





aves



ISBN:

Basımevi:

Yayın Hakları: Bu kitapta yer alan bildiri ve makalelerin yayın ve fikir sorumluluğu yazarlarına aittir. Yazar izni olmadan tamamen veya kısmen çoğaltılamaz.

ÖNSÖZ

1970'lerdeki petrol krizinden günümüze kadar enerji arzının güvenliği ve enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı konularındaki politika arayışları giderek artan bir öneme sahip olmuştur. Başta ekonomik nedenler olmak üzere sürdürülebilir kalkınma, küresel ısınma ve iklim değişikliği dünyanın karşı karşıya kaldığı temel sorunlardır. Önümüzdeki 100 yılda tükeneyeceği tahmin edilen petrol, kömür ve gaz gibi fosil yakıtlara geleceğin enerji kaynakları olarak bakılmamaktadır. Bu nedenle yeni ve alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yeni ve alternatif enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlanmış ve yenilenebilir enerjiye olan ilgi artarak devam etmektedir.

Biyoyakıtlar, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen tarımsal kökenli enerji kaynaklarıdır. Biyoyakıtlar ve biyoyakıtlara dayalı enerji sistemleri, gerek günümüzde gerekse gelecekteki teknolojik gelişmeler açısından önemli bir potansiyel vaat etmektedir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretebilme potansiyelleri üzerine yapılacak çalışmalar, bu alana daha fazla ışık tutacak, söz konusu endüstrilerin daha popüler hale gelip daha hızlı büyümesine katkı sağlayacaktır.

Ülkemizin enerji politikalarının şekillenmesine katkı sağlamak amacıyla Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlarla ilgilenen üniversitelerden akademisyenler, enstitülerden araştırmacılar, sanayiciler, sivil toplum örgütleri ve çiftçilerin bir araya getirilmesinin hedeflendiği bu çalıştay ile günümüz enerji bitkilerinin üretimi, biyoyakıtların üretimi, biyoyakıtların performans özellikleri, biyoyakıt-çevre ilişkisi, biyoyakıt ekonomisi ve mevzuatı ile ilgili güncel gelişmeler ele alınacaktır. Hedefimiz, araştırma, eğitim ve enerji sektörü bazında birlikteliğin sağlanması ve ülkemizde biyoyakıtlar konusunda daha güçlü bir organizasyon yapısıyla sorunlara çözüm getirilmesidir.

Dr. Kibar AK
Düzenleme Kurulu Başkanı

ÇALIŞTAY DÜZENLEME KURULU

Doç. Dr. Masum BURAK (Onursal Başkan)
Dr. Kibar AK (Başkan)
Şahin GİZLENCİ (Başkan Yardımcısı)
İdris MACİT
Mustafa ACAR
Dr. Ayşegül EFENDİOĞLU ÇELİK
Dr. Reyhan KARAYEL
Mahmut DOK
Mehmet ERDOĞMUŞ
Mine AKSOY
Dr. Emel KARACA ÖNER
Dr. Gülhan ATAGÜN
Mehmet AYDOĞAN
Cengiz ARTIK

ÇALIŞTAY BİLİM KURULU

Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Prof. Dr. Hayati OLGUN
Prof. Dr. Günnur KOÇAR
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Prof. Dr. Fikret AKINERDEM
Prof. Dr. Kadir AYDIN
Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU
Prof. Dr. Ali KASAP
Prof. Dr. Özer KOLSARICI
Prof. Dr. Mirat GÜROL
Prof. Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK
Prof. Dr. Yavuz EMEKLİER
Prof. Dr. Güngör YILMAZ
Prof. Dr. Selma TÜRKAY
Doç. Dr. Fehmi AKGÜN
Doç. Dr. Selim AYTAÇ
Doç. Dr. Gürkan GÜRDİL

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÇAĞRILI BİLDİRİLER

Biyoyakıtların Türkiye Açısından Önemi ve Tarım ve Enerji Sektörüne Etkisi <i>Prof. Dr. Fikret Akınerdem</i>	1
Biyokütle Enerjisinde Briketleme ve Peletlemede Yeni Test Prosedürleri <i>Prof. Dr. Mustafa Acaroğlu</i>	7

SUNULU BİLDİRİLER

Türkiye ve Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt <i>Tayfur Ünal, Nuray Kızılaslan</i>	33
Pelemir Biyodizelinin Teknik Özelliklerinin İncelenmesi <i>Hüseyin Öğüt, Hidayet Oğuz, Seda Bacak, Fatih Aydın, Selim Uygun, Yusuf Arslan, İlhan Subaşı</i>	45
Türkiye'de Aspir Üretimi ve Biyodizel Açısından Önemi <i>Fikret Akınerdem</i>	51
Biyodizel Üretiminde Ters Lojistik Uygulamaları <i>Fatma Pelin Erel, Erguğrul Recep Erbay</i>	59
Mikroalglerden Biyoyakıt Üretim Potansiyeli <i>Mirat D. Gürol, Gülfem Soydemir, Ülker Keriş Şen, Neslihan Say, Ünal Şen</i>	69
Biyoyakıt Üretiminde Türk Tarım Potansiyelinin Değerlendirilmesi <i>İsmail Demir</i>	79
Farklı Azot ve Fosfor Dozlarının Pelemir Bitkisi (<i>Cephalaria syriaca</i> L.)'nin Verim ve Bazı Bitkisel Özellikleri Üzerine Olan Etkisinin Belirlenmesi <i>Yusuf Arslan, İlhan Subaşı, Recep Kodaş, Duran Katar</i>	91
İç Anadolu Bölgesi'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Enerji Bitkileri Tarımı <i>H. Yavuz Emeklier</i>	101
Tokat-Kazova Şartlarında Farklı Ekim Sıklıklarının Aspir (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) Bitkisinin Verim ve Verim Özelliklerine Etkileri <i>Güngör Yılmaz, Ahmet Kınay</i>	109

Bazı Yağlık Ayçiçeği (<i>Helianthus annuus</i> L.) Çeşit Adayı ve Çeşitlerinin Erzurum Koşullarında Adaptasyon Kabiliyetlerinin Belirlenmesi <i>Aydın Karakuş, Canan Kaya, Fırat Sefaoğlu</i>	115
Samsun'da Tarımsal Faaliyetler Sonucu Açığa Çıkan Bazı Tarımsal Atıklardan Elde Edilen Briketlerin Özellikleri <i>Gürkan A. K. Gürdil, Bahadır Demirel, Mustafa Acar, Mahmut Dok</i> ...	123
Defne Yaprağının Briketleme ve Yanma Özellikleri <i>Cengiz Karaca, Ali Başçetinçelik</i>	131
Biyokütle Kaynağı Enerji Bitkileri Üretiminin İngiltere Modeli İle Türkiye'de Değerlendirilmesi <i>Enver Aksoy, İlknur Dede</i>	139
Ağaç Talaşından Hidrotermal Katalitik Sıvılaştırma Teknolojisiyle Elde Edilen Ham Biyopetrolün Özellikleri <i>Parvana Aksoy, Mehmet Ünsal, Haydar Livatyalı, H. Alper Önoğlu</i>	149
İzmir İli İçin Tavuk Atığı Potansiyeli ve Biyokömür Üretimi <i>Özben Ersöz, Günnur Koçar</i>	157
Erzurum Ekolojik Şartlarında Bazı Şeker Pancarı Genotiplerinin (<i>Beta vulgaris saccharifera</i> L.) Hasat Tarihi İle Ekonomik Parametreleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi <i>Fırat Sefaoğlu, Canan Kaya, Aydın Karakuş</i>	169
Biyometan Potansiyelinin Artırılmasında Alternatif Enerji Bitkilerinin Fizibilitesi: Tarıma Entegre Olması ve Geliştirilmesi <i>Nilgün Cıvaş, Günnur Koçar</i>	179

POSTER BİLDİRİLER

EPDK'nın Biyoyakıt Harmanlama Kararları <i>Mustafa Acar</i>	189
Ketencik (<i>Camelina sativa</i>) Bitkisinin Tanıtımı ve Yetiştiriciliği <i>Güngör Yılmaz, Ahmet Kınay, Samet Ayıışığı</i>	195
Bir Enerji Bitkisi: Tatlı Sorgum <i>Cemile Adıyaman, Erdal Erbil, Timuçin Taş</i>	203
Karadeniz Bölgesinin Tarımsal Atık Potansiyeli ve Bunlardan Pelet Yakıt Olarak Yararlanılması <i>Mahmut Dok</i>	211
Biyodizel Üretiminde Tutuklanmış Lipaz Kullanımı <i>Eda Öndül</i>	223

Tarımsal Faaliyetler Sonucu Açığa Çıkan Atık/Artıkların Katı Biyoyakıt Olarak Değerlendirilmesi <i>Bahadır Demirel, Gürkan A. K. Gürdil</i>	229
Tarımsal Kökenli Hammaddelerin Yakacak Pelet Üretimi ve Kullanımında Karşılaşılan Teknik Problemler <i>Eyup Başer, Mustafa Acaroğlu</i>	239
Zeytin Küspesinin Katalitik Pirolizine Ait Kinetiğinin İncelenmesi <i>Sibel Başakçılardan Kabakcı, Şeyma Hacıbektaşoğlu</i>	247
Biyokömürün Termokimyasal Enerji Dönüştürme Sistemlerinde Kullanılması <i>Hayati Olgun, Babak Keivani, Özben Ersöz, Günnur Koçar</i>	257
Farklı Keten (<i>Linum usitatissimum</i> L.) Çeşitlerinin Bazı Tarımsal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma <i>Serkan Yılmaz, Arslan Uzun, Mehmet Erdoğmuş</i>	271
İşlenmiş Çay Atıklarının Biyoetanol Üretiminde Kullanım İmkânlarının Araştırılması <i>Mevlüt Şahin, Kadir Aydın, Şahin Gizlenci, Mustafa Acar</i>	279

ÇAĞRILI BİLDİRİLER

BİYOYAKITLARIN TÜRKİYE AÇISINDAN ÖNEMİ VE TARIM VE ENERJİ SEKTÖRÜNE ETKİSİ

Fikret Akınerdem

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,
Aleaddin Keykubat Yerleşkesi, Selçuklu/Konya

Özet: Enerji, canlılığın temel ihtiyacına hitap eden sektörel bir ifadedir. Geçmiş dönemlerde hava ve su ne ise yeni anlayışta toprak ta aynı kategoride yer almaktadır. Çünkü toprak ve su tarımdır; bu da gıda, enerji ve temiz çevre ile eşdeğerdir.

Türkiye, fosil yakıt arzında yetersizlik nedeniyle her yıl bütçe açığıımıza eşdeğer, 60 milyar USD enerji ithalatı yapmaktadır. Sanayileşme ve kalkınma trendinde olan bir ülke ve petrol fiyatlarının da değişkenliği göz önüne alınırsa enerjiye para miktarı giderek artacaktır. Bu nedenle de kendi enerji ihtiyacımızın belli bir bölümünü karşılamak üzere yerli, yenilenebilir kaynaklara, biyoyakıtlara dönmek zorundayız. Bunun için de tarımda kullanılmayan 5 milyon ha kadar arazinin enerji tarımına kazandırılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, biyoyakıtlar, tarım, enerji sektörü

IMPORTANCE OF BIOFUELS ON TURKEY AND EFFECTS OF AGRICULTURE AND ENERGY SECTOR

Abstract: Energy is related to humanity basic need. What is air and water old time, nowadays soil also located in same category. Because soil and water equal to farming, and means of food, energy and environment.

Because of the Turkeys fossil fuel insufficient production we import closed to 60 billion US Dollars of petrol every years and this amount of money equal to Turkeys total budget deficit. Importation of the petrol value will be increase, depending on augmentation price and total consumption of petrol in Turkey. For this reason we must increase internal energy production related to local and renewable energy source like biofuels. So, We must use almost 5 billion ha land at energy farming of Turkeys need.

Keywords: Turkey, biofuels, agriculture and energy sector

1. Giriş

Enerji, çeşitlendirilmesine bağlı olarak değişik amaç ve sektörlerde kullanılan mutlak bir değerdir. Enerji olmadan ısınmadan, teknoloji kullanımından hatta sağlıktan bahsetmek mümkün değildir. Barınmak, beslenmek, pişirmek, giyinmek, ulaşmak, iletişimleşmek için bedeli ağır da olsa elde edilmek gerekir. Bu bakımdan enerji farklı kaynaklardan da olsa elde edilmek, medeniyet, sağlık ve canlılık için insanlığın hizmetine sunulmak zorundadır.

Artan dünya nüfusunu beslemek için yapılan üretim girdileri, sanayi ve teknolojik gelişmelere de bağlı olarak yaşanan çevresel sorunlar, bölgesel ve ülkesel boyutları aşarak küresel problem haline gelmiştir. Bu değişim olayları

ülke ve bölge politikalarında yer almakla birlikte devletler yenilenebilir enerji kaynaklarına olan politikalarını değiştirmiş durumdadır (Akınerdem ve Coşge, 2014).

Dahili enerji arzında sorunları bulunan ve dolayısıyla enerjide dış kaynaklara bağımlı olan ülkeler, artan çevresel sorunların da etkisiyle kendi potansiyelleri çerçevesinde mutlak ihtiyaç olan ihtiyaçlarını karşılamak üzere enerji çeşitlendirilmelerine gitme yolunu seçmekteler. Özellikle, önemli bir fırsat olacağını düşündükleri yenilenebilir enerji kaynaklarını dahili ekonomide itici bir güç olarak görmektedirler.

Ülkemizde kullanılan enerjinin petrol kaynakları bakımından kendine yeterli olmaması ile ihtiyacımız birinci derecede fosil yakıtlardan ve bunun da %92'sinin ithalat yolu ile karşılanması ekonomimizi olumsuz etkilenmektedir. Son yılda enerjiye ödenen para 60 milyar US dolara ulaşmış durumdadır. Bütçe açığımızın da bu değerinde olduğu bilinmelidir.

Bunun için de enerjide dışa bağımlılığımızı azaltmak, çevre kirliliğinin önlenmesine katkıda bulunmak, istihdam yapmak ve ürün maliyetini düşürmek için yerli-yenilenebilir enerjide temel araştırmalar yürütmemiz gerekmektedir.

2000'li yılların başından itibaren hammaddesi tarıma dayalı enerji çeşitlendirilmeleri (biyoyakıtlar) ülkemizin de gündemine girmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalarda 2013 yılbaşından itibaren fosil benzine biyoetanol katılması % 1 gerçekleşmiş, fosil dizel biyodizel katılması hakkında yeterli hammadde (yağ bitkileri) olmadığı gerekçesiyle gündeme alınması hayli gecikmiştir. Ancak, 2006 Bakanlar Kurulunun “yerli tarım ürünlerinden elde edilen biyodizelde ÖTV sıfırdır” kararı, yerli tarım ürünleri (yağ bitkileri) üretiminin artırılması ile sonuçlanmış, bu süreçte iki önemli yağ bitkisini (aspir ve kolza) ekonomiyi kazandırılmıştır.

2. Biyoyakıtlar ve Enerji Arzı

Enerji sınıflandırılmalarında rüzgar ve güneş enerjisi de yenilenebilir enerji sektörü içinde anılsa da biyoyakıtlar, yenilenebilir enerjinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Ülkelerin kendi kaynaklarından elde edemediği enerjinin insanlığa maliyetinin çok yüksek olmasına bağlı olarak hammadde kaynağı ucuz ve yerel olan enerjiye yönelmesi kaçınılmazdır. Bu bakımdan enerjide dışa bağımlı olan ülkemiz yeni, yenilenebilir, ucuz ve yerel kaynaklara yönelmenin hesabını yapmak durumundadır. Ancak, yerel ve yenilenebilir kaynakların ve biyoyakıtların ülkemizde kullanıma başlanmasının henüz 10 yıllık bir geçmişi olmasına rağmen hammadde kaynaklarının önemli bir potansiyeli vardır. Bugün bu kaynakların arzının henüz potansiyelinin çok altında olduğu bilinmektedir.

Dünya nüfusu sürekli artmaktadır. Buna bağlı olarak değişik kesimlerce farklı boyutlarda olsa da gıda ihtiyacı miktar ve kalite bakımından yükselen bir değerinde talep görmektedir. Artan nüfusu beslemek amacıyla gıda hammaddelerinde üretim ve kalite artışı için yapılan girdiler, sanayi ve teknolojik gelişme trendindeki yükselmelere bağlı olarak yaşanan çevresel

sorunları günümüzün önemli problemi haline getirmiştir. Bu sorunlar zamanla bölgesel ve ülkesel boyutları aşarak küresel problem haline gelmiştir. Bu sorunlar hükümetlerin yenilenebilir enerji kaynaklarına bakışını da değiştirmiş durumdadır (Akınerdem ve ark., 2013).

Dünya genelinde enerji kullanımı nüfus artışı ve endüstriyel gelişmelerin eşliğinde hızla artmaktadır. Kişi başına düşen yıllık ortalama enerji tüketimi 2 ton petrol eşdeğerinin üzerinedir. ABD, İngiltere, Almanya, Japonya gibi sanayileşmiş ülkelerde kişi başına düşen enerji tüketimi dünya genelinin çok üzerindedir. Bu da gelişmekte olan ülkelerin enerji arzı ve güvenliği açısından ciddi sıkıntıları ortaya çıkarmaktadır (Melikoğlu ve Albostan, 2011).

Enerji arzında sorunları bulunan, dolayısıyla dışa bağımlı ülkeler artan çevresel sorunların da etkisiyle kendi potansiyelleri çerçevesinde enerji çeşitlendirilmesine gitmektedir. Böylece yeni enerji kaynaklarını ekonomilerinde itici bir güç olarak ta görmektedirler.

Bu kaynakları kullanmak üzere resmi politikalar çerçevesinde biyoyakıt hammaddeleri için yeni çalışmalar yapılmaktadır. Gelişen süreçte inış ve çıkışlar olsa da nihayetinde Enerji ve Tarım Bakanlığı arasında, gıda ve biyodizelde kullanılmak üzere aspir bitkisinin sözleşmeli olarak üretimini ve satışını düzenleyen bir protokol 29 Kasım 2013 de imzalanmıştır. Oldukça önemli olan bu Protokol ülke tarımı, enerjisi ve ekonomisi konusunda ne anlama geliyor kısaca görelim.

Türkiye, toplam ithalatı arasında en fazla parayı, enerji sektöründe kullanılmak üzere fosil petrole, tarım sektöründe ise yağlı tohumlu bitkiler ve türevlerin ödemektedir. Böylece her iki sektör için ödenen paranın değerinin 65 milyar US Doları ulaştığı bilinmektedir. Her iki kaleme bu değerde para ödenmesi kabul edilemezse de, bunun durdurulması mümkün değildir. Ancak azaltılması söz konusudur. Bunun için de yerel kaynakların yerinde enerji tarımına uygun olan bitkilerle değerlendirilmesi gerekir.

Yerli kaynak konusunda fosil petrol için söylenecek bir şey yok ama bitkisel yağ için söylenecek oldukça fazla şeyler bulunmaktadır. Türkiye'nin toplam 77.8 milyon hektar alanının 27 milyon hektarı tarımsal üretime uygun olsa da bunun ancak 20 milyon hektarı üretimde kullanılmaktadır. Geri kalanın bir kısmı üretim dışı bunun da yaklaşık 4.2 milyon hektarı yetersiz yağış nedeniyle nadasa bırakılmaktadır. Halbuki bu oldukça önemli bir alandır. Basit bir misalle bu miktarda bir alanda aspir bitkisi üretilse, yaklaşık 5-6 milyon ton çekirdek, bundan da 2 milyon ton kadar da bitkisel yağ elde etme imkânı doğabilir.

İşin tarımsal boyutuna gelince; Ülkemizin üretim yetersizliği nedeniyle dışarıdan yağlı tohumlar ihtiyacı, ithal edilerek karşılanmakta ve ham yağ, çekirdek ve yem açığımız için toplam 2013 yılı sonu itibariyle 4.5 milyar USD para ödendiği bildirilmektedir (Anon., 2013). Yukarıda verilen değerlere göre nadas alanlarının değerlendirilmesine bağlı olarak sadece aspir üretimi ile 2 milyon ton ham yağ elde ederek, bunun 1 milyon tonunun yemeklik yağ ihtiyacımız, diğer 1 milyon tonunun biyodizel üretiminde kullanılmasıyla enerji ihtiyacımızın bir kısmını karşılama ile sonuçlanabilir. Aspir üretim değerleri bu

tezi doğrulamaktadır. 2000 de 18 ton, 2006 da sadece 100 ton olan aspir üretiminin 2013 yılında 45.5 bin tona ulaşması, Hükümetimizce bugünkü üretim politikalarının devam ettirilmesi ile yakın gelecekte bu bitkinin üretiminin milyonlarca tona ulaşması hiçte zor değildir.

Kısacası, iki bakanın imzaladığı biyoyakıt protokolü, ülkemizde hem tarım ve hem de enerji sektörü için önemini ortaya koyma açısında kayda değerdir. Böylece 2023 hedefinde bitkisel yağ ihtiyacını kendi kaynaklarından karşılamış, enerji ihtiyacının bir kısmını da çözmeye yoluna girmiş bir ülke durumundayız. Bunun parasal karşılığının bu haliyle çarpan etkisiyle beraber 10 milyar US Dolara kadar ulaşacağı bilinmelidir.

Uygulama Maliye Bakanlığı tarafından alınan bir tebliğe göre yapılmaktadır. Maliye Bakanlığı tarafından Resmi Gazete'nin 31 Aralık 2013 tarihli sayısında yayınlanarak yürürlüğe giren tebliğe göre; oto biyodizel katkılı motorinin teslim edilmiş olduğunun tespiti halinde, bu malın ÖTV tutarı teslim edilmiş maldaki oto biyodizel miktarının toplam harmanlanmış mal miktarına oranı kadar eksik uygulanacak. Ancak bu orana göre belirlenen vergi tutarları, motorin türleri için 4760 sayılı ÖTV Kanununa ekli (I) sayılı listenin (A) cetvelinde belirlenmiş olan vergi tutarlarının % 98'inden az olamayacak, % 98'den az olması halinde ise bu vergi tutarlarının % 98'i dikkate alınacak.

Bu uygulamadan yararlanılabilmesi için ise motorinin harmanlanacağı oto biyodizelin Türkiye'de üretilen tarım ürünlerinden elde edilmesi veya Türkiye'de toplanan bitkisel atık yağlardan üretilmesi gerekmektedir (ÖTV Genel Tebliği, 2013).

Öte yandan ülkemizin biyoyakıtlar potansiyelinin oldukça yüksek olduğu ayrı bir gerçektir. Gaz (biyogaz) sıvı (biyodizel ve biyoetanol) ve katı (biyokütle) halde sınıflandırılan biyoyakıtların ülkemiz enerji ihtiyacı için vazgeçilmezdir. Yerli kaynakların değerlendirilmesi açısından ayrı bir değere sahip olan biyoyakıt üretimi ile ilgili tüm yasal düzenlemeler ve uygulamalar tamamlanmalıdır.

Aspir yanında ona eşdeğer iklimlerde yetişebilecek yeni bitkilerin (kolza, ketencik, ızgın gibi) de devreye sokulması ile 2050 yılında ülkemiz biyoyakıt üretiminin milyonlarca tonu, bunun parasal değerinin 50 milyar US dolarını bulacağı tahminlerimiz arasındadır.

3. Sonuç

Biyoyakıt projeleri artık hükümetlerin gündemindedir. Yıllardır üretim dışı kalan ülkesel potansiyelimizin kullanılmasına ve gıda ve enerji bağımlılığımızın azaltılmasına yönelik böyle bir projenin ülkemizin gündeminde olması ayrı bir önem taşımaktadır. Zira biyoyakıt uygulamaları;

1. Yerli- yenilenebilir kaynaklarını değerlendirici,
2. Çevreci-zararlı salınımları azaltıcı,
3. İstihdam sağlayıcı,
4. Dışarıya bağımlılığı azaltıcı ve
5. Yeni teknolojiler üretici özelliktedir.

Bunun devamı ve sağlamlığı aşağıda ki uygulamalara bağlıdır ve biyoyakıt sektörü de buna hazırdır. Bunun gerekçeleri şöyle sıralanabilir;

- a) 4.2 milyon hektar yetersiz yağış nedeniyle üretime alınmayan arazimiz bulunmaktadır.
- b) Anavatani Anadolu olan aspir, ketencik, ızgın ve pelemir gibi en kötü şartlarda dahi yetişecek bitkilerimiz vardır.
- c) Üreticimizin bu arazileri kullanmaya yönelik yüksek desteklemeler uygulanmaktadır.
- d) Sanayicimizde sözleşmeli modelle bu bitkileri ürettirme ve bunu alma isteğindedir.
- e) Ülkemizin de böyle bir üretime (gıda ve enerji için ham yağa) ihtiyacı vardır.
- f) Biyoyakıtları işleyecek yeni ve modern tesislerimiz bulunmaktadır.

Biyoyakıtlar konusunun en sıkıntılı bölümü biyodizeldir. Biyodizel uygulamaları için henüz bir politika belirlenmemiştir. Üretim ve dağıtım Maliye Bakanlığının aldığı tebliğler ile yürütülmektedir. Beklentimiz potansiyelimizi iyi ele alarak, fosil kökenli dizele yeniden biyodizel katma zorunluluğu getirilmelidir. Bunun iki gerekçesi vardır;

- 1) Nadas alanlarını kullanmak üzere hammadde olarak kullanılabilecek bitkilerimiz vardır.
- 2) Ülkemiz yağ ithal ederken, aynı zamanda enerji ithalatı da yapmaktadır.

Bu iki faktöre göre her durumda biyodizel katma zorunluluğu getirilerek, iki yönlü döviz çıkışını azaltıcı tedbirlerin alınması sağlanmış olacaktır.

Bu konuların çözümü biyoyakıt politikalarının devlet politikaları nezdinde devam ettirilmesine bağlıdır. Potansiyel itibarıyla de bu politikaların çözüme de hazırdır. Ancak çözüm için konu birçok sektörü ilgilendirmektedir. Bunun için üretim politikalarının belirlenmesi tek başına bir kurumun alacağı kararla başarılı olamaz. Bunun için ilgili sektörleri içine alan ve sektörü yönetecek BİYOYAKIT ÜST KURULU oluşturulmalı, konu etik ve teknik boyutu ile derinden ele alınmalıdır.

Kaynaklar

- Akinerdem, F., Coşge, B., 2014. 2. Tarım ve Biyoyakıtlar Paneli. Bozok Üniversitesi, Erdoğan Akdağ Kültür Merkezi, Yozgat.
- Akinerdem, F., Ada, R. Öztürk, Ö., 2013. Biyoyakıtlar: EPDK Kararları, Bugünü ve Geleceği. 1. Tarla Bitkileri Kongresi, 10-13 Eylül, 2013, Konya.
- Melikoğlu, M., Albostan, M., 2011. Türkiye’de Biyoetanol Üretimi ve Potansiyeli. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 26, No 1: 151-160.
- Anonim., 2013. ÖTV Genel Tebliği. 2013. Başbakanlık Resmi Gazete: 28868. 31 Aralık, 2013. Ankara.

BİYOKÜTLE ENERJİSİNDE BRİKETLEME VE PELETLEMEDE YENİ TEST PROSEDÜRLERİ

Mustafa Acaroğlu¹

Haydar Haciseferoğulları²

¹Prof. Dr. Selçuk Üniversitesi 42031 Kampüs Konya

²Prof. Dr. S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Kampüs Konya

İletişim: acaroglu@selcuk.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, bir enerji kaynağı olan biyokütle peletleri ve briketleri ele alınmıştır. Bu düşünceyle, başlangıçta ülkemizde henüz tam olarak yerleşmemiş olan biyoyakıt peletleri ve briketleri için standartlar ve bunların uygulamaları ele alınmış, pelet için çeşitli kalite gereklilikleri ve yasal sınırlamalar incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyoyakıt, briketleme, enerji, peletleme, testler.

BIOMASS ENERGY IN THE BRIQUETTING AND PELLETING PROCESS IN NEW TEST PROCEDURES

Abstract: In this study, the energy source, biomass pellets and briquettes. With this in mind, initially in our country is not yet fully implemented the biofuel pellets and briquettes for standards and their applications are discussed, for pellet various quality requirements and legal limitations were investigated.

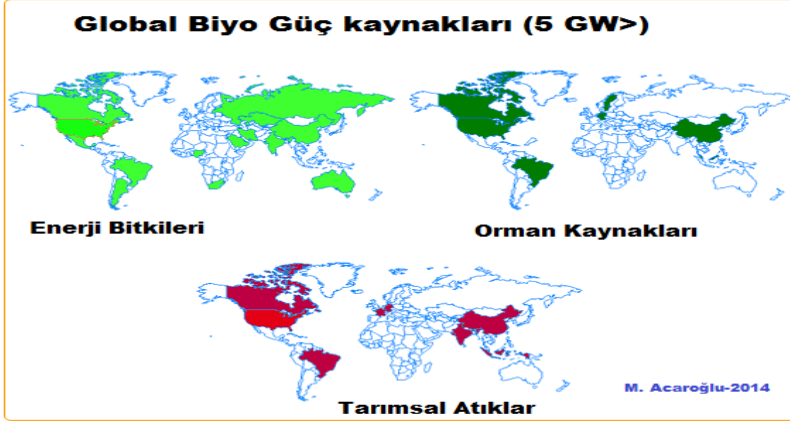
Keywords: Biofuels, briquetting, energy, pelletting, testing

1. Giriş

Günümüzde hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve fosil yakıtların aşırı kullanımı sonucu yaşanan çevre sorunları bölgesel ve ülkesel olmaktan çıkmış, küresel bir sorun haline gelmiştir. Bu durum hükümetleri alternatif enerji kaynaklarını araştırmaya ve konu ile ilgili yasal düzenlemeleri yapmaya zorlamıştır. Bu alternatif enerji kaynaklarından biri de biyoyakıtlardır.

Bunun yanında hızlı nüfus artışı, gelişen sanayileşme ve değişen tüketim alışkanlıklarımız atık miktarının günden güne artmasına ve birçok çevresel sorunun oluşmasına neden olmaktadır.

Atık sorununa önerilen sürdürülebilir çözüme göre, atıklar kaynağında önlenmeli, kaynağında azaltılmalı, tekrar kullanılabilirler değerlendirilmeli, geri dönüşüm ve geri kazanım yapılabilecek atıklar değerlendirilmeli eğer bu işlemlerden hiçbiri uygulanamıyorsa nihai bertaraf yöntemi seçilmelidir.



Şekil 1. Global biyoyakıt kaynakları

Günümüzde atıktan enerji elde etmek için çeşitli teknolojiler bulunmaktadır. Enerjiye dönüşüm çoğu zaman elektrik üretimi, ısı-elektrik üretimi veya yakıt üretimi şeklinde olmaktadır. Dönüşüm teknolojilerinden hangisinin seçileceği elde edilmek istenen nihai ürüne ve kullanılan atığın özelliğine bağlıdır. Enerji geri kazanmak üzere atığa uygulanabilecek prosesler şunlardır:

- ✓ Termokimyasal dönüşüm prosesleri (piroliz, gazlaştırma, yakma),
- ✓ Fiziksel-kimyasal dönüşüm prosesleri (presleme-ekstraksiyon, esterifikasyon),
- ✓ Biyokimyasal dönüşüm prosesleri (anaerobik çürütme, fermentasyon, kompostlaştırma).

Türkiye’de tarım sektöründe birçok tarımsal ürüne ait atıklar, hasat sonrası tarlalarda ya çürümeye bırakılmakta ya da yakılmaktadır. İkinci seçeneğe ait sonuçlar maalesef çok kötü olabilmektedir. Hem toprakta bulunan faydalı mikroorganizma ve hayvanların yok olmasına hem de toprağın üst tabakasını yakarak bazı kimyasal değişimlere de sebebiyet vermektedir.

Bu noktada çiftçileri anız yakma alışkanlığından vazgeçirtecek sebeplerden birisi de tarımsal artıkların çiftçiye yönelik olarak ekonomik açıdan geri dönüşümünü sağlamaktır. Bu ise tarımsal artıkların değerlendirilmesi yöntemleri ile ilgilidir. Bu yöntemlerden birisi tarımsal artıklardan elde edilen briket ve pelet katı yakıtlarıdır.

Briketleme; çentiklenmiş, ezilmiş veya toz haline getirilmiş materyallerin kesmeler şeklinde sıkıştırılması veya glomerüle edilmesi demektir. Briketlenmiş materyal daha kolay taşınabilir ve yakıt olarak daha etkili kullanılabilir. Tarımsal artıklar ise düşük hacim yoğunluğuna sahip materyallerdir ve tarımsal artıklar ülkemiz için önemli bir katı yakıt kaynağı teşkil etmektedir. Bunun yanında depolama masrafları önemli bir yer tutmaktadır.

Briket; Küçük parçalar halindeki katı yakıtların, gereğinde yapıştırıcı maddelerle sıkıştırılarak biçimlenmesi yoluyla elde edilen daha büyük parça halindeki yakıttır. Briket yapımında kullanılan yakıt tane iriliği kullanım amacına göre değişir.

Briketleme; çentiklenmiş, ezilmiş veya toz haline getirilmiş materyallerin kesmeler şeklinde sıkıştırılması veya glomerülleştirilmesi demektir.

Briketleştirme; küçük taneler haline getirilmiş bir yakıtın, yapıştırıcı kullanılsın veya kullanılsın, basınç altında biçimlendirilmesi yoluyla tek tür ve boyutta ürün elde edilmesidir.

Ürünün yüzey gerilimlerinden yararlanılarak ve basınç uygulanması yoluyla biçimlendirilmesi ve katılaştırılması ***yapıştırıcısız briketleştirme***,

Ürünün basınç uygulanarak ve bir yapıştırıcı madde yardımı ile biçimlendirilmesi ve katılaştırılması ***yapıştırıcılı briketleştirme*** olarak tanımlanmaktadır. Briketleme ***sıcak Briketleme*** ve ***soğuk Briketleme*** olarak ta sınıflandırılabilir.

Küçük taneli bir yakıtın, ısıtılarak yumuşatılan ve böylece yapıştırma özelliği veren bir yakıtla birleştirilmesi ***sıcak Briketleme***, ısıtılmadan yapılan Briketleme ise ***soğuk Briketleme*** olarak tanımlanmaktadır.

2. Briket Karakteristikleri

Briketleme ve peletlemede büyük hacim kaplayan materyal daha küçük hacimde daha büyük kütleye sahip olmaktadır. Sıkıştırmadan sonra iki temel görünümü ürünün kalitesi hakkında fikir vermektedir:

a) Briketin yakılmaya kadar katı kalabilmesi

b) Briketin iyi bir yakıt özelliğine sahip olması

İlk görünüm yakıtın briketlenmesinden sonra taşıma, satış ve depolanması aşamalarında parçalanıp ufalanması ile ilgili değerlerdir. İkinci görünüm ise nispeten ham materyalin briketlenme sonra özel şekli ve içerdiği yakıt değeri ile ilgili değerlerdir. Bu yüzden aşağıdaki faktörler önemlidir:

a) Yakıtın taşıma, iletim karakteristikleri.

b) Yakıt özellikleri.

Bu açıdan bu iki faktörün karıştırılmaması gerekir. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tarımsal artıklardan ve biyokütleden enerji eldesi amacıyla briketleme çalışmaları önemli bir konuma sahiptir. Özellikle hidrolik piston pres briketleme makineleri öne çıkmış bulunmaktadır. Katı yakıt yakıcılarında yakılması için bu tip sistemlerde minimum 0.1 t/h bir üretim kapasitesi mümkündür.

2.1. Briketin Taşıma Karakteristikleri İle İlgili Özellikler ve Testler

Briketlenmiş yakıtların fiziksel testleri ile ilgili yöntemlerde genellikle briketin yoğunluğu, kırılma direnci, tumbler direnci, deformasyon kuvveti, su alma direnci, nem içeriği ve eşdeğer nem içerikleri araştırılmakta ve bunlarla

ilgili özellikler ortaya konmaktadır (Richards, 1990; ASAE 269-3, ASAE 269-4, Pecznik ve ark., 1998).

a) Yoğunluk (Hacim ağırlığı)

Üretilen briketlerin yoğunluğu 1000 kg/m^3 'ün üstünde olabilmektedir. Alt sınır lignin içeren materyallerde 1500 kg/m^3 'dür. Pellet presleri ve pistonlu presler gibi yüksek basınç altında sıkıştırma yapan sistemlerde ise briketin yoğunluğu $1200\text{-}1400 \text{ kg/m}^3$, hidrolik preslerde ise bu değer ortalama 1000 kg/m^3 'dür.

Briketlerin yoğunluğu bir noktada yakmanın da kalitesini ve süresini belirleyebilmektedir. Briketlemeden sonraki hacim ağırlıkları $600\text{-}700 \text{ kg/m}^3$ olmaktadır. Bir karşılaştırma yapılacak olursa ham materyalin hacim ağırlığı ortalama 40 kg/m^3 , suyu alınmış küspe $150\text{-}200 \text{ kg/m}^3$ civarındadır (CRA, 1987).

Bu özellik briketlemeden sonra materyalin yer hacmini azaltması ve materyali yoğunlaştırmasından dolayı taşıma, depolama vb maliyetleri azalttığı için ticari değerini artırmaktadır.

