait özgül kütle değerleri çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5 Deneme yakıtlarının özgül kütleleri

Yakıt	Şekerpancarından elde edilen biyoetanol	Buğdaydan elde edilen biyoetanol	Arpadan elde edilen biyoetanol	Mısırdan elde edilen biyoetanol	Patatesden elde edilen biyoetanol
	Özgül kütle (kg/l)				
E5	0,699	0,715	0,707	0,707	0,700
E10	0,708	0,716	0,712	0,712	0,714
E15	0,710	0,717	0,713	0,718	0,715
E20	0,716	0,717	0,720	0,723	0,721
E100	0,770	0,773	0,768	0,810	0,764
Benzin özgül kütlesi (kg/dm³)	0,702				

3.2 Yöntem

Denemeler gerçekleştirilmeden önce egzoz emisyon ölçüm cihazının ve diğer ölçü aletlerinin bakımı ve doğrulaması yaptırılarak deneme düzeneği kullanıma hazır hale

getirilmiştir. Tüm denemelerde ölçüm işlemine geçilmeden önce motor ve motorun bağlı bulunduğu sistem ekipmanları çalıştırılarak, motorun çalışma sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. Deneme ekipmanlarının kullanıma hazır hale gelmesiyle (ısınması ve otomatik kalibrasyonları) ölçüm işlemine başlanmıştır.

Denemelerde kullanılan biyoetanol, medikal şirketlerinden temin edilmiştir. %0, %5, %10, %15 ve %20 hacimsel oranlarında olmak üzere beş karışım kullanılmış olup saflıkları %96'dır. Kullanılan deneme yakıtları Şekil 3.8'de görüldüğü gibi 5 l'lik plastik kaplarda depolanmıştır. Karışımlar denemelere başlamadan hemen önce hazırlanmıştır.

Deneylerde kullanılan biyoetanoller; şekerpancarı, buğday, arpa, mısır ve patatesten elde edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Deneyde kullanılan yakıtlar

3.2.1 Motor karakteristik özelliklerinin belirlenmesi

Farklı hammaddelerden elde edilmiş biyoetanol ve benzin karışımlarının yakıt olarak motor performans özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan motor testlerinde devir sayısı, motor momenti, saatlik yakıt tüketimi değerleri ölçülmüş, motor gücü ve özgül yakıt tüketimi değerleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada motor tam gazda yüklenerek farklı devir sayılarında moment değeri kontrol panelinden dijital olarak okunmuştur ve yakıt tüketimi ölçülmüştür. Bu değerlerden ve aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak güç ve özgül yakıt tüketimi değerleri hesaplanmıştır.

$$N_e = \frac{M_t \cdot n}{9550}$$

$$b_e = \frac{B}{N_e}$$

Bu eşitliklerde;

N_e : Efektif motor gücü (kW),

M_t : Dönme momenti (Nm),

n : Motor devir sayısı (1/min),

b_e : Özgül yakıt tüketimi (kg/kWh)

B : Saatlik yakıt tüketimi (kg/h)'dır.

TSE'e göre yapılan denemelerde, ölçülen güç, normal hava koşullarında (sıcaklık: $25^\circ\text{C}=298^\circ\text{K}$ ve kuru basınç: $99 \text{ kPa} = 100 \text{ kPa} - 1 \text{ kPa}$ su buharı basıncı) motorun verebileceği güce dönüştürülmektedir. Dönüştürmenin yapılabilmesi için, ölçme sırasında kuru hava basıncı $80 \dots 110 \text{ kPa}$ arasında olmalıdır (Saral ve Avcioğlu 2006).

$$N_{po} = N_p \cdot \alpha_p = N_p \left[99 / P_s \right]^{1,2} \cdot [T / 298]^{0,6}$$

N_{po} : Normal koşullar için hesaplanmış içten patlamalı motor gücü (kW),

N_p : Ölçülen içten patlamalı motor gücü (kW),

α_p : İçten patlamalı motorlar için düzeltme faktörü ($0,93 \leq \alpha_p \leq 1,07$),

P_s : toplam kuru atmosferik basınç (kPa) (ölçülen hava basıncından su buharı basıncı çıkarılarak elde edilir).

T : Motor girişinde havanın sıcaklığı ($^\circ\text{K}$)'dır.

3.2.2 Farklı hammaddelerden elde edilmiş biyoetanollerin ekonomik yönden değerlendirilmesi

Deneylerde kullanılmakta olan farklı hammaddelerden elde edilen biyoetanollerin maliyet hesabı yapılırken; hammadde ve işletme maliyetleri dikkate alınmıştır.

Hammadde maliyeti hesaplanırken;

- Toprak işleme,
- Bakım işleri,
- Hasat-Harman- Taşıma,
- Çeşitli girdiler (tohum, gübre, arazi koruma ücreti, ilaç, su)
- Ortak girdiler (arazi kirası, sermaye faizi, yönetim gideri) dikkate alınmıştır (Anonim 2010b).

İşletme maliyeti hesaplanırken genel olarak aşağıdaki girdiler maliyet hesabında dikkate alınmıştır;

- İşletme giderleri;

- Elektrik,
- Yakıtlar,
- Atık yönetimi,
- Su,
- Enzimler,
- Maya,
- Kimyasallar,
- Denatüran,
- Bakım,
- İşçilik,
- İdari maliyetler,
- Diğerlerden oluşmaktadır (Shapouri etal. 2006).

Biyoetanol maliyeti daha çok hammadde maliyetine bağlıdır. Denemelerde kullanılacak olan hammaddelerin maliyetleri hesaplanırken 2009 yılı üretim maliyetleri dikkate alınmıştır.

1 litre biyoetanolün pompa satış fiyatı üretim maliyeti, vergiler ve bayi satış karı göz önünde bulundurularak hesaplanmaya çalışılmıştır. Biyoetanolün üretim maliyetine ilişkin hesaplama yapılırken, son dönemde yapılan güncel çalışmalardan ve biyoetanol üretimi yapan sektör temsilcileriyle görüşmelerin sonucunda elde edilen üretim maliyeti verileri kullanılmıştır. Mevcut yasal uygulamada, biyoetanol için alınan Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) harmanlandığı benzinden alınan ÖTV miktarına eşittir. Ayrıca, benzin ve motorinle harmanlanan biyoyakıtlardan alınan ÖTV, biyoyakıt miktarının karışım miktarına oranı en fazla %2'ye kadarki kısmı vergilendirmeden muaf tutulmaktadır. Bu çalışmada, biyoetanol satış maliyeti vergi muafiyeti göz önünde bulundurulmadan hesaplanmış ve bayi satış kâr payı da %5 olarak hesaplamalara dahil edilmiştir (Hatunoğlu 2010).

3.2.3 Farklı hammaddelerden elde edilmiş biyoetanollerin çevresel etkisinin değerlendirilmesi

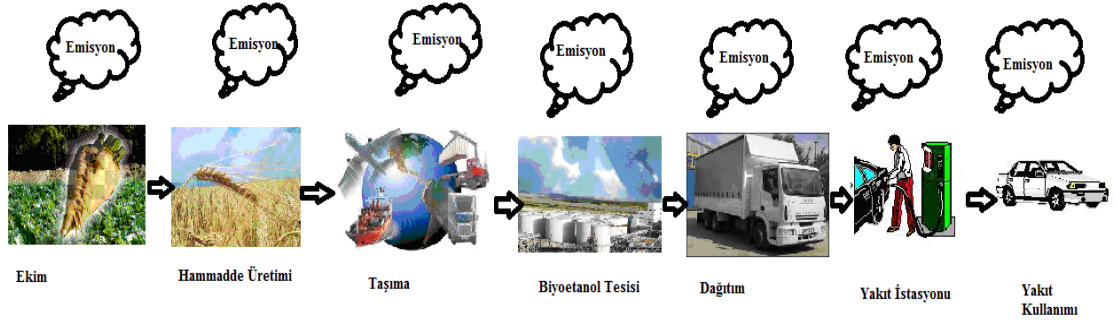
Farklı hammaddelerden üretilmiş biyoetanol ve benzinin farklı karışım oranlarıyla yapılan motor denemelerinde tam gazda değişik devir sayılarında egzoz emisyonlarından CO, NO_x ve CO₂ değerleri ölçülmüştür.

Bilindiği üzere küresel ısınmaya neden olan en büyük faktör, sera gazları olarak bilinen karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azotoksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler) ve kükürt hekzaflorid (SF₆) gibi gazların atmosferdeki payının artmasıdır. Yüksek miktarda ısı tutma özelliğine sahip olan bu gazlar, atmosfer içindeki konumlarıyla, güneşten dünyaya ulaşan ve yeryüzünden tekrar uzaya yansıyan güneş enerjisini tutarak dünyada yaşamın devamı için gerekli olan sıcaklığı sağlamaktadırlar. Ancak, hızlı nüfus artışı, teknolojiye bağlı olarak üretim ve tüketimdeki artışlar, ormanların yok edilmesi, fosil yakıtların aşırı kullanımı, endüstrileşme ve tarımsal üretim gibi faaliyetler sonucunda atmosfere önceki yüzyıllara

oranla aşırı miktarda yayılan bu gazlar, atmosferde bulunması gereken sera gazları miktarını normalin üzerine çıkarmıştır. İnsanlığın kendi eliyle doğaya vermiş olduğu bu gazların atmosferde ulaştığı yüksek oran, atmosferin aşırı ısınmasına neden olarak küresel ısınmaya ve akabinde küresel iklim değişikliğine yol açmaktadır. Küresel ısınmaya en fazla katkı yapan gaz karbondioksit olup, atmosferdeki sera gazlarının %77'sini oluşturmaktadır. Diğer yandan, fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan karbondioksit gazları toplam karbondioksit emisyonlarının %57'sine karşılık gelmektedir. Ormansızlaştırma faaliyetleri ve yangınlar ise karbondioksit salınımına neden olan diğer önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır. Karbondioksitten sonra havada en fazla bulunan sera gazı olan metan, atmosferdeki sera gazlarının %14'ünü oluştururken, azotoksitin payı da %8 civarındadır (Hatunoğlu, 2010).

Motorlu taşıt egzoz emisyonları karbondioksit, metan ve nitroz oksidi gibi bir çok sera gazlarını ihtiva ettiği için yer kürenin ısınmasında rol oynarlar. Dünya üzerindeki enerji faaliyetleri ile ilgili CO₂ emisyonlarının yaklaşık dörtte biri taşımacılıktan kaynaklanmaktadır (Anonymous 2002b).

Biyoetanol kullanımının CO₂ emisyon değeri üzerine etkisi bakış açısına göre değişmektedir. Niven (2004), E10 tipi yakıt göz önüne alındığında ve tüm biyoetanol üretim süreci hesaba katıldığında benzine göre %1 ila %5 arasında bir azalma, E85 gibi biyoetanol içeriği fazla olan karışımlarda ise %19 ila %70 arasında bir azalma tespit edildiğini ortaya koymuştur (Anonymous 2004b). Tüm biyoetanol üretim süreci dikkate alınmadan egzoz çıkışı emisyon değerleri göz önüne alındığında CO₂ emisyon değerinin biyoetanol ve benzin için hemen hemen aynı seviyelerinde olduğunu belirtmektedir. Tüm biyoetanol süreci denildiğinde bunun içerisine ürünlerin atmosferden tuttuğu CO₂ miktarı, ürünlerin yetiştirilmesi sürecinde, ürünlerin fabrikaya taşınması sürecinde, tesiste biyoetanol üretimi sürecinde ve biyoetanolün istasyonlara dağıtımı sürecinde kullanılan yakıt miktarı dahil edilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Biyoetanol yaşam döngüsü

Günümüzde, herhangi bir malzemenin, ürünün veya sürecin, bütün yaşam döngüsü boyunca çevreye yaptığı etkileri sistematik biçimde değerlendiren bir yöntem bulunmaktadır. Yaşam Döngüsü Analizi (YDA-Life Cycle Analysis) denilen bu yöntem fosil yakıtlar ve biyoyakıtlar için de kullanılmakta ve iki yakıt türünün sera gazı salınımları birçok farklı etkenler de dikkate alınarak birlikte değerlendirilmektedir. YDA ile fosil yakıtların sera gazı salınım miktarları hesaplanırken, ham petrolün çıkartılması, rafinerilere ulaştırılması, rafinaj işlemleri, rafineriden çıkan benzin ve motorin gibi ürünlerin petrol istasyonlarına taşınması ve son olarak nihai tüketicinin araçlarında kullanması gibi bütün aşamalarda atmosfere yayılan sera gazı salınımları hesaplanmaktadır. Diğer yandan, biyoyakıtların YDA kullanılarak sera gazı salınım miktarı hesaplanırken; biyoyakıt dönüşüm işleminin sera gazı salınımına etkisi, biyoyakıt üretiminde kullanılan tarımsal hammaddelerin yetiştirilmesinde kullanılan gübre ve zirai ilaçların sera gazı salınımlarının yanı sıra bu ürünlerin elde edilmesinde kullanılan traktör ve biçerdöver gibi motorlu araçların yaymış olduğu gazlar da analize dahil edilmektedir (Hatunoğlu, 2010).

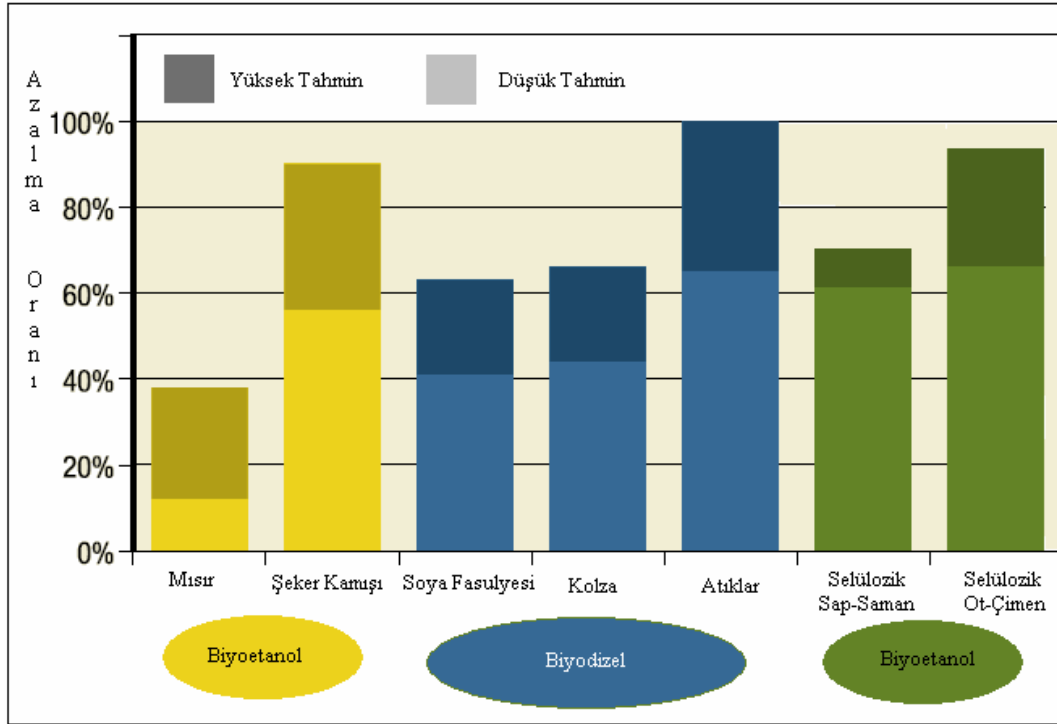
Biyoetanol üretimi sırasında açığa çıkan emisyonlar aşağıdaki unsurlar dikkate alınarak hesaplanmaktadır (Mortimer et al. 2004);

- Ekim-hasat (gübreleme, dizel yakıt kullanımı ve diğer girdiler),
- Taşıma,

- Kurutma,
- Depolama,
- Öğütme ya da parçalama,
- Hidroliz, fermentasyon ve distilasyon (damıtma),
- Tesis inşaatı,
- Tesis bakımı,
- Dağıtım.

Biyoyakıt üretim sürecinde kullanılan tarım ürününün iklim, toprak gibi yetiştirilme şartlarına, ürünün çeşidine, dönüşüm sürecinde gerçekleştirilen işleme ve sahip olunan teknolojiye bağlı olarak biyoyakıtların sera gazı salınımları farklılık arz etmektedir. Biyoyakıtların sera gazı salınımına etki eden faktörlerden en önemlisi ise kullanılan tarımsal hammadde çeşididir. YDA hesaplamasının kullanıldığı çeşitli araştırmalarda, biyoyakıtların üretim sürecinde kullanılan tarımsal hammadde çeşidine göre sera gazı salınımını fosil yakıtlara kıyasla farklı oranlarda azalttığı gözlemlenmiştir (Hatunoğlu 2010).

Günümüzde, biyoyakıtların fosil yakıtlara kıyasla sera gazı salınımlarını ne oranda azalttığına ilişkin çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar birtakım farklılıklar içerse de elde edildiği hammaddelere göre biyoetanolün benzine, biyodizelin ise motorine kıyasla sera gazı salınımını azaltmada daha iyi seçenekler olduğu görülmektedir. Biyoyakıtların fosil yakıtlara kıyasla sera gazı salınımını azaltma oranlarının hesaplandığı iki adet çalışmanın analiz sonuçları Şekil 3.10'te ve Şekil 3.11'de yer verilmiştir.

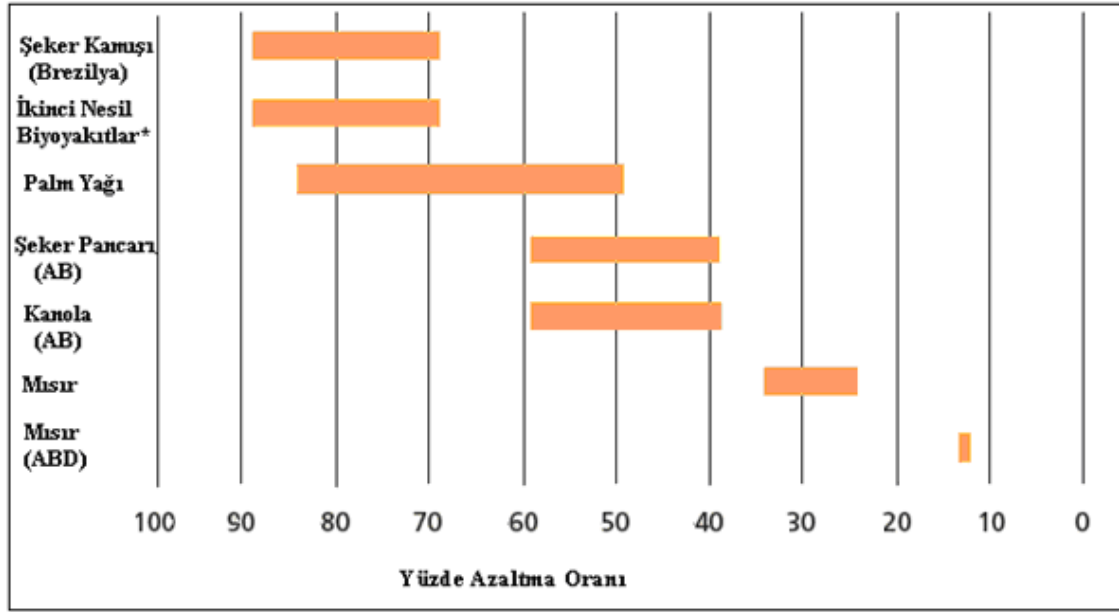


Şekil 3.10 Biyoyakıtların fosil yakıtlara kıyasla sera gazı salınımını azaltma oranları (Childs ve Bradley, 2007)

Şekil 3.10’da görüldüğü üzere, sera gazı salınımında gerçekleşen en fazla azalma atıklardan ve selüloz içeren odunsu bitkilerin hammadde olarak kullanıldığı biyoyakıtlar tarafından sağlanmaktadır. Selülozik sap-saman ve ot-çimen gibi hammaddelerden elde edilen biyoetanolün, en düşük tahmine göre fosil yakıtlara kıyasla %60’ın üzerinde daha az sera gazı salınımı yaptığı belirtilirken, yüksek tahminde bu oran %95’lere varmaktadır. Fosil yakıtlara kıyasla atmosferdeki sera gazı salınımına ikinci olarak en büyük olumlu katkıyı yapan biyoyakıtlar, tarımsal hammadde olarak üretim sürecinde şeker kamışının kullanıldığı biyoetanoldur. Aynı çalışmanın verilerine göre, şeker kamışından üretilen biyoetanol de fosil yakıtlara kıyasla yüksek tahminde %90, düşük tahminde %60’a yakın sera gazı salınımını azaltmaktadır. Sera gazı salınımının azaltılmasında en düşük katkıyı ise mısırdan üretilen biyoetanol sağlamaktadır.