Sonuçta oluşan yoğunluk materyalin tanecik boyutu ile direkt ilgilidir. Tanecik boyutu küçüldükçe briketin hacim ağırlığı artmakta fakat briketleme için gerekli basınç artmaktadır.

Briketlerin hacim ağırlığı ve briket kalitesi ürünün nem içeriği ile de ilgilidir. Briketleme sırasında nem briketlemeyi engeller, daha sonra preslemede oluşan yüksek sıcaklıktan dolayı nem buharlaşır. Eğer daha sonra briketler havadan nem alır ise briketler şişer ve tamamen parçalanabilir.

Briketlerin yoğunluğun ölçülmesi amacıyla su sızdırma, su yer değiştirme yöntemi kullanılmaktadır. Briketlerin su emmesini engellemek için briketler parafin kaplanmaktadır. Her briket tartılmakta, daha sonra 70°C sıcaklıktaki parafine batırılmaktadır. Bal mumuyla kaplanan briketler tartılmakta ve sonra süspansiyon haldeki suyun içine batırılmaktadır.

Suyun yer değişiminin ağırlığı ölçülmekte ve balmumlu briketlerin hacmi kaydedilmektedir. Her bir briketin hacmi balmumu örtülmüş briketin hacminden örtülmüş balmumunun hacmini çıkararak hesaplanmaktadır. Kaplayıcı balmumun hacmi ağırlığın balmumunun yoğunluğuna (466 kg/m^3) bölünmesi yoluyla bulunmaktadır. Sonuçta yoğunluk briketin orijinal ağırlığının hacmine bölünmesi yoluyla ortaya çıkmaktadır.

b) Kırılma Direnci (Shatter Direnci)

Kırılma direnci belirli ölçüde eleklerle sahip bir dönüş tamburunda veya belirlenmiş bir yükseklikten (1 m) 10 kez yere düşürülmesiyle ölçülebilir. Bu şekilde briketlerin yükleme, taşıma, boşaltma, depolama ve yakmaya götürülmesi sırasında oluşacak kayıplar hakkında bilgi edinilir (CRA, 1987; Lindley ve Vossoughi, 1989; Richards, 1990). Bu denemeler briketlemenin kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Bu deneyde elde edilen sonuçlara göre briketlerin sağlamlığı ve kalitesi 0.5-1.0 arasında değerlendirmeye tabi tutulur. Ancak bu değerlendirmeyi yorumlamak zordur.

Genellikle vidalı briketleme makinalarında elde edilen briketler uzak noktalara kadar dağılmadan ve parçalanmadan götürülebilmektedir.

Hidrolik briketleme makinalarında elde edilen briketler neme duyarlı oldukları için, bunlarda kayıp biraz fazla olabilmektedir (CRA, 1987).

c) Tumbler (Düşme, Dayanıklılık) Direnci

Bu testte yalnız briketlerin ağırlığının yüzdelik kaybının ölçüsü olan aksiyona maruz kılınmaktadır. Her bir briket tartılmakta, 10 seramik bilye ile bir 125 mm'lik silindir yerleştirilmekte ve 108 1/min düşürülmektedir. Düşürücü aksiyonun 5 dakikasından sonra briket dışarı alınmakta, tartılmakta ve yüzdelik kayıp hesaplanmaktadır. ASAE 269.3 ve ASAE 269.4'e göre ise belirli ölçüde materyal (en az 5 briket) test düzeneğine konmakta ve 3 dakika süreyle 50 devir/dakikada çevrilmektedir. Materyalin test öncesi ve sonrası ağırlıkları ölçülerek yüzdelik kayıp hesaplanmaktadır.

d) Deformasyon Kuvveti Direnci

Kenarlarda kullanılan düz levhalar dolduğunda kenarda kullanılan briketler yüklendiği zaman briketlerin kopması için gerekli kuvvet ölçülmektedir. Bu amaçla 0.005 hassasiyetinde bir makina kullanılmaktadır. Her bir briket artan yüklemekten kopuncaya kadar bir kuvvet etkisi altında bırakılmakta ve kopma kuvveti ölçülmektedir.

e) Su Alma Direnci

Suyun içine daldırıldığı briket tarafından absorbe edilen yüzdelik suyun ölçüsüdür. Her bir briket 30 saniye içinde 27 °C (80 °F)'daki suya 25 mm derinliğe daldırılmakta, yüzdesel olarak artış hesaplanmakta ve kaydedilmektedir.

f) Nem içeriği

Briketler üretildikten sonra daldırmayla nem içeriğinin yüzdelik ölçüsüdür. Numuneler 130 °C (202 °F) da 24 saat süresince fırında kurutulmaktadır. Kurutmadan önceki ve sonraki farklı ağırlıklar nem içeriğidir.

g) Hava Nemi Direnci (Eşdeğer Nem içeriği)

Bu testte ise üretilen briketler belirli bir süre (7 gün-21 gün) normal çevre şartlarında veya 20 °C çevre sıcaklığı ve %20 hava nemi şartlarında (%30 minimum - %95 maksimum) bekletilmekte, daha sonra ilk ve son ağırlıkları kaydedilerek ağırlık farkları nem içeriği olarak ölçülmektedir. Hava direnci nem değeri özellikle briketin yakıcılarda yanması sırasında, yakma kalitesini etkilemesi açısından önemli bir parametre olarak kendini göstermektedir. Her ne kadar yanma pratik sorun olarak kendini göstermediği halde bununla ilgili hiçbir iyi veri yoktur (CRA, 1987; Lindley ve Vossoughi, 1989; Richards, 1990).

3. Briketleme ve Biyokütlenin Biriketlenmesi

3.1. Briketlemenin Ana Temelleri

Biyokütlenin yakıtı dönüşürülmesinde teknoloji biyokütlenin sıkıştırılması esasına dayanmaktadır. Briketleme teknolojisi sayesinde briketlenmiş biyokütle yakıtı taşıma, depolama ve kullanımda büyük avantajlar sağlamaktadır. Briketleme teknolojisinde sıkıştırmanın temeli şu şekilde sınıflandırabiliriz:

- a) Yüksek basınç altında sıkıştırma.
- b) Normal basınç altında ısı yardımıyla sıkıştırma.
- c) Düşük basınç altında yapıştırıcı ilavesi ile sıkıştırma.

Diğer Briketleme Teknolojileri

Diğer Briketleme makinaları hidrolik pistonlu Briketleme makinalarıdır. Mekanik pistonlu makinalardan farklılığı elektrik motorundan alınan hareket hidrolik sistem aracılığı ile yüksek basınç şeklinde olmaktadır. Makine kompakt yapıda olup hafiftir. Bu tip makinaların kapasitesi 40-135 kg/h arasındadır. Briketlemede nem içeriği % 15 civarındadır.

Briketlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesinde Örnek Alma

Birbirini takip eden 5 gün boyunca toplam 120 adet briket alınmıştır. Buradan da yine birbirini takip eden sırada 1., 4., 7.,, 118. veya 2., 5., 8.,, 119. veya 3., 6., 9.,, 120. briketler seçilerek toplam 40 briket alınmıştır. Bu daha sonra 1., 3., 5., 39. veya 2., 4., 6.,, 40. briketler seçilerek 20 brikete ve bu da 1., 3., 5.,, 19. veya 2., 4., 6.,, 20. olmak üzere 10 brikete düşürülür.

Briket Karakteristikleri ile ilgili Sonuçlar

Briketleme ve peletlemede büyük hacim kaplayan materyal daha küçük hacimde daha büyük kütleye sahip olmaktadır. Sıkıştırmadan sonra iki temel görünümü ürünün kalitesi hakkında fikir vermektedir:

- a) Briketin yakılmaya kadar katı kalabilmesi
- b) Briketin iyi bir yakıt özelliğine sahip olması

İlk görünüm yakıtın briketlenmesinden sonra taşıma, satış ve depolanması aşamalarında parçalanıp ufalanması ile ilgili değerlerdir. İkinci görünüm ise nispeten ham materyalin briketlenme sonra özel şekli ve içerdiği yakıt değeri ile ilgili değerlerdir. Bu yüzden aşağıdaki faktörler önemlidir:

- a) Yakıtın taşıma, iletim karakteristikleri.
- b) Yakıt özellikleri.

Bu açıdan bu iki faktörün karıştırılmaması gerekir. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tarımsal artıklardan ve biyokütleden enerji eldesi amacıyla briketleme çalışmaları önemli bir konuma sahiptir. Özellikle hidrolik piston pres briketleme makinaları öne çıkmış bulunmaktadır. Katı yakıt

yakıcılarında yakılması için bu tip sistemlerde minimum 0.1 t/h bir üretim kapasitesi mümkündür.

Yapılan bir araştırmada materyal olarak Miscanthus, kömür, kanola, ayçiçeği küspesi, talaş, hayvan gübresi kullanılmış ve bunlar belirli oranlarda birbirleri ile karıştırılmışlardır. Briketlerin ölçülen hacim ağırlığı materyal boyutuna göre Çizelge 3.1’de verilmiştir. Boyut küçüldükçe materyalin hacim ağırlığı artmaktadır.

Çizelge 3.1. Briketlemedeki materyallerin hacim ağırlıkları (kg/m³)

Karışım materyalleri	3.35’den büyük	3.35’den küçük	2.36’dan küçük	1.70’den küçük	1.18’den küçük
<i>Miscanthus</i>	45.00	75.00	95.00	120.00	152.50
<i>Kömür</i>	750.00	753.00	778.00	785.00	830.00
<i>Kanola</i>	95.00	98.50	103.00	125.00	174.00
<i>Ayçiçeği küspesi</i>	340.00	360.00	385.00	410.00	442.50
<i>Talaş</i>	107.50	125.50	135.50	147.80	155.00
<i>Hayvan gübresi</i>	210.00	235.50	261.00	280.00	310.00

Bu araştırmada temel olarak en fazla kullanılan Miscanthus, kömür, ayçiçeği küspesi, talaş, hayvan gübresi ve kanolanın hacim ağırlıkları görülmektedir.

Hacim ağırlığı en yüksek olan kömürdür. Sırasıyla bunu ayçiçeği küspesi, hayvan gübresi, kanola, Miscanthus ve talaş takip etmektedir. Materyalin boyutu küçüldükçe yoğunluğu ters orantılı olarak artmaktadır. Daha sonra briketlenen materyallerin hacim ağırlıkları ölçülmüştür. Briketlenen materyallerin hacim ağırlıkları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Briketlerin hacim ağırlıkları karşılaştırıldığında briketlenen biyokütle+ kömür (varsa birleştirici) karışımlarından en büyük yoğunluğa sahip olarak Kanola + Kömür (K+K) [1280 kg/m³] görülmektedir. Bunu sırasıyla MK1, AM, MK5, SY, HG, Ta, MK2, MK3, MKM, MK4, TK, M ve MT izlemektedir. Yapılan briketlemede boyutu 3.35 mm’den küçük materyallerin daha iyi briketlendiği gözlenmiştir.

Çizelge 3.2. Briketlerin hacim ağırlıkları.

Karışım materyalleri	Karışım oranları ve boyutu	Briketin hacim
Miscanthus + kömür (MK1)	% 50 + % 50 1.70’den küçük	1167.0
Miscanthus + kömür (MK2)	% 50 + % 50 2.36’dan küçük	1055.1
Miscanthus + kömür (MK3)	% 50 + % 50 3.35’den küçük	1015.1
Miscanthus + kömür (MK4)	% 50 + % 50 3.35’den büyük	1006
Miscanthus + kömür (MK5)	% 60 + % 40 2.36’dan küçük	1100
Miscanthus + tutkal (MT)	% 90 + % 10 2.36’dan küçük	890
Kanola + kömür (KK)	% 50 + % 50 2.36’dan küçük	1280
Miscanthus + Kömür + melas (MKM)	% 50 + % 40 + %10	1010
Ayçiçeği küspesi + melas (AM)	% 90 + % 10 3.35’den küçük	1120
talaş + Kömür (TK)	% 50 + % 50 2.36’dan küçük	980.2
Miscanthus (M)	% 100 3.35’den büyük	930.7

Kırılma direncinde, briketler belirli bir yükseklikten (bu 1 metredir) 10 kez yere düşürülmesi ile kayıp kısmın kütlesi ölçülmüş ve kırılma sonucu meydana gelen kayıp % olarak hesaplanarak kaydedilmiştir (Çizelge 3.3).

Briketlenen materyallerin shatter (kırılma) dirençlerinin ölçüm sonuçlarında ise kırılmaya karşı en büyük direnci Ayçiçeği + Melas karışımı (AM) [% 99.85 ile] göstermiştir. Bunu sırasıyla MK1, MKM, SY, MK2, Ta, MT, HG, MK3, TK, M, MK4, MK5, KK göstermiştir. Kanola + Kömür en yüksek hacim ağırlığı değerine sahip olmasına rağmen çok parlak bir yapıda briket olduğu için (camsı bir yapı) en düşük kırılma direncini göstermiştir.

Çizelge 3.3. Briketlerin kırılmaya karşı gösterdikleri direnç

Karışım materyalleri	Karışım oranları ve boyutu (mm)	Shatter (kırılma) direnci
Miscanthus + kömür (MK1)	% 50 + % 50 1.70'den	% 99.80
Miscanthus + kömür (MK2)	% 50 + % 50 2.36'dan	% 99.60
Miscanthus + kömür (MK3)	% 50 + % 50 3.35'den	% 98.75
Miscanthus + kömür (MK4)	% 50 + % 50 3.35'den	% 97.90
Miscanthus + kömür (MK5)	% 60 + % 40 2.36'dan	% 97.63
Miscanthus + tutkal (MT)	% 90 + % 10 2.36'dan	% 99.28
Kanola + kömür (KK)	% 50 + % 50 2.36'dan	% 96.47
Miscanthus + Kömür + melas (MKM)	% 50 + % 40 + %10	% 99.77
Ayçiçeği küspesi + melas (AM)	% 90 + % 10 3.35'den	% 99.85
talaş + Kömür (TK)	% 50 + % 50 2.36'dan	% 98.39
Miscanthus (M)	% 100 3.35'den büyük	% 98.03

Tumbler (Düşme, Dayanıklılık) Direnci

Bu testte, ASAE 269-3, ASAE 269-4'e göre tasarlanmış test makinasına konan briketler 3 dakika süreyle 50 1/min ile döndürülmüş, düşürülmüştür. Düşürücü aksiyonun 5. dakikasından sonra briket dışarı alınmış, tartılmış ve yüzdelik kayıp hesaplanmıştır. Ölçülen ve hesaplanan değerler Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Tumbler direncinde ise en fazla dayanım gösteren briket AM (Ayçiçeği + Melas) [% 97.74 ile] olmuştur. Bunu sırası ile MK1, MKM, MK2, Ta, M, HG, MK3, KK, MK4, SY, MT, MK5, TK izlemiştir. Genelde materyal boyutu küçüldükçe briketlerin dayanıklılık dirençleri artmıştır.

Çizelge 3.5 incelendiğinde briketlerin su almaya karşı gösterdikleri direnç büyükten küçüğe doğru sırasıyla Ayçiçeği + Melas (AM) [% 97.82], MK1, MK2, MK3, KK, MK5, MK4, Ta, MKM, MT, M, TK, SY, HG olarak bulunmuştur. Bulunan sonuçlara göre materyal boyutuna ve birleştirici özelliğine bağlı olarak briketlerin su alma dirençleri değişmektedir. Materyal boyutu küçüldükçe nem alma direnci artmaktadır. (Gözenekler azalmakta ve daha sağlam bir yapıda olabilmektedir).

Çizelge 3.4. Briketlerin tumbler (dayanıklılık) direnci sonuçları.

Karışım materyalleri	Karışım oranları ve boyutu (mm)	Tumbler (dayanıklılık) direnci
Miscanthus + kömür (MK1)	% 50 + % 50 1.70'den küçük	% 97.48
Miscanthus + kömür (MK2)	% 50 + % 50 2.36'dan küçük	% 95.79
Miscanthus + kömür (MK3)	% 50 + % 50 3.35'den küçük	% 92.69
Miscanthus + kömür (MK4)	% 50 + % 50 3.35'den büyük	% 86.26
Miscanthus + kömür (MK5)	% 60 + % 40 2.36'dan küçük	% 83.65
Miscanthus + tutkal (MT)	% 90 + % 10 2.36'dan küçük	% 85.09
Kanola + kömür (KK)	% 50 + % 50 2.36'dan küçük	% 89.06
Miscanthus + Kömür + melas (MKM)	% 50 + % 40 + %10	% 96.59
Ayçiçeği küspesi + melas (AM)	% 90 + % 10 3.35'den küçük	% 97.74
talaş + Kömür (TK)	% 50 + % 50 2.36'dan küçük	% 82.50
Miscanthus (M)	% 100 3.35'den büyük	% 94.23

Çizelge 3.5. Briketlerin su tutma (su kazancı) sonuçları.

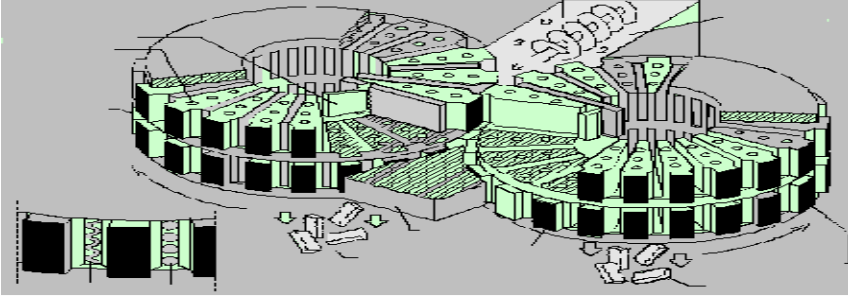
Karışım materyalleri	Karışım oranları ve boyutu (mm)	Su kazancı, su tutması (%)
Miscanthus + kömür (MK1)	% 50 + % 50 1.70'den küçük	% 3.15
Miscanthus + kömür (MK2)	% 50 + % 50 2.36'dan küçük	% 4.20
Miscanthus + kömür (MK3)	% 50 + % 50 3.35'den küçük	% 5.20
Miscanthus + kömür (MK4)	% 50 + % 50 3.35'den büyük	% 6.30
Miscanthus + kömür (MK5)	% 60 + % 40 2.36'dan küçük	% 6.25
Miscanthus + tutkal (MT)	% 90 + % 10 2.36'dan küçük	% 9.01
Kanola + kömür (KK)	% 50 + % 50 2.36'dan küçük	% 5.76
Miscanthus + Kömür + melas (MKM)	% 50 + % 40 + %10	% 8.50
Ayçiçeği küspesi + melas (AM)	% 90 + % 10 3.35'den küçük	% 2.18
talaş + Kömür (TK)	% 50 + % 50 2.36'dan küçük	% 12.24
Miscanthus (M)	% 100 3.35'den büyük	% 11.96

4. Peletleme

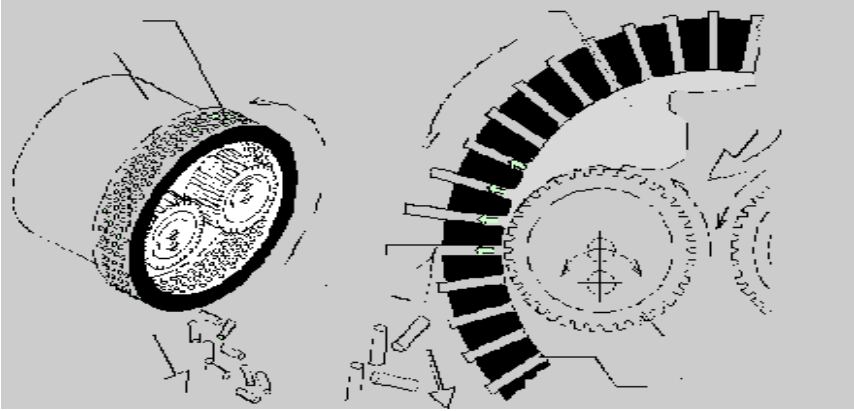
Briketlemenin yanında peletleme teknolojisi de söz konusudur. Pelet yakıtlarda standart, silindirik gövdeli, çapları 6-8 milimetre ve en çok 38 milimetre uzunluğundadır. Endüstriyel uygulamalar için ise pelet 10-12 milimetre çapında olabilmektedir. Eğer üretilen sıkıştırılmış granül formlar 25 milimetre çapından daha büyük iseler, genellikle briket olarak adlandırılmaktadır.

Peletlemede, peletlenmiş ürün küçük boyutludur ve boyu yaklaşık 30 mm'dir. Peletlemede 2 tip presleme şekli söz konusudur:

1. düz, yassı pelet (Şekil 4.1).
2. daire, yuvarlak pelet (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Yassı (düz) pelet oluşumu.



Şekil 4.2. Yuvarlak pelet oluşumu.

Düz, yassı tipte üzerinde yuvalar olan karşılıklı iki disk dönmekte ve materyal şekil alarak çıkmaktadır. Yuvarlak (daire) tipte ise delikli bir daire içinde dönen 2 yada 3'lü toplar yardımıyla materyal deliklerde çıkmakta ve şekil almaktadır. Her iki tipinde de belirli ölçüler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Pelet özellikleri

	Yassı (düz) pelet	Yuvarlak pelet
Disk çapı (mm)	300 – 1500	250 – 1000
Silindirin iz alanı (cm²)	500 – 7500	500 – 6000

Peletleme makinalarının kapasitesi 200 kg/h ve 8 t/h arasında değişmektedir. Güç gereksinimleri 15-40 kWh/t arasındadır.

Biyokütle bir doğal ortamlarında meydana gelen organik maddelerin bütünüdür, bir ayırım fotolojik ve zoolojik (hayvansal kütlesi) arasında yapılmaktadır.

Biyojenik yakıtların elektrik, ısı ya da motor yakıt sağlamak için bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir biyokütle toplam miktarının bir kısmını oluşturur.

Bunların arasında, sadece katı biyojenik yakıt (mümkün olduğu kadar düşük olan bir su içeriği ile) sonra pelet üretimi için özel önem taşır.

Mevcut biyokütle türlerinin niteliksel kullanımı ile ilgili olarak, peletler üretim sınıflandırmasına göre Avrupa Standardı DIN EN 14961-1'e uygun ve tanımlanmıştır.

Potansiyelleri aşağıdaki hedef pazarlara bölünmüştür:

- Küçük tüketici pazarı için Pelet
- Orta ölçekli ve daha büyük güç aralığı için Pelet
- Diğer peletler, mesela Güç istasyonu sektöründe kullanımı, tarım yakıtları için bitkilerde kısmen de uygundur.

28 AB ülkelerinde, pelet üretimi için hammadde teknik potansiyelleri 500 TWh ve 2010 yılında 750 TWh/yıl arasında değişmiştir.

Bu 100-150 milyon ton bir pelet üretim kapasitesine karşılık gelir. Pelet üretimi için en büyük potansiyeli, büyük ölçüde, orta ve yüksek güç aralığında pelet üretimi için ya da tüm tahıl yetiştiriciliğinde pelet diğer türleri (örneğin orman odunları kullanımındaki ve enerji bitkilerin ekimi bulunan bitkiler oluşturur).

Alanlarına göre potansiyellerin nitel farklılaşma ile ilgili olarak küçük ısıtma sistemlerinde de kullanılır. Pelet üretimi için potansiyel şu anda 28 AB ülkeleri için yaklaşık 200 milyar kWh olarak görünmektedir.

2010 yılında Orta ve yüksek güç aralığında kullanım için pelet üretimi potansiyeli gözlem süresi boyunca sürekli olarak kayıt ve 130 ve 390 TWh arasında gerçekleşmiştir.

Potansiyel aralıktaki belirsizlikler, enerji bitkilerin ekimi biyokütle için uzun vadeli yüksek talep ile açıklanabilir. Pelet üretimi için teknik potansiyel şu anda yaklaşık 170 TWh civarındadır.

Peletlemede Genel tanımlar

Pelet "bir maddenin küçük bir yuvarlak kütlesi" anlamına gelir (Acaroğlu, 2014). Bir pelet böylece normal bir küresel veya silindirik şekilli çok sıkıştırılmış malzemeden imal edilmiş bir küçük yuvarlak kütledir denebilir.

Çeşitli ürünler ve maddeler, aşağıdaki verildiği gibi bir malzeme olarak, termal olarak ya da hala kullanılmak üzere pelet haline edilebilir:

- Demir cevheri hazırlanmış peletler demir üretiminde ön ürünler
- Hayvan yemi pelet hayvansal gıda (örn. balık yemi)
- Peletler, yem at granül, vs.)
- Şerbetçiotu granül bira üretiminde
- Uranyum granül yakıt elemanlarının üretimi (uranyum peletler)
- Katalizör Heterojen katalitik peletler (kimyasal reaksiyonlarda gerçek bir katalizör taşıyıcı olarak)
- Eczacılık endüstrisinde bir ön ürün olarak kullanılan granüller ve daha sonra tabletler halinde preslenir ya da kapsüllere doldurulur.
- Polistiren granül bebek, oyuncak hayvanlar için dolgu malzemesi olarak kullanılır, ortopedik yastıklar, minderler hem de ambalaj gibi.

- atık kağıt veya örneğin eski banknotlardan yapılmış izolasyon peletleri termal duvar yalıtımı için kullanılır.
- Peletler aynı zamanda anaerobik sindirim amacıyla kullanılmaktadır. Bu anlamda, peletler anaerobik bakterilerin 2-3 mm granül toplamalardan oluşmaktadır.
- Talaş, odun talaşı, saman, ot ya da kenevir yapılmış Peletler aynı zamanda kümes kafesleri ve benzeri hayvan altlığı olarak kullanılmaktadır.
- Enerjik kullanımı için granüller odun, turba, otsu biyokütle veya atık yapılabilir.

Yoğunlaştırılmış biyokütle yakıtları teriminden amaç, katı biyokütleden yapılmış olan balya, briket ve pelettir (Acaroğlu, 2014).

Buna göre peletleme, toz, kısmen farklı parçacık boyutunun veya kaba taneli malzemeden (sıkıştırılmış ağaç, bitki artığı, bitki sapı veya ağaç parçacıklarının yoğunlaştırılması ile yapılan bir yakıt) tek tip cisimlerin üretimidir (Acaroğlu, 2014).

CEN katı biyoyakıt terminoloji

Komite TC335 altında Standardizasyon için Avrupa Komitesi (CEN) zaten kısmen tam bir Avrupa standartlarına yükseltilmiş olan katı biyoyakıt için standartlar ve ön standartlar dizisi yayınlamıştır.

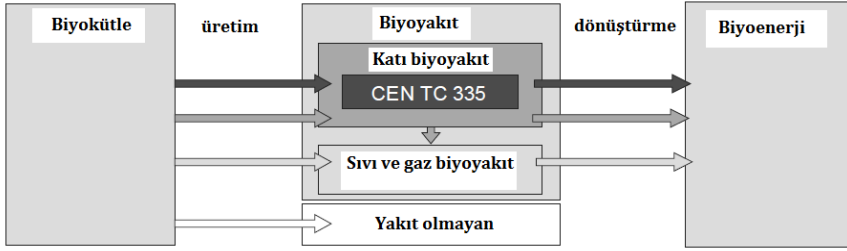
EN standartları yürürlükte olduğunda ulusal standartlar altı aylık bir süre içinde geri çekilecek ya da bu EN - standartlara adapte edilecektir.

prEN 14588 "Katı biyoyakıt-Terminoloji, tanımlar ve açıklamalar" bu standartlardan biridir.

Bu Avrupa standardı, CEN/TC 335 kapsamında standardizasyon çalışmalarında kullanılan tüm terminoloji içermektedir.

CEN / TC 335 göre, aşağıdaki kaynaklardan katı biyoyakıt için geçerlidir:

- Tarım ve ormancılık ürünleri
- Tarım ve ormancılık Sebze artıkları.
- Gıda işleme sanayi Bitkisel artıklar
- Ahşap koruyucu ya da kaplama ile tedavinin bir sonucu olarak halojenli organik bileşikler veya ağır metaller içeren atık ahşap hariç
- Ahşap artıklar (bu özellikle inşaat ve yıkım artıkları)
- Mantar artık
- Kâğıt hamuru üretim ve hamurundan bir kağıt üretiminde Lifli bitkisel artıklar

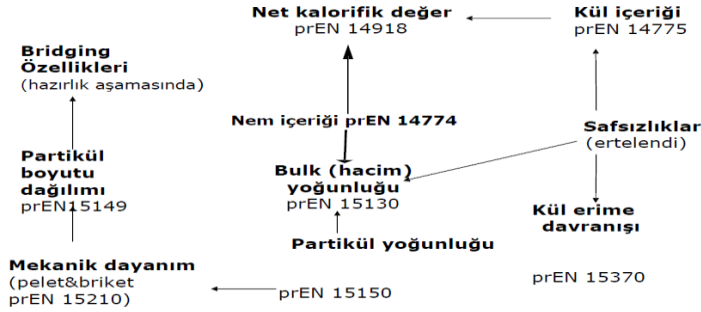


Prof. Dr. Mustafa Acaroğlu, 2014

Şekil 4.3. CEN TC 335 biyoenerji sınıfı

CEN / TC 335, organik halojenli içeren sürece inşaat ve yıkım kaynaklanan atık ahşap gibi atık ahşap, CEN / TC 335 kapsam ve görev M/298 "kati biyoyakıt" kapsamına dahil olduğunu dikkate alır ahşap koruyucu veya kaplama ile muamele sonucu bileşikler ya da ağır metallerdir. Şüpheyeye mahal vermemek için, yıkım ahşabı bu Avrupa standardı kapsamında değildir.

CEN/TC 335 kati biyoyakıtlar için standard



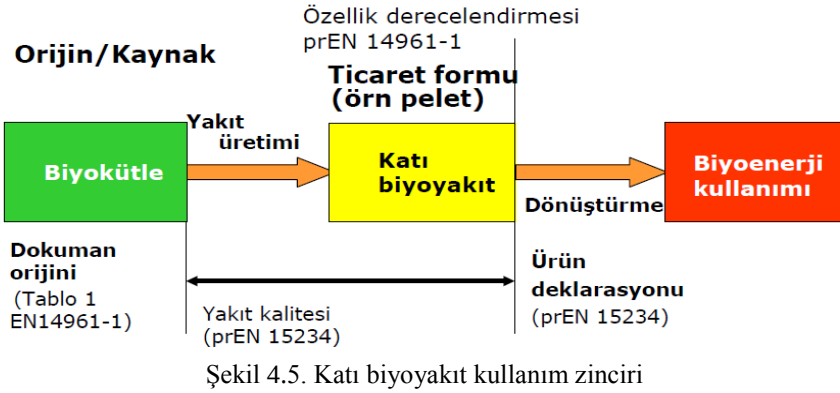
Şekil 4.4. CEN/TC 335 Kati biyoyakıtlar için standard

- ✓ Yakıt özellikleri ve sınıfları prEN 14961 (çok parçalı)
- ✓ Yakıt kalite güvence prEN 15234 (çok parçalı)
- ✓ Terminoloji prEN 14588
- ✓ Numune alma ve numune hazırlama prEN 14778, 14780

Sınıflandırma köken ve kaynağına dayalı, büyük ticareti biçimleri ve özellikleri Çizelge biçiminde hiyerarşik sınıflama sisteminde şu şekilde verilmektedir:

1. Odun biyokütle
2. Herbaceous (otsu) biyokütle
3. Meyve biyokütle
4. Biyokütle karışımları ve bunların karışımları
 - a) Blends (karışımlar) = kasıtlı
 - b) Mixtures (karışımlar) =kasıtsız

Kati biyoyakıt kullanım zinciri ise Şekil 4.5’de verilmiştir.



Tipik bir pelet ham maddesi için sınıflandırmaya örnek olarak şu şekilde verilebilir:

Doğranmış cips, talaş, toz öğütme

• sınıf 1.2.1.1 (huş) veya sınıf 1.2.1.2 (ladın, çam ağacı)
Mobilya endüstrisi ▼ Doğranmış veya tıraşlanmış (bazı yapıştırıcı dahil)

• kimyasal işlemlerle odunsu biyokütle

• sınıfı 1.2.2.1 veya 1.2.2.1

Kabuk ve talaş ▼ Blend

• sınıf 1.2.1.7

Kimyasal olarak işlenmemiş ve işlenmiş ağaç biyokütle ▼ Blend

• kimyasal olarak işlenmiş odun biyokütle,
sınıf olarak sınıflandırılmış 1.2.2.1 veya 1.2.2.2

▼ Saman

• 2.1.2.2 Saman

Peletlerin Büyük çaplı Ticaret formunda ise sınıflaması

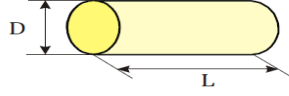
- ✓ Briketler (Çizelge 3)
- ✓ Peletler (Çizelge 4)
- ✓ Yonga (Çizelge 5)
- ✓ Ezilmiş tahta, talaş artıkları (hog fuel) (Çizelge 6)
- ✓ Ahşap artıkları (Çizelge 7)
- ✓ Testere Talaş (Çizelge 8)
- ✓ Yonga Talaşı (Çizelge 9)
- ✓ Ağaç kabuğu (Çizelge 10)
- ✓ Saman balyaları, kamış kanarya çim balyaları ve
- ✓ Miscanthus balya (Çizelge 11)
- ✓ Enerji tahılı (Çizelge 12)
- ✓ Zeytin artıkları ve kalıntılar (Çizelge 13)
- ✓ Meyve tohumu (Çizelge 14)
- ✓ Diğerleri için genel ana çizelge (Çizelge 15)

Ana başlıklar altında verilmektedir.

Pelet – Normal özellikler (Part 1)

Orijin (Tablo 1 - Bölüm 1)

- ☐ Odunsu biyokütle 1
- ☐ Otsu biyokütle 2
- ☐ Meyve biyokütle 3
- ☐ Karışık ve karışım 4



Boyutlar

Sınıf	Çap (D)	Uzunluk (L)
☐ D06	$\leq 6 \pm 1,0$ mm	$3,15 \leq L \leq 40$ mm (95 w-%)
☐ D08	$\leq 8 \pm 1,0$ mm	$3,15 \leq L \leq 40$ mm (95 w-%)
☐ D10	$\leq 10 \pm 1,0$ mm	$3,15 \leq L \leq 40$ mm (95 w-%)
☐ D12	$\leq 12 \pm 1,0$ mm	$3,15 \leq L \leq 50$ mm (95 w-%)
☐ D25	$\leq 25 \pm 1,0$ mm	$10 \leq L \leq 50$ mm (95 w-%)

☐ Maksimum pelet uzunluğu: 45 mm sınıf D06, D08 ve D10

Şekil 4.6. Peletlemede orjin ve boyutlar

Pelet – Norm (Bölüm 1)

Nem içeriği (M)

- ☐ M10 $\leq$ % 10 geçerli olan
- ☐ M15 $\leq$ % 15 geçerli olan

Kül içeriği (A)

- ☐ A0.5 $\leq$ 0.5 % Kuru bazda
- ☐ A0.7 $\leq$ 0.7 % Kuru bazda
- ☐ A1.0 $\leq$ 1.0 % Kuru bazda
- ☐ A1.5 $\leq$ 1.5 % Kuru bazda
- ☐ A3.0 $\leq$ 3.0 % Kuru bazda
- ☐ A5.0 $\leq$ 5.0 % Kuru bazda
- ☐ A7.0 $\leq$ 7.0 % Kuru bazda
- ☐ A10.0 $\leq$ 10.0 % Kuru bazda
- ☐ A10.0+ $>$ 10.0 % Kuru bazda belirtilmesi gereken minimum değer

Bulk density (BD) (kg/m³)

- ☐ Aşağıdaki sınıflara belirtili BD550, BD600, BD650, BD700 and BD700+ (belirtilmesi gereken minimum değer)

Kurutma fırını, nem içeriği
prEN 14774-1 - 3



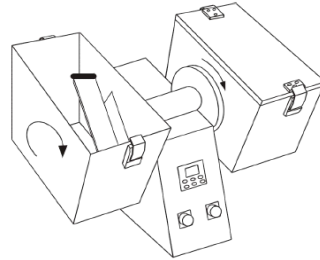
Yüksek sıcaklık fırını
Kül içeriği prEN 14775

Şekil 4.7. Peletlemede nem içeriği ve kül içeriği

Mekanik dayanıklılık-durability (DU)

- ☐ DU97.5 $\geq$ 97.5 % pelet test sonrası
- ☐ DU96.5 $\geq$ 96.5 % pelet test sonrası
- ☐ DU95.0 $\geq$ 95.0 % pelet test sonrası
- ☐ DU95.0- $<$ 95.0 % pelet test sonrası, Geçerli minimum değer

Test miktarı 500 ± 10 g
500 dönüş-devir
için 50 ± 2 rpm



Mekaniksel dayanıklılık için test sistemi
prEN 15210-1

Şekil 4.8. Peletlemede mekaniksel dayanım testi

Sülfür- kükürt (S)

§

(1.2.2, 1.3.2, 2.2.2,3.2.2)

§ S0.02	≤ 0.02 w-% kuru baz
§ S0.05	≤ 0.05 w-% kuru baz
§ S0.08	≤ 0.08 w-% kuru baz
§ S0.10	≤ 0.10 w-% kuru baz
§ S0.20	≤ 0.20 w-% kuru baz
§ S0.20+	> 0.20 w-% kuru baz, Geçerli maksimum değerler



S, C analizi için
geçerli metod
prEN 15289

Şekil 4.9. Peletlemede kükürt analizi

Azot (N)

§

(1.2.2, 1.3.2, 2.2.2,3.2.2)

§ N0.3	≤ 0.3 w-% db
§ N0.5	≤ 0.5 w-% db
§ N1.0	≤ 1.0 w-% db
§ N2.0	≤ 2.0 w-% db
§ N3.0	≤ 3.0 w-% db

N3.0+ >3.0 % w-% db
geçerli maksimum değer



CHN-analizi için
Geçerli metod prEN 15104

Şekil 4.10. Peletlemede CHN analizi

Klor-Chlorine (Cl)

(1.2.2, 1.3.2, 2.2.2,3.2.2)

Cl 0.02	≤ 0.02 w-% kuru baz
Cl 0.03	≤ 0.03 w-% kuru baz
Cl 0.07	≤ 0.07 w-% kuru baz
Cl 0.10	≤ 0.10 w-% kuru baz
Cl 0.10+	> 0.10 w-% kuru baz geçerli maksimum değer



Geçerli Analiz metodu
prEN 15289 (total S, Cl)

Şekil 4.11. Peletlemede Cl tespiti



Şekil 4.12. Pelet boyutları

Çizelge 4.2. Pelet sınıflandırması

Özellikler	A1	A2	B
Orijin	1.1 and 1.2.1	1.1 and 1.2.1	1.1, 1.2, 1.3
Boyut	D06, D08 (± 1 mm) 3,15 $\leq L \leq 40$ mm Max. 45 mm (1w-%)	D06, D08 (± 1 mm) 3,15 $\leq L \leq 40$ mm Max. 45 mm (1w-%)	D06, D08 (± 1 mm) 3,15 $\leq L \leq 40$ mm Max. 45 mm (1w-%)
Nem, M	≤ 10 w-%	≤ 10 w-%	≤ 10 w-%
Kül içeriği, A kuru bazda	0.7 w-%	1.5 w-%	3.0 w-%
Yığın (Bulk) yoğunluğu, BD	≥ 600 kg/m ³	≥ 600 kg/m ³	≥ 600 kg/m ³
Mekaniksel dayanım, DU	≥ 97.5 w-%	≥ 97.5 w-%	≥ 96.5 w-%
Hu, Q	≥ 16.5 MJ/kg [4.6 kWh/kg]	≥ 16.5 MJ/kg [4.6 kWh/kg]	≥ 16.0 MJ/kg [4.4 kWh/kg]
İnce parçacık, F (<3,15 mm)	İnce parçacık miktarı yaklaşık $\leq \%1$ kadar. Son kullanıcıya teslimde		

Katkılar: Pres kütlelerinin (db) $\leq \%2w$ kadar. tip (e.g. nişasta, mısır unu, bitkisel yağ)

Çizelge 4.3. Pelet ürün standardı

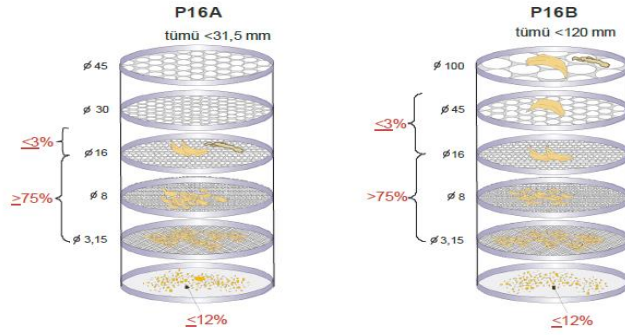
Ürün standardı - Endüstriyel olmayan odun peleti ve briketi (bölüm 2, 3)

Özellikler	A1	A2	B
Sulphur, S db	S0.05	S0.05	S0.05
Nitrogen, N db	N0.3	N0.5	N1.0
Klorin, Cl, db	Cl0.02	Cl0.03	Cl0.03
Kül Erime, DT °C*	$\geq 1\ 200$	$\geq 1\ 100$	$\geq 1\ 100$
Arsenik, As mg/kg dry	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Kadmiyum, Cd, mg/kg dry**	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5
Krom, Cr mg/kg dry**	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Bakır, Cu, mg/kg dry**	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Kurşun, Pb, mg/kg dry**	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Civa, Hg, mg/kg dry**	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05
Nikel, Ni, mg/kg dry**	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Çinko, Zn, mg/kg dry**	≤ 100	≤ 100	≤ 100

* briket için geçerli değil,

DT = deformasyon sıcaklığı (EN15370-1)

** 1 000 mg/kg = 1 000 ppm = 0,1%, prEN 15297 - Minor elementler için



Şekil 4.13. Peletlemede partikül boyutu

Bulk density, BD (kg/m³)

Sınıf BD150; BD200; BD250; BD300; BD350; BD400 ve BD450+ (Geçerli maksimum değerler)



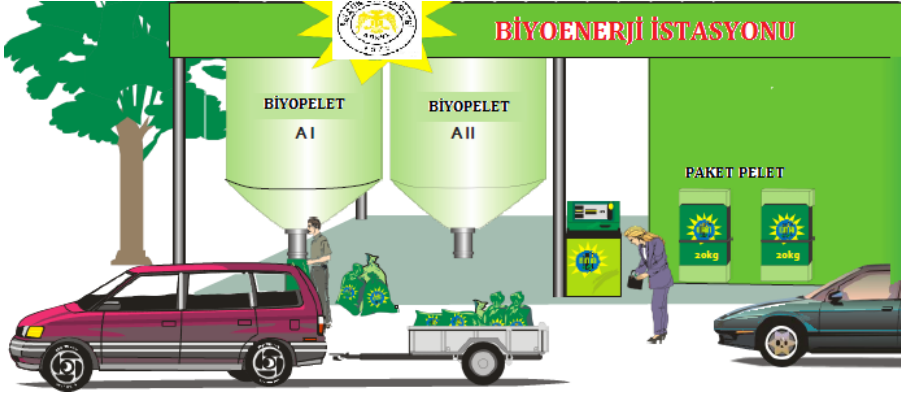
bulk density için geçerli test prEN 15103

Şekil 4.14. Peletlemede bulk density için geçerli test

Çizelge 4.4. Pelet ürün bildirim örneği

Bölüm 1'e göre ürün bildirimi örneği - Toplu teslim - sanayi granül

Normlar	EN 14961 - 1	
	Üretici	Acaroğlu Biofuels
	Pelet Yeri	Konya , Türkiye
	Origin	1.2.1.2 (Talaş, çam)
	Ticaret formu	Pelet
	Boyut	D08
	Nem, w-%	M 10
	kül, w-% dry	A0.7
	Mekaniksel dayanım, w-% Test sonrası pelet	DU97.5
	Yaklaşık incelik, w-% (< 3,15 mm)	F1.0
Ek bilgiler	Katkılar, w-% of presleme kütlesi mass	0.5 w-% nişasta
	Hacim yoğunluğu, kg/m ³	BD 650
	Hu, Q, kWh/kg	Q4.7
	S, w-% db	0.05
	N, w-% db	N0.3
	Cl, w-% db	Cl0.03



Şekil 4.15. Gelecekte biyoenerji istasyonu

Peletleme ile ilgili standartlardaki diğer şartlar alfabetik olarak sıralanmıştır:

Katkı yakıt (örneğin yanma özellikleri) kalitesini artırmak malzemeler, emisyonlarını azaltmak ya da üretim daha verimli hale getirirler.

Kül bir yakıtın yanması ile elde tortusudur.

Yanma verimliliğine bağlı olarak, kül yanıcı içerebilir. Bu tanım ISO 1213-2:1992'den uyarlanmıştır. Kül büzülme başlangıç sıcaklığı (SST) test parçasının küçülen ilk belirtileri ortaya çıktığı sıcaklıktır. Kül deformasyon sıcaklığı (DT) test parçasının ucu ya da kenarların, erime nedeniyle, yuvarlama ilk belirtileri ortaya çıktığı sıcaklıktır.

Kül akış sıcaklığı (FT), bir kül tabakasındaki destek karo üzerine yayılmış olduğu sıcaklıktır. Bu tanım ISO 540:1995 uyarlanmıştır.

Biyoenenerji (biyokütleden enerji)

Bir biyoyakıt biyokütle doğrudan veya dolaylı olarak üretilen bir yakıttır.

Bir biyoyakıt karışımı kasten farklı biyoyakıtların karışımıdır.

Biyoyakıt pelet silindir şeklinde, tipik olarak 5-40 mm ve kırık uçlarının rasgele uzunlukta genellikle katkı veya katkı olmaksızın toz haline getirilmiş biyokütle yapılmış bir yoğunlaştırılmış biyoyakıttır.

Biyoyakıt pelet için hammadde odunsu biyokütle, otsu biyokütle, meyve biyokütle, biyokütle veya karışımları ve karışımları olabilir. Biyoyakıt peletler genellikle bir kalıp içinde üretilir. Biyoyakıt peletlerin nemi genellikle %10'dan azdır (kütlesel bazda).

Biyokütle jeolojik oluşumlar içinde gömülü ve / veya fosil dönüştürülmüş malzeme hariç biyolojik kökenli malzeme olarak görüş bilimsel ve teknik açıdan tanımlanır.

Biyokütle ilgili belgelerin kapsam ve hedefe göre çok farklı şekillerde yasal belgelerde tanımlanan (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 2001/77/EC direktifi örneğin; Komisyon Kararı (Temmuz 2007 18) 2007/589/EC).

Yığın yoğunluğu, belirtilen şartlar altında kabın hacminin katı yakıt bir kısmının kütlesine oranıdır. (Bu tanım ISO 1213-2:1992 uyarlanmıştır).

Kalorifik değeri ya da ısıtma değeri (Q) tam yanmada kütle ya da hacim birimi başına düşen enerji miktarıdır.

Enerji yoğunluğu kütle hacmine net enerji içeriğinin oranıdır. Enerji yoğunluğu net kalorifik değeri ve kütle yoğunluğu kullanılarak hesaplanır.

Sınıflandırma Temeli

Katı biyokütlenin sınıflandırılması EN 14961-1’de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Odunsu biyokütle sınıflandırılmasının bir kısmı örnek olarak aşağıda verilmiştir.

Peletlemede Hammadde Özellikleri Moleküler ve Element Yapısı

Biyokütlenin kimyasal bileşimi, granülasyon ve ısı kullanımında hammaddenin kullanılabilirlik değerlendirilmesinin yapılabilmesi için büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, bir ayırım biyokütle - moleküler yapısı arasında yapılabilir (örneğin, granülasyon için). Kuru bitkisel konuyla ilgili olarak, biyokütle etrafında oluşmaktadır

%90 karbon (C) ve oksijen (O) ve CO₂, O₂, H₂O veya HCO₃ formunda bitki tarafından emilir (yaklaşık %6 hidrojen). Bitkisel maddenin Bu üç ana parçaları tüm organik bileşikler bulunur (örneğin lignin, selüloz, pektin, şeker, yağ, nişasta proteinleri).

Kuru maddenin geri kalan kısımları, bitki besinleri saklamak içindir.

Kuru madde %5 kadar önemli makro besin (N, K, Ca ve daha az miktarda P, Mg, S ve Fe) ile ilişkili olabilir. Bunun aksine, mikro-besleyiciler, sadece %0.001 ve %0.03 (Zn, Cu, B, Mn, Mo, Fe) bir konsantrasyonunda eser elemanlar olarak ortaya çıkar.

Bitkilerin moleküler yapısı göz önüne alındığında, biyokütle katı tür selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi üç biyo-polimer yaklaşık % 95 oranına sahiptir.

Geri kalan örneğin, reçineler, yağlar, tabaklama maddeleri, nişasta, şeker , protein ve minerallerden oluşmaktadır.

Selüloz

Selüloz, doğada en sık ortaya çıkan bir maddedir. Bu bitkilerin yapısal madde oluşturur ve unlignified (odunsu olmayan) hücre çeperinin temel maddedir. Moleküler yapısı nedeniyle, selüloz, biyokütleyle yüksek boyutsal stabilite kazandırmaktadır. Biyoküttelede özellikle gerilme ve bükülme mukavemeti sağlamaktadır.

Ahşap ve diğer biyogenik ham maddelerin çoğunda, gerilme mukavemeti (selüloz muhtevası) ortalama olarak iki kat daha yüksektir.

Hemiselülozlar

Hemiselülozlar, tarım ürünlerinden elde edilmektedir (örneğin, mısır koçanı, yulaf) ve kalınlaştırıcı bir ajan (gıda endüstrisinde), (gücünü artırmak)

kağıt imalatında, aktif kömür ya da briket için bağlama maddesi olarak görev yapmaktadırlar.

Lignin

Kimyasal açıdan bakıldığında, lignin, termoplastik özelliklere sahip olan fenil propan gruplarının karmaşık bir polimer zinciri olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, yüksek lignin içeriği, bir bitkinin filizinin dik kalabilmesini sağlamaktadır.

Biyokütlerde bir yıllık bitkiler (yıllık hasat çevrimi) çok daha yüksek lignin içeriğine sahiptir ve bu yüzden, aynı zamanda nispeten düşük bir su içeriğine rağmen sürekli yüksek streslere dayanabilir.

Minör Bileşenler

Minör bileşenler, ilgili maddeler ve özler 500'den fazla farklı bileşikleri içerir. Muhtevası bitkilerin moleküler yapısının çok az oranlarıdır. Ancak bunlar hammaddenin önemli özelliklerini belirleyebilir:

- Mantar ve böceklerle karşı direnç (tabaklama maddeleri, terpenler, fenoller)
- Koku (örneğin köknar ağacı, çam) ve renk (örneğin ceviz, köknar)
- Su - itici (reçineler, mumlar, katı yağlar, sıvı yağlar) ,
- alevin zapt edilememesi

Çizelge 4.5. Farklı biyokütlenin moleküler bileşenleri

Yakıt	Selüloz	Hemiseluloz	Lignin	Resins/Yağ	Protein	Kül
Köknar	42.3	22.5	28.6	2.3	—	1.2
Çam	41.9	21.5	29.5	3.2	—	1.3
Ladin	41.0	24.3	30.0	k.A.		k.A.
Dişbudak	40.2	25.0	26.0	2.2	—	1.3
Kayın	45.4	22.2	22.7	0.7	—	1.6
Huş	40.9	27.1	27.3	2.2	—	1.8
Kavak	48.4	18.2	21.6	2.4	—	1.3
Söğüt	42.9	21.9	24.7	2.0	—	1.2
Sap –tipi yakıt (in % KM)						
Buğday Samanı	38	29	15	—	4	6
Prairie (kır)otu	37	29	19	—	3	6
Miscanthus	43	24	19	—	3	2
Sorghum bicolor	23	14	11	—	k.A.	5
Tall (çayır otu)	25	25	14	—	13	11
Mısır samanı	38	26	19	—	5	6

Pellet Kalitesini Etkileyen Hammadde - Malzeme Parametreleri

PrEN 14588 kendi tanımına göre, peletler, katkı maddeleri olan veya olmayan sıkıştırılmış olan öğütülmüş biyokütle sıkıştırılmış bir biyoyakıttır. Yaklaşık 5-40 mm'lik bir uzunluğa sahip, normal olarak silindirik bir şekle sahiptir ve uçları kırkır.

Çizelge 4.6. Katı biyokütle yakıtlarında majör element içerikleri (% KM)

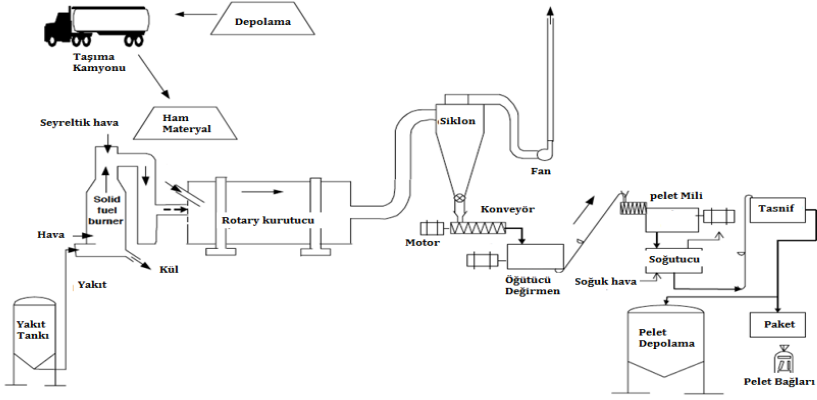
Yakıt tipi/biyokütle	C	H	O	N	K	Ca	Mg	P	S	Cl
İbrelî (kabuksuz)	51.0	6.3	42.0	0.10	0.04	0.09	0.015	0.006	0.02	0.01
Yapraklı (kabuksuz)	49.0	6.2	44.0	0.10	0.08	0.12	0.02	0.01	0.02	0.01
Kavuk (ibrelî odun)	52.0	5.9	38.0	0.50	0.20	0.50	0.10	0.04	0.03	0.02
Kabuk (yapraklı odun)	52.0	5.8	38.0	0.30	0.20	1.50	0.05	0.04	0.03	0.02
Ladin (kabuğu ile)	49.8	6.3	43.2	0.13	0.13	0.70	0.08	0.03	0.015	0.005
Kayın (kabuğu ile)	47.9	6.2	45.2	0.22	0.15	0.29	0.04	0.04	0.015	0.006
Kavak	48.0	6.2	43.0	0.40	0.25	0.50	0.05	0.10	0.03	0.01
Söğüt	48.0	6.1	43.0	0.50	0.25	0.50	0.05	0.08	0.05	0.03
Çavdar samanı	46.6	6.0	42.1	0.55	1.68	0.36	0.06	0.15	0.085	0.40
Buğday samanı	45.6	5.8	42.4	0.48	1.01	0.31	0.10	0.10	0.082	0.19
Ayçiçeği samanı	42.5	5.1	39.1	1.11	5.00	1.90	0.21	0.20	0.15	0.81
Çavdar tamamı	48.0	5.8	40.9	1.14	1.11		0.07	0.28	0.11	0.34
Buğday tamamı	45.2	6.4	42.9	1.41	0.71	0.21	0.12	0.24	0.12	0.09
Çavdar tohumu	45.7	6.4	44.0	1.91	0.66		0.17	0.49	0.11	0.16
Buğday tohumu	43.6	6.5	44.9	2.28	0.46	0.05	0.13	0.39	0.12	0.04
Miscanthus	47.0	6.1	42.0	0.70	0.70	0.20	0.06	0.05	0.20	0.20
Grass (hay) mixed	46.0	5.9	40.0	1.3	1.50	0.35	0.17	1.50	0.20	0.70

Pelet Üretimi

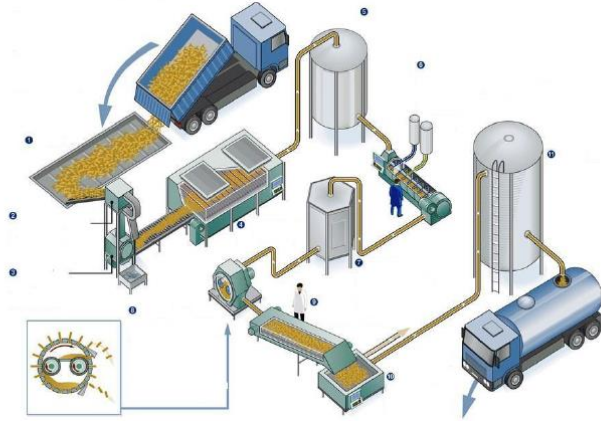
Modern endüstriyel peletleme tesislerinde yaklaşık 30,000-500,000 t/yıl pelet işlenebilir.

Tesis tasarımı bağlı olarak, şu merkezi bileşenleri içerir:

- Sıyırma
- Freze
- Islak depolama ve taşıma sistemleri
- Kurutucular
- Kuru talaş depolama
- granülleştirici
- Pelet depolama ve yükleme istasyonu
- Paketleme



- 1)Hammadde deposu
- 2)Ayrıştırıcı
- 3)Değirmen
- 4)Fırın
- 5)Ara depo
- 6)Karıştırıcı
- 7)Ara depo
- 8)Pellet pres
- 9)Soğutucu
- 10)Elekt
- 11)Silo



Şekil 4.16. Tipik peletleme sistemleri

- 1)Hammadde deposu



- 2)Ayrıştırıcı



- 3)Değirmen



- 4)Fırın



- 5)Kuru Malzeme Ara Deposu



- 6)Karıştırıcı



Şekil 4.17. Pelet üretim aşamaları

7)Ara silo



8)Pellet Presi



9)Soğutucu Ünite



10)Elek



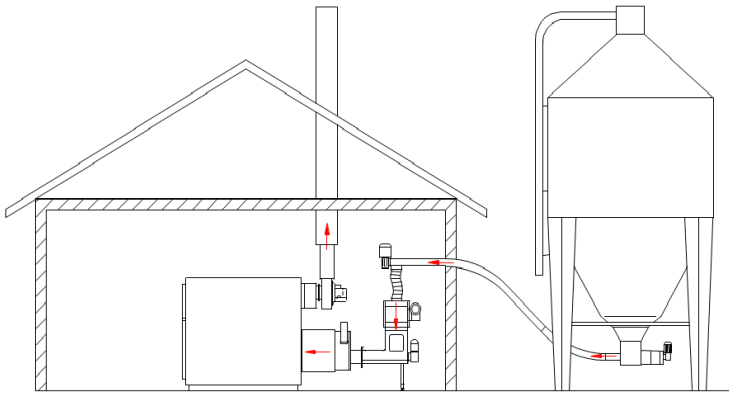
11)Silo



Şekil 4.18. Pelet üretim aşamaları



Şekil 4.19. Avrupa pelet kullanımı



Mustafa Acaroğlu - 2014 Konya Meram Müstakil Ev Fizibilitesi

Şekil 4.19. Örnek pelet sistem fizibilitesi

SUNULU BİLDİRİLER

TÜRKİYE VE AVRUPA BİRLİĞİ'NDE BİYORYAKIT

Tayfur Ünal

Nuray Kızılaslan

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, TOKAT

Özet: Globalleşen dünyada her geçen gün önem kazanan enerji, ülkelerin öncelikli politikaları arasında yer almaktadır. Tükenebilir enerji grubundaki enerjiler, artan nüfusa karşı yetersiz kalmakta ve rezervleri bitme noktasına gelmektedir. Ayrıca fosil yakıtlardan elde edilen bu enerjiler çevreye verdikleri zararlar göz ardı edilmeyecek duruma gelmiştir. Bu durum dünya ülkelerini alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Biyoyakıtlar, alternatif yenilenebilir bir enerji türüdür. Enerji arzı ve çeşidine katkı sağlanması konusunda büyük önem taşıyan bu enerjinin Dünyada ve Avrupa Birliği'nde etkin bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Türkiye bir tarım ülkesidir ve zengin bir biyoyakıt potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, Avrupa Birliği'nde ve Türkiye'de biyoyakıt üretim ve tüketim durumları, ülke ekonomisine katkıları ve potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Biyoyakıtların ülkelerin enerji talebinin artmasında bu talebi karşılayan yenilenebilir ve çevreye duyarlı bir yakıt türü ve ekonomik anlamda da gelecek vadeden alternatif bir enerji türü olduğu görülmüştür. Dünya ve AB ülkelerinde çevre politikaları ve destekler kapsamında sektörde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Türkiye'nin biyoyakıt konusunda önemli ve ayrıcalıklı potansiyeline rağmen sektörün gelişemediği belirlenmiştir. Ayrıca yeterli teşvik ve desteklemelerden de yoksun olduğu görülmüştür. Türkiye'de tarım sektörü potansiyelinin iyi değerlendirilerek, AB'de olduğu gibi, "Enerji Çiftçileri" şeklinde yeni aktörlerin ortaya çıkarılmasının sağlanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoyakıt, biyokütle, biyodizel, biyogaz, biyoetanol, AB ve Türkiye

BIOFUEL IN EUROPEAN UNION AND TURKEY

Abstract: Energy with a gaining importance day by day in the globalizing world, is among the priority policies of countries. Limited energy resources in the energy group, seems insufficient and their reserves come closer to the end point as a result of the growing population. In addition, the damages to the environment caused from the energy derived from fossil fuels cannot be ignored. This situation has led to search for alternative energy sources worldwide. Biofuels, is a type of alternative renewable energy. With a great importance of contribution to energy supply and energy types that energy is known to use effectively in the European Union and in the world. Turkey is an agricultural country and has a rich potential of biofuels. In this study, the production and consumption of biofuels, their potential and contribution to the economy in European Union and Turkey is aimed to be determined. Biofuels have been seen as an alternative form of energy that meets increasing energy demand with renewable and environmentally friendly fuel types and also biofuels have a promising future in terms of economy. A significant progress has been made in the sector within the context of supports and environmental policy in EU countries and in the world. Despite Turkey's important and privileged biofuel potential, sectors is determined as undeveloped. Furthermore, it is devoid of adequate incentives and supports. Potential of the agricultural sector in Turkey should be evaluated efficiently. New actors such as "Energy Farmers" in the EU, should be introduced and provided.

Keywords: Biofuel, biomass, biodiesel, biogas, bioethanol, EU and Turkey.

1. Giriş

Gelişen teknolojinin ihtiyacı olan enerji için, ülkelerin enerji yarışına girmeleri kaçınılmaz duruma gelmiştir. Günümüz dünyasında enerjinin önemi her geçen gün artmaktadır. Artan öneme paralel olarak yeni enerji türleri aranmaktadır. Bu arayışların önceliği olarak yenilenebilir ve çevre dostu enerjiler ilgi görmektedir. Fosil yakıtlardan elde edilen enerjiler tükenebilir enerji olduğundan, çevreye verdikleri zararlar bilinmesi ve rezervlerinin gün geçtikçe yetersiz hale gelmesi enerji arzını artırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş, rüzgar, jeotermal enerjisi ve küçümsenmeyecek bir enerji olan biyokütledir. Biyokütleden elde edilen biyoyakıtlar, günümüzde birçok dünya ülkesinde kullanılmaktadır. Biyoyakıtların hammaddesi büyük ölçüde tarımsal ürünler ve atıklardır. Bu atıkların belli teknolojiler ile enerjiye dönüştürülmesiyle biyoyakıtlar oluşmaktadır. Dünya üzerinde birçok ülkede biyoyakıtlara verilen önem her geçen gün artmaktadır. Ülkeler enerji ve tarım politikalarında biyoyakıtlara yer vermekte ve yatırımların artırılması için teşvikler sağlamaktadır. Türkiye’de de yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik destek ve teşvikler son yıllarda artmaktadır. Önemi her geçen gün artan biyoyakıtlar çevrenin korunması için de duyarlılık arz etmektedir. Biyoyakıtların tercih edilmesi ülkeler açısından, kaynakların değerlendirilmesi, atık kontrolünün sağlanması, enerji alternatiflerinin çoğaltılması, ihtiyaca göre enerji üretiminin sağlanması, talep fazlası enerjinin ekonomik anlamda ticaretini yapması ve yine bu bağlamda sürdürülebilir kalkınmanın artırılması açısından önemlidir. Biyokütle; evsel ve sanayi atıklarının yanında özellikle tarımsal atıkların yani bitkisel kalıntıların katı, sıvı ve gaz gibi biyokütle enerjisi denilen biyodizel, biyogaz ve biyoetanol gibi biyoyakıtları oluştururlar. Biyoyakıt üretiminin ekonomik anlamda yapılabilmesi için, biyoyakıt elde edilen bitkilerin tarımının yapılması gerekmektedir. Bundan dolayı, biyoyakıt üretimi için, getirisi en fazla olan bitkiler tercih edilmektedir. Biyokütle bitkileri aynı zamanda enerji bitkileridir. Enerji bitkileri olarak; şeker ve nişasta bazlı ürünler, yağlı tohumlular, orman ürünleri, selüloz yapıda olan ürünler bilinmektedir.

2. Dünyada Biyoyakıt

Ucuz petrolün sonuna gelindiği hakkındaki artan konsensüs, politik istikrarsızlık nedeniyle büyük petrol üreten bölgelerdeki tedarik riski ve fosil yakıtların karbon emisyonlarının sonuçları petrolün alternatif kaynaklarının araştırılmasında bir artışa neden olmuştur. Bu kaynaklardan biri olan biyoyakıtın üretimi hızla yükselmektedir (Çağatay ve ark., 2012). Dünya ülkelerinde fosil yakıtların yanı sıra biyoyakıtlar konusunda yeni politikalar hazırlanmış ve birçok yatırımlar desteklenmiştir. ABD’de, biyoyakıt üretimi ile ilgili olarak, 2000 ile 2012 yılları arası eylem planları hazırlanmış, ayrı ayrı çalışma grupları oluşturulmuş ve bu planlar neticesinde hedefler konulmuştur. Bunun yanı sıra ABD’de biyoyakıt üreticilerinin kurmuş oldukları örgütler kurumsallaştırılmış ve bu kapsamda destekler artırılmıştır.

2010 yılında dünya genelinde üretilen biyoyakıt (biyoetanol+biyodizel) miktarı 59.26 milyon ton eşdeğeri petroldür (mtep). Bu üretimde en büyük pay 25.35 mtep üretimle ABD'nindir. Toplam üretimin %43'ünü tek başına karşılayan ABD'den sonraki en büyük üretici %26 ile Brezilya'dır. Avrupa'da ise Almanya, Fransa ve İspanya en büyük biyoyakıt üreticileri konumundadırlar (Yiğitoğlu, 2014). Çin Tarım Bakanlığı'nın açıklamalarına göre Çin'de 2007 yılında benzin tüketiminin yüzde 20'si biyoetanolden karşılanmıştır. Çin biyoyakıt üretiminde mısır kullanmaktadır. Çünkü Çin, cassava ve sorgum gibi gıda dışı ürünlerin tarımsal üretim teknolojilerinden ve büyük ölçekli üretim tesislerinden henüz yoksundur. Bununla birlikte Çin hükümeti çiftçilerin yüksek verimli çeşit kullanmaları ve daha fazla mekanizasyon kullanılarak modern tarım tekniklerinin uygulanmasına destek vererek enerji tarımını gündemde tutmaktadır. Çin Tarım Bakanlığı'nın açıklamalarına göre 2006 yılında 144 milyon ton olan mısır üretiminin 2010 yılında 150 milyon tonun üzerine çıkartılması ve mısır üretimi için 26.8 milyon ha alanın (Türkiye'nin ekilen arazisinden daha büyük) kullanımı hedeflenmiştir. Bununla birlikte Çin'deki bazı yerel firmalar gıda dışı ürünlerden de etanol üretmeyi planlamaktadır (Ar, 2014). Çin 2010 yılında Faostat (2014) verilerine göre; 177 milyon ton mısır üretimi yapmıştır.

Fransa ve Almanya başta olmak üzere, Avrupa kıtasının etanolden çok biyodizel üretimine ağırlık verdiği tespit edilmiştir. Bu alandaki farklılık esas olarak, biyoyakıtın hammaddesi olan tarımsal ürünlerin coğrafı olarak bulunabilirliğiyle ilgilidir. Toplamda dünya etanol üretimi fazla olmasına karşılık, biyodizel üretimi çok daha hızlı artmaktadır (Kum, 2009). Dünyada en çok üretilen sıvı biyoyakıt; biyoetanoldür. Üretilen her 6 birim sıvı biyoyakıttan 5 birimi biyoetanoldür. 52 ülkede destek gören biyoetanol en fazla ABD ve Brezilya'da üretilmekte ve tüketilmektedir. 2011 yılında dünyada 100 milyar lt'nin üzerinde biyoetanol, üretilmiştir (Ar, 2014a).

Çizelge 1. Dünya yakıt etanolü üretimi (milyon litre) (Anon, 2014)

Kıtalar/Ülkeler	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Kuzey ve Merkezi Amerika	18.716	25.271	35.946	42.141	51.584	54.765	54.580
Güney Amerika	16.969	20.275	24.456	24.275	25.964	21.637	21.335
Avrupa	1.627	1.882	2.855	3.645	4.254	4.429	4.973
Asya/Pasifik	1.940	2.142	7.753	2.927	3.115	3.520	3.965
Afrika	-	55	65	100	130	150	235
Dünya	39.252	49.625	66.075	73.088	85.047	84.501	85.088

Yakıt etanolü üretiminde en fazla payı Kuzey ve Güney Amerika almaktadır. Ayrıca yakıt biyoetanolü üretiminin Kuzey ve merkezi Amerika'da 2006 yılına göre 2012 yılında 2.9 kat arttığı görülmektedir. Güney Amerika'da ise 2006 yılı baz alındığında 2012 yılında yakıt etanolü üretiminde %25'lik artış görülmektedir. 2012 yılında Avrupa'da yakıt biyoetanolü üretimi 2011 yılına göre, %12'lik bir artış göstermiştir. 2006 yılına göre 2012 yılında Avrupa'da

etanol üretiminde 3 katlık artış görülmüştür. Bunlara karşın Afrika ve Asya gibi ülkelerde üretim düşüktür.

3. Avrupa Birliği'nde Biyoyakıt

AB ülkelerinde güneş kolektörleri, ısı pompaları, rüzgar gücü, jeotermal güç, küçük su kaynakları, biyomas ve biyogaz yenilenebilir enerji kaynakları olarak kullanım alanı bulmaktadır. Gerek Avusturya'da gerekse Almanya'da yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yapılan araştırma ve yatırımlara devlet desteği verilmekte olduğundan bu sahada yapılan uygulamalar sayıca artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyoyakıt konusunda Almanya ve Avusturya oldukça ileri bir durumdadır (Erdin ve ark, 2002).

Çizelge 2. Avrupa birliği'nde toplam biyoyakıt tüketim (günlük bin varil) (EİA, 2014)

Ülkeler	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
AB(27)	72.0243	122.195	172.2774	235.5736	289.42	327.85	340.43
Almanya	40.7	67.0	74.0	66.0	68.0	75.5	73.9
Fransa	9.52	18.4	34.3	54.6	59.0	55.0	56.5
İspanya	7.2	5.2	9.9	15.0	2.05	34.0	40.0
İtalya	4.1	4.6	4.2	16.0	27.3	35.2	36.0
Büyük Brit.	2.1	4.5	8.6	18.8	23.5	29.0	27.2

Ülkelerin biyoyakıt tüketimlerine bakıldığında, en fazla tüketim Almanya ve Fransa'dadır Almanya biyoyakıt tüketiminde 2005 yılına göre 2011 yılında %81,57'lik bir artış göstermiştir. Fransa'ya bakıldığında, 2005 yılına göre, 2011 yılında 5,9 katlık artış olduğu görülmüştür. AB (27) ülkeleri dikkate alındığında 2005 yılından 2011 yılına kadar 4,7 kat artış olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 3. Avrupa birliği toplam biyoyakıt üretimi (günlük bin varil) (EİA, 2014)

Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
AB-27	29.3	39.33	48.99	76.7	123.26	153.11	197.58	233.57	256.06	250.45
Almanya	8.8	14	20.4	35.8	59.4	63.8	65.0	58.0	62.0	65.3
Fransa	8.4	9.0	9.4	10.9	16.6	28.0	50.4	58.0	55.0	51.4
İspanya	3.5	5.0	6.2	8.2	8.2	10.5	10.3	22.0	24.0	20.0
İtalya	4.1	5.3	6.2	7.8	13.8	10.2	14.1	16.6	16.5	12.2
Belçika	-	-	-	0.02	0.49	3.2	5.8	10.6	13.5	15.2
Polonya	-	1.0	0.2	3.2	4.0	2.9	7.0	9.0	11.0	10.4
Büyük Britanya	0.06	0.2	0.2	0.9	5.0	8.3	6.7	5.3	9.0	9.0
Avusturya	0.5	0.6	1.1	1.6	2.4	5.5	5.7	8.6	8.2	8.7

AB'de biyoyakıt üretimine günlük varil olarak bakıldığında en fazla paya sahip ülke, Almanya'dır. Almanya'yı takiben Fransa 2011 yılında günlük 51.4 bin varil, İspanya 20.0 bin varil ve İtalya 12.2 bin varil üretime sahiptir. AB ülkelerinde biyoyakıt üretimi 2002-2011 yılları arasındaki 10 yıllık dönemde 8.5 kat artış göstermiştir. Aynı dönemde Almanya'da 7.4 kat; Fransa'da 6 kat; İspanya'da 5.7 kat üretim artışı olmuştur. Avrupa Birliği ülkelere biyoyakıt üretimleri konusunda çeşitli direktifler vermektedir. 1997 yılındaki Beyaz Belge

Bildirisi'nde 2010 yılı yenilenebilir enerji hedefi için 5 milyon ton sıvı yakıt kullanımı öngörülmüştür. 2000 yılındaki yayınlanan Yeşil Belge'de 2020 hedefinde de biyoyakıtların miktarının artırılması hedeflenmiştir. Biyoyakıtlarla ilgili olan diğer bir direktif 8 Mayıs 2003 yılına aittir. Bu, ulaşım için biyoyakıtlar ve diğer yenilenebilir yakıtların kullanımının teşviği ile ilgili bir direktiftir, bu direktife göre; 31 Aralık 2005'te %2. 31 Aralık 2010 itibarıyla %5.75 kullanım olması hedeflenmiştir. Yine hedefler arasında 2020'de %10.0, 2030'da %25.0 biyoyakıt kullanımı hedeflenmiştir. Selülozik hammaddeye dayalı enerji bitkilerinden elde edilen İkincil kuşak biyoyakıtlar için 2020 hedef gösterilmiştir. Yine bu kapsamda AB 2005 yılında Kyoto Protokolü'ne göre sera gazı emisimini %8'e varan oranda azaltma hedefi koymuştur. AB biyoyakıtta büyük önem vermektedir birçok biyoyakıt girişimcisi desteklenmektedir. Bu kapsamda 8 Şubat 2006'da biyoyakıt stratejisinde, biyoyakıt sektörüne daha fazla teşvik ve destek sağlanacağı belirtilmiştir.

Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Fransa, Almanya, Macaristan, İrlanda, İtalya, Litvanya, Polonya, İspanya ve İsveç'te biyoyakıt üretiminde ve tüketiminde teşvikler uygulanmaktadır. Avusturya, Belçika, Estonya, Almanya, Macaristan (Etil Tersiyer Bütil Eter ve biyodizel), İspanya ve İsveç'te biyoyakıtlar %100 petrol vergisinden muaftır (Dulkan,2014). AB'de var olan biyokütle potansiyelinin harekete geçirilmesi için biyokütle bitkilerinden yüksek verim elde edilmesiyle sağlanacak ilave verim artışı önemsenmektedir. AB'de tarımsal biyokütle potansiyelinin 2010 yılında 47 milyon ton eşdeğer petrol (TEP) olacağı, 2030 yılında ise bu değer 142 milyon TEP'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (Ar, 2014). Çizelge 4'te AB'nin biyodizel üretimi verilmiştir.

Çizelge 4. Avrupa birliği ülkelerinde biyodizel üretimi (1000 ton) (Eurostat, 2014)

Ülkeler	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AB (28)	1182.7	1780.2	2364.8	3683.2	5302.0	6612.7	7940.4	8914.2	8465.1	9187.9
Almanya	594.4	897.8	1322.8	2066.2	2633.1	2236.6	2158.5	2736.0	2721.9	2492.0
Fransa	329.3	355.3	388.4	535.2	863.1	1574.4	1865.6	1782.7	1607.7	1966.2
İtalya	-	251.4	175.8	197.1	178.5	590.3	705.2	705.7	522.1	253.6
İspanya	92.2	100.9	145.3	56.5	161.5	198.2	652.1	754.7	609.0	444.6

AB (28) ülkelerinde biyodizel üretiminde 2003-2012 yılları arasındaki 10 yıllık dönemde 7.8 katlık artış görülmektedir. Bu artış eğilimi tüm ülkelerde söz konusudur. Biyodizel üretiminde Avrupa Birliği'nde en fazla payı Almanya almaktadır. Almanya'da üretimde, 2003 yılına göre 2011 yılında 4.2 kat artış gözlenmiştir. Fransa'da ise, 2003 yılına göre 2011 yılında biyodizel üretiminde, 5.9 katlık bir artış olmuştur. (Çizelge 4). AB'de biyogaz üretimi ise, Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Avrupa birliği ülkelerinde biyogaz üretimi (1000 ton) (Eurostat, 2014)

Ülkeler	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AB (28)	3224.8	3593.7	4005.9	4416.4	5814.6	6630.4	7413.4	8530.7	10380.1	12092.7
Almanya	865	827.4	1005	1334	2483.5	3050.1	3522.3	4235.8	5180.5	6416.2
Büyük Br.	1128.2	1353.4	1464.2	1489.7	1583.3	1615.2	1691.7	1757.2	1800.7	1811.2
İtalya	255.4	318.9	323.9	358.9	387.9	410	426.7	507.5	1103.9	1178.8
Fransa	205.5	219.5	194.3	229.2	251.2	254.9	309.9	353.6	369.4	412
İspanya	256.6	295.1	299.5	207.9	216.8	206.8	193.6	277.1	275.2	290.8

AB’de 2008 itibariyle biyogazın yenilenebilir enerjilerdeki payı 5.1’dir. 2009 yılı itibariyle biyogazdan primer enerji üretimi; 96.5 TWh, elektrik üretimi; 25.2 TWh, ısı üretimi (uzaktan ısıtma şebekelerine ısı satışı); 2.02 TWh’tır. Almanya’da 2010 yılı itibariyle kurulu biyogaz tesisi; 5.900, elektrik üretimi yaklaşık; 15.6 TWh_{el}, ısı üretimi ise, 5.8–7.6 TWh_{th}’dir (Daniel-Gromke ve Rensberg, 2011). Avrupa Birliği’nde biyogaz üretiminde Almanya birinci sıradadır. Almanya’dan sonra Büyük Britanya ve İtalya gelmektedir. Almanya 2003 yılına göre 2012 yılında, 7.4 katlık bir artış olmuştur. Büyük Britanya’da ise, % 60.53’lük, Fransa’da ise, % 100’lük bir artış olmuştur.

Almanya biyogaz üretiminden 2006’da kazanılan 5 milyar kWh elektriği 2020 yılında 76 milyar kWh’a çıkartmayı hedeflemektedir. Bu da toplam elektrik üretiminde yüzde 17’lik bir paya tekabül etmektedir. Bütün bu avantajların devamındaki sonuç olarak gelen diğer bir faktör ise CO₂–emisyonlarının azalarak çevreye verdiği yararlarıdır. Bu sektördeki yeni gelişim ise, Enerji Çiftçisi diye adlandırılan tarım sektöründeki yatırımcı ve işletmecilerin benzerleri piyasaya yeni aktörlerin ortaya çıkmasıdır. Bunlar klasik anlamdaki enerji üretim şirketleri, belediyeler gibi kuruluşlardır (Albiyobir, 2014). İtalya’da biyogaz genellikle tarımsal atıklardan üretilmektedir. Kuzey İtalya’da 160 adet biyogaz tesisi faaliyet göstermektedir. Sıvı gübre ve mısır silajı kullanılarak, tesislerde 500 kw ila 1 MW arası elektrik üretilmektedir. İtalya’da 130 arıtma çamuru ile, 10 adet çöp gazı ile ve 22 adet muhtelif endüstriyel atıklar ile çalışan biyogaz tesisi de faaliyetlerini sürdürmektedir. 2011’e kadar 300 MW’ın üstüne çıkılması planlanmaktadır (Anon, 2014a).

4. Türkiye’de Biyoyakıt

Alternatif enerjiye yönelik talebinin arttığı son yıllarda Türkiye’nin de bu alanda potansiyeli fazladır. Bu potansiyel gerek iklimsel olarak enerji bitkilerinin yetiştirilmesinden gerekse atık fazlalığından ileri gelmektedir.

Çizelge 6. Türkiye tarımsal biyokütle potansiyeli (Anon, 2014b)

Türkiye Toplamı	Toplam Kullanılabilir Atık Miktarı(Ton)	Toplam Isıl Değer
Tarla Ürünleri	11. 766	288.4 PJ
Bahçe Ürünleri	3. 569	74.8 PJ
Toplam	15. 336	303. 2 PJ

Türkiye orman kaynaklı biyokütle potansiyeli, orman kaynaklı toplam atık miktarı 4,800.000 ton (1.5 MTEP)'tir. Kurulabilecek gazlaştırma tesisi kapasitesi ise, 600 MW'dir (Anon, 2014b). Türkiye'de biyoyakıt çeşitleri olarak birincil biyoyakıtlardan biyoetanol, biyogaz ve biyodizel üretimi vardır. Biyoyakıt sektörüne Türkiye milenyum yılının başlarında bir geçiş söz konusudur. Biyoyakıt kullanımı diğer AB ülkelerindeki gibi zorunluluk olmamıştır ve doğal olarak fazla gelişme gösterememiştir. Türkiye EPDK (Enerji Piyasası Denetleme Kurumu)'nın (2012); yılı faaliyet raporunda toplamda biyogazda 22 adet tesis, biyokütlerde ise, 10 adet tesis bulunmaktadır. Bir önceki yıla göre 8 adet biyogaz, 4 adet biyogaz tesis artışı olmuştur. Bu biyogaz tesislerinden elde edilen toplam elektrik üretimi ise, 41.2 MW'tır. Toplam biyodizel işleme üretim kapasitesi ise, 561.217 m³ 'tür.

Çizelge 7. Türkiye toplam biyoyakıt üretimi ve tüketimi (günlük bin varil) (Eia, 2014)

Üretim						
2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0.500	1.100	1	1.110	1	1	1.110
Tüketim						
2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0.500	1.100	1	1.100	0.700	0.700	0.800

Türkiye'nin biyoyakıt üretiminde 2005 yılına göre 2011 yılında 2,2 kat bir artış olmuştur. Tüketimde ise, % 60'lık artış olmuştur. Türkiye'de alternatif enerji yasası çıkarılarak bu alandaki üreticiler teşvik edilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda küresel iklim değişikliğine çözüm arayan hükümetler, sanayi kuruluşları, sivil toplum kuruluşları ve tarım birlikleri çevre duyarlılığıyla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik vererek teşvik edilmektedir (Yılmaz ve Altay, 2004). Yine bu kapsamda teşvik amaçlı Öykü ve Resim Yarışmaları (Enerji Verimliliği Resim ve Öykü Yarışması), TÜBİTAK ve EİE düzenlediği Ortaöğretim Enerji Verimliliği Proje Yarışmaları, Sanayide Enerji Verimliliği Yarışması (SENER) yarışmaları düzenlenmektedir. Zorunluluk kapsamında Türkiye'de 27 Eylül 2011 28067 Sayılı resmi gazetede, "piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol içeriğinin; 1/1/2013 tarihi itibarıyla en az % 2 (V/V), 1/1/2014 tarihi itibarıyla en az % 3 (V/V), olması zorunludur" olarak belirtilmiştir. Bununla birlikte biyoyakıt üretimi için enerji bitkilerine destekler artırılmıştır. Bu bitkileri biyoyakıt potansiyeli açısından daha verimli hale getirmek ve biyoyakıtlarla ilgili çalışmalar için 2011 yılında Samsun'daki Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü kapatılarak, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü kurulmuştur. Biyoetanol bakımından enerji bitkileri sahası olan Türkiye fazla gelişme gösterememiştir. TAPDK (Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu)'in verilerine göre (2014); 2011 yılı dört dönem itibarıyla toplam üretim şöyledir; denatüre edilmemiş etil alkol (dökme); 51.727.472 litre mA iken, toplam satış; yakıt biyoetanolünde (dökme); 10.959.891,30 litre mA'dır. 2011 yılı toplam yakıt biyoetanolünde ihracat ise,

33.187.310,30 litre mA'dır. 2012 yılında ise toplam denatüre edilmemiş etil alkol (dökme); 62.858.690,00 litre mA, toplam yakıt biyoetanölü satış; 11.062.518,00 litre mA'dır. 2012 yılı toplam ihracatı ise, 36.376.797 litre mA'dır. Bu durum 2013 yılında dört dönem itibariyle yine aynı sırayla toplamlar şu şekildedir; toplam üretim, 63.044.716 litre mA, toplam satış, 52.739,172 litre mA ve toplam ihracat, 4.384.285,23 litre mA'dır. Bu sonuçlardan hareketle, toplam denatüre edilmemiş etil alkol (dökme) 2011 yılına göre 2013 yılında, %1.2'lik bir artış gözlemlenirken, toplam yakıt biyoetanölünde %4.8 artış olmuştur. Toplam ihracatta ise, %7.5'lik bir düşüş olmuştur.

Türkiye'nin şeker pancarına dayalı, biyoetanöl üretim kapasitesi; Türkiye'de şeker pancarı tarımı yapılabilecek alan, 32 milyon dekar (da), şeker pancarı bir münavebe bitkisidir ve aynı tarlaya 4 yılda bir kez ekilmektedir, dolayısıyla her yıl pancar tarımı yapılabilecek alan, 8 milyon dekardır. Şeker rejimine göre kotaya uygun şeker pancarı tarımı, 3,5 milyon dekardır. Biyoetanöl üretimine dönük şeker pancarı üretimi, 4,5 milyon dekar dır .4,5 milyon dekar şeker pancarından üretilecek biyoetanöl: 2-2,5 milyon tondur. Gıda ve yem dengesi gözetilmek koşulu ile sadece şeker pancarı tarımına dayalı biyoetanöl potansiyeli benzin tüketimi tamamına karşılık gelmektedir (Ar, 2013). Türkiye'deki biyoetanöl tesisleri bakımında 3 adet tesis mevcuttur, Konya Şeker San. ve Tic. A.Ş. Çumra Şeker Fabrikası, Tarımsal Kimya Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş. ve Tezkim Tarımsal Kimya İnş. San. Ve Tic. A.Ş'dir. Bunların içinde Konya Çumra Şeker fabrikasının, günlük 280,000 litre Biyoetanöl, yıllık ise, 84.000,000 litre kapasiteye sahiptir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün 2014 verilerine göre (2014); Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM), kaynak türü olarak biyokütle bazında 14 tane çöp gazı tesisi, yine biyo kütle bazında, 4 adet hayvansal ve bitkisel atık vb. tesis belgelendirilirken, toplamda kaynak türü olarak biyokütle bazında 23 tesis belgelendirmiştir.

Resmi gazetede yayımlanan 25 Şubat 2011 tarih ve 27857 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile Oto Biyodizel ve Yakıt Biyodizeline 0.9100 TL/Lt ÖTV uygulaması getirilmiştir. Biyodizel üretiminde maliyetin büyük bölümünü hammadde oluşturmaktadır. Üreticiler tarafından ÖTV uygulamasının getirilmesi ile biyodizel üretiminin maliyeti kurtarmadığı belirtilmiştir. Halihazırda da Türkiye'de bu sektör duraklamış vaziyettedir. Çoğu üretici lisanslarını iptal ettirmiş, lisansı olanlarda üretim yapamaz duruma gelmiştir. Türkiye'de sadece bir firma tarafından 20 bin tonluk bir üretim yapıldığı bilinmektedir. Türkiye'de 2012 yılı itibari ile 34 adet biyodizel üretimi için İşleme Lisansı almış tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin toplam biyodizel üretim kapasitelerinin 561.217 ton olduğu EPDK tarafından bildirilmiştir (Anon, 2014c). Çizelge 8'de biyoetanöl sektöründe ülke karşılaştırmaları verilmiştir.

Çizelge 8. Biyoetanol sektöründe ülke karşılaştırmaları (Ar, 2013)

	TÜRKİYE	AB	ABD	BREZİLYA	ÇİN	HİNDİSTAN
Toplam tesis sayısı	3 Adet	70 Adet	209 Adet	335 Adet	10'dan fazla	12 Adet
2010 yılı üretimi	<30 milyon litre	6 500 milyon litre	49 400 milyon litre	29 700 Milyon	7 000 milyon litre	1 900 milyon litre
Kurulu Kapasite	149 milyon litre	8 536 milyon litre	54 700 milyon litre	35 700 milyon lt	8 450 milyon litre	2 000 milyon litre'den fazla

Biyoyakıtların ekonomik katkılarına bakıldığında ülke ekonomisinin gelişimine katkı sağlamışlardır. Enerji arzı güvenliği kapsamında enerji arzının karşılanmasında ve talep edilen enerjinin bir kısmını biyoyakıtlar oluşturmaktadır. Biyoyakıt, enerjide dışa bağımlılığı azaltarak yerel kaynaklara yönelinmesini ve bundan dolayıdır ki enerjide bağımsızlığı sağlamaktadır. Biyoyakıtın ham maddesi yerli olduğu için dışarıdan herhangi bir hammadde tedariki olmamaktadır. Bunun aksine petrol dışa bağımlı olarak döviz kaybına neden olmakta, biyoyakıtlar ise ihracatı yapılarak döviz girdisi sağlamaktadır. Döviz girdisi dış ticaret dengesinde de olumlu etki yapmaktadır. Biyoyakıtlar, istihdam konusunda da yarar sağlamaktadır. Biyoyakıtlar gerek üretiminin fabrikasyon işlemlerinde gerek pazarlamasında birçok alanda istihdam olanağı yaratmaktadır. Ayrıca tarımsal alanda faaliyet gösteren üreticiler için yeni bir sektör oluşması ve özellikle biyoyakıt üretimi için hammadde gereksiniminde etkili olan bitkilerin pazarlamasında kolaylık sağlaması ve yüksek ücrette pazarlama olanakları sağlamaktadır. Sosyal yönden biyoyakıtların etkilerine bakıldığında, kırsal kesimdeki tarımsal ve hayvansal üreticilerin biyoyakıt sektörü, refah durumlarının artmasında önemli rol üstlenecektir. Biyoyakıt üretimi organizasyonları kurulması katma değer vergisini artırmak ve bunun yanı sıra pazarlamanın kolaylaşmasının sağlanması gerekmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Türkiye enerji bitkileri açısından ve atık miktarları göz önüne alındığında biyoyakıt sektöründe önemli bir yere sahiptir. Türkiye, biyoyakıt sektörü için gerekli hammadde konusunda, tarım sektörünün yapısı itibariyle avantajlı üretici grubundadır. Türkiye’de tarımsal desteklemeler kapsamında 2013 yılı itibariyle, kanola kilogramına 40 Krş., aspir 45 Krş., dane mısıra 4 Krş., buğdaya 5 Krş. destekleme yapılmaktadır. Bunun yanında şeker pancarına da mazot-gübre desteği, toprak analiz desteği ve organik tarım destekleri verilmektedir. Ancak verilen desteklemeler ürün desteğidir. Enerji bitkileri adına oluşturulan ayrı bir destek söz konusu değildir. Bu kapsamda yeni çalışmalar yapılarak, enerji bitkileri kapsamında ayrı bir destek mekanizması oluşturulmalıdır. Çiftçilerin sosyo-ekonomik düzeyinin artırılmasında biyoyakıtlar ayrı bir sektör oluşturur. Çiftçiler bu sektörün ekonomik anlamda

getirisinin farkında değildir. Bu kapsamda enerji tarımı konusunda tarımsal yayım çalışmaları yürütülmeli ve bu sektörün farkındalığı sağlanmalıdır.

Biyoyakıt üretimini ve tüketimini artırmak için yasal prosedürler düzenlenmeli bu yönde kararlar alınmalıdır. Bunun yanında üreticilerin bu bitkileri yetiştirmemelerindeki endişelerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu konudaki en büyük endişe, pazarlama korkusudur. Bu kapsamda sözleşmeli üreticilik uygulanarak hem sanayici hammadde talebi güvenliği sağlanırken üretici açısından da garantili pazarlama imkanı yaratılmaktadır. Üreticilerin bu ürünleri yetiştirmeleri için de destek ve teşvik sistemi artırılmalıdır. Enerji bitkilerine verilen birim destekleri artırılmalıdır. Nadas Türkiye’de büyük bir sorundur, münavebeli olarak enerji bitkileri yetiştirilmeye teşvik edilmelidir. Girişimcilik yönünde sıkıntılar çekilen Türkiye’de, biyoyakıt sektörüne teşvikler artırılmalı hibeler sağlanmalıdır.

Kaynaklar

- Albiyobir, 2014. Almanya Biyogaz Sektörüne Bakış, <http://www.albiyobir.org.tr/biyogaz04.htm> (Erişim: 01.04.2014).
- Anonim, 2014. Global Ethanol Production to Reach 85.2 Billion Litres in 2012, <http://www.ethanolrfa.org/news/entry/global-ethanol-production-to-reach-85.2-billion-litres-in-2012> (Erişim: 025.03.2014).
- Anonim, 2014a. Avrupa’da Biyogaz, <http://www.yenienerji.info/?pid=19743> (Erişim: 01.04.2014).
- Anonim, 2014b. Türkiye Orman Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/tur_or_kay_biyo_pot.aspx (Erişim:13.04.2014).
- Anonim, 2014c. Türkiye Biyodizel Üretimi, <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx> (Erişim: 13.04.2014).
- Ar, F., 2014. Sosyo ekonomik kalkınmada göz ardı edilemeyecek potansiyel Planlı enerji tarımına başlanmalı, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, http://www.emo.org.tr/ekler/4ee449117836706_ek.pdf?dergi=540, (Erişim: 01.04.2014).
- Ar, F., 2014a. Biyoetanol kullanım zorunluluğunun Türk Ekonomisine Yaratacağı Etkiler, Pankobirlik / Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjikongresi12/89-DrFigenAr.pdf>, (Erişim: 01.04.2014).
- Ar, F., 2013. Dünyada ve Türkiye’de Biyoetanol Sektörü, TUSAF Buğday-Un-İklim Değişikliği Yeni Trendler 7-10 Mart 2013, <http://www.usf.org.tr/TR/dosya/1-1143/h/figen-ar-etanol-un-sanayicileri-2.pdf>, (Erişim:24.03.2014)
- Çağatay, S., Kıymaz, T., Koç, A., Bölük, G., Bilgin, D., 2012. Dünya ve Türkiye biyo-enerji piyasalarındaki gelişmelerin ve potansiyel değişikliklerin türk tarım ve hayvancılık sektörleri üzerindeki etkilerinin modellenmesi ve türkiye için biyo-enerji politika alternatiflerinin oluşturulması. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. TEPGE Yayın No: 204
- Daniel-Gromke, J., Rensberg, N., 2011. Almanya ve Avrupa’da Biyoenerji ve Biyogaz Kullanımına Genel Bakış, http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/2_egitim_dbfz_tr_almanya_ve_avrupada_biyoenjeri_ve_biyogaz_kullanimina_genel_bakis.pdf, (Erişim:02.04.2014).

- Dulkan, F., 2014. AB Biyoyakıt Direktifi ve Stratejisi, http://www.albiyobir.org.tr/files/img_etk/e06-1008-Sanayi-Bakanligi.ppt, (Erişim: 02.04.2014).
- Erdin, E., şirin, G., Alten, A., 2002. Biyoyakıt ve Avrupa Birliği, <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/biyoenerji2002.pdf>, (Erişim:20.03.2014)
- EİA, 2014. Avrupa Birliği Biyoyakıt Tüketimi, <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=2> (Erişim:02.04.2014)
- EİA, 2014a. Avrupa Birliği Biyoyakıt Üretimi, <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1&cid=CG1&syid=2002&eyid=2011&unit=TBPD> (Erişim:02.04.2014)
- EPDK, 2012. 2012 Faaliyet raporu, http://www.epdk.gov.tr/documents/strateji/rapor_yayin/yillik_faaliyet_raporlari/Sgb_Rapor_Yayin_Yillik_Faaliyet_Raporlari_2012.pdf (Erişim:03.04.2014)
- Eurostat, 2014.Primary production of renewable energy, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=ten00081> (Erişim: 18.03.2014)
- FAOSTAT, 2014. Çin'in mısır üretimi, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>, (Erişim:01.01.2014)
- Kum, H., 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 33, Temmuz-Aralık 208 2009, ss.207-223
- TAPDK, 2014. Alkol Piyasası, Resmi istatistikler, <http://www.tapdk.gov.tr/tr/piyasa-duzenlemeleri/alkol-piyasasi/resmi-istatistikler.asp>, (Erişim:02.04.2014).
- Yenilenebilir Enerji Genel müdürlüğü, 2014. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM), www.eie.gov.tr/yenilenebilir/document/yekdem_2014_nihai.pdf (Erişim:27.03.2014)
- Yılmaz, A.H., Atalay, F.S., 2004. Çeşitli Organik Katı Atıkların Anaerobik Fermantasyonu ve Modelleme Çalışmaları, 5. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 616-626.
- Yiğitoğlu, M., İnal, M., Gökğöz, M., 2014. Alternatif Bir Enerji Kaynağı Olarak Biyoetanol, Kırıkkale Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Bilimde Gelişmeler Dergisi http://fef.kku.edu.tr/dergisitekodlar/3_nolu_makale.pdf (Erişim: 01.04.2014)

PELEMİR BİYODİZELİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hüseyin Ögüt¹ Hidayet Oğuz² Seda Bacak¹ Fatih Aydın³
Selim Uygun⁴ Yusuf Arslan⁴ İlhan Subaşı⁴

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Mak. Böl. 42075 Kampüs / Konya

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Müh. ve Mim. Fak. Enerji Sist. Müh. Böl. / Konya

³Selçuk Üniversitesi, Teknik Bil. MYO. 42075 Kampüs / Konya

⁴Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü / Ankara

biyoyakit@selcuk.edu.tr

Özet: Türkiye’de yemeklik yağ ihtiyacının önemli bir kısmının ithalat yoluyla sağlanıyor olması, biyodizel üretiminde, gıda niteliği olmayan kaynaklara öncelik verilmesini gerektirmektedir. Pelemir de bu amaçla kullanılabilecek bir yağ bitkisidir. Bu çalışmada biyodizel üretmek için yağlı tohumlu bitkilerden Pelemir (*Cephalaria cyriaca* (Sirjaca) L.) incelenmiştir. Çalışmada önce Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından adaptasyon çalışması yapılan Pelemir tohumlarından yağ elde edilmiş, yağ asidi bileşenleri incelenmiş sonra bu yağdan biyodizel üretilerek yakıt özellikleri incelenmiştir. Sonuçta, Pelemir yağından üretilen biyodizelin yakıt özelliklerinin standartlara uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yağ bitkisi, pelemir, yağ asidi bileşenleri, biyodizel

PELEMİR BİYODİZELİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Abstract: Most of edible oil in Turkey is important, that’s why nonfood oil production is preferred to produce biodiesel. So Pelemir’s oil plant can be used for this purpose. In this study, to produce biodiesel from oilseed crops Pelemir (*Cephalaria by Cyriak* (in Sirjan) L.) were investigated. In this research, once Central Research Institute for Field Crops conducts the adaptation to obtain oil from the Pelemir seeds, then it examines the fatty acid components produced from this oil and investigates biodiesel fuel properties. Finally, the oil fuel properties of biodiesel produced from Pelemir were found suitable with standards.

Keywords: Vegetable oil, pelmir, free fatty acid, biodiesel

1. Giriş

İnsan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan yağlı tohumlu bitkiler, sanayi sektörü için de önemli bir hammadde kaynağı olarak göze çarpmaktadır. Özellikle 1990’lı yıllardan itibaren biyodizel hammaddesi olarak kullanılması düşünülen bitkisel yağlar önemini giderek artırmaktadır. Bu durum yağ açığı bulunan ülkemizde enerji mi gıda mı sorusuna cevap arar duruma getirmiştir. Bu yüzden araştırmacıları yeni bir yağ bitkisi ya da yağ oranı veya verimi yüksek yağ bitkilerinin çeşidi ve tarımı arayışına yönlendirmiştir. Bu amacı gerçekleştirmek için araştırma yapılan yağ bitkilerinden biri de

Pelemir'dir. Çalışmada Pelemir (*Cephalaria cyriaca* (Sirjaca) L.) yağ bitkisi Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından adaptasyon çalışması yapılmış; tohumlarından yağ elde edilmiş, yağ asidi bileşenlerine bakılmış sonra bu yağdan biyodizel üretilerek yakıt özellikleri incelenmiştir.

Pelemir (*Cephalaria cyriaca* (sirjaca) L.) dünyada en çok Akdeniz bölgesinde ve Batı Asya'da yayılış göstermesine rağmen Avrupa'nın diğer ülkelerinde, Türkiye, Güney Fransa, Güney İspanya ve Kuzey Afrika'da bulunmaktadır.

Dipsacacea familyasına ait olan pelemir (*Cephalaria cyriaca* (Sirjaca) L.) tek yıllık bir bitkidir. Bitkinin boyu 40-100 cm arasında değişmektedir. Bitki kazık köklü olup, kökleri toprağın 60-120 cm derinliklerine doğru gittikçe incelmekte ve üçüncü tali köklere kadar dallanmaktadır. Yan kökler de kuvvetli olup, toprağa kuvvetlice tutunmaktadır. Pelemir bitkisinin sapı, dik ve kuvvetli gelişme eğiliminde olup, içi boştur. Gövde boğum ve boğum aralarından oluşmaktadır. Bitkinin gövdesi, dalları ve yaprakları 4-5 mm boyundaki tüylerle kaplıdır. Pelemir çok dallanan bir bitkidir. Ana gövde ve yan dalların ucunda tohumlar meydana geleceğinden dallanma ile bitki başına tohum verimi arasında olumlu bir ilişki bulunmaktadır. Birbirlerinden çok farklı büyüklüklere sahip olan pelemir bitkisinin yaprakları koyu yeşil renklidir. Bitkinin çiçekleri ana gövde ve dalların uçlarında toplu halde bulunmaktadırlar. Çiçek goncaları (başçıklar), 5-9 mm genişlikte olup, yumurta şeklindedir. Çiçekler, kiremit gibi dizilmiş örtü yapraklarıyla çevrilmiştir. Renkleri mavi, mor ve beyaz olan taç yaprakları yırtmaçlıdır. Pelemir bitkisinin çiçeklerinde dört adet erkek ve bir adet dişi organ bulunmaktadır. Çiçeklerde bol miktarda polen üretilmektedir. Pelemir bitkisi başta arılar olmak üzere farklı böceklerin etkisiyle yabancı dölleenmektedir. Bitkinin tohumları küçük, ince ve uzundur. Uzunca olan tohumların üzerinde uzunlamasına sekiz dilim vardır. Bitkide bir goncadan 12-20 adet tohum ve dolayısıyla da bir bitkiden 85-400 arasında tohum alınabilmektedir. Bin dane ağırlığı 15.0-16.29 arasında değişmektedir. Bitkinin tohumlarında sabit yağ oranı da %21-26, protein oranı ise %14-20 arasındadır (Katar, 2012, Çiller, 1977, Çağlar, 1968, Baytop,1999).

Soğuğa oldukça dayanıklı olan Pelemir bitkisinin fazla bir iklim isteği bulunmamaktadır. Pelemir yağı yeşilimsi sarı renkte olup, hoş kokuludur. Bu yağ doğrudan yemeklik olarak kullanılabilirdiği gibi diğer yağlarla karıştırılarak da kullanılmıştır. Fakat pelemir yağında bulunan %7-8 dolayındaki epoksi asit bu yağın bu haliyle yemeklik olarak kullanılmaması gerektiğini göstermektedir. Pelemir yağı içerdiği %19-20 oranındaki miristik asit nedeniyle sabun sanayi için oldukça elverişlidir (Katar, 2012, Yazıcıoğlu ve ark. 1978). Diğer taraftan içerdiği epoksi asit nedeniyle deri ve tekstil sanayinde kullanılması uygundur. Ayrıca yağı çıkarıldıktan sonra arta kalan küspesi de hayvan beslemede kullanılabilecek bir keşif yem kaynağıdır (Katar, 2012, Çiller, 1977). Pelemir tohumlarından elde edilen un ve yağ düşük düzeylerde (%0.5-3.0) buğday ununa karıştırılarak ekmeğin bayatlaması geciktirme ve hamurun daha iyi kabarmasında kendisinden faydalanılmaktadır (Karaoğlu, 2006).

2. Materyal ve Yöntem

Materyal olarak Araştırmada kullanılan Pelemir bitkisi Ankara ekolojik koşullarında Sonbaharda ekimi gerçekleştirilerek yetiştirilmiştir. Denemede herhangi bir gübreleme ve sulama uygulaması yapılmamıştır. Araştırma kapsamında Pelemir tohumu Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Üretim Çiftliğinde üretilmiş olup yağ eldesi yine aynı Enstitünün laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bitkinin özellikleri aşağıdaki gibidir.

1. Bitki boyu: 71.86-105.98 cm
1000 tohum ağırlığı: 14.20-18.63 g
Dane verimi: 74.74-129.51 kg/da
Yağ oranı: % 19.08-22.48
Yağ verimi: 14.27-24.87 kg/da
2. Ekim zamanına bağlı olarak ortalama bitki boyu 147.57 cm, yan dal sayısı 11.83 adet/bitki, başcık sayısı 25.43 adet/bitki, 1000 tohum ağırlığı 15.29 g, tohum verimi 169.15 kg/da ve yağ oranı % 22.40 olarak belirlenmiştir.

Elde edilen Pelemir yağının yağ asidi bileşenleri incelemiş ve sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Pelemir yağının yağ asidi bileşenleri

PELEMİR YAĞ YAĞ ASİDİ BİLEŞENLERİ				
	Süre	Yap asidi	Alan	%
1	10.680	Kaproik asit (C6:0)	14	0.0039
2	15.894	laurik asit (C12:0)	6230	1.7170
3	19.253	Miristik asit (C14:0)	85060	23.4440
4	22.938	cis-10-pentadecanoik asit (C15:1)	43024	11.8580
5	26.604	cis-10-heptadecanoik asit (C17:1)	10951	3.0181
6	27.880	elaidik asit (C18:1n9t)	4892	1.3484
7	29.403	linoleaidik asit (C18:2n6t)	149032	41.0758
8	30.083	linoleik asit (C18:2n6c)	2162	0.5959
9	31.138	gama-linolenik asit (C18:3n6)	1137	0.3133
10	42.254	cis-4.7.10.13.16.19-docosaheanoik asit (C22:6n3) D1	60321	16.6256
Toplam			362823	100.0000

Çizelge 1’de Pelemire ait doymamış yağ asidi miktarı %43.3 olup, linoleaidik asit miktarı %41.0758 ile en fazla yağ asidi miktarı çeşidine sahiptir. Biyodizelin bazı özellikleri elde edildiği hammaddye bağlı olmaktadır. Biyodizel üretiminde kullanılan yağ asitleri doymuş, tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinden yapılabilir bu nedenle biyodizel üretilecek yağın bünyesindeki tekli doymamış yağ oranının yüksek olması arzu edilir (Öğüt ve Oğuz, 2006).

Elde edilen yağlardan biyodizel üretimi Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde bulunan Biyodizel Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Biyodizel Üretiminde alkol olarak metil alkol, katalizör

olarak NaOH ve üretim yöntemi olarak transesterifikasyon yöntemi kullanılmıştır.

Üretilen Pelemir biyodizelin özellikleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde bulunan Biyodizel analiz Laboratuvarında incelenmiştir. İncelenen biyodizel özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Pelemir biyodizelinin özellikleri

Özellik	Birim	Pelemir Biyodizeli	TSEN 14214	
			En az	En çok
Yoğunluk, 15 C	kg/m ³	894.5	860	900
Kinematik viskozite, 40 C	mm ² /s	May.98	Mar.50	5.00
Parlama Noktası	C	140	120	-
Kalori değeri	Cal/gr	9171	-	-
Su içeriği	mg/kg	289.16	-	500
SFTN	C	-12	-	-
Bakır Çubuk Korozyonu	derece	1a	-	1a

Bu değerler ışığında Pelemir biyodizelinin; Yoğunluk, Parlama Noktası, Kalori Değeri, Su İçeriği ve Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN) değerlerinin TS EN 14214 standardınca uygun olduğu, Kinematik Viskozitenin ise standardın biraz üzerinde olduğu belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Biyodizel üretiminde kullanılan ham maddenin yağ asidi bileşenleri biyodizel özelliklerini etkilemektedir. Biyodizel üretilecek yağın bünyesindeki tekli doymamış yağ oranının yüksek olması arzu edilir. Pelemirin doymamış yağ asidi miktarı %43.3 olduğundan bu özelliği yönünden orta değerdedir.

Pelemir yağının insan gıdası olarak kullanılmasının önündeki engeller nedeni ile endüstriyel amaçlı kullanımı daha cazip olduğu söylenebilir.

İklim ve toprak isteği bakımından fazla seçici olmayan pelemir bitkisi soğuğa oldukça dayanıklı olması nedeni ile yaygınlaştırma çalışmaları yapılmalıdır. Türkiye’de tarımı yapılan diğer yağ bitkilerine ilave olarak pelemir de yağ bitkileri içerisinde değerlendirilmelidir.

Pelemirden üretilen biyodizelde yoğunluk 894.5 kg/m³, kinematik viskozite 5.98 mm²/s, parlama noktası 140 °C, kalori değeri 9171 Cal/g, su muhtevası 289.16 mg/kg, soğuk filtre tıkanma noktası -12 °C, bakır şerit korozyonu 1a, olarak ölçülmüştür. Pelemirden üretilen biyodizelin yakıt özellikleri viskozite hariç TS EN 14214’de belirtilen sınır değerler içinde çıkmıştır.

Sonuç olarak Pelemir gerek yeni bir yağ bitkisi çeşidi olması gerekse yağ asitlerinden biyodizel üretimi için uygun olması ve gıda güvenliğini riske

sokmayacak bir yağ bitkisi olması sebebiyle biyodizel hammaddesi olma niteliğindedir.

Kaynaklar

- Baytop, T., 1999. Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, 313s, İstanbul.
- Çağlar, H., 1968. Pelemir, Güven Matbaası, Ankara.
- Çiller, M., 1977. Pelemir Tohumu Yağı Üzerine Bir Araştırma.
- Karaoğlu, M. M., 2006. *Cephalaria syriaca* addition to wheat flour dough and effect on rheological properties. International Journal of Food Science&Technology. 41, (2):37-46.
- Katar, D., Arslan, Y., Subaşı, A., Kodaş, R., 2012. The effect of different sowing dates on yield and yield components of *Cephalaria (Cephalaria syriaca)* under Ankara/Turkey ecological condition. Biological Diversity and Conservation.5, (3): 48-53.
- Öğüt, H., Oğuz, H., 2006. Üçüncü Milenyumun Yakıtı Biyodizel. Yayın No: 745 Nobel Yayın Dağıtım ISBN: 975-591-730-6 KİTAP II. Baskı 190 s
- Yazıcıoğlu, T., Karaali, A., Gökçen, J., 1978. *Cephalaria syriaca* seed oil. Journal of the American Oil Chemists’ Society. 55, (4), 412-415.