Biyoyakıtların fosil yakıtlara kıyasla sera gazı salınımını azaltma oranlarının hesaplandığı ve FAO tarafından da yayınlanan diğer bir çalışmanın verilerine, Şekil 3.11.’de yer verilmiştir. Şekil incelendiğinde, selülozik maddelerden elde edilen ikinci

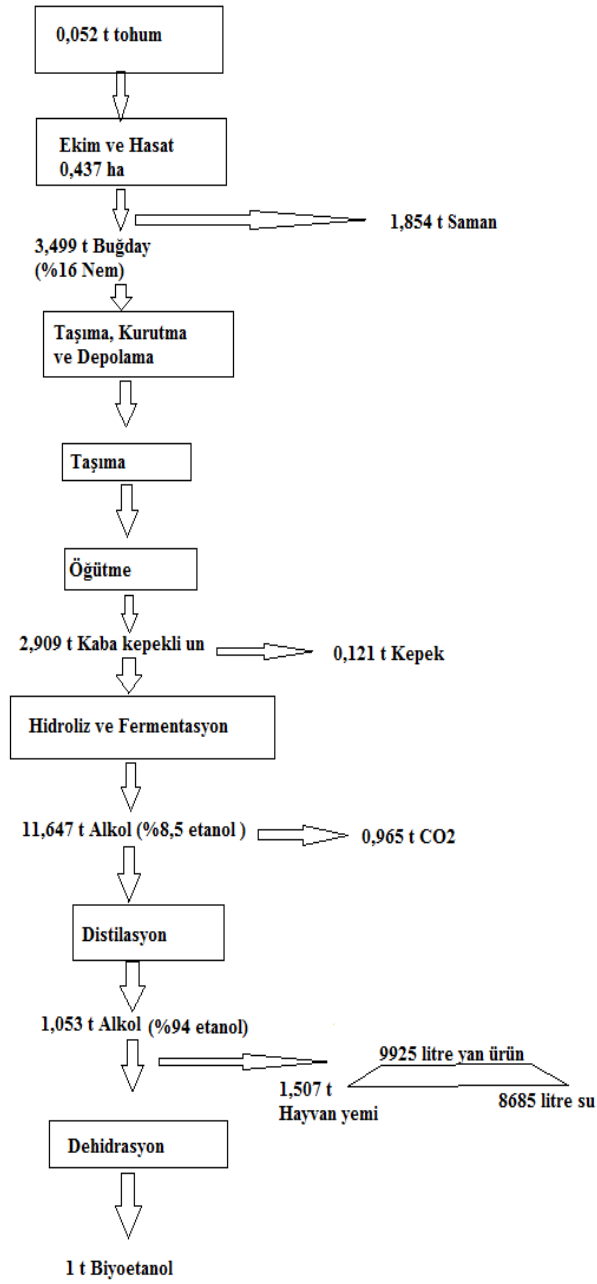
nesil biyoyakıtların ve hammadde olarak şeker kamışının kullanıldığı biyoetanolün, fosil yakıtlara kıyasla %70 ile %90 arasında sera gazı salınımını azalttığı görülmektedir. Özellikle ABD’deki mısırdan üretilen biyoetanolün fosil yakıtlara kıyasla sera gazı salınımının azaltılması üzerindeki etkisinin çok küçük olduğu anlaşılmaktadır.



* Tarım ve ormancılık atıkları gibi gıda amaçlı kullanılmayan lignoselülozik biyokütlelerin üretim sürecinde hammadde olarak yer aldığı biyoyakıtlardır.

Şekil 3.11 Biyoyakıtların fosil yakıtlara kıyasla sera gazı salınımını azaltma oranları (Anonymous 2008d)

Şekil 3.12’de buğdaydan elde edilen biyoetanol üretimi için temel akış şeması verilmiştir. 0,052 t tohum 0,437 ha alana ekimi yapıp, 3,499 t buğday elde ediliyor. Buğdayın biyoetanol üretimi için taşınması, kurutması depolanması ve öğütme işlemlerinden sonra 0,121 t kepek oluşmaktadır. Öğütme işleminden sonra hidroliz ve fermentasyona tabi tutulan üründen 11,647 t biyoetanol oluşmaktadır ve fermentasyon sırasında 0,965 t CO₂ açığa çıkmaktadır. 11,647 t alkol tekrar distilasyona (damıtma) tabi 1,053 t (%94 saflıkta biyoetanol) elde edilir. En son işlemde dehidrasyon işlemidir ve işlemten sonra 1 t biyoetanol elde edilmektedir.



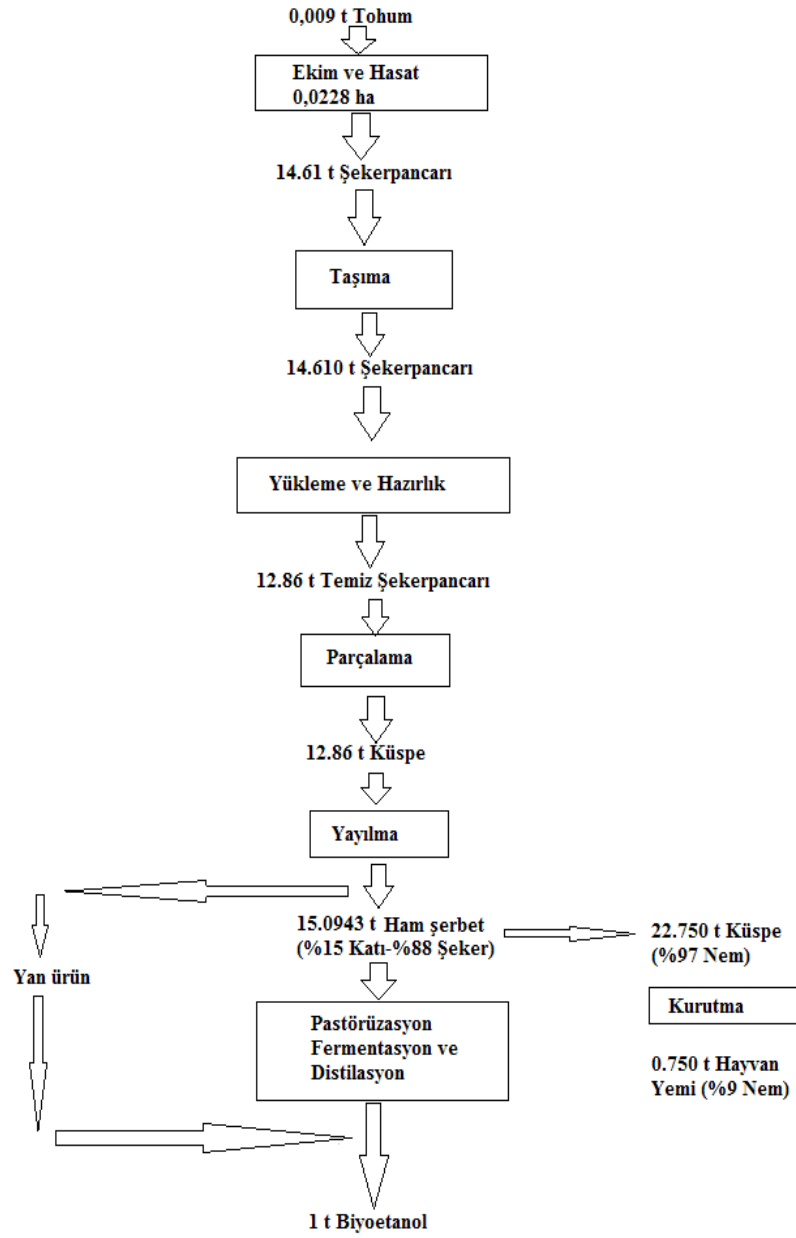
Şekil 3.12 Buğdaydan elde edilen biyoetanol üretim akış şeması (Mortimer vd. 2004)

Sera gazı emisyonları salınımı için başlıca unsurlar, hidroliz, fermentasyon ve distilasyon (damıtma), tahılı kurutma, buğday üretimi ve hasatı için net dizel yakıt tüketimi, gübre ve buğday yetiştiriciliğinde kullanılan diğer girdilerdir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6 Buğdaydan elde edilen biyoetanolün temel analiz sonuçları
(Mortimer vd. 2004)

	CO ₂ (%)
Ekim ve Hasat	
- N gübre	4
- Net dizel yakıtı	10
- Diğer girdiler	8
Taşıma	8
Kurutma	19
Depolama	2
Öğütme	2
Hidroliz Fermentasyon ve Distilasyon (Damıtma)	40
Dehidrasyon	-
Tesis inşaatı	1
Tesis bakımı	1
Dağıtım	5

Şekil 3.13’de şekerpancarından elde edilen biyoetanol üretimi için temel akış şeması verilmiştir. 0,0009 t tohum 0,228 ha alana ekimi yapıp, 14,61 t şekerpancarı elde ediliyor. Şekerpancarından biyoetanol üretimi için taşınma, yükleme ve hazırlık, temizleme işlemlerinden sonra 15,0943 t ham su ve 22,750 küspe oluşmaktadır. Pastörizasyon, fermentasyon ve distilasyona (damıtma) tabi tutulan üründen 1 ton biyoetanol elde edilmektedir.



Şekil 3.13 Şekerpancarından biyoetanol üretim akış şeması (Mortimer vd. 2004)

Sera gazı emisyonları salınımı için başlıca unsurlar, hidroliz, fermentasyon ve distilasyon (damıtma), taşıma, depolama parçalama, şekerpancarı üretimi ve hasatı için net dizel yakıt tüketimi, gübreleme şekerpancarı yetiştiriciliğinde kullanılan diğer unsurlardır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 Şekerpancarından elde edilen biyoetanolün temel analiz sonuçları
(Mortimer vd. 2004)

	CO ₂ (%)
Ekim ve Hasat	
- N gübre	5
- Net dizel yakıtı	3
- Diğer girdiler	2
Taşıma	7
Hazırlama ve yükleme	2
Depolama	-
Parçalama	-
Yayılma	6
Pastörizasyon	6
Fermentasyon	1
Distilasyon (Damıtma)	63
Tesis inşaatı	1
Tesis bakımı	-
Dağıtım	4

3.2.4 Motor gücü, ekonomiklik ve çevresel etki açısından optimum hammaddenin belirlenmesi

Benzin motorlarında biyoetanol kullanımında; optimum hammadde ve karışım oranının belirlenmesi amacıyla; benzin, her biyoetanol hammaddesi (şekerpancarı, buğday, arpa, mısır ve patates) ve karışım oranları (E5, E10, E15, E20) için;

- Yakıtın verdiği enerji (kWh/litre),
- Yakıt maliyeti (TL/litre)
- Enerji maliyeti (TL/kWh)
- Karbondioksit (%CO₂) ve azotoksit (ppm NO_x) salımı değerleri hesaplanacaktır.

Yakıtın verdiği enerji (kWh/litre); motor denemelerinde anma devir sayısında elde edilen değerler dikkate alınarak karşılaştırılacaktır. Kullanılan yakıtın özgül kütlesi (kg/l) özgül yakıt tüketimi değerlerine (kg/kWh) bölünerek bir litre yakıtın verdiği enerji değerleri hesaplanacaktır.

Yakıt maliyeti (TL/litre); bir önceki bölümde yapılan hesaplamalarla hammadde yetiştiriciliği, biyoetanol üretim yöntemleri ve karışım oranları dikkate alınarak belirlenecektir.

Enerji maliyeti (TL/kWh); yakıt maliyetinin (TL/litre) yakıt enerjisine (kWh/litre) bölünmesiyle hesaplanacaktır.

Karbondiyoksit salımı hesaplanırken bir litre biyoetanolün üretimi sırasında açığa çıkan ve motorda kullanımı sırasında egzozla atılan CO₂ değerleri incelenecektir.

Azotoksit salınımı hesaplanırken bir litre biyoetanol üretimi sırasında açığa çıkan ve motorda kullanımı sırasında egzozla atılan NO_x değerleri incelenecektir.

Yukarıda belirtilen değerler dikkate alınarak; benzin, farklı biyoetanol hammaddeleri ve karışım oranları için yapılan tüm hesaplamalar değerlendirilerek en uygun biyoetanol hammaddesi ve karışım oranı belirlenecektir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

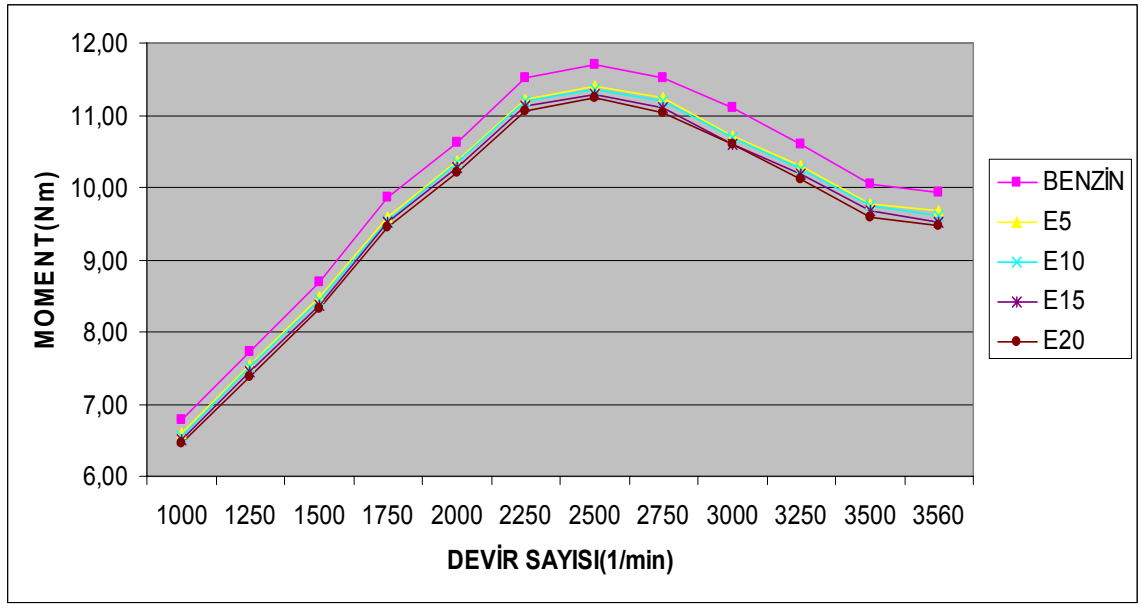
Farklı hammaddelerden üretilmiş biyoetanollerden motor yakıtı olarak en uygun olanının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada; ilk aşamada benzinle belirli oranlarda hazırlanan karışımlarla motor denemeleri yapılarak yakıtların performans özellikleri belirlenmiş ve egzoz emisyonları ölçülmüştür. Daha sonra farklı hammaddeler için üretim maliyetleri ve biyoetanol hammadde üretim ve satış değerleri hesaplanmıştır. Üçüncü aşamada farklı hammaddelerden üretilmiş biyoetanollerin farklı karışım oranlarında motor yakıtı olarak kullanımıyla ortaya çıkan egzoz emisyonları biyoetanol üretim sürecindeki emisyonlar da dikkate alınarak çevresel etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Son aşamada ise; motor performans özellikleri, ekonomiklik ve çevresel etki kriterlerine dayanarak en uygun hammadde ve karışım oranı belirlenmiştir.

Biyoetanol-benzin karışımı yakıtlarla yapılan çalışmada, denemeler boyunca ve tüm deneme şartlarında motorun çalışmasında her hangi bir problemle karşılaşılmamıştır.

4.1 Motor Karakteristik Değerleri

Motor denemeleri sonucunda elde edilen benzin, şeker pancarı, buğday, arpa, mısır ve patatesten elde edilen biyoetanol benzin karışımlarının ve bu karışımların E5, E10, E15, E20 oranlarına bağlı olarak moment, güç, özgül yakıt tüketimi ve saatlik yakıt tüketimi değerleri ölçülüp farklı hammaddeden biyoetanol denemelerinin aynı karışım oranları için ortalamaları alınarak motor karakteristik eğrileri Şekil 4.1-4.4'de verilmiştir.

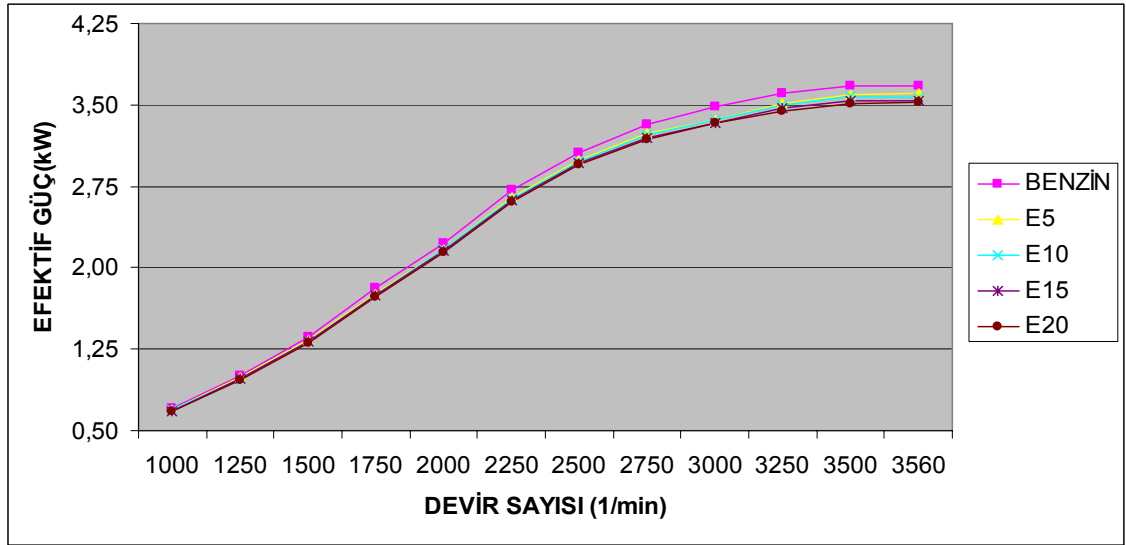
Motorun değişik devirlerinde yapılan denemelerde, motor momenti en yüksek benzinde en düşük E20 yakıtlarında elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı artıkça moment değeri azalmıştır. Elde edilen bu sonuç daha önce yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Turan 1993, Şahin 1995).



Şekil 4.1 Biyoetanol benzin karışımli yakıtların(E0, E5, E10, E15, E20) motordaki moment değışimleri

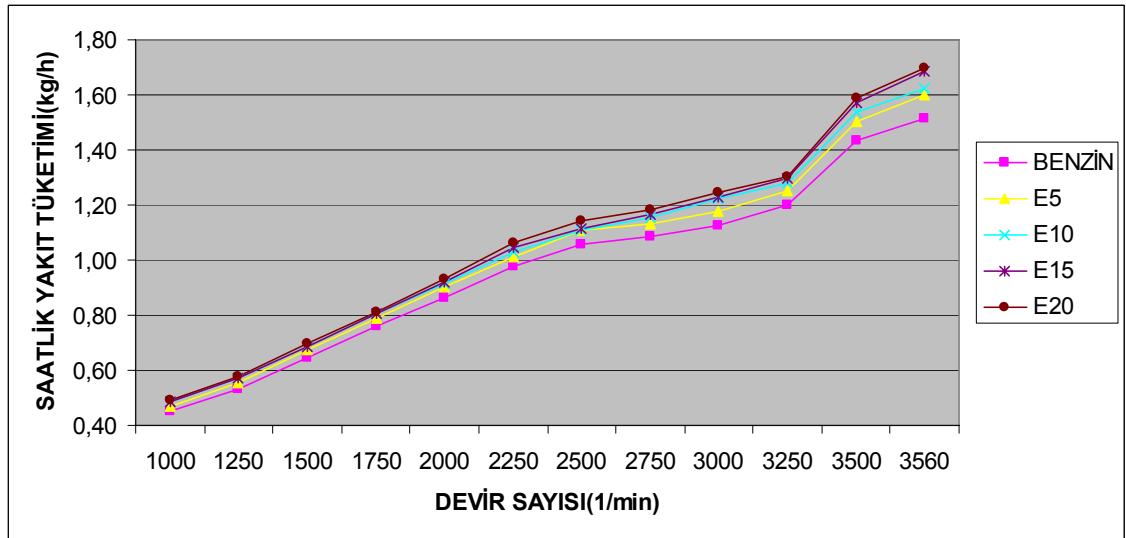
Benzin ve biyoetanol-benzin karışimlarıyla yapılan deneylerde 2500 1/min'ya kadar moment artışı gözlenmiş olup bu devirden sonra momentte düşme gerçekleşmiştir. Söz konusu devir sayısındaki momentte benzine göre E5 yakıtında %2,5, E10 yakıtında %3, E15 yakıtında %3,5 ve E20 yakıtında %3,9 azalma olmuştur.

Motorun değışik devirlerinde yapılan denemelerde, motor efektif gücü en yüksek benzinde en düşük E20 yakıtlarında elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı artıkça efektif güç azalmıştır. Elde edilen bu sonuç daha önce yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Turan 1993, Şahin 1995). En yüksek efektif güç değeri 3560 1/min'da elde edilmiş olup benzine göre E5 yakıtında %2,2, E10 yakıtında %3,0, E15 yakıtında %3,8 ve E20 yakıtında %4,3 azalma olmuştur.



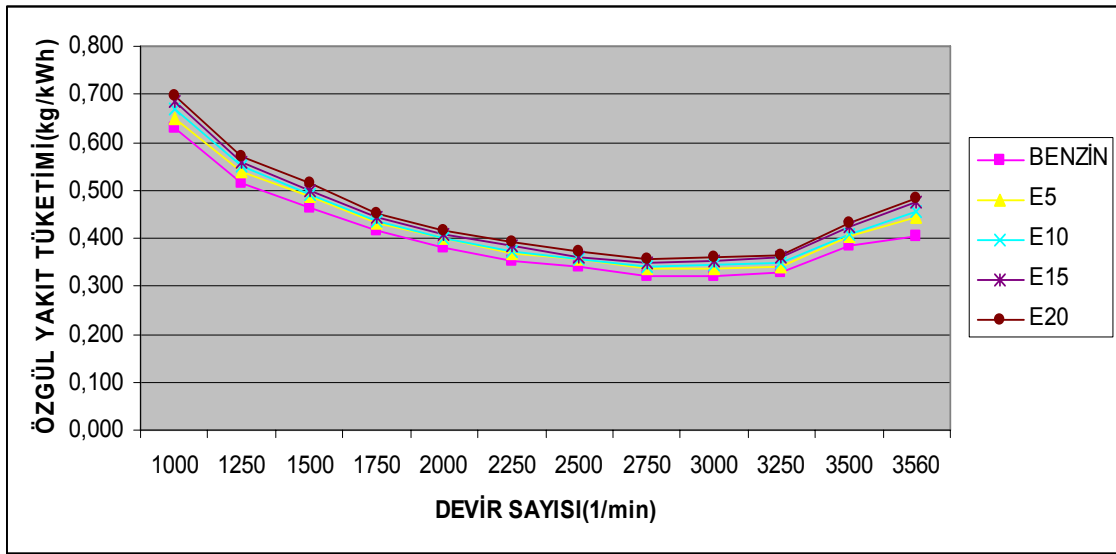
Şekil 4.2 Biyoetanol benzin karışimli yakıtların(E0, E5, E10, E15, E20) motordaki efektif güç değişimleri

Motorun değişik devirlerinde yapılan denemelerde, motor saatlik yakıt tüketimi en düşük benzinde en yüksekte E20 yakıtlarında elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı artıkça saatlik yakıt tüketimi miktarı da artmıştır. Elde edilen bu sonuç daha önce yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Turan 1993, Şahin 1995). En yüksek saatlik yakıt tüketimi değeri 3560 1/min'da elde edilmiş olup benzine göre E5 yakıtında %5,6, E10 yakıtında %7,1, E15 yakıtında %9,9 ve E20 yakıtında %12,1 artış olmuştur.



Şekil 4.3 Biyoetanol benzin karışimli yakıtların (E0, E5, E10, E15, E20) motordaki saatlik yakıt tüketimi değişimleri

Motorun değişik devirlerinde yapılan denemelerde, motor özgül yakıt tüketimi en düşük benzinde en yüksekte E20 yakıtlarında elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı artıkça özgül yakıt tüketimi miktarı da artmıştır. Elde edilen bu sonuç daha önce yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Turan 1993, Şahin 1995). En düşük özgül yakıt tüketimi değeri 2750 1/min’da elde edilmiş olup benzine göre E5 yakıtında %8, E10 yakıtında %10,5, E15 yakıtında %14,6 ve E20 yakıtında %17,3 artış olmuştur.



Şekil 4.4 Biyoetanol benzin karışımlı yakıtların(E0, E5, E10, E15, E20) motordaki özgül yakıt tüketimi değişimleri

4.2 Farklı Biyoetanollerin Maliyetleri

Türkiye’de biyoetanol üretimi için kullanılabilecek beş tarımsal ürünün maliyet hesapları; üretim maliyetleri ve işletme maliyetleri dikkate alınarak yapılmıştır. Kullanılan veriler 2009 yılı verileri olup Eskişehir Ziraat Odasından alınmıştır.

Şekerpancarı üretim girdileri, üretim masrafları ve kârlılık durumu Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde şekerpancarı üretimi için sürüm, ekim ve gübreleme işlemlerinin Ekim-Nisan ayları arasında yapıldığı görülmektedir.

Toprak hazırlığı için dekara toplam 1,03 saat erkek işgücü, 0,95 saat çeki gücü kullanılmaktadır. Şekerpancarının bakım işlemleri Mart ve Eylül ayları arasında yapılmaktadır. Bakım işlemleri için dekara toplam 20,34 saat erkek işgücü, 1,47 saat çeki gücü kullanıldığı görülmektedir. Bakım işlerinde en fazla işgücü kullanımı sulama ve çapalamaya aittir.

Hasat harman işlerinde dekara kullanılan erkek işgücü dekara 25,55 saat, çeki gücü ise dekara 0,05 saat olarak hesaplanmıştır.

Şeker pancarı verimi 5500 kg/da olarak hesaplanmıştır. Şeker pancarının üretim maliyeti 0,1169 TL/kg ve toplam gayri safi üretim değeri 642,80 TL/da olarak hesaplanmıştır. Şeker pancarının değişken masraflar toplamı 478,62 TL/da, üretim masrafları toplamı ise 662,80 TL/da olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1 Şekerpancarının dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti

YAPILAN İŞLEMLER	İŞLEM ZAMANI ve SAYISI		HARCANAN İŞGÜCÜ saat/dekar)		Materyal	Birim	Birim Fiyatı TL	Tutarı TL	AÇIKLAMA
			İNSAN	MAKİNE					
TOPRAK İŞLEME VE EKİM									
Derin sürüm	Ağu-Eyl	1	0,59	0,59	2,0	da	2,37	6,51	2-3 gövdeli pulluk
İkinci Sürüm	Şub-Mart		0,14	0,14	1,5	da	2,37	3,98	Kazayağı
Üçleme	Eyl-Ekim	1	0,14	0,14	1,5	da	2,37	3,98	Tırmık
Ekim+Gübreleme	Eyl-Ekim	1	0,08	0,08	1,0	da	2,37	2,56	Mibzer
Ekim+Gübreleme	Eyl-Ekim		0,08			sa	3,00	0,24	Ekim Yardımcı
TOPLAM			1,03	0,95				17,26	
BAKIM İŞLERİ									
Gübreleme	Mar-Nis	1	0,09	0,09	0,50	da	2,37	1,46	Gübreleme makinası
Gübreleme	Mar-Nis		0,09			sa	3,00	0,27	Yardımcı
İlaçlama	May-Ağus	1	0,08	0,08	0,50	da	2,37	1,19	İlaçlama makinası
İlaçlama	May-Ağus		0,08			sa	3,00	0,24	Yardımcı
Sulama	Haz-Eylül	4	12,00	1,80	3,00	da	2,37	195,19	Motopomp+İşçilik
Çapalama-Tekleme-Çapa	May-Haz-Tem	3	8,00			sa	2,50	60,00	Kadın İşçi Elle
TOPLAM			20,34	1,97				258,34	
HASAT-HARMAN-TAŞIMA									
Söküm-Toplama-Baş Kesme	Kasım-Aralık	1	24,00			sa	2,50	60,00	Kadın İşçi Elle
Yükleme Boşaltma	Kasım-Aralık		1,50			sa	3,00	4,50	Erkek İşçi Elle

Çizelge 4.1 Şekerpancarının dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti (devamı)

Taşıma	Temmuz		0,05	0,05		da	0,005	30,00	Traktör-Römork
TOPLAM			25,55	0,05				94,50	
ÇEŞİTLİ GİRDİLER									
Tohum					0,35	kg	11,90	4,17	Sertifikalı
Gübre (P2O5)					30,00	kg	1,28	38,40	%20-20 Kompoze
Gübre(N)					20,00	kg	0,60	12,00	%21 A.Sülfat
Gübre (N)					20,00	kg	0,65	20,15	%33 A.Nitrat
Arazi Koruma Ücreti		1				da	1,50	1,50	ÇMK Derneği
İlaç					0,50	kg	25,00	12,50	Herbisit
Su		1				da	19,80	19,80	Sulama Birliği
TOPLAM								108,52	
MASRAFLAR TOPLAMI								478,62	
ORTAK GİDERLER									
Çeşitli Giderler									23,93
Arazi Kirası									100,00
Sermaye Faizi									42,18
Yönetim Gideri									18,08
TOPLAM									184,19
GENEL TOPLAM				1,32	0,81				662,80
VERİM	(kg/da)		5500						
YAN ÜRÜN GELİRİ	(TL/da)		20,00		Küspe				
ÜRETİM MALİYETİ	(TL/da)		642,80						
ÜRETİM MALİYETİ	(TL/kg)		0,1169						
TALEP EDLEN ÜRÜN FİYATI	(TL/kg)		0,15						
NOT:1- Hesaplamalarda, Doğrudan gelir desteği, Mazot desteği, Yem bitkileri desteği vb. herhangi bir destekleme dikkate alınmamıştır.									
NOT:2-Talep edilen ürün fiyatı hesaplanırken, maliyet fiyatına % 30 üretici karı eklenmiştir.									

	nisan
Mazot	2,37
Erk.İşçilik Saat/TL	3,00
Kadın İşçilik Saat/TL	2,50
Taşıma	30,00
Arazi Kirası	100,00
Arazi Koruma Ücreti	1,50
İlaç	25,00
Sulama ücreti	19,8
Kadın İşçilik Saat/TL	2,50
Tohum Fiyatı	11,90
Tohum Miktarı	0,35

	Miktarı	Tutarı	Gübre Fiyatı
%20-20 Kompoze	30	38,40	1,28
%21 A.Sülfat	20	12,00	0,60
%33 A.Nitrat	20	20,15	0,65

Buğday üretim girdileri, üretim masrafları ve kârlılık durumu Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde buğday üretimi için sürüm, ekim ve gübreleme işlemlerinin Ağustos-Ekim ayları arasında yapıldığı görülmektedir.

Çizelge 4.2 Buğdayın dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti

YAPILAN İŞLEMLER	İŞLEM ZAMANI ve SAYISI		HARCANAN İŞGÜCÜ saat/dekar)		Materyal	Birim	Birim Fiyatı TL	Tutarı TL	AÇIKLAMA
			İNSAN	MAKİNE					
TOPRAK İŞLEME VE EKİM									
Derin sürüm	Ağu-Eyl	1	0,24	0,24	2,0	da	3,20	7,12	2-3 gövdeli pulluk
İkinci Sürüm	Eyl-Ekim		0,12	0,12	1,5	da	3,20	5,16	Kazayağı
Üçleme	Eyl-Ekim	1	0,12	0,12	1,5	da	3,20	5,16	Tırmık
Ekim+Gübreleme	Eyl-Ekim	1	0,10	0,10	1,0	da	3,20	3,52	Mibzer
Ekim+Gübreleme	Eyl-Ekim		0,10			sa	3,00	0,30	Ekim Yardımcı
TOPLAM			0,68	0,58				21,26	
BAKIM İŞLERİ									
Gübreleme	Mar-Nis	1	0,09	0,09	0,5	da	2,37	1,46	Gübreleme makinesi
Gübreleme	Mar-Nis		0,09			sa	3,00	0,27	Yardımcı
İlaçlama	Nisan	1	0,08	0,08	0,5	da	2,37	1,19	İlaçlama makinesi
İlaçlama	Nisan		0,08			sa	3,00	0,24	Yardımcı
TOPLAM			0,34	0,17				3,15	
HASAT- HARMAN- TAŞIMA									
Hasat	Temmuz	1	0,12	0,12		da	7,50	7,50	Biçerdöğür
Hasat	Temmuz		0,12			sa	3,00	0,36	Yardımcı
Taşıma	Temmuz		0,04	0,04		kg	0,01	2,20	Traktör- Römork
TOPLAM			0,28	0,16				10,06	
ÇEŞİTLİ GİRDİLER									
Tohum					20,0	kg	0,80	16,00	Sertifikalı
Gübre (P2O5)					15,0	kg	1,90	28,50	%18-46 DAP
Gübre(N)					15,0	kg	0,65	9,75	%26 A.Nitrat
Sıvı Gübre (N)					0,25	kg	15,00	3,75	Sıvı Gübre
Arazi Koruma **Ücreti		1				da	1,50	1,50	ÇMK Derneği

Çizelge 4.2 Buğdayın dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti (devamı)

İlaç				0,05	kg	105,00	5,25	Herbisit
TOPLAM							64,75	
MASRAFLAR TOPLAMI							99,22	
ORTAK GİDERLER								
Çeşitli Giderler							4,96	
Arazi Kirası							20,00	
Sermaye Faizi							8,69	
Yönetim Gideri							3,73	
TOPLAM							37,38	
GENEL TOPLAM							136,60	
VERİM	(kg/da)		220					
YAN ÜRÜN GELİRİ	(TL/da)		8,00	(dört balya x 2 YTL)				
ÜRETİM MALİYETİ	(TL/da)		128,60					
ÜRETİM MALİYETİ	(TL/kg)		0,58					
TALEP EDİLEN ÜRÜN FİYATI	(TL/kg)		0,76					
NOT:1- Hesaplamalarda, Doğrudan gelir desteği, Mazot desteği, Yem bitkileri desteği vb. herhangi bir destekleme dikkate alınmamıştır.								
NOT:2-Talep edilen ürün fiyatı hesaplanırken, maliyet fiyatına % 30 üretici karı eklenmiştir.								

		ekim	nisan	
Mazot		3,20	2,37	
Erk.İşçilik Saat/TL		3,00		
Bıçer-Döğer		7,50		
Taşıma		20,00		
Arazi Kirası		20,00		
Arazi Koruma Ücreti		1,50		
İlaç		105,00	Ester+Granster	50gr+1,5 gr
Sulama ücreti		9,2		
Tohum Fiyatı		0,80		
Tohum Miktarı		20,00		
Sıvı Gübre		15,00		

	Miktarı	Tutarı	Gübre Fiyatı
%18-46 DAP	15	28,50	1,90
%26 A.Nitrat	15	9,75	0,65

Toprak hazırlığı için dekara toplam 0,68 saat erkek işgücü, 0,58 saat çeki gücü kullanılmaktadır. Buğdayın bakım işlemleri Mart ve Nisan ayları arasında yapılmaktadır. Bakım işlemleri için dekara toplam 0,4 saat erkek işgücü, 0,17 saat çeki gücü kullanıldığı görülmektedir. Bakım işleri içinde gübreleme ve ilaçlama işleri vardır. Hasat harman ve taşımada dekara kullanılan erkek işgücü dekara 0,28 saat, çeki gücü ise dekara 0,16 saat olarak hesaplanmıştır.

Buğday verimi 220 kg/da olarak hesaplanmıştır. Buğday üretim maliyeti 0,58 TL/kg ve toplam gayri safi üretim değeri 128,60 TL/da olarak hesaplanmıştır. Buğdayın değişken masraflar toplamı 99,22 TL/da, üretim masrafları toplamı ise 136,60 TL/da olarak bulunmuştur.

Arpa üretim girdileri, üretim masrafları ve kârlılık durumu Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde arpa üretimi için sürüm, ekim ve gübreleme işlemlerinin Ağustos-Ekim ayları arasında yapıldığı görülmektedir.

Toprak hazırlığı için dekara toplam 0,68 saat erkek işgücü, 0,58 saat çeki gücü kullanılmaktadır. Arpanın bakım işlemleri Mart ve Nisan ayları arasında yapılmaktadır. Bakım işlemleri için dekara toplam 0,34 saat erkek işgücü, 0,17 saat çeki gücü kullanıldığı görülmektedir. Bakım işleri içinde gübreleme ve ilaçlama işleri vardır. Hasat harman ve taşımada dekara kullanılan erkek işgücü dekara 0,28 saat, çeki gücü ise dekara 0,16 saat olarak hesaplanmıştır.

Arpa verimi 225 kg/da olarak hesaplanmıştır. Arpa üretim maliyeti 0,54 TL/kg ve toplam gayri safi üretim değeri 122,02 TL/da olarak hesaplanmıştır. Arpanın değişken masraflar toplamı 93,22 TL/da, üretim masrafları toplamı ise 130,2 TL/da olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3 Arpanın dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti

YAPILAN İŞLEMLER	İŞLEM ZAMANI ve SAYISI		HARCANAN İŞGÜCÜ (saat/dekar)		Materyal	Birim	Birim Fiyatı TL	Tutarı TL	AÇIKLAMA
			İNSAN	MAKİNE					
TOPRAK İŞLEME VE EKİM									
Derin sürüm	Ağu-Eyl	1	0,24	0,24	2,0	da	3,20	7,12	2-3 gövdeli pulluk
İkinci Sürüm	Eyl-Ekim	1	0,12	0,12	1,5	da	3,20	5,16	Kazayağı
Üçleme	Eyl-Ekim	1	0,12	0,12	1,5	da	3,20	5,16	Tırmık
Ekim+Gübreleme	Eyl-Ekim	1	0,10	0,10	1,0	da	3,20	3,52	Mibzer
Ekim+Gübreleme	Eyl-Ekim		0,10			sa	3,00	0,30	Ekim Yardımcı
TOPLAM			0,68	0,58				21,26	
BAKIM İŞLERİ									
Gübreleme	Mar-Nis	1	0,09	0,09	0,5	da	2,37	1,46	Gübreleme makinesi
Gübreleme	Mar-Nis		0,09			sa	3,00	0,27	Yardımcı
İlaçlama	Nisan	1	0,08	0,08	0,5	da	2,37	1,19	İlaçlama makinesi
İlaçlama	Nisan		0,08			sa	3,00	0,24	Yardımcı
TOPLAM			0,34	0,17				3,15	
HASAT-HARMAN-TAŞIMA									
Hasat	Temmuz	1	0,12	0,12		da	7,50	7,50	Biçerdöğer
Hasat	Temmuz		0,12			sa	3,00	0,36	Yardımcı
Taşıma	Temmuz		0,04	0,04		kg	0,01	2,25	Traktör-Römork
TOPLAM			0,28	0,16				10,11	
ÇEŞİTLİ GİRDİLER									
Tohum					20,0	kg	0,70	14,00	Sertifikalı
Gübre (P2O5)					15,0	kg	1,90	28,50	%18-46 DAP
Gübre(N)					15,0	kg	0,65	9,75	%26 A.Nitrat
Arazi Koruma Ücreti		1				da	1,50	1,50	ÇMK Derneği
İlaç					0,05	kg	105,00	5,25	Herbisit
TOPLAM								59,00	
MASRAFLAR TOPLAMI								93,52	
ORTAK GİDERLER									
Çeşitli Giderler									4,68
Arazi Kirası									20,00

Çizelge 4.3 Arpanın dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti(devamı)

Sermaye Faizi								8,27
Yönetim Gideri								3,55
TOPLAM								36,50
GENEL TOPLAM								130,02
VERİM	(kg/da)	225						
YAN ÜRÜN GELİRİ	(TL/da)	8,00			(dört balya x 2 YTL)			
ÜRETİM MALİYETİ	(TL/da)	122,02						
ÜRETİM MALİYETİ	(TL/kg)	0,54						
TALEP EDİLEN ÜRÜN FİYATI	(TL/kg)	0,70						
NOT:1- Hesaplamalarda, Doğrudan gelir desteği, Mazot desteği, Yem bitkileri desteği vb. herhangi bir destekleme dikkate alınmamıştır.								
NOT:2-Talep edilen ürün fiyatı hesaplanırken, maliyet fiyatına % 30 üretici karı eklenmiştir.								

		Ekim	Nisan
Mazot		3,20	2,37
Erk.İşçilik Saat/TL		3,00	
Bıçer-Döğer		7,50	
Taşıma		20,00	
Arazi Kirası		20,00	
Arazi Koruma Ücreti		1,50	
İlaç		105,00	
Sulama ücreti		9,2	
Tohum Fiyatı		0,70	
Tohum Miktarı		20,00	

	Miktarı	Tutarı	Gübre Fiyatı
%18-46 DAP	15	28,50	1,90
%26 A.Nitrat	15	9,75	0,65

Mısır üretim girdileri, üretim masrafları ve kârlılık durumu Çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde mısır üretimi için sürüm, ekim ve gübreleme işlemlerinin Ağustos-Mayıs ayları arasında yapıldığı görülmektedir.

Toprak hazırlığı için dekara toplam 1,08 saat erkek işgücü, 0,94 saat çeki gücü kullanılmaktadır. Mısırın bakım işlemleri Nisan ve Ağustos ayları arasında yapılmaktadır. Bakım işlemleri için dekara toplam 1.86 saat erkek işgücü, 2,18 saat çeki

gücü kullanıldığı görülmektedir. Bakım işleri içinde gübreleme, ilaçlama, çapalama ve sulama işleri vardır. Hasat ve taşımada dekara kullanılan erkek işgücü dekara 0,17 saat, çeki gücü ise dekara 0,17 saat olarak hesaplanmıştır.