TÜRKİYE'DE ASPIR ÜRETİMİ VE BİYODİZEL AÇISINDAN ÖNEMİ

Fikret Akınerdem

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Aleaddin Keykubat
Yerleşkesi, Selçuklu/Konya

Özet: Aspir, önemli bir yağ ve tıbbi-aromatik bitkisi olarak yer bulur. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de son yıllarda üretiminde ciddi artışlar söz konusudur. Ülkemizde 4.2 milyon hektar nadas olmak üzere çeşitli nedenlerle tarımda kullanılmayan toplam 5 milyon hektar alan bulunmaktadır. Bu değerle bir alanın üretimde değerlendirilmesi için de en uygun bitki, aspidir.

Aspir, ülkesel açığımız olan iki önemli konuda üretime alınabilir. Bunlar, yemeklik yağ ve enerji açığıdır. Böylece nihai olarak elde edilecek 2 milyon ton yağın, ülkesel yemeklik yağ ve biyodizel için kullanılması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, aspir üretimi, biyodizel

SAFFLOWER PRODUCTION AND ITS SIGNIFICANCE FOR BIODIESEL

Abstract: Safflower is very important oilseed crops and medicinal and aromatic plants. It's total production has been increasing steadily either world or Turkey in recent years. In Turkey, for various reasons, including 4.2 million hectares of fallow agriculture, there are a total of 5 million hectares of unused for farming. This value is the most suitable plant for the production of a field evaluation is safflower.

Safflower could be produced for two important subject, which are internal insufficiency. These are edible oil and energy need of country. Thus, ultimate 2 million tons of oil to be obtained from safflower will be used for edible oil and energy need of Turkey.

Keywords: Turkey, safflower production, biodiesel

1. Giriş

Yağlar temel gıda maddelerindendir. Yağ bitkileri üretimi 2000'li yıllardan itibaren sürekli artmaktadır. 2005 yılında toplam yağ bitkileri üretimi yaklaşık 400 milyon ton iken, 2011 de 450 milyon tona ulaşmıştır. Dünya bitkisel yağ üretimi 2012'de 446 milyon ton olmuştur (Akınerdem ve Öztürk, 2014). Bu artışta bizim önemli bir yerimiz yoktur.

Yağ bitkileri içinde aspir üretimi önemli bir konumda değildir. Ancak ülkemizde olduğu gibi dünya aspir üretiminde de son yıllarda az da olsa artışlar söz konusudur (Çizelge 1).

Dünyada aspir üreten ülke fazla değildir. Özellikle yağı bol, verimli arazilerde ciddi bir üretiminin olduğu söylenemez. Olsa da daha çok çiçekleri için yetiştirildiğinden dolayı üretimin birçoğu istatistiklerde yer almamaktadır. Uzun yıllara göre Hindistan dünya aspir üretiminde hep önde yer almışken, son yıllarda Meksika (2012: 258 bin ton) birinci sırada yer almış ve bunu Hindistan,

Kazakistan, Arjantin ve ABD gibi atak yapan bazı ülkeler izlemiştir (Anon., 2013).

Ülkemiz uzun yıllardır ilk 10'a dahi giremezken, 2013'te ki 45.5 bin ton üretimi ile dünyada beşinci sırada yer bulmuştur. Bunun dışında Çin, Etiyopya, Tanzanya, Kırgızistan, Avustralya, Kanada ve Özbekistan gibi ülkelerde de aspir üretimi yapılmaktadır. Bu haliyle dünya aspir üretim alanı 1 milyon hektar, üretim 850 bin ton ve verim de 85 kg/da civarındadır.

Cizelge 1. Dünya aspir üretim değerleri (1992-2012) (FAO, 2013)

Yıl	Ekim alanı (Ha)	Üretim (Ton)	Verim (Kg/Da)
1992	881 500	550 110	62
2000	825 810	625 185	75
2010	795 570	644 694	81
2012	987 022	833 800	84

Dünya aspir üretiminin önümüzdeki birkaç yıl içinde milyon tonları aşacağını tahmin etmekteyim. Bunu 2 nedene bağlayabiliriz. Bunlar;

- Kuraklık riski ve suyu az kullanan alanlarda aspir bitkisinin tercih edilmesi,
- Sağlık açısından kaliteli yağının yeni pazarlar bulmasıdır.

Bu bakımdan da birim alanda verim artışına, verimli, kaliteli ve kuraklık gibi ekstrem şartlara dayanıklı yeni çeşitlerin ıslah edilmesi ile dünya aspir ekim alanı ve üretiminin milyonlarca tona ulaşacağı kaçınılmazdır. Bunun için de en şanslı veya önde yer alması gereken ülkelerden biri de Türkiye'dir.

2. Türkiye ve Yağ Bitkileri

Ülkemizde bitkisel üretimin en problemlili ve tartışmalı konusu yağ bitkileri üretimidir. Yıllara bağlı olarak yanlış destekleme politikaları ve pazarlamada yanlışlıklar nedeniyle istikrarsız üretimlere neden olmuştur. İnşili çıkışlı yıllara rağmen genelde yağ bitkileri üretimimizin kapladığı alan 1.5 milyon ha kadar, üretimimiz 2.5 milyon ton iken, 2010 yılın öncesinde pamuk dahil ekim alanımız 1 milyon hektara; yine 2006 da 2.4 milyon ton olan üretimimiz, 2009 da 1.8 milyon tona düşmüştür.

Bugün yerli imkanlarla bitkisel yemeklik sıvı yağ üretimimiz yaklaşık 700 bin ton kadardır. Bunca farklı ekoloji ve toprak varlığına rağmen yemeklik yağ ihtiyacımızın tamamını kendi imkanlarımızla üretemediğimiz gibi, yağ bitkileri ürün çeşitlendirilmelerinde yetersiz olmamız, çoğunlukla da ayçiçeği ve pamuğa bağlı kalmamız yağ bitkilerinin en tartışmalı konusudur. Halbuki değişik toprak ve iklim şartlarını ihtiva eden Türkiye'de en kurak yerlerde yetişebilecek bitkilerimiz olduğu gibi, yine en sulu bölgelerde münavebeye girebilecek ve diğer münavebe bitkileriyle çiftçi ve ülke maliyetinde

yarışabilecek, üretici gelirinde hiç de geri kalmayacak bitkilerimiz ve bunların yetişebileceği ülkesel potansiyelimiz mevcuttur.

Ülkemizde ciddi anlamda bitkisel yağ açığı olduğunu biliyoruz. İhtiyacımızı karşılamak yağlı tohumlu bitkiler ve türevleri (tohum, ham yağ ve küspe) ithalatına ödediğimiz değer (her ne kadar bunun bir bölümünü rafineri yağ olarak ihraç edilse de) 2013 sonunda 4.5 milyar doları geçmiş bulunmaktadır (bysd, 2013 raporu). İthalata ödenen bunca büyük değer bizi kaygılandırmalıdır. Zira bu değerın giderek daha da büyümesi işten değildir. Bunun sebebi, çekirdek ithal ettiğimiz birçok ülke (Ukrayna, Bulgaristan) kendi kırma veya rafineri sanayini kurmak üzere çalışmalar yapmaktadır. Buna rağmen son yıllarda açığımızı kapatmak için yeni yağ bitkileri ve yeni fırsatlar da doğduğu bir gerçektir. (Akınerdem, 2014).

Bunların başında 4.2 milyon hektar olan nadas alanları olmak üzere çeşitli nedenlerle her yıl tarımda kullanılmayan 5 milyon ha arazinin en azından aspir üretimine açılması gerekir. Bu değerde bir alanda sadece aspir yetiştirilmesi ile yaklaşık 6 milyon ton çekirdek elde edilebilir. Bundan da 2 milyon ton ham yağ ve 4 milyon ton küspe alınabilir. Elde edilen yağın 1 milyon tonunu yemeklik olarak, 1 milyon tonunu da enerji (biyodizel) ihtiyacı için kullanılabilir. Bugünkü değerlerle bu miktarda yağ ve küspenin, çarpan etkisiyle beraber bugünkü değerlerle en az 5 milyar USD olması demektir.

Öte yandan, yağ açığımızı kapatmada 2000’li yıllardan itibaren üretici gündemine yeni yağ bitkileri devreye girmiştir. Bunlar aspir dışında ketencik, ızgın, pelemir ve hardaldır.

3. Türkiye’de Aspir

Aspir, uzun yıllardır dünyada ve ülkemizde bilinen ve üretimi yapılan bir bitkidir. Anadolu’nun birçok yerinde değişik isimlerle (diken, haspir, yağ diken, kuşkonmaz diken, allı güllü, anılan, ak diken) anılır (Babaoğlu, 2006). Yine Anadolu’nun birçok yerinde yağı ve çiçekleri (polen) için yetiştirme alanı bulunmaktadır.

Aspir bitkisi tarla bitkileri arasında son yıllarda kendinden en çok söz ettiren bitkilerin başında yer almaktadır. 2006 yılından itibaren, özellikle de Bakanlar Kurulunun 5/6/2006 tarih ve 2006/11202 sayılı biyodizel kararı sonrasında özellikle kolza (kanola) ve aspir bitkilerinin üretimini tetiklemiştir. On sene önce henüz istatistiklere girmeyen aspir üretimi bugün 45 bin tona yükselmiştir. Üretim politikaları böyle giderse önümüzdeki yıllarda 100 binler, hatta milyon tonlara ulaşması kaçınılmazdır. Bu artışta biyodizel ve yağ sanayicilerinin alım garantisi ile yüksek destekleme politikalarının etkisi büyük olmuştur. Bu gelişmeye ihtiyacımız da vardır (Anon., 2014).

Son birkaç yıla bakıldığında aspir bitkisi, gerek üretici ve gerekse sanayici (yemeklik yağ, sağlıkçılar ve biyodizelciler) nezdinde artık tanınmış ve ihtiyaç duyulan bir bitki durumuna gelmiştir. Aspir bitkisinin, kendisi ile birlikte ondan elde edilen ürünlerin, değişik sektörlerce tercih edilmesi bu bitkiye diğer yağ bitkilerine göre ayrıcalık sağlamaktadır. Bitkinin yeşil aksamından itibaren kuru

sapları, çiçekleri, tohumu, yağı, yağı alındıktan sonra kalan küspesinin değişik alanlarda kullanılması, birkaç sektör açısından bu bitkinin değerini ortaya koymada haklı gerekçeler sayılır.

Çizelge 2. Türkiye’de yıllara göre aspir üretim değerleri (1950-2013) (Babaoğlu., 2007, TÜİK, 2013)

Yıllar	1950	1970	1976	2000	2005	2010	2013
Ekiliş (ha)	1 73	1 170	2 200	30	230	20 000	35 000
Üretim (ton)	765	900	1 350	18	205	26 000	45 500
Verim (kg/da)	71	77	70	60	90	130	115

Türkiye tarımında uzun yıllara bakıldığında, birçok bitkinin (mısır, yem bitkileri gibi) üretiminde ciddi artışlara rağmen, yağ bitkileri konusunda ciddi bir değişimin olmamasına karşın, özellikle aspir ve kolza bitkisinde önemli artışlar olmuştur. Son 10 yılda aspir üretimi üç bin katı artmıştır. 2000 yılında ekim alanı 30 hektar, üretimi 18 ton iken, 2011 de ekim alanı 20 bin hektara, üretimi ise 26 bin tona yükselmiştir.

2013 yılı için ise ekim alanının 35 bin hektarlara, üretimin ise 45 500 tona ulaşmıştır. Önümüzdeki yıllarda ise üretimin milyon tonlara çıkacağı tahmin ve dünyada birinci sıraya yerleşeceği beklenmelidir.

Aspir bitkisinin artışında temel unsurları kaliteli yağı yanında, kıraç alanlarda ve özellikle de kurak yerlerde ve yıllarda üretiminin garantili olmasıdır. Yüksek destekleme politikaları ve alımda yüksek fiyat uygulamalarına bağlı olarak üreticiye yüksek gelir getirmesi ve özellikle de sözleşmeli üretim uygulamalarıyla alım garantisi verilmesi bu bitkinin üretim artışının önemli sebepleridir.

Tarımının kolay ve diğer rakip bitkilere göre getirisinin yüksek olması da aspir üretiminin gelişmesinde diğer etkenler olarak kabul edilebilir. Bu konuda söylenecek en önemli şey üreticilerimizce boş veya nadasa bırakılan alanlara mutlak surette aspir bitkisinin ekilmesidir. Aspir üretiminin hiç değilse 4’lü bir münavebe sistemi içinde yapılması, ülkemizin hem yem ve hem de yağ açığının kapatılmasına neden olacaktır.

Çizelge 3. Aspride 4’lü münavebe sisteminin uygulanmasına bazı örnekler (Akınerdem, 2014)

UYGULAMA	1. YIL	2. YIL	3. YIL	4. YIL
ASİR	Buğday	Fiğ	Aspir	Fiğ
BUĞDAY	Buğday	Fiğ	Aspir	Nadas
FIĞ	Buğday	Aspir	Nadas	Buğday
NADAS	Buğday	Nadas	Aspir	Fiğ

Böyle bir nadas ağının düşünülmesi, nadas alanlarının değerlendirilmesi ile birlikte daha makul ve uygulanabilir bir üretim sisteminin değer bulmasıdır. Boş kalan veya bırakılan arazilerdeki erozyona bağlı olarak toprak kaybı ve sonraki yıllarda bunun tarım sektörüne vereceği düşünülmalıdır. Elbette münavebe sistemleri aspir üretilecek bölgenin toprak yapısı ve yağış rejimine göre 3’lü

olarak da uygulanması düşünülmelidir. Burada önemli olan arazinin boş bırakılmaması ve her yıl üretime alınmasıdır.

Bunun yanında, direk ekim uygulamasının aspir üretiminde uygulanması, organik maddece fakir olan topraklarımızda, bu maddenin zenginleştirilmesi ve böylece toprağın su tutma kapasitesinin artırılmasına vesile olacaktır.

Babaoğlu (2007)'nin yaptığı çalışmaya göre aspirin en önemli özelliklerinden birisi de dezavantajlı topraklarda dahi tarımının yapılmasıdır. Bu tür alanların aspir tarımı ile değerlendirilmesi hem yağlı tohum ekiliş alanlarının artışına hem de atıl topraklardan katma değer yaratılmasına olanak sağlayabilir. Böylece bu şartlar göz önünde tutularak üreticimiz bir defaya mahsus aspir ekmeleri durumunda, sonraki yıllarda bu bitkiyi sevecekleri, ekonomik olarak ilave gelir elde edecekleri ve sonrasında devamının geleceği söylenebilir.

Aspir, çoğunlukla yazlık ve kışkık olarak ekilebilen bir bitkidir. Daha çok yetiştirme alanı bulduğu Orta Anadolu ve Geçit Bölgelerinde yazlık olarak üretilmektedir. Bunun yanında özellikle kışı daha az soğuk geçen bölgelerde kışkık olarak ekilmesinde bir sakınca yoktur. Kışkık aspirin kasım sonu aralık başı ekilmesi daha iyi netice vermektedir.

Yazlık olarak üretilecek aspirin ise, yüksek verim ve kalite için mümkün olduğunca erken ekilmesi gerekmektedir. Yağış şartlarına ve toprak tavrına bağlı olarak ekimin mümkün olduğunca Şubat sonu veya Mart başında yapılması verim, kalite ve yağ oranını artıracaktır. Yaptığımız araştırmalarda Mart başında ekilen aspir bitsinden kırsal alanda 200 kg/da'a kadar yükselen verim alınabilmekte iken, mayısta yapılan ekimde verimin 50 kg/da'a kadar düştüğü görülmüştür.

Aspir oldukça özellikli bir bitkidir. Orijinlerinden biri Anadolu'dur. Diken, haspir gibi değişik adlarla da anılan bitki aslında geleneksel olarak yıllardır yetiştirilmektedir. Tohumlarından elde edilen kaliteli yağı, yemeklik ve sağlık ürünü olarak kullanılmaktadır. Yağında insan sağlığı açısından önemli olan doymamış yağ asitleri oranı çok yüksektir. Bu oran % 90-93 civarındadır (Ayçiçeğinde % 86'dır). Son yıllarda Oleik asit (Omega-9) oranı yüksek tipler üzerinde de çalışmalar hızlanmış, günümüzde oleik yağ asidi oranı % 80 civarında olan çeşitler de geliştirilmiştir. Zeytinyağındaki oleik yağ asidi oranının % 56-83 arasında olduğunu düşünürsek, oleik tipteki aspir yağının beslenme açısından en az zeytin yağına eşdeğer olduğu ortaya çıkmaktadır. Diğer yağ bitkilerinde de olduğu gibi, aspiden elde edilen yağ (özellikle oleik tipler) biyodizel yapımında, yüksek linoleik asitli (Omega-6) olanlar çabuk kuruyan yağlardan olduğundan, boya sanayisinde kullanılabilir (Anon, 2010, Babaoğlu, 2006, Singh ve Nimbkar, 2006, Mündel, 2008).

Tarımında toprak ve ekolojik isteklerinin kısıtlı olması yanında, son yıllarda alım garantili (sözleşmeli) üretilmesi, pazar ağının geniş olması, buğday tarımında kullanılan tüm alet ve makinelerin aspir için de kullanılması, ıslah edilmiş yeni ve yerel çeşitlerin devreye girmesi yanında biyodizel sektöründe de kullanılabilmesi bu bitkinin üretimde ciddi bir talep patlaması yapacağını belirtir.

Alım garantili üretim yüksek destekleme uygulamaları yönünde tatmin edici durumda olan bu bitkinin, önümüzde ki yıllarda üretiminin daha da artarak, bitkisel yağ ve biyodizel ihtiyacımızın büyük bir bölümünü karşılayacak duruma gelmesi beklenmektedir. Üreticileri de tatmin eden aspir bitkisi marjinal alanların değerlendirilmesinde en önemli bitkidir denilebilir.

4. Sonuç

Yağ bitkileri bizim olmazsa olmazımızdır. Zira, ihtiyacımız olan yağ bitkileri, yerli üretimden ziyade ithal yoluyla karşılanmakta, bunun için de 4.5 milyar US Dolar para ödenmektedir. Yağ bitkileri üretiminin artırılması için,

1. Tarımda kullanılmayan (nadas veya herhangi bir şekilde) 5 milyon ha arazimizin bir şekilde aspir, kolza, ketencik, ızgın ve pelemir gibi bitkilerin üretimine açılması
2. Sözleşmeli modelle üretim yapılarak, çiftçilerimizin yağ bitkileri üretimine karşı cesaretlendirilmesinin sağlanması,
3. Destekleme politikalarının artırılarak devam ettirilmesi,
4. Aspir ve kolza bitkilerinde ihtiyaç duyulan çeşit probleminin yerli çeşitlerle aşılması,
5. Enerji Bakanlığı tarafından enerji tarımına yönelik tedbirlerin alınarak, yukarıda belirlenen arazimizin bir kısmında enerji tarımının organize edilmesi
6. EPDK'nın biyoetanol de olduğu gibi, motorin ve türevlerine biyodizel katma zorunluluğunun getirilmesi,
7. Özellikle aspir bitkisinin gıda değeri göz önünde tutularak, bu bitki yağının çoğunun mutfak ihtiyacına, diğer yeni yağ bitkilerinin de (kolza, ketencik, pelemir, hardal, ızgın) enerjide (biyodizel, biyojet yakıtı gibi) kullanımına yönelik çalışmalar yapılması
8. Aspir bitkisinin üretimine ve ıslahına yönelik çalışmalara öncelik verilmesi gibi kriterler göz önüne alınmalıdır.

Bunlar göz önünde tutularak ülkemiz şartlarına en iyi adapte olan ve bunu da ispatlamış bulunan aspir bitkisinin Türk tarımında özel bir yeri olduğu, resmi otoriteler, tüketiciler ve sivil toplum örgütleri nezdinde kuvvetle savunulmalıdır.

Kaynaklar

- Akınerdem, F., 2014. Türkiye’de Yağ Bitkileri Üretim Stratejileri. Agrotime.8: 24-31.
- Akınerdem, F., Öztürk, Ö., 2014. Yağ Bitkileri Üretim Stratejileri. Ayçiçeği Paneli, 18 Mart 2014, Konya, Türkiye.
- Anonim., 2010. <http://www.buzzle.com/articles/safflower-oil-benefits.html>
- Anonim., 2013. Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi. www.tuik.gov.tr
- Anonim., 2014. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/12/20061208-4.htm>
- Babaoğlu, M., 2006. Dünya’da ve Türkiye’de aspir bitkisinin tarihi, kullanım alanları ve önemi. Broşür. Trakya Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü, Edirne.
- Babaoğlu, M. 2007. Aspir ve tarımı. Trakya Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü, Edirne.
- Bysd., 2013 Raporu. Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği. <http://www.bysd.org.tr>

- FAO., 2013. Faostat Statistical Database. <http://www.fao.org>
- Mündel, H. H., 2008. Major achievements in safflower breeding and future challenges. 11. International Safflower Conference. Australian Oilseeds Federation. Wagga, Australia.
- Singh, V., Nimbkar, N., 2006. Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) genetic resources, chromosom engineering and crop improvement. Chapter 6, 3639, p. 167

BIYODİZEL ÜRETİMİNDE TERS LOJİSTİK UYGULAMALARI

Fatma Pelin Erel^{1,2}

Ertuğrul Recep Erbay^{2,3}

¹Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çorlu TEKİRDAĞ

²Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler MYO, TEKİRDAĞ

E-posta:psucuoglu@nku.edu.tr

³Namık Kemal Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, TEKİRDAĞ

E-posta:erbay@nku.edu.tr

Özet: Bu çalışmada özellikle 2014 yılında uygulanmaya başlanan motorine yerli katkı olarak biyodizel katılması ile de günümüzde gittikçe daha önem kazanmakta olan biyodizel ve biyodizel üretiminde yağlı tohum kullanımına alternatif olarak yemeklik atık yağların kullanımı ve atık yağların geri dönüşümünde uygulanan tersine lojistik uygulamaları incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle Türkiye’de yağlı tohumların ve ham yemeklik yağın istatistiksel verileri derlenerek, biyodizel üretiminde ÖTV uygulamaları, atık yağların değerlendirilmesi süreçleri incelenmiştir. Yemeklik atık yağların toplanması aşamasında dünyadaki farklı uygulamalar irdelenerek Türkiye’deki uygulamalar ile karşılaştırılmıştır.

Türkiye’de atık yağların toplanması ile ilgili faaliyetlerin kontrolü belediyelerin sorumluluğundadır. Belediyeler atık yağ toplama firmaları ile anlaşma yapmakta ve toplama faaliyetleri bu şekilde organize edilmektedir. Bu çalışmada atık yağdan biyodizel üretimi konusunda iyi bir örnek oluşturabilecek olan Kyoto örneği incelenmiştir ve Kyoto’da atık yağ toplama sürecinde firmaların yanı sıra gönüllü organizasyonların, okulların ve kadın gruplarının etkin çalışmasının ve yaygın atık yağ toplama noktalarının bu süreçte önemli olduğu görülmüştür.

Bu çalışma atık yağların biyodizel üretiminde kullanılması konusunda dünyadaki farklı örnekleri incelemektedir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, ters lojistik, biyodizel, atık yağ, atık yemeklik yağ, yenilenebilir enerji

REVERSE LOGISTICS APPLICATIONS IN BIODIESEL PRODUCTION

Abstract: In this study, biodiesel which is gaining more and more importance nowadays especially after the decree of adding domestic biodiesel to diesel fuel starting in 2014, using waste cooking oil alternative to oil seeds to produce biodiesel and reverse logistics applications that are used in recycling of waste cooking oil, are analyzed. For this purpose, primarily the statistical data of oil seeds and raw edible oil are compiled and the process of excise tax applications in biodiesel production and evaluation of waste cooking oil are analyzed. The different implementations in waste cooking oil collection are explicated and are compared to the implementations in Turkey.

In Turkey, the waste cooking oil collecting activities are under the municipalities’ responsibility. The municipalities make contracts with the waste cooking oil collection companies and the waste cooking oil collection activities are organized this way. In this study, Kyoto example, which can make a good example of biodiesel production from waste cooking oil, is analyzed and it is seen that the volunteer organizations, schools and women groups attending to collecting process is important.

This study analyzes the different examples throughout the World about waste cooking oil usage in biodiesel production.

Keywords: Logistics, reverse logistics, biodiesel, waste edible oil, waste cooking oil, renewable energy

1. Giriş

Dünya nüfusunun sürekli artması ve teknolojinin ilerlemesiyle sürekli artmakta olan enerji ihtiyacı, fiyatı gün geçtikçe yükselmekte olan ve tükenebilir bir kaynak olan petrolün yanı sıra farklı enerji kaynakları arayışını tetiklemiştir. Bu esnada çevresel kirlenmenin giderek artmasıyla çevresel kaygılar da ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu etmenler de bilim insanlarını çevreye olumsuz etkileri minimum olan yenilenebilir enerji kaynakları arayışına itmiştir. Bu aşamada kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir, karanj tohumu, hint fıstığı gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağların veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir ürün olan biyodizel ön plana çıkmıştır ve dünyada giderek önem kazanmaktadır. Biyodizelin önem kazanmasıyla, artan nüfusla beraber artan yemeklik ürün ihtiyacı ile birlikte, biyodizel üretiminde kullanılan yağlı tohumların beslenme amaçlı üretimin önünü kesmesi ve kıtlık potansiyeli yaratması sorunu ele alınmaya başlanmıştır. Biyodizel üretiminde farklı hammadde arayışları devam etmektedir. Atık yemeklik yağlar bu arayışın sonucu olarak geliştirilen çözümlerden birini teşkil etmektedir. Atık yemeklik yağların kullanılmasıyla hem enerji üretimine katkı sağlanacak, hem ülke ekonomisine destek olunacak hem de atık kızartma yağlarının çevreye olumsuz etkilerinin en aza indirilme fırsatı yakalanabilecektir.

Bu çalışmada, biyodizel üretiminde atık bitkisel yağlardan yararlanma uygulamaları değerlendirilerek atık yağların toplanması aşamasında farklı ülkelerdeki ters lojistik uygulamaları incelenmiştir.

Renedo ve ark. (2011)'nın yaptığı çalışmada, kullanılmış bitkisel yağın biyodizel üretiminde kullanımının fiyat ve bulunabilirlik açısından değerlendirildiğinde en ucuz hammadde olduğunu belirtmişlerdir. Kullanılmış bitkisel yağı, tekrar kullanım oranının düşük olmasından ötürü biyodizel üretimi için iyi bir aday olarak tanımlamışlardır. Kullanılmış kızartma yağının ekonomik ve çevresel avantajlarının yanı sıra, atık yağların toplanması sisteminin henüz gelişmemiş olması ve biyodizel üretimi optimizasyonundaki zorluklardan kaynaklanan düşük verimliliğin göz önüne alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Sheinbaum-Pardo ve ark. (2013)'nın, yaptığı çalışmada Meksika'da atık yemeklik yağlardan biyodizel üretiminin potansiyelini araştırmışlardır. Çeşitli çalışmaları incelemeleri sonucunda, atık yağlardan biyodizel üretiminin ana faktörünün atık yağların toplanması işlemi olduğunu belirtmişlerdir. Atık kızartma yağından biyodizel üretmede, toplanan yağın kalite ve miktar bakımından istikrarının önemini belirterek, söz konusu istikrarı sağlama doğrultusunda çalışmalar yapılan ülkelere dair örnekler vermişlerdir. Meksika'da biyodizel üretimi yapan bir firmayı incelemişlerdir. Atık yağdan üretilen biyodizel ile dizel fiyatını karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışmanın sonucunda, atık yağın toplanması ve bu konuda devletin bir politikasının olmasının önemini belirtmişlerdir.

Iglesias ve ark. (2012)'nın yaptığı çalışmada ham ayçiçeği yağından ve atık yemeklik yağdan biyodizel üretiminin çevresel etkilerini merkezi olarak konuşlanmış tesisler ve dağıtık olarak konuşlanmış tesisler açısından değerlendirmişlerdir. Yapılmış olan çalışmalara referans verilerek, biyodizel üretimi maliyetinin %70 ila %95'ini hammadde maliyetinin oluşturduğu belirtilmiştir. Biyodizel üretmek için ileri teknoloji veya büyük maliyetli yatırımlara ihtiyaç olmadığından, bölgesel, küçük ölçekli işletmeler tarafından biyodizel üretiminin yapılabileceğinden bahsedilmiştir. Çevresel etkiler açısından kıyaslandığında, üretim süreci dikkate alındığında atık yemeklik yağlardan biyodizel üretiminin saf ayçiçeği yağından biyodizel üretimine göre çok daha düşük olumsuz etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmada, geniş bir bölge söz konusu olduğunda, çevreye olumsuz etkiler açısından değerlendirildiğinde, sayısının iyi belirlenmesi kaydıyla, dağıtık olarak konuşlanmış tesislerin olumsuz çevre etkilerinin daha düşük olduğu belirtilmiştir.

Yusuf ve ark. (2011)'nin yaptıkları çalışmada biyodizel üretiminde en son eğilimlerin üzerinde durmuşlardır. Hammadde olarak Amerika'da kanola ve soya fasulyesi yağı, Malezya'da hurma yağı, Avrupa'da kolza yağı ve mısır yağı gibi yenilebilir bitkisel sıvıyağların ve karanj tohumu (*Pongamia pinnata*), hint fıstığı (*Jatropha curcas*), mahua (*Madhuca indica*) gibi yenmeye uygun olmayan yağların biyodizel üretimine uygun olduğu belirtilmiştir. Yağ verimi en yüksek olan hammaddenin 5.000 kg/hektar ile hurma yağı olduğu, bu oran ile 2.000 kg/hektar verime sahip diğer yağlardan açık ara önde olduğu üzerinde durulmuştur. Biyodizelin çevresel faydalarından ötürü daha da ilgi çekici hale geldiği, ancak yüksek maliyet oranlarının ürünün ticarileşmesinde engel teşkil ettiği üzerinde durulmuştur. Biyodizelin yüksek fiyatının, toplam maliyetinin % 80'ini teşkil eden hammadde fiyatlarının yüksekliğinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmada ikincil veri kaynakları kullanılmıştır. Biyodizel ve yemeklik atık yağların geri dönüşümü uygulamaları ile ilgili yurtiçi ve yurtdışında yazılmış olan bilimsel çalışmalar, makaleler, kitaplar, dergiler, raporlar ve internet üzerinden elde edilmiş veriler incelenmiştir.

Bu yöntemle elde edilen materyaller bilimsel bir disiplin içinde analiz edilerek atık yemeklik yağların biyodizel üretiminde kullanılması aşamasında farklı ülkelere ait uygulamalar araştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

EPDK'nın motorine biyodizel katkısı sağlanmasını öngören tasarısına göre 2014 yılında söz konusu tüketime %1, 2015 yılında %2 ve 2016 yılında %3 biyodizel eklenmesi öngörülmektedir.

Ülkemizde 2011 yılında 2.322.000 ton (1.358 milyon dolar) yağlı tohum ithalatı, 1.046.000 ton (1.338 milyon dolar) ham yağ ithalatı yapılmıştır (www.bysd.org.tr), (www.tuik.gov.tr). Türkiye 2011 yılında 2.613.000 ton yağlı tohum (ayçiçek, pamuk, soya fasulyesi, kanola), 655.000 ton bitkisel ham yağ üretmiştir. 2011 yılında yemeklik sıvı yağ tüketimi 950.000 ton ve sıvı yağ ihracatı 447.477 ton olarak gerçekleşmiştir. Ham yağ ithalatı dikkate alınmaksızın incelendiğinde, 655.000 ton ham yağ üretimine karşılık 950.000 ton sıvı yağ tüketimi bulunmaktadır. Söz konusu koşullar değerlendirildiğinde Türkiye, direkt ham yağ ithalatı olmaksızın tüketimini karşılayamıyor olarak görünmektedir.

Mevcut koşullar altında motorine yerli katkı olarak biyodizel ekleme zorunluluğu, Türkiye'nin kendi üretimi olan yağlı tohum ve ham yağlardan mümkün görünmemektedir. Halen, yemeklik yağ tüketimini karşılayabilmek adına yağlı tohum ve ham yağ ithalatı yapılmaktadır. Türkiye'de yağlı tohum ekimine ayrılan tarımsal alan 600.000 hektardır. Tarım ürünlerinin arzı kısa dönemde esnek olmadığından, arzla ilgili değişimlere gecikmeli olarak tepkide bulunulabilmektedir. İyi bir planlama ile ancak ilerleyen dönemlerde yağlı tohum üretimine artış yansıtılabilecektir. Bu koşullar değerlendirildiğinde ise, EPDK'nın 2013 yılından itibaren benzine ve motorine yerli katkı olarak, oranları her yıl arttırılmak üzere etanol ve biyodizel ilave zorunluluğuna dair yeni kararı doğrultusunda, hem çevresel, hem ekonomik sebeplerle hem de bu hedefin tutturulabilmesi amacıyla atık yağların geri kazanımının daha büyük önem kazandığı görülmektedir.

2006 yılında, motorine yalnızca Türkiye'de üretilen tarım ürünlerinden elde edilmiş olan biyodizel karıştırılmış olması halinde karıştırılan malın miktarının karışım miktarlarına oranı kadar eksik ÖTV tutarı uygulanacağı öngörülmüştür. Ancak bu vergi tutarı, biyodizel ihtiva etmeyen motorinin vergi tutarının %98'inden az olamamaktadır. 2006 yılındaki bu karara ek olarak 2013 yılında biyodizelin ÖTV indirimine tabi olması için Türkiye'de üretilen tarım ürünlerinden elde edilmiş olmasına ek olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı mevzuatına uygun olarak Türkiye'de toplanan kullanılmış kızartmalık bitkisel yağlar ile kullanım süresi geçmiş bitkisel yağlardan elde edilmiş olması eklenerek, atık yağlardan elde edilen biyodizel de ÖTV indirimine tabi olmuştur.

Biyodizele 2006 yılında 0.6498 t/lt, 2007 yılında 0.72 t/lt, 2008 yılında 0.80 t/lt, 2009 yılında 0.88 t/lt ve 2011 yılında da 0.91 t/lt ÖTV uygulanmaktadır.

Türkiye'de biyodizele uygulanan ÖTV, firmaların biyodizel üretimine mesafeli yaklaşmasına sebep olmaktadır.

Atık yağlardan biyodizel üretimine dair uygulamalar incelendiğinde, Japonya'nın Kyoto şehri atık yağların geri dönüşümü konusunda önemli uygulamalara ev sahipliği yaptığı görülmektedir. İmparatorluk Japonya'sının başkenti olmuş olan Kyoto, 1 milyon 470 binlik nüfusuyla Kyoto Protokolünün de anavatanıdır. (whc.unesco.org) 1997 yılının Aralık ayında düzenlenen Küresel Isınmanın Önlenmesine Karşı Kyoto Konferansına ev sahipliği

yaptıktan sonra Kyoto, atık yağların toplanma süreci ile ilgili çalışmaları hızlandırmıştır. Kyoto, Japonya Çevre Bakanlığı desteğiyle yapılmış olan ve günde 5.000 litre biyodizel üretebilen atık yağlardan biyodizel üretme tesisine sahiptir. Atık yağlardan söz konusu fabrikada kendi teknolojileriyle üretilmekte olan ve dizel araçlarda petrodizel yerine kullanılabilen bu yakıtta C-Fuel adı verilmiştir. Kyoto fabrikasında kullanılmış yemeklik yağın %97,5'ine kadar kısmı biyodizel olarak geri dönüştürülebilmektedir. Bu tesiste üretilen biyodizel, 220 adet çöp kamyonunun B100 (%100 biyodizel) yakıtla çalışmasında ve 95 belediye otobüsünün B20 (%20 Biyodizel katkılı yakıt) ile çalışmasında kullanılmıştır. Kyoto fabrikasında üretilen biyodizel hem ekonomik açıdan hem de çevresel etkiler açısından Kyoto'ya büyük getirilerde bulunmaktadır. Bu girişim sayesinde yıllık olarak 1.500.000 litrelik biyodizel kullanımı ile karbondioksit emisyonlarında yıllık olarak 4.000 tonluk bir düşüş söz konusu olabilmektedir (Sakai, 2006, HZC, 2013, Nipponia, 2002).

Kyoto biyodizel fabrikası, atık yağlardan biyodizel üretme konusunda teknolojiler geliştiren bir firma olan Revo International Inc.'nin teknolojisiyle kurulmuştur. İlk önce Kyoto'daki nehirleri ve gölleri çevresel kirlenmeden korumak için oluşturulmuş gönüllü bir kuruluş olarak işe başlamış olan Revo International, gönüllü faaliyetlerde bulunan organizasyonların gönüllülük esasına dayanan aktivitelerini sürdürmelerine dair çeşitli kısıtlamalardan ve aktivitelere olan finansal destekle ilgili yaşanan kısıtlamalardan dolayı şirketleşme yoluna gitmiştir. Atık yağlardan biyodizel üretimi konusunda Kyoto şehir yönetimiyle beraber çalışmıştır. Atık yağların toplanması aşamasında var olan sistemden farklı bir sistem geliştirilmiş ve kolay boşaltım ve kolay toplama noktaları belirlenerek evlerden toplanan atık yağların toplanmasında önemli bir adım atılmışlardır.

Kyoto'da atık yağlar, evlerden toplama noktalarına bırakılmaktadır. Gönüllü kuruluşlar atık yağ toplama faaliyetinde aktif olarak yer almaktadır. Gönüllü kuruluşlar tarafından toplanan atık yağlar Revo International'a teslim edilmekte, Revo International tarafından da geri dönüşüm tesisine yönlendirilmektedir. Revo International bu süreçte gönüllü kuruluşlara destek olmaktadır. Geri dönüşüm tesisinde üretilen ve C-Fuel olarak adlandırılan biyodizel, şehir yönetimine ve duruma göre de gönüllü kuruluşlara verilmektedir. Şehir yönetimine teslim edilen biyodizel, halk otobüslerinde kullanılmaktadır (Revo International).