Mısır verimi 700 kg/da olarak hesaplanmıştır. Mısır üretim maliyeti 0,44 TL/kg ve toplam gayri safi üretim değeri 305,65 TL/da olarak hesaplanmıştır. Mısırın değişken masraflar toplamı 217,01 TL/da, üretim masrafları toplamı ise 305,65 TL/da olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4 Mısırın dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti

YAPILAN İŞLEMLER	İŞLEM ZAMANI ve SAYISI		HARCANAN İŞGÜCÜ (saat/dekar)		Materyal	Birim	Birim Fiyatı TL	Tutarı TL	AÇIKLAMA
			İNSAN	MAKİNE					
TOPRAK İŞLEME VE EKİM									
Derin sürüm	Ağu-Eyl	1	0,33	0,33	2,0	da	2,37	5,73	2-3 gövdeli pulluk
İkinci Sürüm	Mar-Nis		0,36	0,36	1,5	da	2,37	4,64	Kazayağı
Üçleme	Nisan-May	1	0,11	0,11	1,5	da	2,37	3,89	Tırmık
Ekim+Gübreleme	Nisan-May	1	0,14	0,14	1,0	da	2,37	2,70	Ekim makinesi
Ekim+Gübreleme	Nisan-May		0,14			sa	3,00	0,42	Ekim Yardımcı
TOPLAM			1,08	0,94				17,37	
BAKIM İŞLERİ									
Gübreleme	Haziran	1	0,09	0,09	0,5	da	2,37	1,46	Gübreleme makinesi
Gübreleme	Haziran		0,09			sa	3,00	0,27	Yardımcı
İlaçlama	Mar-Nis	1	0,09	0,09	0,5	da	2,37	1,46	İlaçlama makinesi
İlaçlama	Mar-Nis		0,09			sa	3,00	0,27	Yardımcı
Çapalama	May-Haz		0,90			sa	2,50	2,25	Kadın İşçi
Sulama	May-Ağus	2	0,60	2,00	3,0	da	2,37	32,04	Motopomp+İşçil ik
TOPLAM			1,86	2,18				37,74	
HASAT-HARMAN- TAŞIMA									
Hasat	Temmuz	1	0,12	0,12		da	9,00	9,00	Biçerdöğer
Hasat (Kurutma)	Temmuz				1,0	sa	42,00	42,00	Kurutma%24- %14e
Taşıma	Temmuz		0,05	0,05		kg	0,01	7,00	Traktör-Römork
TOPLAM			0,17	0,17				58,00	

Çizelge 4.4 Mısırın dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti (devamı)

ÇEŞİTLİ GİRDİLER									
Tohum					13,0	kg	2,50	32,50	Sertifikalı
Gübre (P2O5)					30,0	kg	0,68	20,40	%20-20-20 Komp
Gübre(N)					30,0	kg	0,65	19,50	%26 A.Nitrat
Arazi Koruma Ücreti		1				da	1,50	1,50	ÇMK Derneği
İlaç					0,2	kg	60,00	12,00	Ekip
Su		1				da	18,00	18,00	Sulama Birliği
TOPLAM								103,90	
MASRAFLAR TOPLAMI								217,01	
ORTAK GİDERLER									
Çeşitli Giderler									10,85
Arazi Kirası									50,00
Sermaye Faizi									19,45
Yönetim Gideri									8,34
TOPLAM									88,64
GENEL TOPLAM			1,32	0,81					305,65
VERİM	(kg/da)		700						
YAN ÜRÜN GELİRİ	(TL/da)		0,00						
ÜRETİM MALİYETİ	(TL/da)		305,65						
ÜRETİM MALİYETİ	(TL/kg)		0,44						
TALEP EDİLEN ÜRÜN FİYATI	(TL/kg)		0,57						
NOT:1- Hesaplamalarda, Doğrudan gelir desteği, Mazot desteği, Yem bitkileri desteği vb. herhangi bir destekleme dikkate alınmamıştır.									
NOT:2-Talep edilen ürün fiyatı hesaplanırken, maliyet fiyatına % 30 üretici karı eklenmiştir.									

	nisan
Mazot	2,37
Erk.İşçilik Saat/TL	3,00
Biçer-Döğer	9,00
Taşıma	20,00
Arazi Kirası	50,00
Arazi Koruma Ücreti	1,50
İlaç	60,00
Kadın İşçilik Saat/TL	2,50
Sulama ücreti	18
Tohum Fiyatı	2,50
Tohum Miktarı	13,00
Kurutma %24den %14e	42,00

	Miktarı	Tutarı	Gübre Fiyatı
%20-20-20 Kom	30	20,40	0,68
%26 A.Nitrat	30	19,50	0,65

Patates üretim girdileri, üretim masrafları ve kârlılık durumu Çizelge 4.5'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde patates üretimi için sürüm, ekim, dikim ikileme, gübreleme ve çapalama işlemlerinin Eylül-Temmuz ayları arasında yapıldığı görülmektedir.

Toprak hazırlığı için dekara toplam 5,33 saat erkek işgücü, 1,93 saat çeki gücü kullanılmaktadır. Patatesin bakım işlemleri Mayıs-Ekim ayları arasında yapılmaktadır. Bakım işlemleri için dekara toplam 9,5 saat erkek işgücü, 12,17 saat çeki gücü kullanıldığı görülmektedir. Bakım işleri içinde ilaçlama ve sulama işleri vardır. Hasat ve taşımada dekara kullanılan erkek işgücü dekara 23,25 saat, çeki gücü ise dekara 0,68 saat olarak hesaplanmıştır.

Patates verimi 3420 kg/da olarak hesaplanmıştır. Patates üretim maliyeti 0,25 TL/kg olarak hesaplanmıştır. Patatesin masraflar toplamı 562,12 TL/da olarak hesaplanmıştır

Çizelge 4.5 Patatesin dekara ortalama üretim girdileri ve maliyeti

YAPILAN İŞLEMLER				GİRDİLER					BİRİM	TUTAR	
		İŞLEM	İŞLEM	İNSAN		MAKİNA		BİRİM	BİRİM	FİYAT	AÇIKLAMALAR
		ZAMANI	SAYISI	GÜCÜ (sa)	TUTAR (TL)	GÜCÜ (sa)	TUTAR (TL)		GÜCÜ (sa)	TUTAR(TL)	
TOPRAK İŞLEME VE EKİM	Sürüm	Eylül -Ekim	1	0,32	1,12	0,32	9,92	Saat	31,00	11,04	2-3 gövdeli pulluk
	İkileme	Mart - Nisan	2	0,24	0,84	0,24	7,44	Saat	31,00	8,28	2-3 gövdeli pulluk
	Dikim	Nisan	1	0,71	2,485	0,71	22,01	Saat	31,00	24,50	Kank Pulluğu
	Dikim	Nisan	1	2,86	10,01			Saat	3,50	10,01	Yardımcı (2 tane)
	Gübreleme	Mart	1	0,22	0,77	0,22	6,82	Saat	31,00	7,59	Makine (Dikimde)
	Gübreleme	Mayıs	1	0,54	1,89			Saat	3,50	1,89	Elle serpme
	Çapalama	Mayıs - Temmuz	2	0,44	1,54	0,44	13,64	Saat	31,00	15,18	Makine
BAKIM	Sulama	Haziran - Temmuz	4	8	28	10,67	51,41333	Saat	4,82	79,41	Yağmurlama
	İlaçlama	Mayıs-Temmuz	2	0,43	1,505	0,43	13,33	Saat	31,00	14,84	Makina
	Koruma ücreti							Dekar	1,50	1,50	ÇMK
	Hasat	Eylül -Ekim	1	1,07	3,75	1,07	33,17	Saat	31,00	36,92	Hasat makinası
HASAT	Toplama-Ayrım	Eylül -Ekim		19,84	49,60			Saat	2,50	49,60	
VE	Yükleme-Boşaltma	Eylül -Ekim		2,73	9,56			Saat	3,50	9,56	
TAŞIMA	Taşıma	Eylül -Ekim		0,68	2,38	0,68	21,08	Saat	31,00	23,46	Traktör-Kamyon
	Tohum	Eylül -Ekim						220	0,70	154,00	
	Gübre (N)	Eylül -Ekim						40 kg	0,55	22,00	% 21 Amonyum sülfat
GENEL	Gübre (P)	Eylül -Ekim						25 kg.	1,60	40,00	% 18-46 DAP
VE	Gübre (N)							20 kg.	0,54	10,70	% 26 Amonyum Nitrat
ORTAK	İlaç								50,00	30,00	Çeşitli
GİDERLER	Su Bedeli							Dekar	11,66	11,66	DSİ
MASRAFLAR TOP. (YTL)								Dekar		562,12	
Genel İdare Giderleri % 3								Dekar		16,8637	
Masrafların Faizi % 17,5								Dekar		98,3716	

Çizelge 4.5 Patatesin dekarara ortalama üretim girdileri ve maliyeti (devamı)

Arazi Kirası								Dekar		50,00	
MAS. GENEL TOP. (TL)								Dekar		727,36	
Dekara verim (Kg)								3420			
1 Kg Patatesin Mal. (TL)								0,21			
1 Kg Patatesin Mal. (TL)								0,20			Tarla Kirası Hariç
2007 Yılı Borsada Oluşan Ortalama Fiyatı (TL)								0,25			
Talep Edilen Fiyat (TL)								0,276			
Yan ürün gelirlerinde desteklemeler dikkate alınmamıştır.											
Verimler normal koşullarda ilimizde elde edilen ortalama değeri ifade etmektedir.											

114

	TRAKTÖR		
	BİRİM	FİYATI	TUTARI
Mazot gideri	6,00	3,00	18,00
İşçilik	1,00	3,50	3,50
Amortisman	6.000	60.000	10,00
Tamir-Bakım	0,00005	60.000	3,00
TOPLAM			34,50
Makine işgücü için			31,00
Erkek işgücü için			3,50
Kadın İşgücü için			2,5

	MOTOPOMP		
	BİRİM	FİYATI	TUTARI
Mazot gideri	1,50	3,00	4,50
Amortisman	15.000	3.000	0,20
Tamir-Bakım	0,00004	3.000	0,12
TOPLAM			4,82

Denemelerde kullanılan biyoetanol hammaddelerinin yukarıda belirlenen üretim maliyetleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 1 kg biyoetanol hammaddesinin üretim maliyetleri

Hammadde	Üretim maliyeti (TL/kg)
Şekerpancarı	0,11
Buğday	0,58
Arpa	0,54
Mısır	0,44
Patates	0,21

1 ton şekerpancarından 110 l, buğdaydan 340 l, arpadan 250 l, mısırdan 360 l ve patatesten 110 l biyoetanol üretilmektedir (Balat vd. 2007). Bu değerlere göre; 1 l biyoetanol üretmek için kullanılan hammadde miktarları çizelge 4.7’de verilmiştir. 1 l biyoetanol üretilmesi için 10 kg şekerpancarı, 3 kg buğday, 4 kg arpa, 3 kg mısır ve 10 kg patatese gerek vardır.

Çizelge 4.7 1 l. biyoetanol üretmek için kullanılan hammadde miktarları

Hammadde	kg hammadde/l biyoetanol
Şekerpancarı	10
Buğday	3
Arpa	4
Mısır	3
Patates	10

Her iki çizelgede verilen değerler dikkate alınarak 1 litre biyoetanol için hesaplanan hammadde üretim maliyetleri çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 1 l biyoetanol hammadde üretim maliyetleri

Hammadde	Biyoetanol hammadde üretim maliyeti (TL/l)
Şekerpancarı	1,10
Buğday	1,74
Arpa	2,16
Mısır	1,32
Patates	2,10

Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanolün üretim maliyeti 1,10 TL/l, buğdayın 1,74 TL/l, arpanın 2,16 TL/l, mısırın 1,32 TL/l, patatesin 2,10 TL/l olarak hesaplanmıştır. Buna göre arpadan üretilen biyoetanolün üretim maliyeti en yüksektir, en ekonomik olan şekerpancarı, sırasıyla mısır ve buğdaydır.

Biyoetanolün maliyeti konusunda Türkiye Şeker Fabrikaları tarafından 2004 yılı koşullarına göre yapılan maliyet analizinde 0,4 TL/kg – 0,5 TL/kg. pancar fiyatına göre alkol maliyeti (%62,49 Hammadde, %8,49 işçilik ve %28,02 diğer) 1 TL/l olduğu hesaplanmıştır. Şekerpancarı verim ve maliyet konularının irdelenmesinde; verim 66 ton/hektar, biyoetanol üretimi 100l/ton pancar olarak alındığında, üretimdeki hammadde maliyetinin 200-324 TL/m³ üretimdeki süreç maliyeti 218 TL/m³ ve toplam üretim maliyetinin ise 415-539 TL/m³ olduğu belirtilmektedir (Oruç, 2008). Bu çalışmadan görüldüğü gibi biyoetanol üretiminde yaklaşık %63 ile en büyük maliyet payı hammaddeye ait olmaktadır.

Şekerpancarı kullanılarak elde edilen biyoetanolün üretim maliyeti Türk Şeker'den alınmış olup, mısır, buğday, arpa ve patatesden elde edilen biyoetanol üretim maliyeti verileri ise bu hammaddeleri kullanarak biyoetanol üreten firmalarla görüşülerek ortalama bir tutar olarak belirlenmiştir.

Biyoetanolün ÖTV miktarı, harmanlandığı benzinden alınan ÖTV miktarıyla aynı şekilde olup, en son 31.12.2009 tarihli ve 27449 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 2009/15725 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı uyarınca belirlenen ÖTV miktarları uygulanmıştır. Bu uygulamaya göre, 95 oktan katkılı kurşunsuz benzinin ÖTV tutarı 1,8915 TL/litre, 98 oktan katkılı kurşunsuz benzinin ÖTV tutarı ise 2,0135 TL/litre olarak belirlenmiş olup, biyoetanolün ÖTV tutarı 95 oktan benzinin ÖTV tutarı olarak kullanılmıştır (Hatunoğlu 2010).

Hammadde olarak şeker pancarı, buğday, arpa, mısır ve patatesten üretilen biyoetanol satış maliyetleri 2010 yılına ait veriler kullanılarak hesaplanmış olup Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Bir litre biyoetanol satış maliyeti

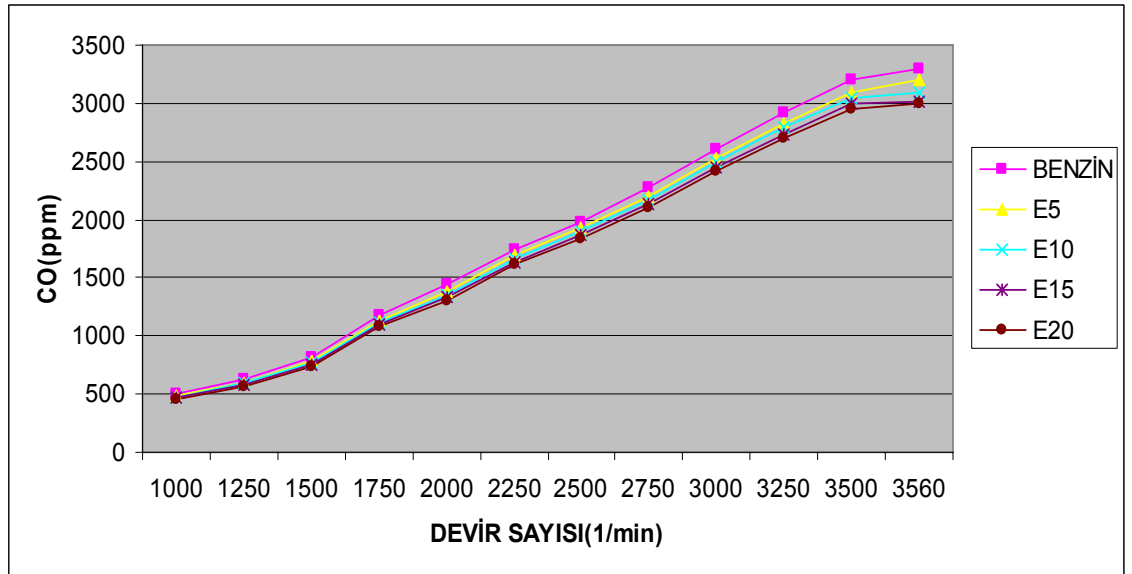
Hammadde türü	Üretim maliyeti (TL/litre)	ÖTV (TL/litre)	ÖTV dahil maliyet (TL/litre)	KDV(%18)	Tüm vergiler dahil maliyet (TL/litre)	Bayi kar payı (%5)	Satış maliyeti (TL/litre)
Şekerpancarı	1,74	1,89	3,63	0,65	4,28	0,21	4,49
Buğday	1,80	1,89	3,69	0,66	4,35	0,22	4,57
Arpa	1,72	1,89	3,61	0,65	4,26	0,21	4,47
Mısır	1,70	1,89	3,59	0,65	4,24	0,21	4,45
Patates	1,92	1,89	3,81	0,68	4,49	0,22	4,71

Çizelgeye göre satış maliyetinin kullanılan hammaddeye göre fazla değişmediği ve maliyetinin 4,5 TL/litre civarında olduğu görülmektedir. 95 oktan kurşunsuz benzinin satış fiyatı 4,19 TL/litre’dir. Benzin ve biyoetanolün satış maliyeti karşılaştırıldığında, biyoetanolün benzine göre yaklaşık % 7 daha pahalı olduğu belirlenmiştir.

4.3 Farklı Biyoetanollerin Çevresel Etkisi

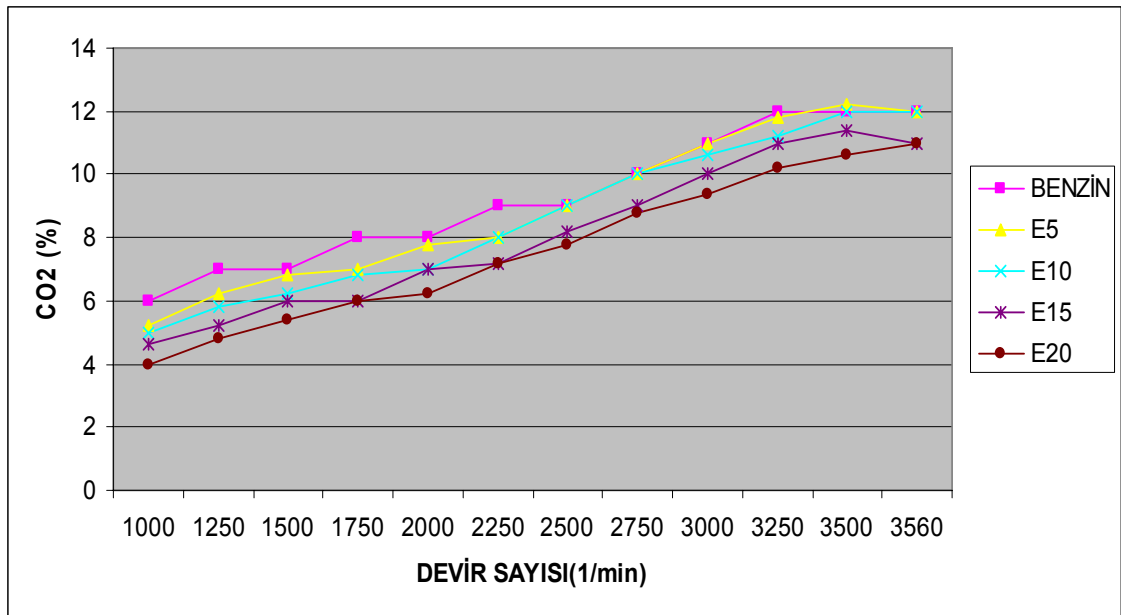
Motor denemelerinde belirlenen farklı hammaddeler ve karışım oranları için egzoz emisyonları değerleri aynı karışım oranlarında ortalamaları alınarak benzinle karşılaştırmalı olarak Şekil 4.5- 4.7 arasında verilmiştir.

Motorun değişik devirlerine bağlı olarak CO emisyonunda bir artış görülmektedir. CO emisyonun en yüksek benzinde en düşük E20 yakıtlarında elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı artıkça CO emisyonları düşmüştür. Elde edilen bu sonuç daha önce yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Koç 2006, Jia etal. 2005, Özsezen ve ark. 2008). En yüksek CO emisyonu değeri 3560 1/min'da elde edilmiş olup CO emisyonundaki benzine göre azalma E5 yakıtında %2,8, E10 yakıtında %5,8, E15 yakıtında %8,6 ve E20 yakıtında %11 azalma olmuştur.