Geri dönüşüm projesinin başlangıcı olarak, 1997 yılından itibaren Kyoto'da atık yemeklik yağları toplama noktaları oluşturulmaya başlanmıştır. 2005 yılının Mart ayı sonunda toplama noktası sayısı 960'a ulaşmıştır. 960 istasyonun 143'ü okullardaki istasyonlardan oluşmaktadır. Toplam 219 okulun 143'üne atık yağ toplama noktası yerleştirilmiştir. 2010 yılı itibarıyla toplama noktası sayısı 1.500 olarak belirtilmiştir. 1.500 toplama noktasından evlerden 207 KL ve yiyecek içecek sektöründen 1.279 KL olmak üzere toplamda 1.486 KL atık yağ toplanmıştır. Hedef, toplama noktası sayısını 2.000'e çıkararak her 300 aileye bir toplama noktası sağlamak olarak belirlenmiştir. Atık yağların toplanması aşamasında belediye, firmalar ve yerel halk birlikte çalışmaktadır.

Çöp azaltmayı teşvik eden komiteler (64 grup), sağlık birliği ve kadın grupları atık yağların toplanması aşamasında birlikte görev almaktadırlar (Hayashi, 2011).

Atık yağların toplanması sosyal bir proje olarak da görülmektedir. Atık yağ toplanması ile ilgili özel günlerden yararlanılmaktadır. Kyoto'yu temsil eden futbol takımının maçında seyircilerden atık yağlarını getirmeleri talep edilmiştir. Maç oynanırken kampanyalar yapılmakta ve atık yağ getiren ilk 100 taraftara 1.000 yenlik indirim çekleri verilmektedir.

Kyoto örneği, atık yağların toplanmasında yerel komitelerden ve yöre halkından destek alınmasında çok önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Avusturya'da toplanan atık yağların %41'ini catering firmaları ve endüstriyel kullanımdan doğan ve nispeten toplanması daha kolay olan atık yağların oluşturduğu belirtilmiştir. Avusturya'da uzun yıllardır, küçük bir fabrikada atık yemeklik yağlardan biyodizel üretimi yapılmaktadır (Mittelbach, 1996).

Biyodizel üretiminde sadece büyük ölçekli üretim yerleri yerine küçük ölçekli üretim yerleri de önem taşımaktadır. Avusturya'da uzun yıllardır, küçük bir fabrikada atık yemeklik yağlardan biyodizel üretimi yapılmaktadır (Mittelbach, 1996). İrlanda, yılda 3.000 ton biyodizel üreten küçük ölçekli üretim yerleri ile ilgili çalışmalarda bulunmuştur (Rice ve ark., 1997).

Hawai'de 2004 yılından beri "Aloha Aina Earth Day" olarak adlandırılan ve ayda 2 kez farklı okullarda düzenlenen çevre projesi kapsamında farklı tür geri dönüştürülebilir materyaller toplanmaktadır. Bu "çevre günü" ne katılım gösteren firmalar, kullanılmış yemeklik yağ getiren her vatandaş için günü düzenleyen okula galon başına 1 USD bağış yağmak gibi çeşitli desteklerde bulunmaktadırlar (Pacific Biodiesel, 2013).

Firmalara ait uygulamalar incelendiğinde, farklı ülkelerde faaliyet gösteren Mc Donald's restoranlarına ait atık yağ geri dönüşüm uygulamalarının bulunduğu gözlenmektedir (Mc Donald's Best Practices, 2013).

Mc Donald's, oluşturmuş olduğu ayrı bir web sitesi üzerinden sürdürülebilir destek ve çevre duyarlılığını temsilen dünya üzerindeki Mc Donald's restoranlarındaki en iyi uygulamaları paylaşmaktadır. Bu uygulamalar arasında Arjantin, Amerika Birleşik Devletleri ve Birleşik Arap Emirlikleri'ndeki uygulamalar göze çarpmaktadır. Arjantin'de 2009 yılının Aralık ayında Mc. Donald's Arjantin ve Pedro de Elizalde Hastanesi birlikte bir proje oluşturmuşlardır. Arjantin'deki Mc Donald's restoranları ayda bir mutfaklarından çıkmış olan tüm kullanılmış yemeklik yağı biyodizele dönüştürülmek üzere bağışlamaktadır. Bu atık yağdan elde edilen biyodizel, hastanede olası bir elektrik kesintisi durumunda devreye giren 3 güç jeneratörünü desteklemektedir. Program başladıktan itibaren ilk 10 ay aylık biyodizel bağışı 3.000 litreye ulaşmıştır. Bunun sonucu olarak da Pedro de Elizalde Hastanesi, güç jeneratörlerine yakıt alımı için harcadıkları meblağı % 30 oranında düşürmüştür.

Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan Mc Donald's restoranlarında yapılan uygulamada Mc Donald's restoranlarına yemeklik yağ dağıtımı yapan

firma yemeklik yağları restoranlarda bulunan tanklara boşaltmakta ve aynı zamanda ayrı bir tankta biriktirilmiş olan kullanılmış yağları da alarak biyodizel veya başka bir ürün yapımında kullanılmak üzere satılmak için dağıtım tesisine götürmektedir. ABD’de yer alan Mc Donald’s restoranları bu şekilde yılda 1.516 galon kullanılmış yağın geri dönüşümünü sağlamaktadır. Satın alınan yağlar artık 35 galonluk plastik kaplarda alınmayıp tanklara boşaltıldığından, plastik kap atıkları da oluşmamaktadır.

Birleşik Arap Emirlikleri’nde yer alan Mc Donald’s restoranlarına dondurulmuş ürün dağıtımını yapan Keystone firması, dağıtım filosu için alternatif yakıt arayışında bulunurken aynı zamanda Mc Donald’s BAE’nin araçlarının malzemeyi boşalttıktan sonra boş araçların geri dönüşünün optimizasyonunu da desteklemek istemiştir. 2010 yılında Keystone, kapalı döngü geri dönüşüm sistemini desteklemeye yardım etmiştir. Bu sistemde, Mc Donald’s restoranlarına ham yağ dağıtımını yapan araçlar, aynı zamanda kullanılmış yemeklik yağ da toplamaktadırlar. Kullanılmış yağ daha sonra atık yağı %100 biyodizele döndüren yerel bir tesise dağıtılmaktadır. Buradan elde edilen biyodizel de dağıtımda kullanılan araçlarda yakıt olarak kullanılmaktadır ve bu şekilde döngü devam etmektedir. Bu şekilde BAE Mc Donald’s restoranlarının 12 kamyonluk filosu kendi restoranlarının atık yemeklik yağlarından elde edilen B100 ile çalışmaktadır. Her ay BAE’deki 90 restorandan 25.000 litre kullanılmış yemeklik yağ toplanarak her bir litresi çevre dostu biyodizele dönüştürülmektedir. Mc Donald’s restoranları, bu şekilde kendi kullanabileceklerinde fazla biyodizel elde ettiklerinden, elde kalan biyodizel satılabilmektedir. Bu sistemin devam etmesi durumunda, bu yolla önümüzdeki 5 yılda 600.000 USD’lik bir kazanç öngörülmektedir.

Arjantin’deki küçük ölçekli uygulamalara bakıldığında, Breitschmitt adında bir çiftçi, internetten faydalanarak bulmuş olduğu bilgilerle, kendi biyodizel üretim sistemini 2. el parçalar kullanarak 4.000 USD’nin altında bir bedele kurmuştur. Breitschmitt, biyodizel üretirken hammadde olarak atık yemeklik yağlardan faydalanmaktadır. Atık yağları çevre şehirlerdeki restoran ve okul kafeteryalarından litresine 10 cent vererek satın almaktadır. Atık yağ tedarikinde, civardaki tohum fabrikası da Breitschmitt için iyi bir kaynak oluşturmaktadır. 1.000 çalışana sahip olan tohum fabrikasının kafeteryası, atık yağ konusunda Breitschmitt’e kaynak oluşturmaktadır. Çiftçi, atık yemeklik yağı metanol ve sodyum hidroksitle karıştırarak sezona bağlı olarak haftada 200 litre ile 400 litre arasında değişen miktarda biyodizel elde etmektedir. Bu miktar, çiftliğin 2 traktörünü ve 2 pick-up’ını çalıştırmak için yeterli bir miktara denk gelmektedir (Bajak, 2012).

Yukarıda belirtilmiş örnekler, hem atık yağların çevreye zarar vermesinin önüne geçen hem de yenilenebilir bir kaynak olan biyodizele yönlendirilerek ekonomiye de katkı sağlayan yöntemlerdir. Firmaların atık yağlarını yukarıda örnekleri verilen diğer ülkelerdeki gibi değerlendirebilmeleri için Türkiye’de farklı düzenlemeler yapılması gerekmektedir.

Türkiye’de atık yağların toplanması belediyelerin kontrolündedir. Belediyeler, yetki sahasında bulunan ve atık yağ üretimine sebebiyet veren

işletmelere gerekli denetimleri yaparak kullanılmış kızartmalık yağların kanalizasyona dökülmesini önleyip, bu firmaların çevre lisanslı geri kazanım tesisleriyle veya valilikten geçici depolama izni almış toplayıcılarla yıllık sözleşme yapmalarını sağlamakla yükümlüdürler. Trakya Bölgesi'ndeki uygulamalar incelendiğinde, atık yağ toplama lisansı olan firmalar 5 lt'lik atık yağ olduğunda evlerden bizzat gidip atık yağları toplamakta ve dönemsel promosyon uygulaması olarak da bunun karşılığında 1 lt yemeklik yağ vermektedirler. Ancak bu uygulama, evlerden çıkmakta olan yağın sürekli toplanması söz konusu olduğunda yüksek maliyetli bir uygulama olmaktadır.

Türkiye'de, Kyoto modelinde uygulandığı üzere, kalıcı toplama noktası sayısının artırılarak bu noktaların bilgisinin yöre halkına verilmesi, kâr amacı gütmeyen kuruluş ve organizasyonlarla toplama sürecinde işbirliği yapılması önemli olarak görülmektedir. İlköğretim ve orta öğretim öğrencilerinin bilinçlendirilerek fiilen atık yağ toplama sürecine katılımlarının sağlanması hem atık yönetimi bilincinin küçük yaştan itibaren verilmesi hem de atık yağların toplanarak ekonomiye ve çevreye getiri sağlaması açısından önem teşkil etmektedir. Ayrıca küçük ölçekli biyodizel üreticilerine destek verilmesi ve bu tip üretimlerin teşvik edilmesinin, biyodizel üretiminin artırılması yönünde önemli olduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Bajak, A., 2012. A Farm Run on Homemade Biofuel in Argentina. <http://aleszu.com/2012/12/a-farm-run-on-homemade-biodiesel-in-argentina>.
- Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği. www.bysd.org.tr.
- Hayashi T.(2011). Piloting study of GBEP indicators in Kyoto Japan. Global bioenergyPartnership, http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/2011_events/1st_WGCB_Tokyo_16_November_2011/12_Hayashi.pdf.
- HZC, Hitachi Zosen Corporation. Biodiesel Fuel Production Facility. <http://www.hitachizosen.co.jp/english/products/products010.html>.
- Iglesias, L., Laca, A., Herrero, M., Diaz, M., 2012. A life cycle assessment comparison between centralized and decentralized biodiesel production from raw sunflower oil and waste cooking oils. Journal of Cleaner Production, 37: 162-171.
- Mc Donald's Best Practices. Best of Green. Mc Donald's Best Practices, bestpractices.mcdonalds.com
- Mittelbach, M., 1996. The high flexibility of small scale bio-diesel plants. Production of methyl esters in high quality using various feedstocks. 2nd European Motor Biofuels Forum, 183-187, Graz.
- Nipponia., 2002. E-OIL, the Non-polluting Fuel Made from Waste Cooking Oil. <http://web-japan.org/nipponia/nipponia20/en/feature/feature12.html> (erişim tarihi, 25.11.2013).
- Pacific Biodiesel 2012. Aloha 'Aina Community Work Days. http://www.biodiesel.com/index.php/biodiesel/used_cooking_oil_from_your_home_can_be_recycled_too/.
- Renado, C. J., Ortiz, A., Pérez, S., Mañana, M., Fernández, I., 2011. Biodiesel. Handbook of Renewable Energy Technology, Zooba A.F., Bansal R.C. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 395-431.

- Revo International. Regional Activities. <http://www.e-revo.jp/english/recycle.html>.
- Rice, B., Frohlich, A., Leonard, R., Korbitz, W., 1997. Bio-diesel Production based on Waste Cooking Oil: Promotion of the Establishment of an Industry in Ireland. Agriculture and Food Development Authority.
- Sakai, S., 2006. Approach to Bioenergy Recovery. Kyoto University Environment Preservation Center. http://www.env.go.jp/recycle/3r/en/asia/02_03-3/07.
- Sheinbaum-Pardo, C., Caldero'n-Irazoque, A., Ram' rez-Sua' rez, M., 2013. Potential of biodiesel from waste cooking oil in Mexico. *Biomass and Bioenergy*, 56: 230-238.
- Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr
- Yusuf, N. N. A. N., Kamarudin, S. K., Yaakub, Z., 2011. Overview on the current trends in biodiesel production. *Energy Conversion and Management*, 52: 2741–2751.

MİKROALGLERDEN BİYOYAKIT ÜRETİM POTANSİYELİ

Mirat D. Gürol Gülfem Soydemir Ülker Keriş Şen
Neslihan Say Ünal Şen

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, 41400 KOCAELİ

Özet: Bu çalışmada, mikroalglerden elden edilen biyoyakıt üretim maliyetini düşürmek ve temiz su kullanımını ortadan kaldırmak amacıyla evsel atıksu kullanılmış ve atıksuda üretilen mikroalglerin biyoyakıt üretim potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Mikroalglerin içerdiği temel hücresel karbonhidrat, protein ve lipitin hasatlanması aşamasında mikroalg biyokütlesi ozon ve ultrasese tabi tutularak parçalanmış ve suya geçen hücre içi protein, karbonhidrat ve lipid miktarları çeşitli şartlarda analiz edilmiştir. Mikroalg hücrelerinin lipid içeriklerinin belirlenmesinde gravimetrik ölçüme dayalı olan Bligh & Dyer metodu modifiye edilerek uygulanmıştır. Mikroalg bünyesindeki lipitin içerdiği trigliserit (TG) miktarı biyodizele dönüşüm açısından önemli olduğundan, ekstrakte edilen lipid örneklerinde GC yöntemi kullanılarak gliserit analizi yapılmıştır. GC analizleri sonucunda kuru biyokütle ağırlığı bazında %18-28 ve %23-26 lipid içeriklerine sahip olan iki farklı mikroalg kültürünün TG içerikleri sırasıyla %70 ve %74.4 (mg TG/mg lipid) olarak bulunmuştur. Ayrıca çalışmada kullanılan mikroalg kültürlerinin FAME (Fatty Acid Methyl Esters) içeriğinin belirlenmesi amacıyla da çeşitli transesterifikasyon çalışmaları gerçekleştirilmiş ve mikroalg biyokütlelerinin FAME bileşiminde; palmitik (C16:0), stearik (C18:0), oleik (C18:1), linoleik (C18:2) ve linolenik (C18:3) asit metil esterleri içeriklerinin baskın olduğu bulunmuştur. FAME bileşimi ve yüksek gliserit miktarı sebebiyle üretilen türlerin biyodizele dönüşüm için uygun oldukları sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikroalg, biyoyakıt, atıksu, lipid, FAME, transesterifikasyon.

BIOFUEL PRODUCTION POTENTIAL OF MICROALGAE

Abstract: This research focuses on applying innovative technologies and approaches to reduce the cost of biodiesel production from microalgae. Municipal secondary effluent was used as the feed to grow microalgae, and the potential of using the mixed culture grown under these conditions as a source of biofuel was assessed. Application of ozone and ultrasound to the microalgal culture was observed to rupture the cells and spill the cell contents (proteins, carbohydrates and lipids) into the solution. The lipid content of microalgal cells were determined by applying a modified version of the classical gravimetric Bligh & Dyer method as. The triglycerides (TG) in the extracted lipid were analyzed by Gas Chromatography. The lipid contents of mixed culture grown in the wastewater and a synthetic growth medium were observed to be respectively 23-26% and 18-28% of biomass. Furthermore, 70-74.4% of the lipids were contributed by triglycerides (TG). The relatively high percentages of TG are an indication that a high percentage of lipids can be converted into biodiesel.

Keywords: Microalgae, biofuel, wastewater, lipids, FAME, transesterification.

1. Giriş

Günümüzde insanoğlunun karşılaştığı aşılması zor başlıca iki sorun enerjiye olan ihtiyacın giderek artması ve başta CO₂ olmak üzere çeşitli sera gazlarının atmosferdeki aşırı birikiminden kaynaklanan küresel iklim değişikliğidir. Biyoetanol ve biyodizel gibi biyokütle tabanlı enerji kaynaklarının kullanılması, bu iki soruna da çözüm getirerek sürdürülebilir bir kalkınmaya ulaşmayı sağlayacak yöntemler arasındadır. Hem küresel enerji ihtiyacına hem de gün geçtikçe atmosferde artan sera gazlarına bir çözüm getirmek, aynı zamanda da karasal bitkilerden kaynaklanan çevre sorunlarından (gübre kullanımı, verimli toprak alanı gereksinimleri gibi) kaçınabilmek için bu çalışma suda üretilen mikroalglerden biyodizel elde edilmesine odaklanmaktadır.

Yağ biriktirme kabiliyetine ve çok yüksek fotosentetik verime sahip olmaları mikroalgleri biyodizel üretimi için ilgi çekici kılmaktadır. Mikroalgler ve karasal bitkiler sırasıyla aldıkları güneş enerjisinin %3-8 ve %0.5'ni biyokütleyle dönüştürebilmektedirler (Li ve ark., 2008). Ayrıca mikroalglerin logaritmik üreme fazındaki ikiye katlanma süreleri 3.5 saate kadar kısalabilmektedir. Karasal bitkilerin ikiye katlanma süresi bu süreden çok daha uzundur. Mikroalglerin biyodizel üretimi için kullanılmasının avantajlarından biri mikroalg türlerinin yüksek CO₂ konsantrasyonlarında hızlı büyüme kabiliyetine sahip olması ve bu sayede etkin bir şekilde atık baca gazlarından CO₂ özümsemesine olanak sağlamasıdır (Maeda ve ark., 1995, Gouveia ve Oliveira, 2009). Alglerin fotosentez için ihtiyaç duydukları serbest karbonu sağlamanın yanı sıra baca gazı ile salınan karbonun azaltılması Türkiye'nin de imzasının bulunduğu Kyoto Protokolü kapsamındaki "karbon kotası" (carbon credit) hususunda kazanımlar sağlayacaktır.

Alglerden biyodizel üretiminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi, temiz su ve sentetik azot (N) ve fosforun (P) en az düzeyde kullanımına bağlıdır. Kentsel atıksuda ve bazı gıda işleme sanayi atık sularında azot ve fosfor gibi besleyiciler ve iz (trace) elementler yüksek miktarda bulunmaktadır (Munoz ve Guieysee, 2006). Algler bu tür maddeleri atık sulardan alıp kendi metabolizmalarında kullanarak çoğalabilirler. Bu yüzden algler için bir besin kaynağı görevi gören biyolojik olarak arıtılmış atık suların kullanılması proses maliyetini azaltma çalışmalarında önemli bir adımdır.

Alglerin üretilmesi ve yetiştirilmesinde açık havuzlar ve fotobiyoreaktörlerden yararlanılmaktadır. Açık havuzlu sistemler fotobiyoreaktörlere göre daha düşük maliyetli ve kapasite açısından atıksu arıtımı için de daha uygun olduklarından bu çalışma için de tercih sebebi olmuştur. Ayrıca kapalı sistemlerin laboratuvar ölçeğinde başarılı olmuş birkaç tasarımına rağmen pilot düzeydeki uygulamaları sınırlıdır (Rawat ve ark., 2011).

Sürecin başarısı için alg kütlelerinin sudan başarılı ve düşük maliyetli bir yöntemle ayrılması önemlidir. Hiçbir yaygın endüstriyel yaklaşım (filtrasyon, sentrifüj, microstraining, vb.) büyük ölçekli mikroalg ayırımı için ekonomik ve

uygun bir yöntem olamamıştır. Geleneksel flokülasyon/çöktürme (gravity separation) yöntemi küçük ve çabuk büyüyen algler için uygun değildir; ayrıca pahalı çöktürücülerin (koagulants) kullanılmasını gerektirir; ki bu alg kütlelerinin kirlenmesine neden olarak bir sonraki yağdan ayırıştırma basamağını oldukça zorlaştırır (Garcia ve ark., 2000).

Alglerden yağ ayırma işlemi öncesi gerçekleştirilen biyokütlenin kurutulması işlemi belki de en fazla enerji gerektiren ve bu yüzden en pahalı olan işlemdir. Sadece kurutma işlemi biyodizel üretimi için gerekli olan toplam enerjinin % 84'üne tekabül eder (Lardon ve ark., 2009). Güneş ışığıyla kurutma ise devamlı konuşulmasına rağmen uygulanabilirliği tam olarak kanıtlanamamış bir yöntemdir (Lardon ve ark., 2009). Bu nedenle kurutmadan kaynaklanan bu maliyetin düşürülmesi gerekmektedir.

Mikroalglerden biyodizel üretim sürecinin son basamağı transesterifikasyon (biyodizele dönüşüm) işlemidir ve bu işlem, akademik literatürdeki tanımına göre, kurutulmuş alg kütlelerinden hegzan aracılığıyla yağın ayrıştırılmasına dayanır. Literatürde, genellikle çözücü ve alg kütlesi arasında 1:1 hacimsel oran olduğu ve ayırıştırma verimliliğinin %70'e vardığı bildirilmektedir. Yağ geri kazanma işlemi (alglerin sudan ayrıştırılması, kurutma ve son olarak yağın ayrıştırılması) tek başına tüm proses için gereken toplam enerjinin %90'a varan kısmına ihtiyaç duyduğu için, yeni yapılacak çalışmaların bu işlemde kaynaklanan maliyeti azaltmaya yönelik olması önerilmektedir (Lardon ve ark., 2009).

GYTE'de yapılan çalışmanın amacı mikroalglerden biyoyakıt üretimi maliyetini düşürmek ve temiz su kullanımını ortadan kaldırmak için alg üretimini evsel atık su kullanarak gerçekleştirmek ve atık suda üretilen mikroalglerin biyoyakıt üretim potansiyelini belirlemeye çalışmaktır.

1. Materyal ve Yöntem

1.1. Atıksuda ve Sentetik Besin Ortamında Mikroalg Üretimi

Çeşitli doğal sulardan toplanan karışık mikroalg kültürünün büyüme ortamı olarak, İSKİ tarafından işletilen Ömerli Biyolojik Evsel Atıksu Arıtma Tesisi ikincil arıtım çıkış suyu kullanılmıştır. Kullanılan atıksuya ait çıkış suyu değerleri şu şekildedir: pH değeri 7.5, KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) 25-34 mg/L, BOİ (biyolojik oksijen ihtiyacı) 6-11 mg/L, NH₃-N değeri 0.24 mg/L, NO₃-N değeri 15.6 mg/L, toplam azot (TN) değeri 17-20 mg/L, PO₄-P değeri 1.9 mg/L'dir. Atıksu ve sentetik besin ortamının biyokütle üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla mikroalg büyüme ortamı olarak ayrıca literatürde de sıklıkla kullanıldığı görülen BG-11 sentetik besiyeri, azot ve fosfor değerleri atıksuyla eşit olacak şekilde modifiye edilerek kullanılmıştır (Kim ve ark., 2011). Mikroalgal biyokütle üretimi 20 L hacimli ardışık kesikli reaktörlerde, sürekli CO₂ vererek, 25±2 °C sabit sıcaklıkta, sabit pH'da (pH: 6.5-7.0 arasında) ve ışık yoğunluğu 150 µmol foton/m²-sn sürekli aydınlatma ile sağlanmıştır.

1.2. Mikroalg Biyokütlesi ve Organik Materyalin Hasatlanması

Mikroalglerin hasatlanması ve hücre içi değerli organiklerin (protein, karbonhidrat ve lipid) biyokütleden alınması için kimyasal bir yöntem ozon ve fiziksel bir yöntem olan ultrases uygulamaları kullanılmıştır. Ozonlama çalışmaları, literatürde yer alan sınırlı sayıdaki çalışmalar göz önüne alınarak (Cheng ve ark., 2010, Cheng ve ark., 2011) mikroalg çözeltilerine farklı reaksiyon sürelerinde (0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10 dk) hem düşük (0,01-0,03 mg O₃/mg biyokütle) hem de yüksek (0,03-0,5 mg O₃/mg biyokütle) ozon dozları uygulanarak yürütülmüştür. Ultrases çalışmaları ise 250 mg/L hücre konsantrasyonuna sahip mikroalg çözeltilerine beş farklı ultrases yoğunluğunda (100, 200, 300, 400 ve 500 W/L) ve her ultrases yoğunluğu için beş farklı süre boyunca (5, 15, 30, 45 ve 60 dk) ultrases uygulanması ile gerçekleştirilmiştir. Reaksiyonlar sonrasında çözeltiliye geçen hücre içi protein karbonhidrat, protein ve lipid içerikleri analiz edilmiştir. Mikroalg hücrelerinin karbonhidrat içeriği Dubois metodu (Dubois ve ark., 1956), protein içeriği Lowry metodu (Lowry ve ark., 1951) ve lipid içeriği solvent ekstraksiyonu (n-hekzan ya da kloroform/metanol) ile analiz edilmiştir.

1.3. Lipit İçeriğinin Belirlenmesi

Mikroalg biyokütlesinin lipid ekstraksiyonu öncesi biyokütle kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yoğun biyokütlenin 40 °C’de etüvde 2 gün süre ile kurutulması ve desikatörde sabit tartıma getirilmesinin ardından Bligh&Dyer (1959) Yöntemi’nden yararlanılarak lipid ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Lipit ekstraksiyonu için uygulanan prosedür şu şekildedir: 25 mg kuru biyokütle 50 mL’lik falkon tüpüne alınır ve üzerine CHCl₃/meOH/su (1:1:0,5 v/v) çözücüler, toplam hacim 25 mL olacak şekilde birkaç adımda eklenir. Her çözücü ilavesinden sonra biyokütle–çözücü karışımı 1 dk hızlıca karıştırılır (vortex) ve ardından 75 °C su banyosunda 5 dk süre ile bekletilir. Biyokütle–çözücü karışımı 6000 rpm’de 10 dk santrifüj edilerek faz ayırımı sağlanır. Alttaki faz (kloroform–lipit karışımı) pastör pipeti ile dikkatlice çekilir ve darası alınan numune şişesine koyulur. 80 °C’de çözücüsü uçurulan numunenin son tartımı alınır. İlk ve son tartım arasındaki fark, kuru ağırlık bazında % lipid içeriğini verir.

Mikroalg biyokütlesinin içerdiği lipidlerin trigliserit (TG) içeriğinin belirlenmesi için GC (gaz kromatografisi) yöntemi kullanılmıştır. Lipitlerin GC’de analizi Agilent 6890 N marka FID detektörlü gaz kromatografisi, DB–5HT (30m x 0.53mm i.d. x 0.1µm) kapiler kolon (J&V Scientific) ile standart EN14105 metodu modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir (EN14105, 2003).

1.4. Transesterifikasyon

Mikroalglerden biyodizel üretimi için literatürde sıklıkla kullanıldığı görülen (Miao ve Wu 2006; Johnson ve Wen, 2009) asit katalizörlü

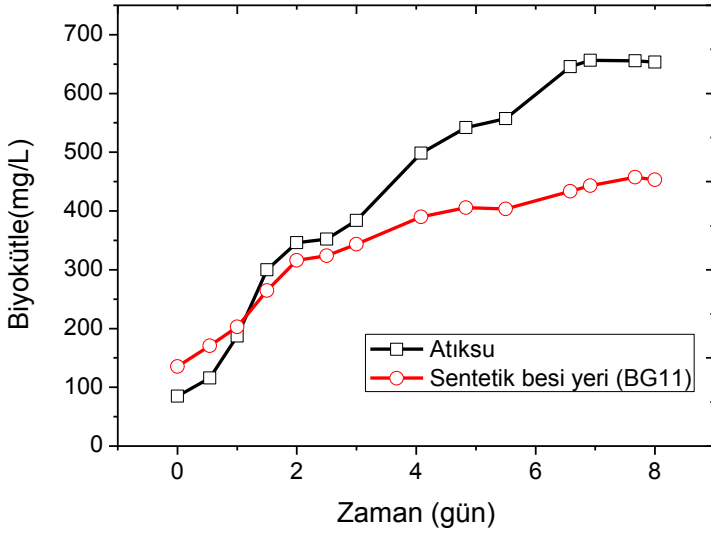
transesterifikasyon yöntemlerinden iki aşamalı (ekstraksiyon-transesterifikasyon) ve tek aşamalı (in-situ transesterifikasyon) olacak şekilde çalışmalar yürütülmüştür. Denenen transesterifikasyon uygulamalarında alkol olarak metanol, katalizör olarak H_2SO_4 , solvent olarak kloroform kullanılmış ve reaksiyon 90 °C sıcaklıkta 75 dk süre ile 500 rpm'de karıştırılarak gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon sonrası oda sıcaklığında soğumaya bırakılan reaksiyon karışımlarına 10 mL saf su eklenip vortekslenmiş ve faz ayrımı için 6000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası FAME (yağ asidi metil esterleri) içeren solvent tabakası (alt faz), tartımı önceden alınmış bir vial 0,22 µm'lik şırınga filtreden süzülerek toplanmıştır. Solvent uçurulduktan sonra biyodizelin kütlesi gravimetrik olarak ölçülmüştür.

Ekstraksiyon-transesterifikasyon ve direkt (in-situ) transesterifikasyon metodu uygulanan mikroalgal biyokütlelerin FAME içeriği ve biyodizel veriminin belirlenmesi amacıyla GC'de analizleri gerçekleştirilmiştir. FAME örneklerinin kromatografik analizi Agilent 6890 N marka FID detektörlü gaz kromatografisi ve BD-WAX kolon (30m x 0,53mm i.d. x 0,5 µm) (polyethylene glycol, J.&V. Scientific) kullanılarak, standart EN 14103 metoduna göre gerçekleştirilmiştir (EN 14103, 2003).

2. Bulgular ve Tartışma

2.1. Biyokütle Üretimi

Atıksuyun mikroalg büyümesi üzerine herhangi bir inhibisyon etkisinin olup olmadığının gözlenmesi amacıyla BG-11 sentetik besi yeri azot ve fosfor değerleri atıksuyla eşit olacak şekilde modifiye edilerek kullanılmıştır. Kesikli-tam karışimli reaktörlerde aynı büyüme koşullarında (pH:6.0-6.5, 25±2 °C sabit sıcaklık ve ışık yoğunluğu 150 µmol foton/m²-sn) yapılan 8 günlük biyokütle takibi sonucunda atıksuyun biyokütle üretimine olumsuz bir etkisi gözlenmemiştir. Hatta atıksuda ulaşılan maksimum biyokütle miktarı, aynı miktarda N ve P içeren BG-11'e oranla daha yüksek olmuştur. (Şekil 1) Bu farklılığın atıksuda ek olarak bulunan ilave iz elementler ve vitaminlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

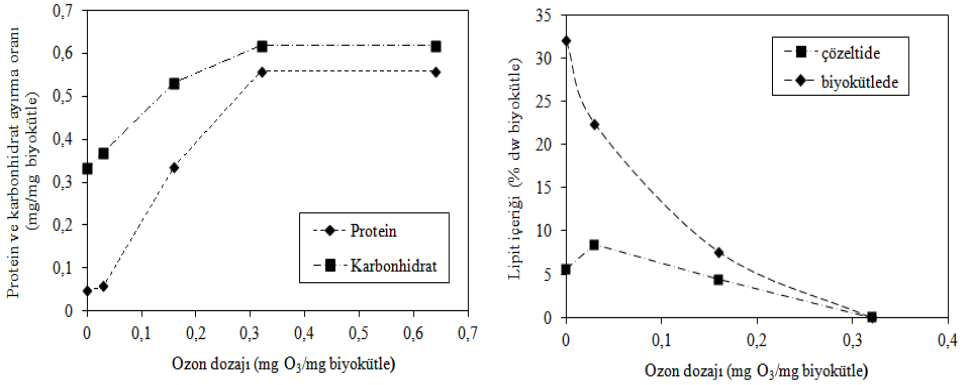


Şekil 1. Atıksuda ve BG-11 ortamında biyokütle artışı

Ayrıca iki farklı besin ortamında yetiştirilen mikroalg kültürlerinden, BG-11 besin ortamında *Chlorococcum* türleri, evsel atıksu ortamında ise *Scenedesmus* türlerinin zaman içerisinde baskın hale geldiği görülmüştür.

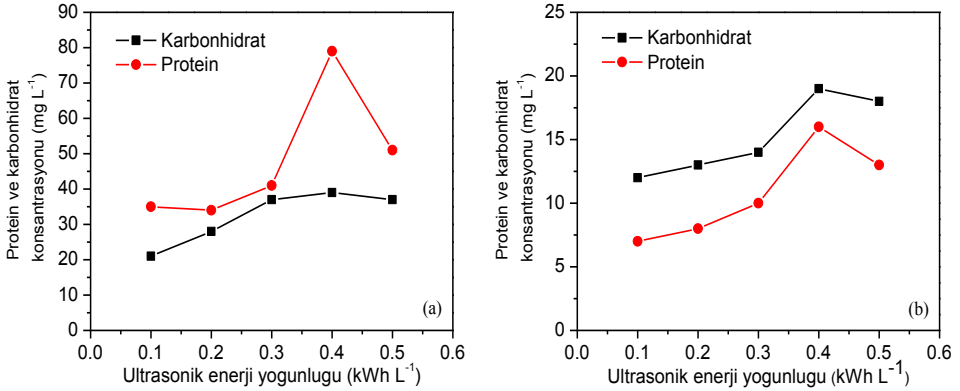
2.2. Ozon ve Ultrases Uygulamalarının Hücresel Parçalamaya Etkileri

Ozon uygulamaları sonucunda numunelerindeki protein ve karbonhidrat miktarlarının artması, mikroalg hücrelerinin beklenildiği gibi parçalandığını ve hücre içi materyalin hücre dışına taşındığını göstermektedir. Ozon dozunun artması ile süzüntüdeki organik madde miktarlarındaki artışlar, başlangıç numunesine oranla protein için yaklaşık olarak 12 kat, karbonhidrat için ise 2 kattır. Artan ozon dozlarıyla birlikte hem süzüntüde hem de biyokütledeki lipit miktarında azalma olduğu görülmüştür (Şekil 2). Bu azalmanın ozonun lipitle reaksiyona girerek (lipiti oksitliyerek) lipit yapısına zarar vermesi nedeniyle meydana geldiğini göstermektedir.



Şekil 2. Artan ozon dozuna bağlı olarak a) süzüntüye geçen hücre içi protein ve karbonhidrat miktarı b) süzüntüde ve biyokütledeki lipoit içeriği (% kuru ağırlık bazında)

Aynı şekilde ultrases uygulaması sonucu süzüntü numunelerindeki protein ve karbonhidrat miktarlarının sırasıyla 9 kat ve 5 kat arttığı ve mikroalg hücrelerinin beklenildiği gibi parçalandığı belirlenmiştir (Şekil 3). Her iki mikroalg çözeltisi içinde en yüksek artış 60 dk sonunda 400 W/L US gücünde elde edilmiştir (0.4 kWh/L). US uygulanan mikroalg çözeltisinin lipoit ekstraksiyonu sonrasında ise lipoit miktarında yaklaşık 2 kat artış elde edilmiştir. Bu durum hücrelerden lipoitin ekstraksiyonunda US'in bir hücre parçalama yöntemi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 3. Ultrases gücüne bağlı olarak süzüntüye geçen protein ve karbonhidrat miktarları a) BG-11 besin ortamında b) atıksu ortamında yetiştirilen kültür

2.3. Mikroalg Kültürlerinin Lipoit ve TG Profili

Mikroalg kültürlerinin lipoit içeriklerinin (polar ve nötral lipoit toplamı) belirlenmesinde literatürde en çok kullanılan ve gravimetrik ölçüme dayalı olan Bligh & Dyer metodu modifiye edilerek uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda evsel atıksu ortamında ve BG-11 besin ortamında yetiştirilen durgun

fazdaki karışık mikroalg kültürlerinin lipid içerikleri sırasıyla %26 ve %18 olarak ölçülmüştür.

Biyodizel üretiminde lipitin içerdiği trigliserit (TG) miktarı biyodizele dönüşüm açısından önemli olduğundan, ekstrakte edilen lipid örneklerinde GC yöntemi kullanılarak gliserit analizi yapılmıştır. GC’de yapılan analizlere göre 25 mg kuru biyokütlelerden Bligh & Dyer metodu ile ekstrakte edilen mikroalg lipid örneklerinin TG içerikleri, %18 lipid içeriğine sahip *Chlorococcum* türleri için %70 (mg TG/mg lipid), %26 lipid içeriğine sahip *Scenedesmus* türleri için %74.4 (mg TG/mg lipid) olarak bulunmuştur. Mikroalg lipidlerin içerdiği gliserit miktarının yüksek olması sebebiyle çalışmada üretilen türlerin biyodizele dönüşüm için uygun oldukları sonucuna varılmıştır.