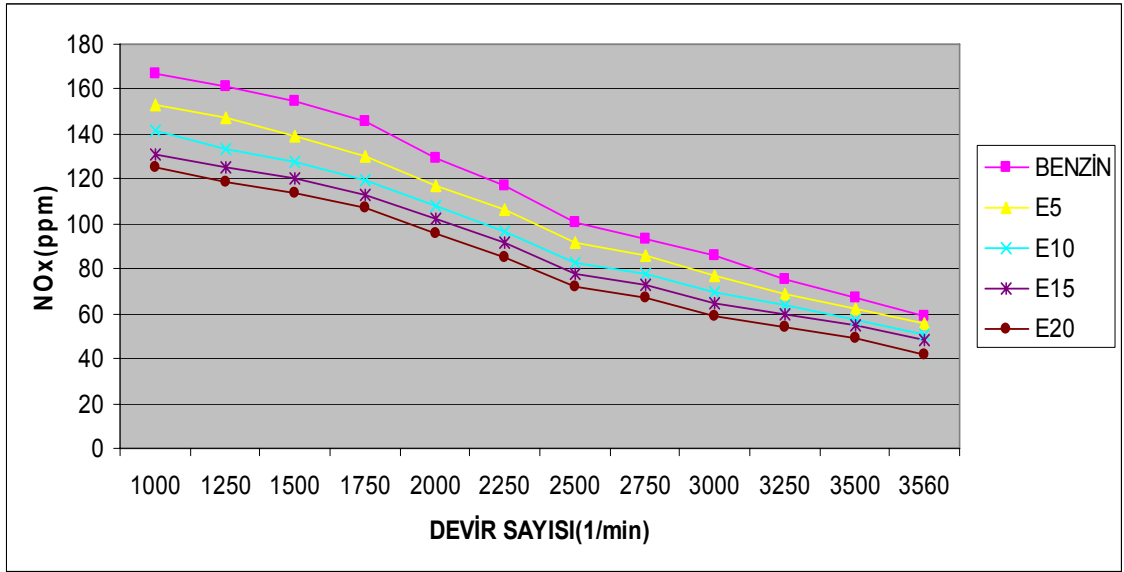
Şekil 4.5 Biyoetanol benzin karışımı yakıtlarının CO emisyonu değişimi

Motorun değişik devirlerine bağlı olarak CO₂ emisyonunda bir artış görülmektedir. CO₂ emisyonu en yüksek benzinde en düşük E20 yakıtlarında elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı artıkça CO₂ emisyonları düşmüştür. Elde edilen bu sonuç daha önce yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Koç 2006,  zsezen ve ark. 2008). En yüksek CO₂ emisyonu değeri 3560 1/min’da elde edilmiş olup CO₂ emisyonundaki benzine göre E5, E10 yakıtlarında benzine aynı değer elde edilmiş, E15 ve E20 yakıtlarında %8,3 azalma olmuştur.



şekil 4.6 Biyoetanol benzin karışımı yakıtlarının CO₂ emisyonu değişimi

Motorun değişik devirlerine bağlı olarak NO_x emisyonunda bir azalma görülmektedir. NO_x emisyonu en yüksek benzinde en düşük E20 yakıtlarında elde edilmiştir. Etanolün benzine göre daha düşük alev sıcaklıklarına sahip olması, yanma işleminin iyileşmesini ve yanma ürünleri içindeki NO_x’lerin azalmasını sağlamaktadır. Elde edilen bu sonuç daha önce yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Kızıltan 1988, Faroog 1988, Koç 2006). Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı artıkça NO_x emisyonları düşmüştür. En düşük NO_x emisyonu değeri 3500 1/min’da elde edilmiş olup benzine göre azalma; E5 yakıtında %5, E10 yakıtında %13,5, E15 yakıtında %18,6 ve E20 yakıtında %28,8 olmuştur.



Şekil 4.7 Biyoetanol benzin karışımı yakıtlarının NO_x emisyonu değişimi

Çevresel etki konusunda yapılan ve yöntem bölümünde verilen çalışmalardan yararlanılarak; yakıtların yaşam döngüsünde benzine göre sera gazı salımında azaltım oranları;

- Mısırdan elde edilen biyoetanolde %15-%40 oranında (Childs ve Bradley, 2007) ve %25-%35 oranında (Anonymous 2008d) azalma,
- Şeker kamışında %55-%90 oranında (Childs ve Bradley, 2007) ve %68-%88 oranında (Anonymous 2008d) azalma,
- Selülozik (sap-saman) biyoetanolde %60-%70 oranında azalma (Childs ve Bradley, 2007),
- Selülozik (ot-çimen) biyoetanolde %65-%90 oranında azalma (Childs ve Bradley, 2007),
- Şekerpancarından elde edilen biyoetanolde %39-% 59 oranında (Anonymous 2008d) azalma

olarak belirtilmektedir.

Bu konuda yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere; biyoyakıtların sera gazı salınımını azaltmadaki oranları hammaddeye göre değişmektedir. Şeker kamışı ve selülozik hammaddelerden üretilen biyoyakıtların sera gazı salınımının azaltılmasında en yüksek katkıyı yaptıkları, buna karşılık şeker pancarı ve mısırdan üretilen biyoyakıtların sera gazı salınımı üzerinde daha düşük etkisinin olduğu vurgulanmaktadır.

4.4 Motor Performansı, Ekonomiklik Ve Çevresel Etki Açısından Optimum Hammaddenin Belirlenmesi

Farklı hammaddelerden elde edilmiş biyoetanol benzin karışımlarıyla yapılan denemelerde elde edilen motor karakteristik değerleri ve egzoz emisyonları Çizelge 4.10'da benzin karakteristik değerleriyle karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çizelgedeki değerlerden aşağıda verilen özellikler belirlenmiştir.

Benzin-biyoetanol karışımlarıyla yapılan motor denemeleri sonucunda;

- Benzin içerisine biyoetanol ilavesiyle motor gücünde azalma olmaktadır ve karışımdaki biyoetanol oranı arttıkça güçteki azalma da artmaktadır. Etanolün ısı değeri benzine göre düşük olması ve %4 oranındaki su içeriği güçte azalmaya neden olmaktadır.
- Karışım içerisindeki biyoetanol miktarı arttıkça benzine göre yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değerlerinde artış olmuştur.
- Egzoz emisyonlarında da; karışım oranındaki biyoetanol miktarı arttıkça CO, CO₂ ve NO_x değerlerinde artan bir azalma belirlenmiştir.

Denemelerde elde edilen karışım oranına bağlı olarak güç, özgül yakıt tüketimi ile egzoz emisyonlarındaki benzine göre değişimler birlikte incelendiğinde;

- E5 karışım oranında benzine göre güçte %2,2 azalma, yakıt tüketiminde %5,6 artış ve özgül yakıt tüketiminde %8,0 artış olurken; emisyonlardaki azalma CO için 2,8, CO₂ için 0 ve NO_x için %5 olarak gerçekleşmiştir.
- E10 karışım oranında benzine göre güçte %3 azalma, yakıt tüketiminde %7,1 artış ve özgül yakıt tüketiminde %10,5 artış olurken; emisyonlardaki azalma CO için 5,8, CO₂ için 0 ve NO_x için %13,5 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.10 Biyoetanol karışimli yakıtların benzine göre motor performans ve egzoz emisyon değerlerinin değişimi

Yakıtlar	Maksimum moment (Nm)		Maksimum güç (kW)		Maksimum güçteki yakıt tüketimi (kg/h)		Maksimum güçteki özgül yakıt tüketimi (kg/kWh)		Maksimum güçteki egzoz bileşenleri					
	2500 l/min	Benzine göre değişim (%)	3560 l/min	Benzine göre değişim (%)	3560 l/min	Benzine göre değişim (%)	3560 l/min	Benzine göre değişim (%)	CO (ppm)	Benzine göre değişim (%)	CO ₂ (%)	Benzine göre değişim (%)	NOx (ppm)	Benzine göre değişim (%)
Benzin	11,71	-	3,68	-	1,515	-	0,410	-	3290	-	12	-	59	-
E5	11,41	-2,5	3,60	-2,2	1,600	+5,6	0,444	+8,0	3198	-2,8	12	-	56	-5,0
E10	11,35	-3,0	3,57	-3,0	1,623	+7,1	0,454	+10,5	3099	-5,8	12	-	51	-13,5
E15	11,30	-3,5	3,54	-3,8	1,665	+9,9	0,470	+14,6	3008	-8,6	11	-8,3	48	-18,6
E20	11,25	-3,9	3,52	-4,3	1,699	+12,1	0,482	+17,3	2928	-11,0	11	-8,3	42	-28,8

“-“ Benzine göre azalma

“+” Benzine göre artış

- E15 karışım oranında benzine göre güçte %3,8 azalma, yakıt tüketiminde %9,9 artış ve özgül yakıt tüketiminde %14,6 artış olurken; emisyonlardaki azalma CO için 8,6, CO₂ için 8,3 ve NO_x için %18,6 olarak gerçekleşmiştir.
- E20 karışım oranında benzine göre güçte %4,3 azalma, yakıt tüketiminde %12,1 artış ve özgül yakıt tüketiminde %17,3 artış olurken; emisyonlardaki azalma CO için 11, CO₂ için 8,3 ve NO_x için %28,8 olarak gerçekleşmiştir.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde; benzin biyoetanol karışımlarıyla motorda çalışmada; artan biyoetanol karışım oranıyla birlikte güçte azalma ve yakıt tüketimindeki artışa rağmen egzoz emisyonlarında, özellikle de CO ve NO_x emisyonlarında kayda değer bir azalma olmuştur. CO₂ emisyonlarında ise; benzine göre E5 ve E10 çalışmalarında değişiklik olmamış, E15 ve E20 denemelerinde azalma belirlenmiştir.

Deneme sonuçları, buji ateşlemeli motorlarda benzin yerine biyoetanol kullanıldığında motorda çok büyük bir güç kaybı olmadan, CO, CO₂ ve NO_x emisyonlarında azalmalar olduğunu göstermektedir.

Biyoetanollü çalışmada, benzinli çalışmaya göre CO emisyonu düşük çıkmasının nedeni etanollerin tek bir kaynama noktasına sahip oldukları için, benzine göre çok daha buharlaşması ve daha temiz yanmalarıdır. Ayrıca etanollerin alev sıcaklıklarının düşük olması yanma ürünleri içerisindeki CO emisyonunun azalmasını sağlamaktadır. Biyoetanolün soğutma etkisi ve alev sıcaklığının düşük olması sonucu yanma sonucu sıcaklığı düşmekte bu da NO_x emisyonunun düşmesine neden olmaktadır. Etanolün yapısında bulunan karbon atomunun benzine göre az olması ve C/H oranının benzinden düşük olması da CO₂ emisyonlarını düşürmektedir (Kızıltan 1988, Çolak 2006).

Motorlarda yakıtın yanması sonucunda egzozdan çıkan gazlar değerlendirildiğinde, biyoetanolün çevresel açıdan olumlu taraflarının bulunduğu görülmektedir. Bu noktada, Hill ve arkadaşları (2006) tarafından yapılan bir çalışmada araç motorlarında kullanılan fosil yakıtların ve biyoyakıtların sera gazı salım miktarları hesaplanmış ve biyoyakıtların daha az sera gazı salımına yol açtığı ortaya konulmuştur. Söz konusu çalışmanın verilerine göre, taşıt motorlarında kullanılan benzin net enerji başına 96,9

gr/MJ sera gazı salımına yol açarken, biyoetanolün motorda yanmasıyla ortaya çıkan sera gazının 84,9 gr/MJ olduğu görülmüştür. Bu çalışmayı destekleyici nitelikte bir çalışma da Ryan ve arkadaşları (2006) tarafından yapılmış olup, şeker kamışı ve lignoselülozik ürünlerden elde edilen biyoetanolün, fosil yakıtlara kıyasla karbondioksit salımını en fazla azaltan biyoyakıtlar olduğu hesaplanmıştır.

Farklı hammaddelerden üretilmiş biyoetanoller ve benzinle farklı karışım oranlarında motorda çalışmada; optimum hammaddenin seçimi için yöntem bölümünde verilen özellikler ve denemelerde elde edilen bulgular Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Karışım oranlarına bağlı olarak biyoetanol hammaddeleri arasında karşılaştırılma yapıldığında;

- Yakıt enerjisi (kWh/l) açısından incelendiğinde; şekerpancarı ve buğdayda E5 yakıt karışımında en yüksek değer elde edilmiştir. Benzine göre E5 karışım oranında %5,9-%8,5, E10 karışım oranında %6,2-%10,2, E15 karışım oranında %9,0-%14,2 ve E20 karışım oranında %9,9-%15,0 yakıt enerjisinde azalma olmuştur. Hammadde cinsine göre yakıt enerjisi değerleri incelendiğinde; örneğin, benzinde 1,711 kWh/l, hammaddelerin E20 karışım oranında, şeker pancarında 1,541 kWh/l, buğdayda 1,506 kWh/l, arpada 1,465 kWh/l, mısırdaki 1,505 kWh/l ve patatesteki 1,454 kWh/l’lik değerler elde edilmiştir.

Enerji değeri benzine göre düşük olan biyoetanol, aynı miktar benzinden elde edilen enerjinin yaklaşık %66’sı kadar enerji sağlamaktadır. Buna karşın, oktan seviyesi benzine kıyasla daha yüksek olan biyoetanolün benzinle harmanlanarak kullanılması motor performansını da artırmaktadır (Hatunoğlu 2010).

- Hammadde maliyeti açısından; en ekonomik karışım oranı E5’dir. En ekonomik hammadde şekerpancarıdır. Şekerpancarının E5 karışım oranındaki hammadde maliyeti 0,055 TL/l, buğdayın 0,087 TL/l, arpanın 0,108 TL/l, mısırın 0,066 TL/l ve patatesin 0,105 TL/l’dir. Şekerpancarı, buğdaya göre %58, arpaya göre %96, mısıra göre %20 ve patatese göre %90 daha ucuzdur.

Çizelge 4.11 Biyoetanol üretiminde kullanılan hammaddelerin motor performansı ve maliyet açısından karşılaştırılması

Hammadde	Karışım oranı	Özgül kütle (kg/l)	Maksimum güç (kW)	Anma devir sayısındaki özgül yakıt tüketimi (kg/kWh)	Yakıt enerjisi (kWh/l)	Hammadde üretim maliyeti (TL/l)	Yakıt maliyeti (TL/l)	Enerji maliyeti (TL/kWh);
Benzin	E0	0,702	3,68	0,411	1,711	-	4,190	2,449
Şeker pancarı	E5	0,699	3,59	0,435	1,609	0,055	4,205	2,614
	E10	0,708	3,58	0,441	1,604	0,110	4,220	2,631
	E15	0,710	3,55	0,456	1,556	0,165	4,235	2,722
	E20	0,716	3,53	0,465	1,541	0,220	4,250	2,758
Buğday	E5	0,715	3,59	0,440	1,625	0,087	4,209	2,591
	E10	0,716	3,52	0,452	1,585	0,174	4,228	2,667
	E15	0,717	3,47	0,476	1,508	0,261	4,247	2,817
	E20	0,718	3,46	0,477	1,506	0,348	4,266	2,833
Arpa	E5	0,707	3,59	0,451	1,567	0,108	4,204	2,683
	E10	0,712	3,58	0,464	1,536	0,216	4,218	2,747
	E15	0,713	3,57	0,485	1,471	0,324	4,232	2,876
	E20	0,720	3,56	0,492	1,465	0,432	4,246	2,899
Mısır	E5	0,703	3,61	0,448	1,579	0,066	4,203	2,662
	E10	0,713	3,62	0,453	1,572	0,132	4,216	2,683
	E15	0,711	3,59	0,474	1,516	0,198	4,229	2,789
	E20	0,727	3,52	0,480	1,505	0,264	4,242	2,819
Patates	E5	0,700	3,59	0,448	1,561	0,105	4,216	2,701
	E10	0,714	3,56	0,461	1,550	0,210	4,242	2,737
	E15	0,715	3,53	0,487	1,467	0,315	4,268	2,909
	E20	0,721	3,51	0,496	1,454	0,420	4,294	2,952

- Yakıt maliyeti açısından en ekonomik hammadde şekerpancarı ve mısırdır. E5 karışım oranı en ekonomik karışım oranıdır. Benzine göre E5 karışım oranı ile karşılaştırdığımızda, yakıt maliyetinde şekerpancarı için %0,3, buğday için %0,4, arpa için %0,3, mısır için %0,3 ve patates için %0,6 artış olmuştur. En düşük maliyetli yakıt mısırdan elde edilen E5 karışımlı yakıttır.
- Enerji maliyeti açısından en ekonomik hammadde buğdaydır. E5 karışım oranı enerji maliyeti açısından en ekonomik karışım oranıdır. Benzine göre E5 karışım oranı ile karşılaştırdığımızda, enerji yakıt maliyetinde şekerpancarı için %6,7, buğday için %5,7, arpa için %9,5, mısır için %8,6 ve patates için %10,2 artış olmuştur.

Biyoetanol hammaddeleri motor performansları açısından değerlendirildiğinde; hammadde cinsi ne olursa olsun, kimyasal bileşiminin aynı olması nedeniyle özgül kütle, ısı değeri gibi özellikler açısından çok büyük farklılıklar olmamaktadır. Biyoetanol için en uygun hammadde seçiminde; hammaddelerin tarımsal özellikleri, ekonomik özellikler ve biyoetanol özelliklerini dikkate almak gereklidir.

Hammaddelerin tarımsal özellikleri olarak; yetiştirilmesi sürecindeki girdi enerji değerleri, hammaddenin hasat sonrası durumundan biyoetanol üretimi aşamasına gelene kadar depolanabilmesi kriteri, Türkiye'deki üretim miktarı, hektar başına verim ve yapılan masraflar dikkate alındığında en avantajlı hammadde buğday, mısır ve bunu şekerpancarı takip etmektedir.

Biyoetanol özellikleri olarak 1 ton hammaddeden elde edilen biyoetanol miktarını (biyoetanol verimi), biyoetanol üretim özellikleri ve üretim sonrası yan ürünler dikkate alındığında; en uygun hammadde buğday ve bunu mısır takip etmektedir.

Ekonomik özellikler açısından birim hacim biyoetanol için hammadde üretim maliyetleri dikkate alındığında en uygun hammadde şekerpancarıdır ve bunu mısır takip etmektedir. Enerji maliyetleri dikkate alındığında en uygun hammadde buğdaydır ve bunu şekerpancarı takip etmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmada bir buji-ateşlemeli motorda, benzin ve benzin-etanol karışımı yakıtlarının kullanılması durumunda; motor performans özellikleri ve kullanılan biyoetanollerin maliyet hesapları ve çevresel etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Şeker pancarı, buğday, arpa, mısır ve patatesden elde edilen biyoetanoller ile % 0, % 5, % 10, %15 ve % 20 oranlarında benzin-etanol karışımlarıyla yapılan motor denemelerinde elde edilen sonuçların ortalama değerleri aşağıda özetlenmektedir:

- En yüksek efektif motor gücü benzinle çalışmada, en düşük efektif güç ise E20 yakıtlarından elde edilmiştir. Karışım yakıtlarında biyoetanol miktarı artıkça efektif güç azalmıştır. Motor efektif gücünde benzinle yapılan çalışmaya göre; E5 yakıtında %2,2, E10 yakıtında %3,0, E15 yakıtında %3,8 ve E20 yakıtında %4,3 azalma olmuştur.
- En yüksek özgül yakıt tüketimi E20 yakıtında en düşük benzinde elde edilmiştir. Biyoetanol oranı artıkça özgül yakıt tüketimi de artmıştır. En düşük özgül yakıt tüketimi değeri 2750 1/min'da elde edilmiş olup benzine göre; E5 yakıtında %8, E10 yakıtında %10,5, E15 yakıtında %14,6 ve E20 yakıtında %17,3 artış olmuştur.

Farklı hammaddelerden üretilmiş biyoetanoller ve bunların benzinle karışımlarıyla yapılan denemelerde elde edilen egzoz emisyonları ortalama değerleri incelendiğinde;

- Denemelerde, benzinden çıkan CO emisyonu salımına göre, biyoetanol karışimli yakıtlardan çıkan CO emisyonu salımında azalma meydana gelmiştir. En düşük CO emisyonu E20 yakıtında elde edilmiştir. Anma devir sayısındaki çalışmada; CO emisyonundaki benzine göre azalma E5 yakıtında %2,8, E10 yakıtında %5,8, E15 yakıtında %8,6 ve E20 yakıtında %11 azalma olmuştur.
- Denemelerde, karışımdaki biyoetanol miktarı artıkça CO₂ emisyonunda benzine göre azalma meydana gelmiştir. En düşük CO₂ emisyonu E20 yakıtlarında elde edilmiştir. 3560 1/min'da benzinle çalışmaya göre E5 ve E10 karışım

oranlarında CO₂ emisyonunda bir değişiklik olmamıştır, E15 karışım oranlarında %8,3 ve E20 karışım oranında %8,3 azalma olmuştur.

- Denemelerde, karışım ile çalışmada NO_x emisyonunda benzine göre azalma meydana gelmiştir. En düşük NO_x emisyonu E20 yakıtlarında elde edilmiştir. 3560 1/min’da benzine göre NO_x emisyonunda, E5 karışım oranlarında %5, E10 karışım oranlarında %13,5, E15 karışım oranlarında %18,6 ve E20 karışım oranlarında % 28,8 azalma olmuştur.

Benzin biyoetanol karışımlarıyla motorda çalışmada; artan biyoetanol karışım oranıyla birlikte güçte azalma ve yakıt tüketimindeki artışa rağmen, egzoz emisyonlarında, özellikle de CO ve NO_x emisyonlarında kayda değer bir azalma olmuştur. CO₂ emisyonlarında ise; benzine göre E5 ve E10 çalışmalarında değişiklik olmamış, E15 ve E20 denemelerinde azalma belirlenmiştir.

Düşük oranlarda biyoetanol kullanıldığında da yakıtın benzine oranla oktan sayısı daha yüksektir. Ayrıca oksijen içeriği daha fazladır ve benzine oranla daha iyi yanar. Dolayısı ile daha az zararlı emisyon değerlerine sahiptir (Anonymous 2004b).

Biyoyakıtlar sera gazı emisyonlarının büyük ölçüde azalmasını sağlamaktadır. Yakıt olarak mısırdan elde edilen biyoetanol kullanıldığında %15-%40, şekerpancarından elde edilen biyoetanol kullanıldığında %39-%59, şekerkamışından elde edilen biyoetanol kullanıldığında %55-%90 oranında sera gazı emisyonunda azalma olmaktadır. Buna karşılık selülozdan elde edilen biyoetanollerde %60-%90 oranında sera gazı emisyonunda azalma olmaktadır (Childs ve Bradley, 2007).

Farklı hammaddelerden üretilmiş biyoetanollerin maliyetleri incelendiğinde;

- Hammaddelerin üretim maliyetleri; şeker pancarı için 0,11 TL/kg, buğday için 0,58 TL/kg, arpa için 0,54 TL/kg, mısır için 0,44 TL/kg ve patates için 0,21 TL/kg olarak hesaplanmıştır. 1 kg biyoetanol üretimi için gerekli farklı hammadde miktarları dikkate alınarak hesaplama yapıldığında, 1 litre biyoetanol için hammadde üretim maliyetleri; şeker pancarı için 1,1 TL/l, buğday için 1,74

TL/l, arpa için 2,16 TL/l, mısır için 1,32 TL/l ve patates için 2,1 TL/l olarak belirlenmiştir.

- Diğer taraftan farklı hammaddelerden biyoetanol üretici firmalardan alınan değerlerle hesaplama yapıldığında, biyoetanol satış değerleri şeker pancarı için 4,49 TL/l, buğday için 4,57 TL/l, arpa için 4,47 TL/l, mısır için 4,45 TL/l ve patates için 4,71 TL/l olmuştur. Görüldüğü gibi piyasada satılan biyoetanollerde hammaddeler açısından değerlendirildiğinde fiyat farkı çok fazla değildir.

Tez çalışmasında yapılan motor denemeleri, maliyet analizi ve çevresel etki incelemesi sonucunda elde edilen bu veriler ışığında; yakıt olarak biyoetanol kullanımında karışım oranı artıkça motor performansında azalma, yakıt tüketiminde ve maliyette artma olduğu belirlenmiştir. Yüksek biyoetanol karışım oranının tek avantajlı yanı egzoz emisyonlarının benzine göre daha iyi olmasıdır. Bu nedenle benzin-biyoetanol karışımı yakıtlar için en uygun karışım oranı olarak; AB kriterleri de dikkate alınarak %5 karışım oranı düşünülmektedir. Hammaddelerin tarımsal özellikleri, ekonomik özellikler ve biyoetanol özellikleri dikkate alınarak en uygun biyoetanol hammaddesi şekerpancarı, daha sonra da sırasıyla mısır ve buğdaydır. Ancak şekerpancarı ve mısırın üretimi sırasındaki yapılan işlemler (toprak işleme, bakım, hasat-harman, taşıma ve diğer girdiler) maliyeti buğdaya göre daha yüksektir. 1 da şekerpancarı yetiştiriciliği için yapılan masraf 662,80 TL, 1 da mısır yetiştiriciliği için yapılan masraf 217,01 TL iken bu durum 1 da buğday yetiştiriciliğinde masraf 136,60 TL olmaktadır. Ayrıca 1 litre biyoetanol üretmek için 10kg şekerpancarına ihtiyaç varken mısır ve buğdaydan 3 kg'a ihtiyaç vardır. Biyoetanol üretim maliyetinin yaklaşık %60'ını hammadde maliyeti oluşturduğundan dolayı buğday, şekerpancarına ve mısıra göre daha az masraflı olmaktadır. Bunun yanında Ülkemiz şartlarında şekerpancarı ve mısır yetiştiriciliği yapan bölgeler buğdaya göre daha az sayıdadır. Ayrıca buğdayın bakım ihtiyacı çok azdır ve yetiştiriciliği sırasında çevresel etkilerden (kuraklık, hastalık vb.) daha az etkilenmektedir. Bu durum buğday yetiştiriciliğini şekerpancarı ve mısıra göre daha avantajlı hale getirmektedir. Bütün bu sonuçlar doğrultusunda buğdayın, biyoetanol üretimi için en uygun hammadde olduğu düşünülmektedir.

Ulaşım sektöründe yakıt olarak biyoetanol kullanılması ile önemli yararlar sağlanmaktadır. Bu yararlar içerisinde en önemlileri; özellikle enerjide dışa bağımlı ülkeler için yerel enerji kaynağı olması ve fosil yakıtlarla çevreye verilen zararların azaltılmasıdır. Bu nedenlerle pek çok ülkede biyoetanol hammaddesi üretimi ve biyoetanol kullanımı için teşvik ve destekler uygulanmaktadır.

Biyoetanolün yurtiçi tarım pazarını genişletmesi, tarım kesimine bir canlılık getirmesi de önemlidir. Biyoetanolün çiftçilerin gelirlerini artırmaya ve ekim alanlarından daha fazla üretim almaya dönük çabalarına olumlu etkisi olmaktadır. Bunun yanında kullanılan tarımsal ürünün biyoetanol üretimi için bir hammadde olması yanında esas tüketim alanlarında özellikle gıda sektöründe bir arz sorunu yaratabilmekte ve fiyat yükselmelerine neden olabilmektedir.

Son yıllarda artan biyoyakıt üretimiyle “Gıda mı, yakıt mı?” sorusu gündeme gelmiştir. Biyoyakıt sektörünün yüksek miktarda tarımsal hammadde ihtiyacı küresel gıda arzında ciddi daralmalar meydana getirmekte, insanlığın yeterli ve sağlıklı beslenmesini olumsuz etkilemekte ve en önemlisi, küresel gıda arzının sağlanması boyutuyla gıda güvencesini tehlikeye sokmaktadır. Bu nedenle biyoetanol hammaddesi olarak gıda amaçlı bitkisel ürünler kullanmak yerine gıda amaçlı olmayan lignoselülozik biyokütlelerden yararlanılması çok daha uygun olacaktır.

Biyoyakıtlar, elde edilme sürecinde hammadde olarak kullanılan biyokütlenin gıda amaçlı kullanılıp kullanılmama özelliğine bağlı olarak iki ayrı grupta değerlendirilmektedir. Bunlardan ilki tarımsal üretim sonucu elde edilmiş ve gıda amaçlı kullanılabilen bitkisel ürünlerin hammadde olarak kullanıldığı biyoyakıtlardır. Dünyada üretilen biyoyakıtların çok büyük bir kısmını oluşturan bu tür biyoyakıtlara “birinci nesil biyoyakıtlar” denilmektedir. Diğer yandan, tarım ve ormancılık atıkları gibi gıda amaçlı kullanılmayan lignoselülozik biyokütlelerden ileri teknoloji kullanılarak elde edilen biyoyakıtlar ise “ikinci nesil biyoyakıtlar” olarak isimlendirilmektedir. İkinci nesil biyoyakıtların üretim sürecinde kullanılabilen su yosunları, algler, çayır, çimen, ot ile kavak ve söğüt gibi odunsu bitkiler, biyoyakıt hammadde maliyetini oldukça düşürmesine rağmen dönüşüm işleminde kullanılan

teknolojinin çok pahalı olması, ikinci nesil biyoyakıt üretiminin ekonomik olarak makul olmasını engellemektedir (Hatunoğlu 2010). Gıda güvenliği açısından ikinci nesil biyoyakıtlara ilişkin dönüşüm sürecinde kullanılan teknolojinin geliştirilmesi için Ar-Ge çalışmaları desteklenmeli ve teşvik edilmelidir.

Son 10 yıl içerisinde pek çok ülkede biyoetanol üretim maliyetlerinde düşüşler olsa da benzinin rafineri çıkış maliyeti ile karşılaştırıldığında biyoetanol üretim maliyetleri hala yüksektir. Bazı gelişmekte olan ülkelerde şekerkamışı hammadde olarak kullanıldığında düşük maliyetli sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bunun yanında benzinle yüksek karışım oranlarındaki biyoetanol kullanımı araçlarda uyarılma gerektirdiğinden ayrı bir maliyet kalemi oluşturmaktadır.

Tez çalışmasında incelenen hammaddelerin verim ve biyoetanol üretim konuları irdelendiğinde biyoetanolin maliyetinin benzinin giriş fiyatının üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Günümüzde etanolün benzine karışım oranı %5 olarak sınırlandırılmakla birlikte, piyasaya verilen biyobenzinde %2 düzeyinde yakıt alkolü bulunmaktadır. Maliye Bakanlığı tarafından benzine katılan biyoetanol için tanınan Özel Tüketim Vergisinin (ÖTV) %2 ile sınırlandırılmış olması etanol oranının düşük tutulmasının nedeni olarak kabul edilmekte ve bu vergi muafiyetinin %5'e çıkartılması etanol üreticileri tarafından istenilmektedir.

Biyoyakıt üretim politikaları açısından göze çarpan en önemli özellik; ülkelerin üretim sürecinde kullandıkları hammaddeleri ithal etmek yerine, ülkede yetiştirilen tarımsal ürünlerden sağlamaya çalışmalarıdır. Yerel üretime ağırlık verilip yeni istihdam ve gelir olanaklarının yaratılmasına fırsat veren bu politika birçok ülke tarafından benimsenmiş durumdadır. Bununla biyoetanol üretiminde kullanılacak tarımsal hammadde bakımından zengin bir çeşide sahip olan Ülkemizin spesifik bir üründe karar kılarak biyoetanol üretimini özellikle bu alana yönlendirmesi, ihtisaslaşmayı ve ölçek ekonomisinde faaliyet göstermeyi sağlayacağından ekonomik açıdan daha olumlu sonuçlar verecektir. Bu noktada, ülkemizde yeterlilik derecesi diğer hammaddelere göre yüksek olan şeker pancarı, mısır ve buğday biyoyakıt üretiminde ön plana çıkartılması gereken ürünler olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye’de buğday, şeker pancarı, mısır gibi hammaddelere yönelik biyoetanol üretimi yapılmak isteniyorsa; bunun tarımsal üretim amaçlı kullanılmayan arazilerde enerji tarımı şeklinde yapılması uygun olacaktır. Aynı zamanda enerji tarımının devlet tarafından desteklenerek ulusal bir politika haline getirilmesi gerekmektedir. Biyoetanol üretimi için; Amerika’da mısır, Avrupa’da buğday ve Brezilya’da şeker kamışı olduğu gibi, Türkiye’de tek bir enerji bitkisinin belirlenmesi daha faydalı olacaktır.

Tez çalışmasında; deneyler sırasında küçük güçlü, buji ateşlemeli ve karbüratörlü bir motor tecih edilmiş ve motorda herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Benzin biyoetanol karışımlarıyla çalışmada; daha büyük güçlü ve farklı yakıt sistemine sahip ve daha yüksek sıkıştırma oranıyla denemeler yapılabilir. Sıkıştırma oranı ve motorun çalışma parametreleri (ateşleme avansı, yanma odasına giren karışımın miktarı) değiştirilerek deneyler tekrarlanabilir. Ayrıca kullanılan karışım oranları yerine farklı oranlarla da deneyler yapılabilir. Böylece egzoz emisyonları açısından en uygun karışım oranı da belirlenebilir.

Farklı hammaddelerden biyoetanollerin yaşam döngü analizi yapılarak sera gazı salınım miktarı hesaplanırken; biyoyakıt dönüşüm işleminin sera gazı salınımına etkisi, biyoyakıt üretiminde kullanılan tarımsal hammaddelerin yetiştirilmesinde Ülkemizde kullanılan gübre ve zirai ilaçların sera gazı salınımlarının yanı sıra bu ürünlerin elde edilmesinde kullanılan traktör ve biçerdöver gibi motorlu araçların yaymış olduğu gazlar da analize dahil edilmelidir. Böylece farklı biyoetanol hammaddelerinin, özellikle de gıda amaçlı üretilen hammaddelerle gıda amaçlı kullanılmayan tarım ve ormancılık artıklarının çevresel etkileri karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Rahman, A. A. and Osman, M. M., 1997. Experimental investigation on varying the compression ratio of SI engine working under different ethanolgasoline fuel blends, *International Journal of Energy Research*, 21 (1): 31-40.
- Acaroğlu, M.2003. Alternatif Enerji Kaynakları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 207-211.
- Acaroğlu, M., Oğuz, H. ve Ünaldı, M., 2004. Türkiye için Alternatif Bir Yakıt: Etanol, Yakıt Olarak Kullanımı ve Emisyon Değerleri, Biyoenerji Sempozyumu 2004 Ege Üniversitesi.
- Al, M.A.S., 2001. Hydrogen-Ethanol Blending as an Alternative Fuel of Spark Ignition Engines, *Renew Energy Vol 28*, pp 1471-8
- Al-Baghdadi, M. A. S. 2000. Performance study of a four-stroke spark ignition engine working with both of hydrogen and ethyl alcohol as supplementary fuel, *International Journal of Hydrogen Energy*, 25 (10): 1005-1009.
- Al-Hasan, M., 2003. Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission, *Energy Conversion and Management*, 44 (9): 1547-1561.
- Al-Farayedhi, A. A., 2002. Effects of octane number on exhaust emissions of a spark ignition engine, *International Journal of Energy Research*, 26 (4): 279-289.
- Alma, M.,H., Fidan, M.,S., Ertas, M., 2004. Alternatif Enerji Kaynağı Etanolün Üretimi ve Önemi. Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş.
- Anonim 1991. TS 1231 İçten Yanmalı Motorlar Muayene ve Deney Esasları, UDK 621.43.018, TSE, Ankara.
- Anonim 2004a. Etil Alkolün Yakıt Olarak Kullanılması. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim 2004b. Buğday-Arpa Tarımı, Çiftçi Eğitim Serisi Yayınları, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Anonim 2004c. Patates Raporu, Türkiye Ziraat Odaları Birliği, Şubat 2004.
- Anonim 2004d. Genel Enerji Kynakları Komisyonu, Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, jeotermal, biokütle, biyogaz) çalışma grubu raporu, Genel Enerji Kaynakları, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Poyraz Ofset, Ankara, 1, 2, 7, 9, 10, 24-26, 31, 35, 36.

- Anonim 2006. Konya Şeker Fabrikası Haber Bülteni, Konya Şeker Toprağın Tadı, 3 (7): 14-18.
- Anonim 2007. T.C. Gıda Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013).
- Anonim 2008a. Pancar Üretiminin Sürdürülebilirliğine Açılan Yol: Etanol, Pankobirlik Yayını, Sayı: 92.
- Anonim 2008b. Türkşeker Sektör Raporu.
http://www.turkseker.gov.tr/WORLD_SUGAR_SECTOR2010.pdf
- Anonim 2008c. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türk Standartları Enstitüsü 2008.
- Anonim 2008d. 2008 Yılı Hububat Raporu. Toprak Mahsulleri Ofisi.
- Anonim 2009a. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Ürünlerde Tarımsal Fiyat ve Değer, Sayı: 71, Yayın Tarihi: 27.04.2009, Erişim Tarihi: 19.10.2009
- Anonim 2009b. <http://www.bahce.biz/bitki/tarla/tahil/arpa.htm>
- Anonim 2010a. www.akdeniz.edu.tr/ziraat/tr/dersler/nis_seker_bitk.pdf) Erişim tarihi, Haziran 2010.
- Anonim 2010b. Eskişehir Ziraat Odası, 2010.
<http://www.ezo.org.tr/UrunMaliyetleri.aspx>
- Anonymous 2000. Assessment of Net Emissions of Greenhouse Gases from Ethanol-Blended Gasolines in Canada: Lignocellulosic Feedstocks, Report to Agriculture and Agri-Food Canada, Levelton Engineering Ltd., January 2000, Ottawa, Ontario, Kanada.
- Anonymous 2001. Bioethanol-Movin In to Marketplace, DOE/GO-102001-1436,NREL, Colorado, (2001).
- Anonymous 2002a. State of Maine Ethanol Pre-Feasibility Study, BBI International October 2002.
<http://www.famemaine.com/html/whatsnew/pdf/fame-Final%20Report%2010-24.pdf>
- Anonymous 2002b. Bus Systems for the Future: Achieving Sustainable Mobility Worldwide, International Energy Agency, Paris, Fransa.
- Anonymous 2003. The Addition of Ethanol From Wheat to GHGenius, January 2003.
<http://www.gov.mb.ca/est/energy/ethanol/pdf/wheat-ethanolreport.pdf>

- Anonymous 2004a. Economic, Financial, Social Analysis and Public Policies for Fuel Ethanol. Meyers Norris Penny Llp, November 2004.
<http://www.greenfuels.org/ethanol/studies.htm#un>
- Anonymous 2004b. Biofuels for Transport: An International Perspective, International Energy Agency, Nisan 2004.
- Anonymous 2005. Supportive Study for the OECD on Alternative Developments in Biofuel Production Across the World. Organisation for Economic Co-operation and Development, Working Party on Agricultural Policies and Markets, November 2005.
- Anonymous 2007. Agricultural Outlook. Highlights. Food and Agriculture Organization of the United Nations , Rome, 2007.
- Anonymous 2008a. Production of Bioethanol in EU, <http://www.biofuelsplatform.ch/en/infos/eu-bioethanol.php>
- Anonymous 2008b. International Year Of The Potato 2008. Food and Agriculture Organization of the United Nations , Rome, 2008.
- Anonymous 2008c.
<http://www.moneyweek.com/search.aspx?search=can+you+make+money+now+from+the+fuel+of+the+future>
- Anonymous 2008d. The State of Food and Agirculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2008.
- Anonymous 2009a. European Bioethanol Fuel Association,
www.ebio.org/statistics.php?id=5
- Anonymous 2009b. Biomass Programm, Biofuels, Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, 2009.
http://www1.eere.energy.gov/biomass/abcs_biofuels.html
- Anonymous 2009c.
http://permanent.access.gpo.gov/websites/www.ott.doe.gov/biofuels/advanced_bioethanol.html
- Anonymous 2009d. http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/02-03/biofuels/what_bioethanol.htm#bio_production
- Anonymous 2009e. Cameo Kimya, <http://cameochemicals.noaa.gov/chris/EAL.pdf>

- Anonymous 2009f. An Examination of the Potential for Improving Carbok/Energy Balance of Bioethanol. (S&T)2 Consultants Inc. 11657 Crescent Delta, BC Canada, V4E 2Z2. Report T39-TR1 5 February 2009.
- Anonymous 2011. http://www.afdc.energy.gov/afdc/ethanol/production_cellulosic.html
- Ar, F., 2009. Şeker Sanayi Ve Etanol Üretimi. Erişim 2009. Pankobirlik, Ankara.
- Arıoğlu, H., 2007. Patates Tarımı. <http://www.gencziraat.com/Tarla-Bitkileri/Patates-Tarimi.html> 29 eylül 2007
- Arslan, N., Yılmaz G., Akınerdem , F., Özgüven, M., Kırıcı, S., Arıoğlu, H., Gümüşçü, A. ve Telci, İ. 2000. Nişasta-Şeker, Tütün Ve Tıbbi-Aromatik Bitkilerin Tüketim Projeksiyonları Ve Üretim Hedefleri. V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, Ankara.
- Avcıoğlu, O. A. 2002. Tarım Traktörleri Deney Tekniği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD. 2002, Ankara.
- Bailey, E.J. Ollis D.F. 1986. Sugar and Polysaccharides. Biochemical Engineering Fundamentals, Second Edition, Mc Graw-Hill International Editions, 35-42.
- Bayındır, H., 1998. Etanol-benzin karışımlarının benzinli motorlarda motor karakteristikleri ve hava kirliliğine etkileri Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, s.55, 56, 76, 128, 130.
- Bayındır, H., Yücesu, H.S., 1999. Etanol-Benzin Karışımları ve Emme Manifoldu Dolgu Sıcaklığının Motor Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi, 6. Uluslar arası Yanma Sempozyumu, Say. 395-408, İstanbul
- Balat, M., Balat, H. ve Öz, C., 2007. Progress in Bioethanol Processing, Progress in Energy and Combustion Science, 551-573pp
- Batmaz İ., Yavuzcan G., ve Murcak A., 2004. Dizel Motorlarda Hidrojen Yakıtının Kullanılmasının Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi, 8. Yanma Sempozyumu, Ankara 326-344 (2004).
- Bayrakçı, A.G., 2009. Değişik Biyokütle Kaynaklarından Etanolün Elde Edilmesi Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi. 2009, İzmir.
- Bayraktar, H., 1997. Benzin-Etanol Karışımlarının Benzin Motorlarında Yanma Karakteristikleri Üzerindeki Etkilerinin Teorik Olarak İncelenmesi. 11. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi. 17-19 Eylül 1997, Edirne.