2.4. Transesterifikasyon ve FAME Profili

Mikroalglerden biyodizel üretimi ve elde edilen biyodizelin FAME içeriğinin belirlenmesi için asit katalizörlü ekstraksiyon-transesterifikasyon (iki aşamalı) ve direkt transesterifikasyon (tek aşamalı) uygulamaları yapılmıştır.

Chlorococcum türleri ve *Scenedesmus* türleri mikroalg biyokütlelerinin FAME bileşiminde; palmitik (C16:0), stearik (C18:0), oleik (C18:1) ve linoleik (C18:2) ve linolenik (C18:3) asit metil esterleri içeriklerinin ortak ve baskın olduğu bulunmuştur (Çizelge 1). Literatürde de genel olarak mikroalglerin FAME bileşiminin palmitik, stearik, oleik ve linoleik asit metil esterlerinden oluştuğu raporlanmıştır (Gouveia ve Oliveira, 2009, Kaur, 2012). İki mikroalg kültürü ayrı ayrı değerlendirildiğinde, bireysel FAME kompozisyonları (miktarları) uygulanan transesterifikasyon yöntemine bağlı olarak değişmekle birlikte FAME bileşenleri değişmemektedir. Literatürde de uygulanan farklı transesterifikasyon yöntemlerinin biyokütlelerin FAME bileşimini değiştirmedikleri belirtilmektedir (Rajvanshi ve Sharma, 2012).

Çizelge 1. Ekstraksiyon-transesterifikasyon ve direkt transesterifikasyon sonrası üretilen mikroalg biyodizelin FAME karakterizasyonu

FAME bileşimi	Formül	Ekstraksiyon – transesterifikasyon (%FAME)		Direkt Transesterifikasyon (%FAME)	
		Karışık kültür (<i>Chlorococcum</i> baskın)	Karışık kültür (<i>Scenedesmus</i> baskın)	Karışık kültür (<i>Chlorococcum</i> baskın)	Karışık kültür (<i>Scenedesmus</i> baskın)
Tridekanoik	C13:0	2,26	2,19	1,3	1,11
Miristik	C14:0	2,9	2,62	2,42	2,19
Miristoleik	C14:0	0,4	1,44	-	0,76
Palmitik	C16:0	44,17	36,84	32	28,38
Palmitoleik	C16:1	2,05	1,4	2,37	1,59
Stearik	C18:0	18,25	13,26	20,68	9,26
Oleik	C18:1	8,08	11,21	11,32	28,7
Linoleik	C18:2	14,68	22,63	16,81	15,56
Linolenik	C18:3	7,17	8,41	13,08	12,21

İki mikroalg kültürünün de GC analizleri sonucunda doymuş (C16:0 ve C18:0 gibi) ve tekli doymamış (C16:1 ve C18:1 gibi) yağ asidi miktarlarının toplamının (*Chlorococcum* türleri ve *Scenedesmus* türleri için sırasıyla toplam yağ asitlerinin yaklaşık %72 ve %70.5) ve geriye kalan çoklu doymamış yağ asidi (C18:2 ve C18:3) miktarlarının ise yaklaşık % 30 olduğu görülmüştür. Mikroalg biyokütlelerinin içerdiği yağ asidi bileşimi elde edilecek biyodizel ürününün fizikokimyasal özelliklerinin tanımlanması açısından önemlidir (Bucy ve ark., 2012). Bu nedenle de *Chlorococcum* türleri ve *Scenedesmus* türlerine ait mikroalg biyokütlelerinden elde edilecek biyodizelin oksidatif stabiliteleri ve setan sayısı (CN) değeri yüksek iken iyot sayısı değerlerinin düşük olacağı söylenebilir (Ramos ve ark., 2009, Schlagermann ve ark., 2012). Bu özelliklere sahip yağlardan iyi kalitede biyodizel üretimi sağlanabileceği bilinmektedir.

Teşekkür: Bu proje TÜBİTAK tarafından (No. 109Y296) finansal olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Bligh, E. G., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology. 37: 911–7.
- Bucy, H. B., Baumgardner, M. E., Marchese, A .J., 2012. Chemical and physical properties of algal methyl ester biodiesel containing varying levels of metyl eicosapentaenoate and methyl docosahexanoate. Algal Research. 1: 57–69.
- Cheng, Y. L., Juang, Y. C., Liao, G. Y., Ho, S. H., Yeh, K. L., Chen, C. Y., Chang, J. S., Liu, J. C., Lee, D. J., 2010. Dispersed ozone flotation of *Chlorella vulgaris*. Bioresource Technology. 101: 9092–6.
- Cheng, Y. L., Juang, Y. C., Liao, G. Y., Tsai, P. W., Ho, S.H., Yeh, K. L., Chen, C.Y., Chang, J. S., Liu, J. C., Chen, W. M., Lee, D. J. 2011. Harvesting of *Scenedesmus obliquus* FSP-3 using dispersed ozone flotation. Bioresour Technol. 102: 82-7.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J. K., Rebers, P.A. Smith, F. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. Anal. Chem. 28: 350.
- EN14103, 2003. Fat and oil derivatives-Fatty acidmethyl esters (FAME)-Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents. Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin.
- EN14105, 2003. Fat and oil derivatives-Fatty acid methyl Esters (FAME)-Determination of Free and Total Glycerol and Mono-, Di- and Triglyceride Content, European Committee for Standardization: Management Centre, rue de Stassart 36, B-1050 Brussels.
- Garcia, J., Hernandez-Marine, M. Mujeriego, R., 2000. Influence of phytoplankton composition on biomass removal from high rate oxidation lagoons by means of sedimentation and spontaneous flocculation. Water Environmental Resources. 72: 230–7.
- Gouveia, L., Oliveira, A. N., 2009. Microalgae as a raw material for biofuels production. J. and Microbiol Biotechnol. 36:269–274.
- Guschina, I. A., Harwood, J. L., 2006. Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. Progress in Lipid Research. 45:160–86.

- Johnson, M. B., Wen, Z., 2009. Production of Biodiesel Fuel from the Microalga *Schizochytrium Limacinum* by Direct Transesterification of Algal Biomass. *Energy & Fuels*. 23: 5179–83.
- Kaur, S., Sarkar, M., Srivastava, R. B., Gogoi, H. K., Kalita, M. C., 2012. Fatty acid profiling and molecular characterization of some freshwater microalgae from India with potential for biodiesel production. *New Biotechnology*. 29: 332–44
- Lardon, L., Helias, B., Steyer, J., Bernard, O. 2009. Life-Cycle Assessment of Biodiesel Production from Microalgae. *Environ. Sci. Technol.* , 43, 6475–81, (2009).
- Li, Y., Horsman, M., Wang, B., Wu, N., Lan, C. Q., 2008. Effects of nitrogen sources on cell growth and lipid accumulation of green alga *Neochloris oleoabundans*. *Applied Microbiology Biotechnology*. 81: 629–36.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, L. A., Randall, R. J., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*. 193: 265–75.
- Maeda, K., Owada, M., Kimura, N., Omata, K., Karube J., 1995. CO₂ fixation from the Flue gas on coal-red thermal power plant by microalgae. *Energy Convers Manage*. 36:717–720.
- Mata, T. M., Martins, A. A., Caetano, N. S., 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14: 217–32.
- Metzger, P., Largeau, C., 2005. *Botryococcus braunii*: a rich source for hydrocarbons and related other lipids. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 66:486–96.
- Miao, X., Wu Q., 2006. Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil. *Bioresource Technology*. 97: 841–6.
- Munoz, R., Guiyesse, B., 2006. Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants. *Water Research*. 40: 2799–815.
- Rajvanshi, S., Sharma, M. P., 2012. Micro Algae: A Potential Source of Biodiesel. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. 2: 49-59.
- Ramos, M. J., Fernández, C. M., Casas, A., Rodríguez, L., Pérez, A., 2009. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresource Technology*. 100: 261–268.
- Rawat, I., Kumar, R. R., Mutanda, T., Bux, F., 2011. Dual role of microalgae: Phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. *Applied Energy*. 88: 3411–24.
- Schlagermann, P., Göttlicher, G., Dillschneider, R., Rosello-Sastre, R., Posten, C. 2012. Composition of algal oil and its potential as biofuel. *Journal of Combustion*. ID :285185: 1-14.

BİYOYAKIT ÜRETİMİNDE TÜRK TARIM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İsmail Demir

Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir

Özet: Dünya ekonomisindeki hızlı büyüme ve gelişen teknoloji enerji talebinde çok büyük artışlara yol açmıştır. Ancak mevcut fosil yakıt rezervlerinin sınırlı oluşu ve bunların çevreye verdikleri zararlar, yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yönelişi de beraberinde getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları denildiğinde doğada bulunan ve varlığını sürdüren su, güneş, rüzgâr, jeotermal, biyoyakıt gibi enerji kaynakları ifade edilmektedir.

Türkiye genel olarak çevreye zararlı ve yabancı ülkelere ülkemizi bağımlı hale getiren fosil yakıtlarından enerji gereksinimini karşılamaktadır. Türkiye kullandığı petrolün neredeyse tamamını ithal etmektedir buda ekonomik açıdan ciddi sıkıntılar ortaya çıkarmaktadır. Ülkemizde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması hem ekonomik hem de çevresel açıdan oldukça önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle enerjisi, bu özellikler nedeni ile Türkiye için önem kazanacaktır. Türkiye’de enerji tarımının yapılması petrole olan bağımlılığı ve sera gazı salınımlarını azaltacaktır. Ülkemizde bioetanol üretimi için gerekli hammadde yeterli düzeydedir. Diğer taraftan biyodizel üretimi, gerekli olan yağlı tohum bitkilerinin ülkemizdeki ekim alanı ve üretimindeki yetersizlik nedeni ile atık yağların değerlendirilmesi düzeyinde devam edecektir.

Bu çalışma ile dünyadaki gelişmelere paralel olarak Türkiye’de biyoyakıt enerjinin potansiyelini ve biyoyakıt enerji üretimde kullanılan tarımsal ürünlerin potansiyeli değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, enerji tarımı, biyoyakıt, bioetanol, biyodizel

EVALUATION OF TURKISH AGRICULTURAL POTENTIAL IN BIOFUELS PRODUCTION

Abstract: With rapid growths in the world economy and developing technologies have lead to increase in the demand of energy. However, due to limited reserves of existing fossil fuels and their damage to environment have also resulted a tendency for renewable energy resources. Renewable energy source is used for existing energy resources in the nature that sustain their presence such as water, wind, geothermal, biofuel.

Turkey generally meets the requirement of energy from fossil fuels which was harmful to environment and made our country dependent to foreign countries. Turkey imports nearly all of its petroleum and this causes major economical problems. To spread of usage of our renewable energy sources is fairly important in terms of both economically and environmentally. Biomass energy from renewable energy sources, has gained importance for Turkey due to these features. Production of energy crops will decrease the dependence of petroleum and greenhouse gas emissions in Turkey. There are enough agricultural outputs for bioethanol production in Turkey. In contrary, production of biodiesel, due to limited agricultural area and more over insufficient production of oilseed crops, will continue assessment of waste oils in Turkey.

Purpose of this study is to examine the potential of biofuel in Turkey in parallel with global developments and agricultural products used in biofuel energy production

Keywords: Energy, energy agriculture, biofuel, bioethanol, biodiesel

1. Giriş

Dünyada klasik enerji kaynakları olarak bilinen fosil yakıtlarının kullanılması, günden güne tükenmesi, fiyatındaki dalgalanmaların yanı sıra insanoğlunun enerji ihtiyacının da sürekli artması, mevcut enerji kaynaklarının enerji talebini karşılamasını güçleştirmekte ve maliyetlerini de artırmaktadır.

Son yıllarda çevre bilincinin artması ve çevre sorunlarından kaynaklanan problemlerin canlı hayatı tehdit etmesine bağlı olarak çevreci yaklaşımlar hız kazanmıştır. İnsan kaynaklı aktiviteler sonucunda atmosferde birikimleri hız artmaya devam eden sera gazları nedeniyle sera etkisi kuvvetlenerek dünyamızın olması gerekenden daha fazla ısınmasına neden olmaktadır (Demir, 2013). Küresel ısınmayla başlayan bu süreçte iklim değişikliği yüzyılın en önemli problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek miktarda ısı tutma özelliğine sahip olan sera gazlarının başta enerji sektöründe olmak üzere çeşitli salınımlar sonucu atmosferdeki miktarının artması iklim değişikliğinin en önemli nedenleri arasında gösterilmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ile oluşturulan Ek 1 (Annex 1) ülkelerine ait insan kaynaklı emisyonların %80'ni enerji ihtiyacının karşılanmasından kaynaklanmaktadır (IEA Statistics, 2009). Enerji sektörünün bu denli yüksek paya sahip olmasının nedeni ise kullanılan teknolojilerin fosil yakıtı dayalı sistemlerinden kaynaklanmaktadır.

Türkiye'nin 2009 yılı toplam sera gazı emisyonu karbondioksit eşdeğeri cinsinden 369.65 milyon tondur (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık-AKAKDO hariç). Toplam emisyonların sektörel dağılımı ise şu şekildedir: Enerji 278.33 Mton CO₂ eş değeri (%75.3), Atık 33.93 Mton CO₂ eş değeri (%9.2), Endüstriyel İşlemler 31.69 Mton CO₂ eş değeri (%8.6) ve Tarım 25.7 Mton CO₂ eş değeri (%7.0). Enerji amaçlı emisyonun ise %17'si ulaştırma, %19.9'u imalat sanayi ve inşaat sektörü, %26.2'si diğer sektörler ve %36.9'u çevrim ve enerji sektöründe yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır. Enerji tüketiminden kaynaklanan emisyonların kontrol edilmesine yönelik olarak öne çıkan politikalar, enerji verimliliğinin artırılması ve elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynak payının artırılmasıdır (Türkiye İklim Değişikliği 5. Bildirim, 2013).

Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerin dışa bağımlı oldukları fosil yakıtlarının maliyet artışı ve gelişen teknoloji ile duyulan taleplerin karşılanmasında yaşanan güçlükler alternatif enerji kaynaklarını çok daha önemli ve stratejik kılmaktadır.

Biyoyakıt üretimi ve kullanımındaki bu ilgilinin tarım potansiyeline bağımlı olması özellikle gıda amaçlı üretime olumsuz etkisine rağmen bazı ülkelerde teşvik edilmektedir. İklim değişikliği ve çevresel problemlere bağlı olarak gıda üretimindeki zorluklar ve gıda fiyatlarındaki dalgalanmalar açlık sınırı ve gelecek dönemlerde artan dünya nüfusunun ihtiyacının karşılanmasındaki yetersizlikler hesaplandığında biyoyakıtların üretim ve tüketiminde en önemli güçlükleri oluşturmaktadır.

Türkiye'nin birincil enerji kaynakları üretiminde artan maliyetleri ile birlikte dünya ile paralel olarak alternatif enerji kaynaklarına yönelmesi,

yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve güneş enerjisine ilginin artması ayrıca bu alanda yapılan düzenleme ve desteklemeler ile potansiyelin değerlendirilmesindeki artışa karşın biokütle enerjisinde gereken desteğin ve sektörün sorunlarının çözümlerine dair atılan adımların gecikmesi ve yetersizliği nedeniyle istenen düzeye ulaşamamıştır.

Bu çalışma ile ülkemizde enerji profili incelenmiş ve ihtiyaç duyulan biyoyakıtın karşılanmasında tarım sektörünün bu talebe hangi düzeyde cevap verebileceği ortaya konmuştur.

2. Türkiye Enerji Durumu

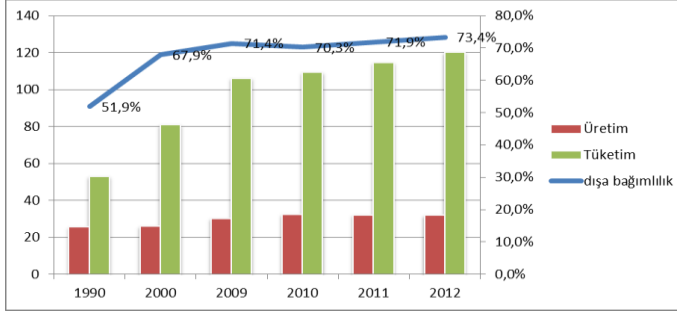
Türkiye birincil enerji kaynakları tüketimine göre 2006 yılında 99642 bin ton eşdeğer petrol (bin tep) iken 2012 yılında 120093 bin tep olarak gerçekleşmiştir. Kaynakların tüketimine göre 2011 yılına göre 2012 yılında artış %4.9 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 1).

Türkiye gelişmekte olan bir ülke olmasından dolayı enerji talebi de yıllara göre artış göstermektedir. Birincil enerji kaynağı olarak Doğal gaz %31.1 ile ilk sırada yer alırken bunu petrol (%26.0), taş kömürü (%16.9), linyit (%12.9) takip etmektedir.

Çizelge 1. Türkiye birincil enerji arzı (bin tep)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Oran %	2011- 2012
Taş Kömürü	14721	15411	14179	14768	15479	16666	20316	16,9	21,9
Linyit	11188	13444	15003	15672	15385	16420	15433	12,9	-6,0
Asfaltit	259	272	265	450	460	403	471	0,4	16,9
Kök	305	337	149	82	114	389	275	0,2	-29,3
Petrokök	1526	1445	1795	15	2093	1963	2800	2,3	42,6
Odun	4023	3880	3679	3530	3392	2446	2350	2,0	-3,9
Hayvan ve Bitki Artıkları	1146	1116	1134	1136	1166	1091	1115	0,9	2,2
Petrol	32551	33310	31915	30565	29221	30499	31205	26,0	2,3
Doğal Gaz	28867	33953	33807	32775	34907	36909	37373	31,1	1,3
Hidrolik	3886	3217	2861	3092	4454	4501	4976	4,1	10,6
Jeotermal	-	-	140	375	575	597	773	0,6	29,5
Biyoyakıt	2	12	18	9	12	18	23	0,0	27,8
Rüzgar	11	31	73	129	251	406	504	0,4	24,1
Elektrik	-143	-134	-29	-63	-67	78	247	0,2	216,7
Jeotermal Isı ve Diğer Isı	898	914	1011	1250	1391	1463	1463	1,2	0,0
Güneş	403	420	420	429	432	630	768	0,6	21,9
Toplam	99642	107627	106421	106138	109266	114480	120093		4,9

Birincil enerji kaynakları tüketiminde %90 düzeyinde fosil kaynaklığı olduğu, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise %10 düzeyinde kaldığı görülmektedir. Bu durum enerji kaynaklı sera gazı salınımlarını önemli ölçüde etkilemekte ve sera gazı salınımlarında ki enerji sektörünün payını artırmaktadır. Türkiye'nin ileride iklim değişikliği müzakerelerinde alacağı emisyon düzenlemesinde ise enerji sektörü önemli ölçüde etkilenecektir.



Şekil 1. Türkiye enerji durumu (1990-2012)

Enerjide dışa bağımlılık ise 1990 yılında %51.9 iken 2012 yılında %73.4 düzeyinde gerçekleşmiştir (Şekil 1). Kişi başı brüt elektrik tüketiminin AB ortalamasının yaklaşık üçte bir düzeyindeki olması gelecekte enerji ihtiyacının artacağı ve talebin karşılanmasında yerli kaynak çeşitliliğini ve enerji verimliliğini önemli kılmaktadır. Enerjinin toplam ithalattaki payı ise 2012 yılında %25.3 oranla 59.843 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir (ETKB).

Türkiye’de sektörlerin enerji tüketimi incelendiğinde çevrim sektörü, konut ve hizmetler ile sanayi alanında %77’lik bir kısmını oluşturduğu gözlenmektedir. 2006 yılından itibaren değişimler incelendiğinde çevrim sektörü, konut ve hizmetler ile ulaştırma sektörünün enerji tüketiminin arttığı gözlenmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Türkiye sektörel enerji tüketimi (2006-2012)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Oranı %	2006-2012
Sanayi	30996	32466	25906	25966	30703	30830	30368	25,3	-2,0
Ulaştırma	14994	17284	15996	15916	15165	15950	20796	17,3	38,7
Konut ve Hizmetler	23677	24623	28323	29466	28944	29974	31509	26,2	33,1
Tarım	3610	3945	5174	5073	5095	5756	1944	1,6	-46,1
Enerji Dışı Kullanım	4163	4430	3244	4153	3459	4442	4390	3,7	5,5
Toplam Nihai Enerji Tüketimi	77440	82748	79642	80574	83367	86952	89007		14,9
Çevrim Sektörü	-22201	-24879	-26779	-25565	-25894	-27528	-31086	25,9	40,0
Birincil Enerji Arzı	99642	107627	106421	106138	109260	114480	120093		20,5

Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli açısından zengin sayılabilecek bir durumda olmasına rağmen, ülkemiz mevcut potansiyelini yeterince kullanamamaktadır. Bu kaynakların geliştirilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması AR-GE çalışmalarına verilen desteklerle olmaktadır. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen desteklerin (%0.7), dünya ortalaması (%2-3) ile karşılaştırıldığında düşük olduğu görülmekle birlikte, bunu geliştirmeye yönelik çalışmalar da yapılmaktadır (Yaşar, 2009). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları olarak; hidrolik, jeotermal elektrik-ısı, rüzgâr, biyoyakıt, güneş, odun, hayvan ve bitki artıklarının enerji üretiminde kullanıldığı ve bu kaynakların Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın kontrolünde olduğu bilinmektedir. Enerji üretiminde kullanılan bu alternatif kaynakların üretim miktarları 2012 yılı itibariyle incelendiğinde; başta hidrolik, jeotermal elektrik, odun, hayvansal ve bitkisel atıkların kullanımının geldiği görülmektedir. Rakamsal olarak hidrolik-jeotermal elektriğin, güneş ve rüzgar enerjilerinin 64.651 GWh, odun enerjisi kullanımının 7834 bin ton, hayvan bitki artıklarının enerji olarak kullanımının 4 788 bin ton ve jeotermal ısının 1 463 bin TEP enerji kapasitesine sahip olduğu görülmektedir (ETKB, 2012).

3. Biyoyakıtlar ve Türkiye

Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı farklı zaman dilimlerinde teknolojik ilerlemeler ve gelişmelere bağlı olarak farklı sınıf ve değerlendirmelere alınarak günümüze kadar gelmiştir. Enerji kaynaklarından özellikle ısınma, yemek pişirme ve küçük çaplı üretimde kullanılan odun, bitki ve hayvan artıklarının günümüzde biyokütle olarak isimlendirilmesi ve değerlendirilmesi devam etmektedir. Genel olarak biyokütle enerjisi; doğada yaygın olarak mevcut tarımsal kökenli ürünlerden değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle üretilen, ticari özelliğe sahip, temel ve belirli özellikleri standartlaştırılmış olan katı, sıvı ve gaz haldeki bitkisel enerji kaynaklarıdır (Taşyürek ve Acaroğlu, 2007). Dünyada çeşitli formlarda bulunabilen biyokütle enerjisi farklı yöntemler kullanılarak birçok sektörde biyoenerji üretiminde kullanılabilir. Odun, odun artıklarının ve elyafın endüstri sektöründe, enerji bitkilerinin, kısa süreli rotasyon bitkilerinin ve tarımsal atıkların tarım sektöründe, ormanlardan elde edilen atıklarının elektrik, ısınma, ısı-güç üretimi ve diğer biyoenerji çeşitlerinin üretiminde kullanıldığı görülmektedir (FAO, 2008).

Biyokütle enerji kaynaklarından üretilen, son dönemde önemli gelişme kaydeden ve doğrudan tarım sektörünü de ilgilendiren biyoyakıtlar günümüzde dikkat çeken alternatif yakıtlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyoyakıtlar içeriklerinin hacim olarak en az % 80’ini son on yıl içerisinde toplanmış canlı organizmalardan elde etmiş her türlü yakıt olarak tanımlanmaktadır (Taşyürek ve Acaroğlu, 2007). Biyoyakıtlar kaynaklarına ve tiplerine göre değişik şekillerde sınıflandırılabilirler. Ormanlardan, tarım ve balıkçılık ürünlerinden veya belediye atıklarından, tarım-sanayi, gıda sektörü ve gıda

sektörünün ürün ve atıklarından üretilen biyoyakıtlar, yakacak odun, odun kömürü ve odun parçaları gibi katı, etanol, biyodizel ve piroliz yakıtlar veya biyogaz gibi gaz formunda olabilirler. Biyoyakıtlar; birincil (işlenmemiş) ve ikincil (işlenmiş) biyoyakıtlar olmak üzere iki temel sınıfa ayrılırlar: Birincil biyoyakıtlar; yakacak odun, odun talaşı ve parçaları, doğal haliyle kullanılan organik materyallerdir (hasat sonrası). Yanmış yakıtlar, genellikle pişirme için enerji, ısınma ve enerji üretimi ihtiyacı için kullanılan enerji kaynaklarıdır. İkincil biyoyakıtlar; katı (odun kömürü), sıvı (etanol, biyodizel ve diğer biyoyakıtlar), gazlar (biyogaz, sentetik gaz ve hidrojen gibi ulaşımı ve yüksek ısı kullanımını gerektiren endüstrileri içinde bulunduran geniş çapta kullanılabilen yakıtlar) olarak sınıflandırılabilir (FAO, 2008).

Biyoyakıtların temel hammaddelerinin üretimleri incelendiğinde; 2013 yılı dünya yağlı tohum üretiminin %55.5'i soya fasulyesi (281 milyon ton), %13.2'si kolza (67 milyon ton), %8.9'u pamuk (45 milyon ton), %8.4'ü ayçiçeği (42 milyon ton) ve %14.0'ı ise diğer yağlı tohumlu bitkiler (71 milyon ton) olarak gerçekleşmiştir. Bitkisel ham yağ üretiminde ise dağılım %34.3 palm (58 milyon ton), %26.6 soya (45 milyon ton), %15.4 kolza (26 milyon ton), %9.5 ayçiçek (16 milyon ton) ve %11.2 si ise diğer yağlar (19 milyon ton) şeklindedir (BYSD, 2014). FAO, OECD ve FAPRI'nin 2005-2015 dönemi için yaptığı projeksiyonlar değerlendirildiğinde dünya bitkisel yağ talebinde, arzında ve ticaretinde 2015 yılına kadar % 30 artış beklenmektedir. (Thoenes, 2006, FAS-USDA, 2007). Türkiye'de 2013 yılında 23.8 milyon hektarlık arazi içinde (4.1 milyon hektar nadasa bırakılmış) pamuk çiğiti dahil yağlı tohumlar toplam 1.26 milyon hektar üzerinde ekilmiştir. 2013 yılında 815 bin ton ham yağ üretimi gerçekleştirilirken ve aynı dönemde 1.391 bin ton ham yağ için 1.602 milyon dolar, 2.012 bin ton yağlı tohum için 1.245 milyon dolar ödeyerek toplamda 5.126 bin ton yağlı tohum ve türevlerinin ithalatı için 3.655 milyon dolar döviz ödemiştir (BYSD, 2014).

Resmi gazetede yayımlanan 25 Şubat 2011 tarih ve 27857 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile Oto Biyodizel ve Yakıt Biyodizeline 0.91 TL/Lt ÖTV uygulaması getirilmiştir. Biyodizel üretiminde maliyetin büyük bölümünü hammadde oluşturmaktadır. Üreticiler tarafından ÖTV uygulamasının getirilmesi ile biyodizel üretiminin maliyeti kurtarmadığı belirtilmiştir. Hali hazırda da ülkemizde bu sektör duraklamış vaziyettedir. Çoğu üretici lisanslarını iptal ettirmiş, lisansı olanlarda üretim yapamaz duruma gelmiştir. Ülkemizde sadece bir firma tarafından 20 bin tonluk bir üretim yapıldığı bilinmektedir. Ülkemizde 2012 yılı itibarı ile 34 adet biyodizel üretimi için İşleme Lisansı almış tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin toplam biyodizel üretim kapasitelerinin 561.217 ton olduğu EPDK tarafından bildirilmiştir.

Ülkemizin bitkisel yağ dengesinde ciddi bir açık ve ekonomiyi zorlama söz konusudur. Bitkisel yağ üretimimizin ancak %30'a yakın kısmı yurtiçi üretim ile karşılanabilmiştir (BYSD, 2013). Biyodizel üretimi için, kanola, soya ve aspir başta olmak üzere yağlı tohum bitkileri enerji tarımı yapılması ve atık bitkisel yağların değerlendirilmesi gerekmektedir.

Resmî gazetede yayımlanan 27 Eylül 2011 tarih ve 28067 sayılı “Benzin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ”e göre, Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol içeriğinin: 1/1/2013 tarihi itibarıyla en az %2, 1/1/2014 tarihi itibarıyla en az %3 olması zorunludur. Benzin tüketimi incelendiğinde ülkemizde yıllara göre tüketim azaldığı ve 2012 yılında 1.848.464 m³ tüketildiği görülmektedir (Çizelge 3). Benzin fiyatının yüksek olması ve LPG sistemlerin araçta yaygın kullanımı benzin tüketiminin düşüşünde etkisi olmaktadır.

Çizelge 3. 2010-2012 yıllarında dağıtıcı lisansı sahiplerinin akaryakıt türüne göre satışları (ton) (EPDK, 2012)

	2010	2011	2012
Benzin Türleri	2.075.247	1.978.542	1.848.464
Motorin Türleri	13.896.876	14.728.382	15.625.144
Fuel Oil Türleri	833.620	793.612	693.767
Toplam	16.805.743	17.500.536	18.167.375

28067 sayılı tebliğe göre 2014 yılında %3'lük bir etanol katkısı dikkate alındığında yaklaşık 55 bin ton biyoetanol ihtiyacı olacaktır. Ülkemizde 1 litre biyoetanol üretmek için 2.4 kg mısır, 2.9 kg buğday veya 10.5 kg şeker pancarı kullanılmaktadır. 2014 yılında benzine katılacak biyoetanol için ortalama 161 bin ton buğday veya 133 bin ton mısır veya 582 bin ton şeker pancarı kullanılması gerekecektir. Motorin tüketiminin ülkemizde tüketimi yıllara göre artış göstermiş ve 2012 yılında 15.625.144 m³ olmuştur (Çizelge 3). Artıştaki bir neden ise daha az tüketim ve fiyatın benzine göre düşük olmasından dolayı dizel araçlara olan talep gösterilebilir. Diğer yandan 1 litre biyodizel üretmek için 2.2 kg kanolaya, 2.5 kg ayçiçeğine, 3.3 kg aspire veya 5.0 kg soya fasulyesine ihtiyaç duyulmaktadır (Mert, 2013). Biyodizel üretiminde % 3'lük bir karışım uygulandığında ise biyodizel talebi 469 bin tondur. Bu miktarın karşılanması için 1.031 milyon ton kanola, 1.172 milyon ton ayçiçeği, 1.547 milyon ton aspir veya 2.344 milyon ton soya ya ihtiyacı olacaktır. Yağlı tohumların 2013 yılı dekara verimleri dikkate alınarak sadece biyodizel için gerekli tarım alanı ise soya için 563 bin hektar, ayçiçeği için 442 bin hektar, aspir için 1milyon dekar veya kolza için 314 bin hektar alana ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye'nin AB standardı olan %5 karışımı yakalayabilmesi için hem biyoetanol hem de biyodizel üretiminde kullanması gereken oranlar daha da yükselecektir.

Çizelge 4. Biyoyakıtlar için gerekli ürünlerin yeterlilik düzeyi (2012)

		Üretim (Ton)	Ekilen Alan (Hektar)	İthalat (Ton)	Tüketim (Ton)	İhracat (Ton)	Kişi Başına Tüketim (Kg)	Yeterlilik Derecesi (%)
Biyodizel	Buğday	21.800.000	8.096.000	3.224.535	17.089.529	3.977.079	228,7	105,1
	Mısır	4.200.000	589.000	756.092	1.217.379	275.046	16,3	79,7
	Şeker Pancarı	16.483.306	2.913.282	-	.	9	.	100
Biyodizel	Soya	102.260	26.421	1.810.219	1.217.494	27.281	16,3	5,4
	Ayçiçeği	1.335.000	655.700	2.694.600	3.062.207	870.296	41	42,2
	Kolza	91.239	26.830	94.767	177.421	3.230	2,37	49,59
	Aspir*	45.000	292.920	-	-	-	-	-

*2013 yılı verileri

Söz konusu ürünlerin 2012 üretim miktarlarına bakıldığında, buğdayın 21.8 milyon ton, şeker pancarının 16.5 milyon ton ve mısırın 4.2 milyon ton, yağlı tohumlu bitkiler üretiminin ise sırasıyla 1.34 milyon ton ayçiçeği, 102.3 bin ton soya fasulyesi, 91.2 bin ton kolza ve 2013 yılında 45 bin ton aspir olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu rakamlar, ülkemizde yerli üretimle biyodizel üretiminde kullanılan tarımsal hammaddelerin temin edilmesinin biyodizel üretiminde kullanılan tarımsal hammaddelere kıyasla çok daha kolay olduğunu göstermektedir. Yerli üretimin tüketimi ne derece karşıladığının göstergesi olan yeterlilik derecesi endeksine göre, ülkemizde buğday ve şeker pancarı için herhangi bir sorun görülmemektedir. Ülkemiz buğdayda yüzde 105.1’lik, şeker pancarında ise yüzde 100’lük yeterlilik derecesine sahip olup, bu ürünlere yönelik yurt içi talebi kendi öz kaynaklarıyla karşılayabilmektedir. Yeterlilik derecesi, yüzde 79.7 olan mısırdaki ise üretimimizin tüketimimizi karşılamadığı ve yıllık yaklaşık 756 bin ton civarında ithalat yaptığımız görülmektedir (Çizelge 4).

Biyodizel için durumun izahı oldukça zordur. Bitkisel yağ ihtiyacımızın ancak %30’unu karşıladığımız düşünüldüğünde ne yazık ki bunu karşılamamanın kısa vadede mümkün olmayacağı açıktır. Biyodizel üretiminde kullanılan ürünler incelendiğinde ise kendine yeterlilik derecesinin soyada %5.4, ayçiçeğinde %42.2, kolzada ise %49,6 olduğu görülmektedir. Aspir ise ülkemizde 2006 yılından sonra ekim alanlarında bir atış gözlenirse dahi 1.5 milyon tonluk üretimin gerçekleşmesi kısa dönem için mümkün görülmemektedir. Biyodizel talebinde ham yağ kullanımı yerine daha az maliyetli olan atık yağların değerlendirilmesine devam edilmesi olağandır.

4. Sonuç ve Öneriler

Dünyada biyoyakıt kullanımı ve üretimindeki artış ülkelerin sahip oldukları tarım potansiyeli ile doğru orantılı olarak enerji kaynağı üretimindeki oranını artırmaktadır. Bu artışın en önemli sebepleri ise başta enerji maliyetinin düşürülmesi, çevre bilincinin gelişmesi ile güçlenen çevre dostu yatırımlara yönelme ve verilen önemli teşviklerdir. Gelişmiş ülkelerde

olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerin dışa bağımlı oldukları fosil yakıtlarının sınırlı oluşu, fiyat dalgalanmaları, maliyet artışı ve gelişen teknoloji ile artan taleplerin karşılanmasında yaşanan güçlükler alternatif enerji kaynaklarını çok daha önemli ve stratejik kılmaktadır.

Artan dünya nüfusuna paralel gıda talebinin artması ve iklim değişikliğine bağlı olarak tarımsal üretim de yaşanan darboğazlara ek olarak biyoyakıtlar için tarımsal ürünlerin kullanılması gıda güvenliğini tehlikeye düşürecektir. Bu da toprak ve su kaynakları kullanımında rekabet olup olmayacağı ve örneğin insan tüketimi için mi yoksa enerji amaçlı mı yağ üretileceği sorusunu doğurmaktadır. Biyoyakıt amaçlı tarım ürünü ekimi ile birlikte gıda ürünleri fiyatları üzerinde bir baskı oluşması ve bu ürünlerin fiyatlarının artması beklenmektedir. Gelişmiş ülkeler için bu artışlar fazla olumsuzluk yaratmasa bile az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için ekmek gibi temel gıda maddeleri üzerinde önemli sonuçlar doğurabilir (Zilberman ve ark, 2007). Dünya Sağlık Örgütü (WHO-World Health Organization) tarafından yayınlanan bir rapora göre, yaklaşık 3,7 milyar insan yeterli ve dengeli beslenmemektedir. Söz konusu raporda, dünya nüfusunun yüzde 56'sına tekabül eden bu rakamın her geçen gün arttığı belirtilmekte, gıda arzında yaşanan daralmaların yetersiz ve dengesiz beslenmede önemli rol oynadığı ifade edilmektedir (Pimentel ve ark., 2009). Tüm bunların yanında, mısır, buğday, şeker kamışı, şeker pancarı ve yağlı tohum bitkileri gibi insan beslenmesinde çok önemli yeri olan tarım ürünlerinin biyodizel ve biyoetanol üretimi için kullanılması küresel beslenme yetersizliği sorununu derinleştirirken etik kaygıları da beraberinde getirmiştir (Pimentel, 2008).