- Bayraktar, H., 2005. Experimental and Theretical Investigation of Using Gasoline Ethanol Blends in Spark Ignition Engines, Renewable Energy 30.1733-1747
- Benson, J. D., Koehl, W. J., Burns, V. R., Hochhauser, A. M., Knepper, J. C., Leppard, W. R., Painter, L. J., Rapp, L. A., Reuter, R. M., Rippon, B. And Rutherford, J. A., 1995. Emissions with E85 and gasolines in flexible/variable fuel vehicles- the auto/oil air quality improvement research program, SAE Paper, 952508: 125-142.
- Berg, C., 2004. World Fuel Ethanol Analysis and Outlook, F.O. Licht, Nisan 2004, Ratzeburg, Almanya.
- Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen A., 1995. İçten Yanmalı Motorlar, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları, Ankara, 69, 70, 77, 78, 152, 207, 235, 236, 240-250
- Brown, M.R., 2006. <http://www.botany.utexas.edu/facstaff/facpages/mbrown/position1.htm>
- Bulut, B., 2006. Tarıma Dayalı Alternatif Yakıt Kaynaklarından Etanol ve Türkiye İçin En Uygun Etanol hammaddesi Seçimi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ceviz, M.A., Yüksel, F., 2005. Effects of ethanol- unleaded gasoline blends on cyclic variability and emissions in an SI engine, Applied thermal engineering, 25: 917-925.
- Chaplin, M., 2006. <http://www.lsbu.ac.uk/water/hysel.html>
- Chatanta, D.K., Atttri, C., Gopal, K., Devi, M., Gupta, G. and Bahalla, T.C., 2008. Bioethanol Production from Apple Pomace left after Juice Extraction, The Internet Journal of Microbiology. 2008 Volume 5 Num. 2
- Childs, B., Bradley, R., 2007. Plants at the Pump: Biofuels, Climate Change, and Sustainability, World Resource Institute.
- Çıtıroğlu, R.A., 1990. Değişik Oranlardaki Biyoetanol-Benzin Karışımlarının Küçük Güçlü, İçten Patlamalı Motorlarda Kullanılabilir İmkanlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zonguldak Makine Mühendisliği ABD.
- Çolak A., 2006. Buji ateşlemeli motorlarda farklı sıkıştırma oranlarında etanol kullanımının performans ve emisyonlara etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans

- Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 48-57.
- Coşkun, B., 2007. Biyoyakıt Üretiminin Hayvancılığa Katkısı, TOBB Üniversitesi, http://www.albiyobir.org.tr/files/img_etc/behic_coskun.pdf
- Demirbaş, A., 2008. Biofuels Sources, Biofuel Policy, Biofuel Economy and Global Biofuel Projections, Energy Conversion and Management, 2106-2116 pp.
- Easson, D.L., Woods, V.B. ve Forbes, E.G.A., 2004. Potential of Cropping for Liquid Biofuels in Northern Ireland, Department of Agriculture and Rural Development for Northern Ireland, The Agricultural Research Institute of Northern Ireland, Haziran 2004.
- Engelbart, W., 1978. Kontinuierliche Vergärung von Maishen aus Starkehaltigen Rohstoffen. I. Mitteilung: Erarbeitung von Grundlagen. Branntweinwirt. 118, 17-27.
- Fanick, E. R., Whitney, K. A. and Bailey, B. K., 1996. Particulate Characterization Using Five Fuels, SAE Paper, 961089: 1-9.
- Faroog, A., 1988. Effect of Ethanol and Gasoline Blends on Exhaust Gas Emissions in SI Engines, Master Thesis, METU, Ankara
- Fidan, I., Şahin İ., 1993. Alkol ve alkollü içkiler teknolojisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları:1295 Ders kitabı :371, Ankara.
- Gautan, M, Martin, D.W., and Carder D., 2000. Emissions characteristics of higher alcohol/gasoline blends. Department of Mechanical and Aerospace Engineering, College of Engineering and Mineral Resources, West Virginia University, Morgantown, West Virginia, USA.
- GM/ANL., 2001. Well-to-Wheel Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Advanced Fuel/Vehicle Systems - North American Analysis, Vols 1-3, <http://www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/163.pdf>.
- Geyer, U., Heinze, T., Stei, A., Klenn, D., Marsch, S., Schumann, D. And Schmauder, H., 1994. Formation, derivatization and applications of bacterial cellulose, Int. J. Biol. Macromol, **16**, 343-347.
- Goldemberg, J., 2011. The Potential For 1st Generation Ethanol Production From Sugarcane. University of Sao Paulo, Sao Paulo Brezil.

[http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0907_Goldemberg -
The Potential For 1st Generation Ethanol.pdf](http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0907_Goldemberg_-_The_Potential_For_1st_Generation_Ethanol.pdf)

- Graboski, M.S., 2002. Fossil Energy Use in the Manufacture of Corn Ethanol, Colorado School of Mines, Augustos 2002.
- Guerrieri, D. A., Caffrey, P. J. and Rao, V., 1995. Investigation into the vehicle exhaust emissions of high percentage ethanol blends, SAE Paper, 950777: 85-95 (1995).
- Glder, O.L., 1981. Etanol ve Etanol-Benzin Karismlarnn Otomobil Yakıtı Olarak Teknik Ynleri, TBTAK-MAG, Proje No:526,Ankara
- Gnel, E., alıskan, M.E., Tortopoglu, A., Kusman, N., Tugrul, K.M., Yılmaz, A., Dede, . ve ztrk, M., 2005. "Nisasta ve Seker Bitkileri retimi".
<http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/021erolgunel.pdf>
- Gürdağ G., Yaşar M., Gürkaynak M.A., 1997. Graft copolymerization of acrylic acid on cellulose: Reaction kinetics of copolymerization, Journal of Applied Polymer Science, 66 :(5) 929-934 31
- Güven, S., Güneşer, O., 2007. Biyoetanol retimi ve nemi. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi 2007 (1) 91-96.
- Harting, G.L. And Shannon, H., 1993. Oxygenates as gasoline blending components, Chemical Reactor Technology for Environmentally SafeReactors and Products, 225:7-15 (1993).
- Haşimoğlu, C., zsert . İ. ve İcingir, Y. 2009. Biyodizel Yakıtlı Isı Kayıplı Bir Dizel Motorun Tam Yük Egzoz Emisyon Karakteristikleri, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(3): 11-18.
- Hatunoğlu, E.E., 2010. Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektrne Etkileri. DPT. Uzmanlık Tezleri İktisadi Sektrler ve Koordinasyon Genel Md. Ankara 2010.
- He, B., Shuai, S., Wang, J., and He, H., 2003. The Effect of Ethanol Blended Diesel Fuels on Emissions from A Diesel Engine, Atmospheric Environment, 37 (35): 4965-4971 (2003).
- Henke, J.M., Klepper, G. and Sckmitz, N., 2005. Tax Exemption for Biofuels in Germany:Is Bio-ethanol Really an Option for Climate Policy?, Energy, 30, 2617-2635.

- Hill, J., Nelson, E., Tilman, D., Polasky, S., Tiffany, D., 2006. Environmental, Economic, and Energetic Costs and Benefits of Biodiesel and Ethanol Biofuels, *PNAS*, Vol.103, NO.30, 2006, pp.11203- 11210.
- Hsieh, W., Chen, R., Wu, T. and Lin, T., 2002. Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels, *Atmospheric Environment*, 36 (3): 403-410 (2002).
- İmrağ, H., 2006, Benzinli Motorlarda Etanol Kullanımının Motor Karakteristik Değerlerine ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Jia, L.W., Shen, M.Q., Wang, J., Lin, M.Q., 2005. Influence Of Ethanol-Gasoline Blended Fuel On Emission Characteristics From A Four-Stroke Motorcycle Engine, *Journal Of Hazardous Materials A123* 29-34
- Kammen, D.M., 2006. Bioenergy in Developing Countries: Experiences and Prospects in Bioenergy and Agriculture: Promises and Challenges
- Kanburoğlu, S., Öğretir, K., 1980. Mısır, Topraksu Genel Mudurluğu, Eskişehir Bolge Topraksu Araştırma Enstitüsü Mud. Yay. Genel Yay. No: 146, Ciftci Bulteni seri no:26, Eskişehir.
- Karahocagil, P., Ege, H., 2004. Arpa. Tarım Ekonomisi Araştırma Enstitüsü. Eylül 2004. <http://www.aeri.org.tr/PDF/Bks-6-8.pdf>
- Karaosmanoğlu, F., 1990. Alkollü benzinlerin alternatif motor yakıtı olarak değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 16, 45-47, 50-55 (1990).
- Kelly, K. J., Bailey, B. K., Coburn, T., Clark, W. and Lissiuk, P., 1996. Federal Test Procedure Emissions Test Results From Ethanol Variable-Fuel Vehicle Chevrolet Lumina, SAE Paper, 961092: 698-717 (1996).
- Kızıltan., E.E., 1988. “Motor Yakıtlarına Alkol Katılmasının Motor Performansına Etkisi”. Vakfı Yayınları, Ankara, 1995. Yüksek lisans tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü.
- Koç, M., 2006. E85 ve E50 kullanımının yüksek sıkıştırma oranlarında Benzin motoru performansına etkisinin Deneysel İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi ABD. 2006.

- Koizumi, T. and Ohga, K., 2008. Biofuel Programms in China, Malaysia and Japan, Nihon University of Japan
- Lee, M.J., 1992. Enzyme Kinetics And İndustrial Applications of Enzymes. Biochemical Engineering Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 8-96.
- Liimatainen H., Kuokkanen T. ve Kääriäinen J., 2004. Development of Bio-ethanol Production from Waste Potatoes. Proceedings of the Waste Minimization and Resources Use Optimization Conference, 10 Haziran 2004, University of Oulu, Oulu University Press: Oulu, s.123.- 129, Finlandiya.
- Malca, J., Cantos, C. and Freire, F., 2005. Life Cycle Assesment of Bioethanol from Sugar Beet and Wheat-Comparison with Gasoline, Chempor 2005, 9th International Chemical Engineering Conferance, Sep. 21-23
- McAloon, A., Taylor, F., Yee, W., 2000. Determining The Cost Of Producing Ethanol From Corn Starch And Lignocellulosic Feedstocks, NREL/TP-580-28893, U.S.Department of Agriculture and U.S.Department of Energy, Colorado, (2000).
- Monick, J.A., 1968. Alcohols Reinhold book corporation, A Subsitiary of Chapman-Reinhold, Inc. Newyork, Amsterdam, London. 594 s.
- Mornier, V. and Lanneree B., (2000). Bioethanol in France and Spain, Taylor Nelson ofres Consulting, Batelle Pacific Northwest National Laboratory, For the IEA Bioenergy Task 27, Ekim 2000.
- Mortimer, N.D., Elsayed, M.A. and Horne R.E. 2004. Energy And Greenhouse Gas Emissions For Bioethanol Production From Wheat Grain And Sugar Beet. Resources Unit School Of Environment And Development Sheffield Halam University. Report no: 23/1 2004.
- Niven, R.K., 2004. Ethanol in Gasoline: Environmental Impacts and Sustainability Review Article, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 9, 535-555.
- O'Connor, D., 2003. Wheat and Barley as Ethanol Feedstocks. (S&T)2 Consultants Inc., World Summit on Ethanol for Transportation, Kasım 2003, Quebec City, Quebec,Kanada. <http://www.bbibiofuels.com/worldsummit/files/O'Connor-WSET.pdf>.
- Oktar, N., 2001. Kurşunsuz Benzin Katkı Maddesi Tersiyer Eterlerin Üretim Reaksiyon Kinetiği. Doktora Tezi, Gazi üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, Ankara, 1-4, - 27, 119-120 (2001).

- Olbrich, H., 1963. Zum Ursprung der Kartoffelbrennerei im Brabtwineirt, 103, 71-74.
- Olbrich, H., 1966. Rübenmelasse als Brennerei-Rohstoff der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Brabtwineirt. 106, 85-100.
- Olbrich, H., 1978. Zur Aktualität der Alkoholkraftstoffe. Brabtwineirt. 118, 198-201.
- Wüstenfeld, H., 1964. Trinkbranntweine und Liköre. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 530 s.
- Oruç, N., 2008. Şeker Pancarından Alternatif Yakıt Kaynağı Olarak Etanol Üretimi: Eskişehir Şeker-Alkol Fabrikası Örneği. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu.
- Özsezen, N.Ö., Çanakçı, M., Kılıçaslan, İ., 2008. Alkol-Benzin Karışımlarının Kullanıldığı Bir Taşıtta Yanma Veriminin İncelenmesi. Kocaeli Üniversitesi, Otomotiv Teknolojileri ABD.
- Pimentel, D., 2001. The Limits of Biomass Energy, Encyclopaedia of Physical Sciences and Technology, September.
- Popuri, S.S.S., Bata, R.M., 1993. A Performance Study of Iso-Butanol, Methanol, Ethanol-Gasoline Blends Using a Single Cylinder Engine, SAE Transactions 2, 932953
- Poluopoulos, S.G., Somaros, D.P., Philippopoulos, C.J., 2001. Regulated and Unregulated Emissions From An Internal Combustion Engine Operating on Ethanol-Containing Fuels, Atmos Environ 35.4399-4406
- Rice B., 1999. Report From The Republic Of Ireland Forming Part Of The Ienica Project. Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications. Teagasc, Crops Research Centre, Oakpark Carlow.
- Roehr, M., 2001. The Biotechnology of Ethanol, Classical and Future Applications, 7-13pp; 45-52pp; 89-125 pp
- Ryan, L., Convery, F., Ferreira, S., 2006. Stimulating the use of biofuels in the European Union: Implications for climate change policy, Energy Policy, Vol.34, No.17, 2006, pp.3184-3194.
- Salter, A., 2006. Selection of Energy Crops - Agroeconomic and Environmental Considerations. Cropgen Dissemination, University of Southampton, February, 2006.

- Saral, A., Avcioğlu O.A., 2006. Termik Motorlar Kitabı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü. Yayın no:1550 Ders kitabı:503. Ankara Üniversitesi Basım Evi, 2006.
- Schmitz, T.G., Buzzanell, P.J. ve Seale, J.L., 2002. Brazil's Domination of the World Sugar Market, Faculty Working Paper Series, Arizona State University, Morrison School of Agribusiness and Resource Management, Temmuz 2002.
- Sheehan, J., and Himmel, M., 1999. Enzymes, Energy, and the Environment: A Strategic Perspective on the U.S. Department of Energy's Research and Development Activities for Bioethanol. Biotechnology Center for Fuels and Chemicals, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado 80401. Biotechnol. Prog. 1999, 15, 817-827.
- Shapouri, M. Salassi., J. Nelson, 2006. U.S. Department of Agriculture (USDA), 2006.
- Soruşbay, C., Arslan, E.,1998. Hidrojen Yakıtlı İçten Yanmalı Motorlarda Yanma Performansı. Mühendis ve Makine Dergisi, 29 (339): 231-235 (1998)
- Sümer, M., 1999. Buji Ateşlemeli Motorlarda Etanol Kullanımı, Performans ve Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi.G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, N., 1995. Alternatif Yakıtların Benzinli Motorlarda Kullanılmasının Motor Performans Karakteristikleri Ve Egsoz Emisyonları Açısından Değerlendirilmesi. Doktora tezi. Erciyes Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü. Eylül 1995.
- Şahin, S., 2001. Türkiye'de Mısır Ekim Alanlarının Dağılışı Ve Mısır Üretimi. G.U. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 21, Sayı 1 (2001) 73-90.
- Taylor, A.B., Moran, D.P., Bell, A.J., Hodgson, N.G., Mgburg, I.S. and Botha, J.J., 1996. Gasoline-Alcohol Blends; Exhaust Emissions, Performance and Burn-Rate in a Multi-Valve Production Engine, SAE Paper, No;961988
- Topgül, T., Okur, M., Batmaz, İ., Yücesu, H. S., 2004. LPG ve Kurşunsuz Benzin Kullanılabilen Bir Taşıtta Katalitik Konvertör Verimlerinin Deneysel Olarak Karşılaştırılması, 8. Uluslararası Yanma Sempozyumu, 406-417, 8-9 Eylül 2004, Ankara.
- Turan, S., 1993. Benzin Motorlarında Benzin-Alkol Karışımlarının Yakıt Olarak Kullanılması Ve Bir Uygulama". Yüksek Lisans Tez, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Makine Mühendisliği ABD.1993.

- Türker, İ. ve Canbaş, A., 1995. Malt ve Bira Teknolojisi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No: 4, Adana
- Usta, N., Can, Ö., Öztürk, E., 2004. Comparison of Biodiesel and Ethanol as an Alternative Diesel Engine Fuel
- Uşaklı, T., 1980. Performance of A Multicylinder Passenger Car Engine Fueled With Etanol and Gasoline, Master Thesis, METU, Ankara
- Vezir A., 2006. Metanol –Benzin Karışımlarının Mgo-Zro₂ Termal Bariyer Çemberli Bir Motorda Performans Ve Emisyonlara Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, Sakarya. 10-92 2006.
- Wagner, A., 1925. Die Spiritusfabrikation und ihre Nebenprodukte. Serger und Hembel, Barunschweig. 718 s.
- Wang, M., Saricks, C., and Santini, D., 1999. “Effects of Fuel Ethanol Use on Fuel-Cycle Energy and Greenhouse Gas Emissions”. Center for Transportation Research Argonne National Laboratory, United States Department of Energy, Ocak 1999.
- Wicker, R. B., Hutchison, P. A., Acosta, O. A. and Matthews, R. D., 1999. Practical considerations for an E85-fueled vehicle conversion, SAE, 1999-01-3517 (1999).
- Wu, C.W., Chen, R.H., Qu, J.Y., Lin, T.H., 2003. The Influence Of Air-Fuel Ratio On Engine Performance And Pollutant Emission Of An SI Engine Using Ethanol-Gasoline Blended Fuels, Atmospheric Environment 38. 7093-7100
- Wüstenfeld, H., 1964. Trinkbranntweine und Liköre. Verlag paul parey, Berlin und Hamburg. 531s
- Wyman, C.E., Hinman N.D., 1988. Ethanol: fundamentals of production from renewable feedstocks and use as a transportation fuel. Appl Biochem Biotechnol 1988;24–25:735–42.
- Yıldız, R., Karataş, H., Tekin, E., Aktaş, A., 2003. Buji Ateşlemeli Motorlarda Kullanılan Alternatif Yakıtlar. Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Otomotiv Öğretmenliği Programı, Zonguldak, (2003).
- Yüksel, F. ve Yüksel, B., 2004. The Use of Ethanol-Gasoline Blend as A Fuel in A Sı Engine, Renewable Energy, 29 (7): 1181-1191 (2004).

EKLER

- Ek 1 Benzinin motor karakteristik değerleri
- Ek 2 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor momenti deneme değerleri
- Ek 3 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor efektif gúc değerleri
- Ek 4 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri
- Ek 5 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri
- Ek 6 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor momenti deneme değerleri
- Ek7 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor efektif gúc değerleri
- Ek 8. Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri
- Ek 9 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri
- Ek 10 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor momenti deneme değerleri
- Ek 11 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor efektif gúc değerleri
- Ek 12 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri
- Ek 13 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri
- Ek 14. Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor momenti deneme değerleri
- Ek 15. Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor efektif gúc değerleri
- Ek 16 Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri
- Ek 17. Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri
- Ek 18 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor momenti deneme değerleri
- Ek 19 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor efektif gúc değerleri
- Ek 20 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri
- Ek 21 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışımlı yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri
- Ek 22 Benzinin egzoz emisyon değerleri
- Ek 23 şekerpancarından elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri
- Ek 24. şekerpancarından elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri

- Ek 25 Şekerpancarından elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO_x emisyon değerleri
- Ek 26 Buğdaydan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri
- Ek 27 Buğdaydan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri
- Ek 28 Buğdaydan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO_x emisyon değerleri
- Ek 29 Arpadan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri
- Ek 30 Arpadan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri
- Ek 31 Arpadan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO_x emisyon değerleri
- Ek 32 Mısırdan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri
- Ek 33 Mısırdan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri
- Ek 34 Mısırdan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO_x emisyon değerleri
- Ek 35. Patatesden elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri
- Ek 36 Patatesden elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri
- Ek 37 Patatesden elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NO_x emisyon değerleri

Ek 1 Benzinin motor karakteristik değerleri

Devir Sayısı (1/min)	Moment (Nm)	Efektif güç (kW)	Özgöl yakıt tüketimi (kg/kWh)	Saatlik yakıt tüketimi (kg/h)
1000	6,78	0,71	0,63	0,45
1250	7,72	1,01	0,51	0,53
1500	8,68	1,36	0,46	0,64
1750	9,87	1,81	0,42	0,76
2000	10,61	2,22	0,38	0,86
2250	11,51	2,71	0,35	0,97
2500	11,71	3,07	0,34	1,05
2750	11,52	3,32	0,32	1,09
3000	11,09	3,48	0,32	1,13
3250	10,59	3,60	0,33	1,20
3500	10,05	3,67	0,39	1,44
3560	9,93	3,68	0,40	1,51

Ek 2 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor momentı deneme değeri (Nm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	6,59	6,58	6,48	6,43
1250	7,51	7,52	7,42	7,33
1500	8,45	8,46	8,36	8,27
1750	9,55	9,56	9,47	9,40
2000	10,33	10,34	10,24	10,17
2250	11,17	11,18	11,09	11,02
2500	11,37	11,31	11,28	11,21
2750	11,21	11,21	10,92	10,83
3000	10,67	10,67	10,58	10,55
3250	10,27	10,27	10,18	10,08
3500	9,74	9,75	9,65	9,59
3560	9,63	9,60	9,52	9,46

Ek 3 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışımı yakıtların motor efektif güç değerleri (kW)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,69	0,69	0,68	0,67
1250	0,98	0,98	0,97	0,96
1500	1,33	1,33	1,31	1,30
1750	1,75	1,75	1,73	1,72
2000	2,16	2,16	2,14	2,13
2250	2,63	2,63	2,61	2,60
2500	2,98	2,96	2,95	2,93
2750	3,23	3,23	3,15	3,12
3000	3,35	3,35	3,32	3,31
3250	3,50	3,50	3,46	3,43
3500	3,57	3,57	3,54	3,51
3560	3,59	3,58	3,55	3,53

Ek 4 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri (kg/kWh)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,63	0,64	0,67	0,68
1250	0,53	0,53	0,55	0,56
1500	0,47	0,48	0,49	0,50
1750	0,42	0,42	0,43	0,44
2000	0,39	0,39	0,40	0,41
2250	0,36	0,36	0,37	0,38
2500	0,35	0,34	0,36	0,36
2750	0,33	0,33	0,35	0,35
3000	0,33	0,33	0,35	0,35
3250	0,33	0,34	0,34	0,35
3500	0,39	0,39	0,41	0,42
3560	0,43	0,44	0,46	0,47

Ek 5 Hammaddesi şekerpancarı olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri (kg/h)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,46	0,47	0,47	0,48
1250	0,54	0,55	0,56	0,56
1500	0,66	0,67	0,67	0,68
1750	0,77	0,78	0,78	0,79
2000	0,87	0,89	0,90	0,91
2250	0,98	1,00	1,02	1,03
2500	1,08	1,08	1,10	1,10
2750	1,10	1,12	1,14	1,14
3000	1,14	1,18	1,20	1,22
3250	1,21	1,24	1,25	1,26
3500	1,44	1,48	1,52	1,54
3560	1,56	1,58	1,62	1,64

Ek 6 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor momenti deneme değeri (Nm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	6,43	6,46	6,37	6,33
1250	7,35	7,39	7,25	7,21
1500	8,26	8,33	8,16	8,15
1750	9,34	9,36	9,28	9,30
2000	10,10	10,19	10,05	10,04
2250	10,92	11,02	10,87	10,87
2500	11,11	11,09	11,05	11,04
2750	10,95	11,03	10,86	10,86
3000	10,43	10,52	10,34	10,41
3250	10,04	10,10	9,95	9,88
3500	9,53	9,64	9,43	9,41
3560	9,63	9,44	9,30	9,28

Ek 7 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor efektif güç değeri (kW)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,67	0,68	0,67	0,66
1250	0,96	0,97	0,95	0,94
1500	1,30	1,31	1,28	1,28
1750	1,71	1,72	1,70	1,71
2000	2,12	2,13	2,11	2,10
2250	2,57	2,60	2,56	2,56
2500	2,91	2,90	2,89	2,89
2750	3,15	3,18	3,13	3,13
3000	3,28	3,31	3,25	3,27
3250	3,42	3,44	3,38	3,36
3500	3,53	3,53	3,46	3,45
3560	3,59	3,52	3,47	3,46

Ek 8 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değeri (kg/kWh)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,64	0,66	0,67	0,68
1250	0,53	0,54	0,55	0,56
1500	0,48	0,48	0,49	0,50
1750	0,42	0,43	0,44	0,44
2000	0,39	0,39	0,40	0,41
2250	0,36	0,37	0,38	0,38
2500	0,35	0,35	0,36	0,36
2750	0,33	0,33	0,34	0,35
3000	0,33	0,34	0,35	0,35
3250	0,34	0,34	0,35	0,35
3500	0,40	0,40	0,42	0,42
3560	0,44	0,45	0,48	0,48

Ek 9 Hammaddesi buğday olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değeri (kg/h)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,46	0,48	0,48	0,48
1250	0,54	0,56	0,56	0,57
1500	0,66	0,68	0,67	0,68
1750	0,77	0,79	0,80	0,79
2000	0,89	0,90	0,91	0,91
2250	0,99	1,01	1,03	1,04
2500	1,09	1,09	1,10	1,12
2750	1,11	1,14	1,14	1,17
3000	1,15	1,20	1,21	1,23
3250	1,22	1,24	1,28	1,27
3500	1,47	1,50	1,54	1,55
3560	1,58	1,59	1,65	1,65

Ek 10 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor momenti deneme değerleri (Nm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	6,64	6,58	6,58	6,49
1250	7,59	7,52	7,56	7,46
1500	8,54	8,46	8,44	8,34
1750	9,65	9,56	9,60	9,50
2000	10,43	10,34	10,34	10,24
2250	11,29	11,18	11,19	11,09
2500	11,48	11,42	11,38	11,29
2750	11,32	11,21	11,22	11,12
3000	10,77	10,67	10,65	10,75
3250	10,37	10,27	10,27	10,17
3500	9,84	9,75	9,75	9,56
3560	9,63	9,60	9,57	9,55

Ek 11 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışımli yakıtların motor efektif güç değeri (kW)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,70	0,69	0,69	0,68
1250	0,99	0,98	0,99	0,98
1500	1,34	1,33	1,33	1,31
1750	1,77	1,75	1,76	1,74
2000	2,19	2,16	2,17	2,14
2250	2,66	2,63	2,64	2,61
2500	3,01	2,98	2,98	2,95
2750	3,26	3,23	3,23	3,20
3000	3,38	3,35	3,35	3,38
3250	3,53	3,50	3,49	3,46
3500	3,61	3,57	3,57	3,51
3560	3,59	3,58	3,57	3,56

Ek 12 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri (kg/kWh)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,66	0,70	0,69	0,71
1250	0,55	0,56	0,57	0,59
1500	0,49	0,50	0,51	0,55
1750	0,44	0,45	0,45	0,46
2000	0,41	0,41	0,42	0,43
2250	0,38	0,38	0,39	0,41
2500	0,36	0,36	0,37	0,39
2750	0,34	0,35	0,35	0,36
3000	0,34	0,36	0,36	0,36
3250	0,35	0,36	0,37	0,38
3500	0,41	0,42	0,44	0,45
3560	0,45	0,46	0,48	0,49

Ek 13 Hammaddesi arpa olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri (kg/h)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,48	0,50	0,49	0,50
1250	0,56	0,58	0,58	0,59
1500	0,68	0,70	0,70	0,74
1750	0,80	0,82	0,82	0,84
2000	0,92	0,93	0,93	0,96
2250	1,03	1,06	1,07	1,12
2500	1,13	1,13	1,13	1,19
2750	1,15	1,18	1,18	1,20
3000	1,20	1,26	1,25	1,26
3250	1,28	1,31	1,33	1,34
3500	1,54	1,59	1,61	1,62
3560	1,62	1,66	1,73	1,75

Ek 14 Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor momentı deneme değeri (Nm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	6,72	6,60	6,54	6,58
1250	7,68	7,62	7,52	7,52
1500	8,63	8,54	8,45	8,46
1750	9,76	9,69	9,59	9,56
2000	10,55	10,48	10,41	10,34
2250	11,42	11,36	11,27	11,18
2500	11,61	11,54	11,43	11,37
2750	11,45	11,35	11,26	11,21
3000	10,90	10,87	10,77	10,67
3250	10,49	10,39	10,29	10,27
3500	9,95	9,84	9,78	9,75
3560	9,83	9,79	9,69	9,60

Ek 15 Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımı yakıtların motor efektif güç değerleri (kW)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,70	0,69	0,68	0,69
1250	1,00	1,00	0,98	0,98
1500	1,36	1,34	1,33	1,33
1750	1,79	1,78	1,76	1,75
2000	2,21	2,19	2,18	2,16
2250	2,69	2,68	2,65	2,63
2500	3,04	3,02	2,99	2,98
2750	3,30	3,27	3,24	3,23
3000	3,42	3,41	3,38	3,35
3250	3,57	3,54	3,50	3,50
3500	3,65	3,60	3,58	3,57
3560	3,64	3,62	3,59	3,58

Ek 16 Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımı yakıtların motor özgül yakıt tüketimi değerleri (kg/kWh)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,66	0,67	0,70	0,71
1250	0,55	0,56	0,57	0,58
1500	0,49	0,50	0,51	0,52
1750	0,44	0,44	0,45	0,45
2000	0,41	0,41	0,42	0,42
2250	0,37	0,38	0,39	0,39
2500	0,36	0,36	0,37	0,38
2750	0,34	0,34	0,35	0,36
3000	0,34	0,35	0,36	0,37
3250	0,35	0,35	0,37	0,37
3500	0,41	0,41	0,43	0,44
3560	0,44	0,45	0,47	0,49

Ek 17 Hammaddesi mısır olan biyoetanol-benzin karışımı yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri (kg/h)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,48	0,49	0,50	0,50
1250	0,56	0,58	0,58	0,58
1500	0,68	0,69	0,69	0,70
1750	0,80	0,82	0,82	0,82
2000	0,92	0,93	0,93	0,94
2250	1,03	1,05	1,06	1,07
2500	1,12	1,13	1,13	1,15
2750	1,15	1,17	1,18	1,20
3000	1,19	1,24	1,25	1,26
3250	1,27	1,30	1,32	1,31
3500	1,53	1,55	1,59	1,60
3560	1,63	1,64	1,70	1,72

Ek 18 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışımı yakıtların motor momenti deneme değerleri (Nm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	6,63	6,58	6,57	6,47
1250	7,57	7,52	7,52	7,42
1500	8,52	8,46	8,46	8,37
1750	9,63	9,56	9,59	9,50
2000	10,41	10,34	10,36	10,26
2250	11,26	11,18	11,22	11,11
2500	11,46	11,37	11,34	11,31
2750	11,29	11,21	11,20	11,12
3000	10,75	10,67	10,71	10,62
3250	10,35	10,27	10,26	10,17
3500	9,82	9,75	9,77	9,64
3560	9,70	9,63	9,46	9,41

Ek 19 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışımı yakıtların motor efektif güç değerleri (kW)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,69	0,69	0,69	0,68
1250	0,99	0,98	0,98	0,97
1500	1,34	1,33	1,33	1,31
1750	1,76	1,76	1,75	1,74
2000	2,18	2,17	2,16	2,15
2250	2,65	2,64	2,63	2,62
2500	3,00	2,97	2,96	2,96
2750	3,25	3,23	3,23	3,20
3000	3,38	3,37	3,35	3,34
3250	3,52	3,49	3,50	3,46
3500	3,60	3,58	3,57	3,53
3560	3,59	3,56	3,53	3,51

Ek 20 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışımli yakitların motor özgül yakıt tüketimi değerleri (kg/kWh)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,66	0,67	0,69	0,70
1250	0,54	0,56	0,56	0,57
1500	0,49	0,49	0,50	0,51
1750	0,44	0,44	0,45	0,45
2000	0,41	0,41	0,41	0,42
2250	0,37	0,38	0,39	0,39
2500	0,36	0,36	0,36	0,37
2750	0,34	0,34	0,35	0,36
3000	0,34	0,35	0,36	0,36
3250	0,35	0,35	0,36	0,37
3500	0,41	0,42	0,43	0,44
3560	0,44	0,46	0,48	0,49

Ek 21 Hammaddesi patates olan biyoetanol-benzin karışimli yakıtların motor saatlik yakıt tüketimi değerleri (kg/h)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	0,47	0,49	0,49	0,49
1250	0,56	0,58	0,57	0,58
1500	0,68	0,68	0,69	0,69
1750	0,80	0,81	0,82	0,82
2000	0,92	0,93	0,93	0,93
2250	1,02	1,04	1,06	1,06
2500	1,12	1,12	1,12	1,14
2750	1,14	1,16	1,18	1,19
3000	1,20	1,24	1,24	1,25
3250	1,27	1,30	1,32	1,33
3500	1,53	1,58	1,61	1,62
3560	1,61	1,64	1,72	1,74

Ek 22 Benzinin egzoz emisyon değerleri

DEVİR SAYISI	CO	CO2	NOx
1000	500	6	167
1250	630	7	161
1500	820	7	155
1750	1175	8	146
2000	1440	8	129
2250	1750	9	117
2500	1980	9	101
2750	2280	10	93
3000	2610	11	86
3250	2920	12	75
3500	3200	12	67
3560	3290	12	59

Ek 23 Şekerpancarından elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	488	471	467	461
1250	612	599	589	581
1500	784	767	753	741
1750	1140	1105	1092	1076
2000	1381	1353	1381	1298
2250	1698	1664	1643	1618
2500	1931	1887	1860	1836
2750	2218	2177	2152	2109
3000	2543	2498	2466	2455
3250	2844	2790	2760	2746
3500	3120	3058	3018	3002
3560	3194	3095	3004	2994

Ek 24 Şekerpancarından elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri (%)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	5	5	4	4
1250	6	6	5	5
1500	7	6	6	5
1750	7	7	6	6
2000	8	7	7	6
2250	8	8	7	7
2500	9	9	8	7
2750	10	10	9	8
3000	11	11	10	9
3250	12	11	11	10
3500	12	12	11	11
3560	12	12	11	11

Ek 25 Şekerpancarından elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NOx emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	155	143	128	122
1250	146	132	122	114
1500	135	124	117	109
1750	128	117	108	101
2000	117	109	101	92
2250	108	97	90	82
2500	95	83	77	71
2750	88	76	71	65
3000	77	69	63	58
3250	68	63	58	53
3500	61	55	53	47
3560	52	47	44	38

Ek 26 Buğdaydan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	471	466	457	448
1250	594	587	578	568
1500	764	754	748	736
1750	1113	1096	1081	1063
2000	1356	1334	1319	1307
2250	1672	1647	1627	1612
2500	1896	1871	1848	1830
2750	2159	2128	2093	2073
3000	2496	2458	2429	2398
3250	2793	2756	2717	2681
3500	3057	3026	2980	2941
3560	3196	3097	3006	2996

Ek 27 Buğdaydan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri (%)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	5	5	4	4
1250	6	6	5	5
1500	7	6	6	5
1750	7	7	6	6
2000	8	7	7	6
2250	8	8	7	7
2500	9	9	8	8
2750	10	10	9	9
3000	11	11	10	9
3250	12	11	11	10
3500	12	11	11	11
3560	12	11	11	11

Ek 28 Buğdaydan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NOx emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	150	145	140	130
1250	144	140	134	124
1500	140	136	130	120
1750	134	129	121	111
2000	122	117	110	100
2250	110	105	99	88
2500	91	87	83	72
2750	85	81	76	65
3000	70	66	61	57
3250	64	61	57	53
3500	58	56	53	45
3560	54	49	48	40

Ek 29 Arpadan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	486	479	468	459
1250	608	602	587	572
1500	778	769	748	738
1750	1126	1118	1102	1089
2000	1372	1358	1334	1317
2250	1693	1686	1643	1621
2500	1922	1912	1864	1838
2750	2205	2192	2137	2107
3000	2527	2511	2448	2412
3250	2825	2803	2733	2688
3500	3096	3078	3003	2952
3560	3200	3101	3008	2998

Ek 30 Arpadan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri (%)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	6	5	5	4
1250	7	6	6	5
1500	7	7	6	6
1750	7	7	6	6
2000	8	7	7	6
2250	8	8	7	7
2500	9	9	8	8
2750	10	10	9	9
3000	11	11	10	10
3250	12	12	11	11
3500	12	12	11	11
3560	12	12	11	11

Ek 31 Arpadan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NOx emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	152	139	128	123
1250	147	130	122	117
1500	138	125	116	112
1750	128	116	111	108
2000	113	103	99	95
2250	105	92	88	83
2500	88	79	75	70
2750	83	75	72	67
3000	75	67	64	58
3250	67	63	59	52
3500	60	57	54	48
3560	56	51	50	40

Ek 32 Mısırdan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	479	468	462	455
1250	509	589	578	564
1500	772	757	748	736
1750	1129	1106	1088	1071
2000	1368	1338	1328	1310
2250	1690	1653	1638	1622
2500	1913	1887	1863	1842
2750	2178	2142	2118	2093
3000	2518	2459	2428	2389
3250	2817	2752	2717	2672
3500	3088	3010	2975	2925
3560	3202	3103	3010	3000

Ek 33 Mısırdan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri (%)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	5	5	5	4
1250	6	6	5	5
1500	7	6	6	6
1750	7	7	6	6
2000	8	7	7	7
2250	8	8	8	8
2500	9	9	9	8
2750	10	10	9	9
3000	11	10	10	10
3250	12	11	11	10
3500	12	12	11	11
3560	12	12	11	11

Ek 34 Mısırdan elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NOx emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	158	145	135	128
1250	154	141	128	121
1500	148	136	125	118
1750	139	128	116	109
2000	123	113	103	95
2250	111	103	95	88
2500	96	88	80	75
2750	89	82	74	69
3000	82	73	65	59
3250	71	64	61	55
3500	64	58	56	50
3560	58	53	52	42

Ek 35 Patatesden elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	512	501	481	468
1250	626	613	587	578
1500	796	776	758	722
1750	1163	1146	1103	1083
2000	1403	1379	1337	1310
2250	1716	1688	1635	1613
2500	1967	1945	1886	1837
2750	2231	2218	2152	2111
3000	2567	2551	2477	2423
3250	2863	2842	2760	2699
3500	3112	3091	3007	2936
3560	3204	3105	3012	3002

Ek 36 Patatesden elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların CO₂ emisyon değerleri (%)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	5	5	5	4
1250	6	5	5	4
1500	6	6	6	5
1750	7	6	6	6
2000	7	7	7	6
2250	8	8	7	7
2500	9	9	8	8
2750	10	10	9	9
3000	11	10	10	9
3250	11	11	11	10
3500	12	12	11	11
3560	12	12	11	11

Ek 37 Patatesden elde edilen biyoetanol benzin karışımı yakıtların NOx emisyon değerleri (ppm)

DEVİR SAYISI	E5	E10	E15	E20
1000	148	141	137	128
1250	141	135	130	125
1500	136	129	126	118
1750	127	121	118	109
2000	118	112	108	103
2250	104	98	96	88
2500	91	85	82	75
2750	85	79	76	68
3000	76	70	66	61
3250	71	65	62	58
3500	65	61	57	51
3560	60	55	56	44

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Derya KOÇTÜRK

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 01.05.1978

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Mehmet Rüştü Uzel Kimya Teknik Lisesi, Ankara

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü
(2002)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları
Anabilim Dalı (2005)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

- Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Araştırma Görevlisi (2005-2007)
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Mühendis (2007)

Yayınları (SCI ve diğer)

- Onurbaş Avcıoğlu, A., Türker, U., Atasoy, Z. ve **D. KOÇTÜRK**. 2011. Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler-Biyoyakıtlar. Nobel Yayınevi ISBN: 978-605-5426-71-2, 519 s, Ankara.
- **KOÇTÜRK, D.** ve Onurbaş Avcıoğlu, A. 2010. Ankara Kırsalında Çalışan Kadınların Antropometrik Ölçüleri ve Traktör Sürücü Oturma Yerlerine Uygunluğu. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Cilt:20, Sayı:4, s. 53-59. Konya
- **KOÇTÜRK, D.** ve A.Onurbaş Avcıoğlu, 2007. Türkiye’de Bölgelere ve İllere Göre Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 3(1) s.17-24, İzmir.
- **KOÇTÜRK, D.** ve A.Onurbaş Avcıoğlu, 2006. Traktörlerde Kumanda Organları Yerleşim Özelliklerinin TSE Standardına Uygunluğunun Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt: 12, Sayı: 4, Ankara.