Türkiye'de biyoyakıt üretiminde etanol ve biyodizel kullanımı geliştirilen teknolojiye bağlı olarak üretim, pazarlama maliyetleri ve devlet desteklerine bağlı olarak gelişecektir. Etanol ve biyodizel üretimi birlikte değerlendirildiğinde biyoetanol için hammadde sorun olmazken ne yazık ki biyodizel için hammadde en önemli sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun temel sebebi de biyodizelin hammaddesi yağlı tohumlar iken Türkiye'de ham yağ açığı bulunması ve talebinin de ancak %30'unu yerli üretimle karşılayabilmesidir. Diğer yandan biyoetanol yatırımı da biyodizele göre daha maliyetlidir. Ayrıca Türkiye'de dizel yakıt (18 milyon ton) kullanımının benzine (1.8 milyon ton) göre yaklaşık 10 kat daha fazla olması biyodizel için gerekli olan yağın miktarını da artırmaktadır. Biyodizel sektörünün 2000-2005 yıllarındaki hızlı gelişimi ne yazık ki 2006 yılından itibaren düşmeye başlamıştır. Bunun temel nedeni ise üretimdeki yapılanma ve vergi düzenlemesinin sektör için olumlu olmamasından kaynaklanmaktadır. Sektörün biyodizel üretimindeki vergi düzenlemesi ve karışımlarda yapılacak düzenlemeler sektörün yeniden canlanmasını sağlayacaktır.

Biyoyakıtların asıl üretim sebebi fosil yakıtlarını daha ucuza ikame etmek değil, aynı zamanda enerji-çevre-tarım ve kırsal kalkınma politikalarını kökten etkileyecek bir unsur olmasıdır. Tarım Bakanlığı verilerine göre; çok bölünmüşlük ve terk edilmiş nedeniyle kullanılamayan topraklarımız 1.9 milyon hektardır (Afacan, 2006). Bahsedilen tarım alanlarının tarıma kazandırılması ve

bu alanlarda yağlı tohum bitkilerinin yetiştirilmesi ile biyodizel için gerekli olan yağın karşılanması mümkün olabilecektir. Türkiye’de her yıl 4 milyon hektarın üzerinde alan nadas alanı olmaktadır. Biyodizel için gerekli yağ için yağlı tohum bitkilerin bu alanlarda değerlendirilmesi ile nadas alanları da azaltılabilir. Ülkemizde ekonomik olarak sulanabilir tarım arazileri 8.5 milyon hektar iken bunun yalnızca 5,6 milyon hektarı sulamaya açılabilmiştir (DSİ, 2011) Yaklaşık 3 milyon hektar alanın sulamaya açılması ile bu alanlarda yağlı tohum bitkilerinin tarımının gerçekleştirilmesi ile talep edilen yağ ihtiyacı karşılanabilecektir. Yağlı tohum bitkilerinin bu alanlarda yaygınlaştırılması ile yalnızca yağ açığı kapatılmamış olacak aynı zamanda yağı alındıktan sonra proteince zengin olan küspe ile hayvancılık için daha fazla yem üretilmiş olacak ve hayvansal üretimdeki maliyetlerde düşürülecektir. Kırsal kalkınma planlamasında ise tarım kesiminin refah düzeyinin artırılması ve sözleşmeli tarımın gelişmesi de sağlanacaktır.

Kaynaklar

- Acaroğlu, M., 2003. Alternatif enerji kaynakları. ISBN: 975-6574-25-9. Sayfa 208-209.
- FAO, 2008. "Biofuels: prospects, risks and opportunities" the state of food and agriculture organization of united nations. Rome.
- Afacan, T., 2006. Türkiye’de biyoyakıtların gelişimi, uygulamalar, sorunlar ve öneriler:, Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birliği Derneği (ALBİYOBİR), Türkiye 10. Enerji Kongresi, 27-30 Aralık. Harbiye, İstanbul.
- BYSD, 2014. www.bysd.org.tr
- Demir, İ., 2013. Türkiye’de iklim değişikliği senaryoları ve yağlık ayçiçeği üretiminde beklenen muhtemel etkileri. 6th Atmospheric Science Symposium. Bildiri Kitabı, 43-52, İstanbul.
- DSİ, 2011. http://topraksuenerji.org/The_importance_of_irrigation_in_agriculture.pdf
- EPDK, 2012, http://www.epdk.gov.tr/documents/petrol/rapor_yayin/Ppd_Rapor_Yayin_Sektor_Raporu_2012.pdf
- ETKB, 2014. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı.
- FAO, 2008. "Biofuels: Prospects, Risks and Opportunities" The State of Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome.
- FAS-USDA, 2007. <http://www.fas.usda.gov>.
- Hatunoğlu, E. E., 2010. Biyoyakıt politikalarının tarım sektörüne etkileri. DPT Uzmanlık Tezleri. Ankara.
- IEA, 2009. CO2 Emissions from fuel combustion. International Energy Agency, Paris.
- Mert, M., 2013. Tarımsal üretimde yeni bir ortak: biyoyakıtlar. http://www.pusulagazetesi.net/yazar-1439-tarimsal_uretime_yeni_bir.html
- Ozertan, G., 2007, Türkiye için biyoyakıtlar ne ifade ediyor? http://www.econ.boun.edu.tr/~public_html/RePEc/pdf/200723.pdf
- David, P., 2008. Corn and Other Plants for Transport Biofuels. Energy and Environment. 19, 7: 1015-1016.
- David, P., Marklein, A., Toth, M. A., Karpoff, M. N., Paul, G. S., McCormack, R., Kyriazis, J., Krueger, T., 2009. Food Versus Biofuels: Environmental and Economic Costs. Human Ecology, 37, 1:1-12.

- Taşıyürek, M., Acaroğlu, M., 2007. Biyoyakıtlarda (biyomotorinde) emisyon azatlımı ve küresel ısınmaya etkisi. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, Konya.
- Thoenes, P., 2006. Biofuels and Commodity Markets–Palm Oil Focus. FAO,Commodities and Trade Division
- TÜİK, 2014. <http://www.tuik.gov.tr>
- Türkiye İklim Değişikliği 5. Bildirim, Ankara, 2013.
- Yaşar, B., 2009. Alternatif enerji kaynağı olarak biyodizel üretim ve kullanım olanaklarının türkiye tarımı ve ab uyum süreci açısından değerlendirilmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Zilberman, D., Sexton, S., Hochman, G., Rajagopal, D., Roland-Holst, D., 2007. The Intersection of Energy and Agriculture: Biofuel and New Technology.

FARKLI AZOT VE FOSFOR DOZLARININ PELEMİR BİTKİSİ (*Cephalaria syriaca* L.)'NİN VERİM VE BAZI BİTKİSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Yusuf Arslan¹ İlhan Subaşı¹ Recep Kodaş¹ Duran Katar²

¹Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü- ANKARA

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
İletişim: yarslantarm@gmail.com

Özet: Bu çalışma 2010-2011 yetiştirme döneminde Ankara ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Deneme Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Deseni'ne göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede ana parsellere fosfor dozları (0, 3, 6, 9 kg/da), alt parsellere de azot dozları (0, 5, 10, 15, 20 kg/da) uygulanmıştır. Bu çalışmanın amacı pelemir bitkisinde farklı fosfor ve azot dozlarının bitki boyu (cm), yan dal sayısı (adet/bitki), tabla sayısı (adet/bitki), 1000 tohum ağırlığı (g), yağ oranı (%), tohum verimi (kg/da) üzerine olan etkisini belirlemektir. Fosfor ve azot dozlarına bağlı olarak; ortalama bitki boyu, bitkide tabla sayısı, 1000 tohum ağırlığı, yağ oranı, dekara tohum verimi sırasıyla 173.6-183.2 cm, 36-56.9 adet, 15.41-16.85 g, % 18.7-21.8 ve 252.9-413 kg/da olarak tespit edilmiştir. 2010-2011 yetiştirme döneminde interaksiyonun etkisi istatistikî olarak önemsiz bulunmuşken; azot ve fosfor dozlarının etkisi 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek tohum verimi N₂₀ uygulamasından (367.4 kg/da) ve P₉ uygulamasından (387.8 kg/da) elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda farklı fosfor ve azot dozu uygulamalarının pelemirde tohum verimini artırıcı önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pelemir, *Cephalaria syriaca* L., bitki boyu, 1000 tohum ağırlığı, yağ oranı.

DETERMINATION OF EFFECT ON YIELD AND OIL CONTENT OF CEPHALARIA (*Cephalaria syriaca* L.) OF DIFFERENT DIFFERENT PHOSPHOROUS AND NITROGEN DOSES

Abstract: This study was carried out under the ecological conditions of ankara in the 2010-2011 period of plant growth. The experiment was laid out factorial randomized block design with three replications. The different phosphorous doses (0, 3, 6 and 9 kg P₂O₅/da) and different nitrogen doses (0, 5, 10, 15 and 20 kg N/da) were randomized into main and sub plots, respectively. The objective of this study was to determine the influence of different phosphorous doses and nitrogen doses on plant height (cm), the number of capitulum per plant, 1000 seed weight (g), oil content (%) and seed yield (kg/da) in cephalaria syriaca.

Mean data for plant height (cm), number of capitulum per plant, 1000 seed weight (g), oil content (%) and seed yield (kg/da) were 173.6-183.2 cm, 36-56.9 number, 15.41-16.85 g, 18.7-21.8% and 252.9-413 kg/da respectively. The effect of nitrogen and phosphorus levels were significant at the 0.01 level, but interaction effect was found statistically insignificant in the 2010-2011 period of plant growth. The highest seed yield were recorded for n20 doses (367.4 kg/da) and P₉ doses (387.8 kg/da) in 2010-2011 vegetation season. The results of the study indicated that different phosphorous doses and different nitrogen doses had an important effect on seed yield in cephalaria syriaca.

Keywords: *Cephalaria syriaca* L., plant height, 1000 seed weight, oil content

1. Giriş

Yağlı tohumlardan elde edilen yağlar; besin maddesi olarak insan beslenmesinde, hammadde olarak sanayide ve yakıt olarak biodizel üretiminde, geriye kalan küspeleri de hayvan beslenmesi açısından önem taşımaktadır (Arioğlu ve ark., 2010).

Dış ticaret açığımızda önemli bir yer tutan bitkisel yağ ve yağlı tohum küspesi ithalatının ortadan kaldırılabilmesi için geleneksel olarak tarımı yapılan yağlı tohumlu bitkilerin üretiminin yapılamadığı bölgelerde alternatif yağ bitkilerinin tarımının geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Ülkemiz tarım alanlarının büyük bir kısmını oluşturan Orta ve Doğu Anadolu Bölgelerimizde iklim kısıtlamaları nedeniyle ayçiçeği, kolza ve soya gibi iklim istekleri yüksek olan bitkilerin yetiştirilebileceği alan sınırlıdır. Nispeten soğuğa ve kuraklığa dayanıklı olan pelemir bitkisi bu bölgeler için alternatif bir yağ bitkisi olma potansiyeline sahiptir.

Diğer birçok bitkide olduğu gibi azot ve fosfor pelemirde de önemli bir bitki besin elementidir. Azotlu gübreler kuru tarım sistemlerinde en büyük girdilerden birisini oluşturmaktadır. Aşırı veya yetersiz gübre uygulamaları tarımsal üretimde ekonomik kayıplara neden olduğu gibi fazla azot uygulaması zaman içerisinde çevre sorunlarına neden olmaktadır. Fosforun tarım topraklarındaki miktarının genellikle az olması (% 0.04-0.30) ayrıca topraklarda diğer besin elementleri ile çok değişik şekillerde reaksiyona girmesi üzerinde fazlaca durulmasına neden olmuştur. Genel bir kural olarak genç ve işlenmemiş topraklarda fosfor miktarı daha yüksek olduğu kabul edilmektedir. Fakat kültür topraklarındaki miktarı daha düşüktür (Sezen, 1991).

Ülkemizin bitkisel yağ açığını kapatmak amacıyla yıllardır devlet politikası olarak sürdürülen yağlı tohumlu bitkileri üreten çiftçilere verilen teşvik primlerinin artması yağlı tohumlu bitkilerin çeşitliliğine ve ekim alanlarının artışına neden olmuştur. Artan ekim alanı ve bitki çeşitliliği ile birlikte bu bitkilerin agronomik özelliklerinin de araştırılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Çalışmamızın amacı, kışlık olarak ta ekilebilen pelemir bitkisinin Ankara ekolojik koşullarında farklı fosfor ve azot dozu uygulamalarının bazı bitkisel özelliklerinin yanı sıra tohum verimi ve yağ oranı üzerine olan etkisini belirlenmektir.

2. Materyal ve Yöntem

Deneme Yerinin İklim ve Toprak Özellikleri

2010-2011 vejetasyon dönemine (Eylül-Temmuz) ait toplam yağış 401.6 mm olup, en düşük yağış 5 mm ile Şubat ayına ait iken en yüksek yağış miktarı ise 86.0 mm ile Mayıs ayında gerçekleşmiştir. Yine aynı vejetasyon döneminde en düşük sıcaklık değeri -18.2 °C ile Şubat ayında, en yüksek sıcaklık değeri ise 34 °C ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. 2010-2011 gelişme dönemine ait bazı iklim verileri

2010-2011 İklim Verileri	Min. Sic. °C	Max. Sic. °C	Ort. Sic. °C	Ort. Nisbi Nemi %	Toplam Yağış mm	Ortalama Toprakaltı Sıcaklığı					Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)	Toprak Üstü Min. Sic. Ort. (°C)
						5 cm °C	10 cm °C	20 cm °C	50 cm °C	100 cm °C		
2010-Ağustos	13	39	26	39	0	30	30	27	25	23	3	15
2010-Eylül	8	31	17	44	0	20	20	20	20	19	3	9
2010-Ekim	-0.8	23.3	12.3	67.8	81.6	13.6	14.3	14.6	17.5	20	1.6	5.5
2010-Kasım	-3.6	21.6	8.65	73.3	24	7.5	7.1	4.66	12.36	13.52	2.6	1.34
2010-Aralık	-8.4	20.4	4.6	80.8	50	5.2	5.2	4.3	9.1	10.9	2.6	-0.06
2011-Ocak	-8.5	10.7	0.2	73.9	28	1.83	1.80	1.60	4.5	6.3	1.9	-2.4
2011-Şubat	-18.2	12.7	-0.6	66.54	5	1.74	1.70	1.35	3.4	5	1.94	-3.01
2011-Mart	-12	17	3	59	42	4	4	2	4	5	2	0
2011-Nisan	-2	19	8	81	35	10	10	5	9	9	3	3
2011-Mayıs	1.0	23.0	12.0	77.0	86.0	15.0	15.0	7.0	9.0	12.0	3.0	8.0
2011-Haziran	5	30	17	69	37	19	19	9	14	11	3	11
2011-Temmuz	10	34	23	51	13	24	23	15	8	17	14	3

Deneme alanı toprağı killi-tınlı yapı göstermektedir. Toprak pH'sı 7.94 olup alkali karakter göstermektedir. Kireç değeri 26.83 civarında ve çok yüksek düzeydedir. Tuz içeriğı % 0.07 değeri arasında olup tuz problemi yoktur. Yarıyışlı fosfor ve potasyum değeri uygun düzeydedir. Organik madde değeri %1.65 civarında ve düşük kabul edilen seviyededir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Araştırma yerinin bazı toprak özellikleri

Derinlik (cm)	Toplam tuz (%)	Toplam pH	Kireç CaCO_3 (%)	Yarıyışlı fosfor (ka/da)	Yarıyışlı potasyum (kg/da)	Organik madde (%)	Toplam azot (%)
0-40	0.07	7.94	26.83	3.93	74.33	1.65	0.13

Bu araştırmada materyal olarak kullanılan pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) tohumları Kayseri ilinin Felahiye ilçesine bağı İsabey Köyünden temin edilmiştir.

Bu çalışma, 2010-2011 yetiştirme döneminde Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nün Deneme ve Araştırma Çiftliği tarlasında yürütülmüştür. Çalışma, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ana parsellere fosfor (P_2O_5) dozları, alt parsellere ise farklı azot (NH_4NO_3) dozları uygulanmıştır. Fosfor uygulaması ekimden önce; azot uygulaması %50'si ekimle birlikte, %50'si ise çıkıştan sonra yapılmıştır. Denemede fosfor kaynağı olarak süperfosfat gübresi, azot kaynağı olarak amonyum nitrat gübresi kullanılmıştır. Her parsel 5 m uzunluğunda ve 1.2 m genişliğinde olmuş ve her bir alt parselin alanı 6 m² olarak hazırlanmıştır. Eşit parsellerde sıra arası 25 cm (Katar ve ark. 2011) sıra üzeri 10 cm ve 4 sıra olacak şekilde mibzerle ekim yapılmıştır. Ekim, iklim ve toprak şartlarının uygun olduğu 15 Ekim'de yapılmış ve tohumların ekim derinliği 3 cm olmuştur. Bitkilerin gelişme dönemi süresince bakım işleri yapılmıştır. Bitkisel özelliklere ait değerler her parselden tesadüfen seçilen 20 bitki üzerinden hesaplanmıştır. Yağ oranları Ankara İl Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğü'nde yaptırılan analizle belirlenmiştir. Dekara verimler parsel verimleri üzerinden hesaplanmıştır.

Araştırma sonunda elde edilen veriler tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre analizi yapılmıştır. Tüm istatistikî hesaplamalar bilgisayarda MSTAT-C paket programı kullanılarak yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitki Boyu (cm)

Denemeden elde edilen bitki boyuna ait değerlerin varyans analiz çizelgesi (Çizelge 3) ve ortalama değerler ve oluşan gruplar aşağıda verilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 3. Peleminir bitkisinde 2010-2011 gelişme döneminde farklı gübre dozlarının bazı bitkisel özellikleri üzerine olan etkisine ait varyans analiz tablosu.

Varyasyon kaynağı	S D	Bitki boyu (cm)	Tabla sayısı	Bin tohum ağırlığı (g)	Yağ oranı (%)	Tohum verimi (kg/da)
Kareler Ortalaması						
Tek	2	29.62	16.4	0.44	0.47	96
Fosfor (A)	3	13.44	12.77	4.53**	8.98**	23466.64**
Azot (B)	4	76.48**	13.08	0.12	1.06	5798.14**
AxB	12	13.73	69.14**	0.09	0.59	1072.8
Hata	38	10.06	11.93	0.78	0.58	920.6
Genel	59	16.14	23.84	0.77	1.04	2400.7
VK		1.77	7.77	5.25	3.7	8.97

(**) %1 düzeyinde önemli

Çizelge 3’de görüldüğü gibi bitki boyu ve tohum verimi üzerine farklı azot uygulamalarının etkisi 0.01 düzeyinde, bitkide tabla sayısı üzerine interaksyonun etkisi istatistiki olarak 0.01 düzeyinde, bin tohum ağırlığı, yağ oranı ve dekara tohum verimi üzerine farklı fosfor uygulamalarının etkisi ise istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4. Peleminir bitkisinde farklı gübre dozlarının bitki boyu üzerine olan etkisi

Uygulamalar		P0	P3	P6	P9	Ortalama
2010-2011	N0	175.2	178.1	169.9	178.1	175.4 c
	N5	180.1	173.6	176.7	178.9	178.8 b
	N10	180.9	178.0	179.6	177.8	179.1 b
	N15	182.0	180.1	181.6	180.2	181.0 ab
	N20	183.2	179.7	182.2	182.4	181.9 a
Ortalama		180.3	179.1	178.0	179.5	179.3

AÖF_{N(2010-2011)} : 2.621

2010-2011 yetiştirme döneminde farklı azot dozu uygulamalarının etkisiyle 4 farklı grup oluşmuş ve en yüksek bitki boyu değeri 181.9 cm ile N₂₀ uygulamasından elde edilirken, en düşük bitki boyu değeri 175.4 cm ile N₀ uygulamasından elde edilmiştir. Artan azot dozunun bitki boyuna olumlu etkide bulunduğu görülmektedir.

Bitki boyuna ait değerler, Çağlar (1968)’in bildirdiği 100 cm, Çiller (1977)’in bildirdiği 40-80 cm, Kara (1990)’nın bildirdiği 80.5 cm ve Katar ve ark.’larının bildirdiği 105.98 cm değerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Bu durum Çiller (1977)’in bildirdiği koşullar sağlarsa bitki boyunun daha da artabileceğine dair raporuyla uyum göstermektedir.

3.2. Bitkide Tabla Sayısı

Denemeden elde edilen bitkide tabla sayısına ait değerlerin varyans analiz çizelgesi (Çizelge 3) ve ortalama değerler ve oluşan gruplar aşağıda verilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Peleminir bitkisinde farklı gübre dozlarının bitkide tabla sayısı üzerine olan etkisi.

Uygulamalar		P0	P3	P6	P9	Ortalama
2010-2011	N0	44.4 bcd	46.8 bc	45.4 bcd	36.0 e	43.2
	N5	43.0 bcd	44.4 bcd	43.6 bcd	44.2 bcd	43.8
	N10	45.9 bc	40.2 de	46.7 bc	45.8 bcd	44.7
	N15	42.4 cd	41.3 cde	42.7 cd	56.9 a	45.8
	N20	48.5 b	45.0 bcd	41.4 cde	45.1 bcd	45.0
	Ortalama	44.8	43.5	43.9	45.6	44.5

AÖF_{PxN(2010-2011)}:5.71

2010-2011 yetiştirme döneminde interaksyonun etkisi ile 8 farklı grup oluşmuştur. En yüksek bitkide tabla sayısı değeri 56.9 adet ile N₁₅P₉ interaksyonundan elde edilirken, en düşük bitkide tabla sayısı değeri 36.0 adet ile N₀P₉ interaksyonundan elde edilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen tabla sayısının genel ortalaması olan 44.5 adet/bitki değeri Kara (1990)'nın bildirdiği 83.8 adet/bitki değerinden küçük; Katar ve ark. (2012)'nin bildirdiği 25.43 adet/bitki değerinden yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni bu çalışmanın bir gübre denemesi olmasından ve deneme yıllarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.3. 1000 tohum ağırlığı (g)

Denemeden elde edilen 1000 tohum ağırlığına ait değerlerin varyans analiz çizelgesi (Çizelge 3) ve ortalama değerler ve oluşan gruplar aşağıda verilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Peleminir bitkisinde farklı gübre dozlarının 1000 tohum ağırlığı üzerine olan etkisi.

Uygulamalar		P0	P3	P6	P9	Ortalama
2010-2011	N0	15.41	16.20	16.64	16.59	16.21
	N5	15.41	16.27	16.62	16.85	16.29
	N10	15.52	15.99	16.48	16.80	16.20
	N15	15.51	16.75	16.61	16.75	16.40
	N20	15.82	16.18	16.80	16.81	16.40
	Ortalama	15.53 b	16.28 a	16.63 a	16.76 a	16.30

AÖF_{P (2010-2011)}: 0.652

2010-2011 yetiştirme döneminde farklı fosfor dozu uygulamalarının etkisi ile 2 farklı grup oluşmuş ve en yüksek 1000 tohum ağırlığı 16.76 g ile P₉ uygulamasından elde edilirken P₃ ve P₆ ile aynı grupta yer almış, en düşük 1000 tohum ağırlığı değeri ise 15.53 g ile P₀ uygulamasından elde edilmiştir.

1000 tohum ağırlığına ait değerler, Kara (1990)'nın bildirdiği 12 adet/bitki değerinden yüksek; Çiller (1977)'nin bildirdiği 15.5 g, Çağlar (1968)'in Kayseri yöresinden temin edilen tohumlar için bildirdiği 16.0-16.2 g ve Yazıcıoğlu ve ark. (1978)'un bildirdiği 14.2 g, Katar ve ark.(2011)'nin bildirdiği 14.20-18.63 g ve Katar ve ark. (2012)'nin bildirdiği 14.34-16.32 g değerleriyle uyum içinde çıkmıştır.

3.4. Yağ oranı (%)

Denemeden elde edilen yağ oranına ait değerlerin varyans analiz çizelgesi (Çizelge 3) ve ortalama değerler ve oluşan gruplar aşağıda verilmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Pelemir bitkisinde farklı gübre dozlarının yağ oranı üzerine olan etkisi

Uygulamalar		P0	P3	P6	P9	Ortalama
2010-2011	N0	20.6	20.4	21.2	21.8	21.0
	N5	19.7	21.1	20.4	21.2	20.6
	N10	18.7	19.8	20.6	21.6	20.2
	N15	19.5	20.4	21.2	20.9	20.5
	N20	19.5	20.6	21.4	21.5	20.7
Ortalama		19.6 c	20.6 b	21.0 ab	21.4 a	20.6

AÖF_{P(2010-2011)}: 0.563

2010-2011 yetiştirme döneminde farklı fosfor dozu uygulamalarının etkisi ile 4 farklı grup oluşmuş ve en yüksek yağ oranı %21.4 ile P₉ dozundan elde edilirken en düşük yağ oranı %19.6 ile P₀ dozundan elde edilmiştir.

Yağ oranına ait değerler, Katar ve ark. (2011)'nin bildirdiği %19.08-22.48 ve Katar ve ark. (2012)'nin bildirdiği %22.28-22.54 değerleriyle uyumluluk gösterirken; Çiller (1977)'nin bildirdiği %25.3, Yazıcıoğlu ve ark. (1978)'un bildirdiği %24.9-25.8 değerleriyle ve Çağlar (1968)'in Kayseri, Avanos ve Yozgat yöreleri için sırasıyla bildirdiği %23.32, %21.23 ve %24.05 ile Kara (1990)'nin bildirdiği %24.4 değerinden bir miktar düşük çıkmıştır. Bu durum verimdeki artışla açıklanabilir. Genel olarak yağlı tohumlu bitkilerde verimle yağ oranı arasında ters bir ilişki olduğu bilinmektedir.

3.5. Tohum verimi (kg/da)

Denemeden elde edilen tohum verimine ait değerlerin varyans analiz çizelgesi (Çizelge 3) ve ortalama değerler ve oluşan gruplar aşağıda verilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Pelemir bitkisinde farklı gübre dozlarının tohum verimi üzerine olan etkisi

Uygulamalar		P0	P3	P6	P9	Ortalama
2010-2011	N0	252.9	309.9	321.4	356.1	310.1 c
	N5	273.5	339.0	323.3	367.3	325.8 bc
	N10	297.8	311.4	339.9	403.8	338.2 b
	N15	327.0	339.7	334.1	398.8	349.9 ab
	N20	312.8	336.0	407.7	413.0	367.4 a
Ortalama		292.8 c	327.2 b	345.3 b	387.8 a	338.3

AÖF_{P(2010-2011)}: 22.428 AÖF_{N(2010-2011)}: 25.076

2010-2011 vejetasyon döneminde farklı fosfor dozu uygulamalarının etkisi ile 3 farklı grup oluşmuş ve en yüksek tohum verimini 387.8 kg/da ile P₉

uygulamasından, en düşük verim 292.8 kg/da ile P₀ uygulamasından elde edilmiştir.

Farklı azot dozu uygulamalarının etkisi ile 5 farklı grup oluşmuş ve en yüksek tohum verimi 367.4 kg/da ile N₂₀ uygulamasından elde edilirken en düşük tohum verimi 310.1 kg/da ile N₀ uygulamasından elde edilmiştir.

Tohum verimine ait bu değerler, Çiller (1977)'in bildirdiği 60-100 kg/da, Çağlar (1968)'in Kayseri yöresi için bildirdiği 60-70 kg/da, Kara (1990)'nın bildirdiği yazlık ekimden elde ettiği 110.4 kg/da, Katar ve ark.(2011)'lerinin bildirdiği 74.74-129.51 kg/da ve Katar ve ark.(2012)'nin bildirdiği 163.57-174.74 değerlerinden oldukça yüksek çıkmıştır. Bu durum, gübrelemenin etkisiyle ve bitkinin hızlı büyüme ve gelişme döneminde yeterli miktarda yağışın düşmesiyle (Mayıs ayında 86 mm, Haziran ayında 37 mm ve Temmuz ayında 13 mm) açıklanabilir.

4. Sonuç

Çalışmada, yeterli yağış şartlarında artan gübre dozlarının bitkisel özelliklere ve verime önemli düzeyde olumlu etkileri görülmüştür. Yağışın yeterli olduğu 2010-2011 yılı yetiştirme döneminde en yüksek dekara tohum verimi 413 kg/da değerine kadar çıkabilmiştir.

Genel olarak baktığımızda yeterli yağış olduğunda fosfor gübresi olarak P₉ uygulaması öne çıkmış olup 9 kg/da fosfor tavsiye edilebilir. Azot gübresi olarak da N₂₀ uygulaması öne çıkmakla birlikte fazla gübrelemeden kaçınmak adına yakın sonuçların alındığı 15 kg/da azot tavsiye edilebilir. 2010-2011 yılı iklim verileri Ankara ekolojik koşulları için oldukça ekstrem bir şekilde gerçekleşmiştir. 2010-2011 yetiştirme döneminde yetiştirilen aspir bitkisinde de ekstrem verimlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Arslan, 2014). Bu çalışmadan elde edilen bitki boyu ve dekara tohum verimi değerleri; pelemir bitkisinin Ankara ekolojik koşullarında verebileceği en yüksek değere yakın değerleri göstermesi bakımından önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Arslan, Y., 2014. Farklı Azot ve Fosfor Seviyelerinin Kuru Şartlarda Yetiştirilen Aspir (*Carthamus tinctorious* L.) Bitkisinin Verim ve Verim Özellikleri Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Arıoğlu, H.H., Kolsarıcı, Ö., Göksu, A.T., Güllüoğlu, L., Arslan, M., Çalışkan, S., Söğüt, T., Kurt, C., Arslanoğlu, F., 2010. Yağ bitkileri üretiminin artırılması olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisleri Birliği VII. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı I, Ankara, 361-377 s.
- Çağlar, H., 1968. "Pelemir". Güven Matbaası, Ankara.
- Çiller, M., 1977. "Pelemir Tohumu Yağı Üzerine Bir Araştırma".
- Katar, D., Arslan, Y., Kayaçetin, F., Bayramın, S., Karahan, Y., 2011. Ankara ekolojik koşullarında farklı sıra aralıklarının pelemir bitkisi (*Cephalaria syriaca* L.)'nin verim ve verim unsurları üzerine etkisinin belirlenmesi. I. Ali Numan KIRAÇ Tarım Kongresi ve Fuarı, 27-30 Nisan 2011, Eskişehir.

- Kara, K., 1990. Erzurum şartlarında değişik sıra aralık uygulamasının pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) bitkisinde verim ve verim unsurları üzerine etkisi. Atatürk Ü. Zir. Fak. Der., 21(1): 83-93.
- Katar, D., Arslan, Y., Subaşı, İ., Kodaş, R., 2012. The effect of different sowing dates on yield and yield components of *Cephalaria* (*Cephalaria syriaca* L.) under Ankara/Turkey ecological condition
- Sezen, Y., 1991. Gübreler ve Gübreleme. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 679.
- Yazıcıoğlu, T., Karaali, A., Gökçen, J., 1978. “*Cephalaria syriaca* seed oil”. Journal of the American Oil Chemists' Society, 55(4): 412-415.

İÇ ANADOLU BÖLGESİ'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI POTANSİYELİ VE ENERJİ BİTKİLERİ TARIMI

H. Yavuz Emeklier

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü 06110 Dışkapı-ANKARA
İletişim: emeklier@ankara.edu.tr

Özet: Orta Anadolu Bölgesi, Türkiye'nin en önemli tarımsal ve endüstriyel bölgelerinden biri olarak, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. Hidroenerji, rüzgar, termal ve güneş enerjisi ile biyokütle enerjisi bakımından zengin kaynakları bulunmaktadır. Son yıllarda termal enerjiden bile yararlanmak suretiyle, seracılık, mantarcılık ve diğer endüstriyel tarımsal işletmelerin kurulduğu görülmektedir.

Türkiye; 0-29 yaş arası %45 genç nüfusu ile, kişi başına düşen enerji gereksinimindeki artışı, çok hızlı şehirleşmesi ve ekonomik gelişimi ile son yirmi yılda dünyanın en hızlı büyüyen güçlü pazarlarından biri olma yolundadır. Dünya kalkınma raporuna göre, tarımsal üretimde 6. sıraya yükselmiştir. Ancak, Türkiye enerji ithal eden ülkedir ve enerji gereksiniminin %78-80'ini ithalat ile karşılamaktadır. Orta Anadolu'daki kentleşme hareketleri, biyoenerji bitkilerine yeni üretim potansiyeli açacaktır. Başta aspir, sarıot, pelemir, şekerdarı, dallıdarı, miskantus, devkamış, labada vb. gibi bitkiler ile akarsu kenarlarında söğüt, melez kavak gibi agro-orman ağaçlarından biyokütle enerjisi yanında, çeşitli tarımsal ve kentsel atıklardan syngaz üretim potansiyeli bulunmaktadır.

Almanya enerji gereksinmesinin %60'nı RES ve GES kaynakları dahil yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılarken, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını sürdürmesi düşündürücüdür. Geleceğe dönük enerji perspektiflerine Türkiye yeni bir yol haritası çizmeli ve enerji bağımlılığına çözüm getirmelidir. Enerji tarımı için Orta Anadolu potansiyel bir bölgedir.

Anahtar Kelimeler : Enerji bitkileri, mısır, şeker darısı, aspir, kanola-kolza.

RENEWABLE ENERGY IN CENTRAL ANATOLIA - POTENTIAL SOURCES OF AGRICULTURE AND ENERGY CROPS

Abstract: Central Anatolia Region of Turkey is one of the most important agricultural and industrial region with great potential in terms of renewable energy sources that has . Hydro , wind , thermal and solar sources and is also rich in biomass energy. Even in recent years by utilizing thermal energy, it has been possible to establish greenhouses, Mushroom cultivation and other industrial agricultural enterprises.

Turkey with 45% of young people between the ages of 0-29, with the increase in per capita energy requirements, with very rapid urbanization and economic development of the last twenty years is one of the world's fastest growing markets. World development report maintains that agricultural production has risen to 6th place. However, Turkey is among energy importing countries, and has 78-80% of energy requirements met through imports. Fast urbanisation in the Central Anatolia is going to increase energy production potential in Central Anatolia. Starting of cultivation of

safflower, yellow weed, cephalaria, sweet sorghum, switchgrass, miscanthus, gigant reed, ampfer and so on near river banks along with agroforest trees like willows and hybrid poplar will help in production of biomass energy at rapid rates, besides the syngas production potential of various agricultural and urban wastes.

Germany meets 60% of energy needs from RES and GES based renewable energy sources, including hydroelectric sources, while Turkey's energy dependence is based on foreign imports that is thought provoking. Turkey with a new perspective for the future energy roadmap should bring a solution to circumscribe and energy dependence. It is very visible that Central Anatolia is a potential area for energy farming.

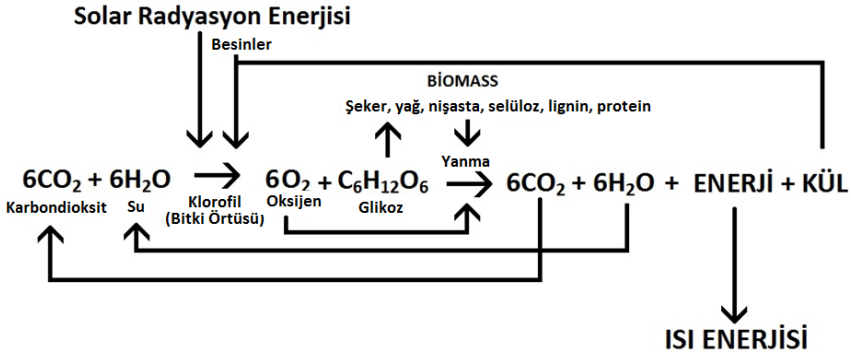
Keywords: Energy crops, maize, sweet sorghum, switchgrass, safflower, canola-rapeseed.

1. Giriş

Dünyada yerleşik canlılardan bitkiler, farklı habitatlar ile yaşam sürecinde olmak üzere, canlı yaşamı için besin kaynaklarını, çeşitli endüstriyel ham maddeleri ve daimi olarak enerjiyi temin ederler. Yeşil bitkiler bu faaliyetlerinde, ışık enerjisini kimyasal enerjiye ya da besin enerjisine çevirerek yapmaktadırlar (Şekil 1). Bütün bu prosesler atmosferde biriktirilen karbondioksitin, bitkilerce fotosentez yoluyla şekere ve diğer moleküllere çevrilmesiyle olmaktadır. Temelde bu olay nişasta, selüloz, bitkisel yağlar, mumlar ve kauçuk gibi kompleks organik bileşikler şeklinde, doğal ham maddelerin bitki bünyesinde biriktirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Enerji tüketim modellerinin çevresel önemi ve stratejisi uzun yıllar ihmal edilmiştir. Dünyada güvenilir enerji arayışları halen sürmektedir. Ülkeler enerji arayışlarında doygunluğa ulaşmada; sosyal, çevresel, ekonomik ve güvenlik bedeli ödemeksizin, güvenli enerjiye ulaşmamaktadır.

İnsanlık tarihi boyunca, 19. yüzyıl ortalarına kadar biyomas, özellikle enerji kaynağı ve hammadde olarak odun, en önemli kaynak olmuştur. Dünyada 150 yıl önce enerji ihtiyacı %90 oranında odun ve çalı-çırpının doğrudan yakılmasıyla karşılanmıştır. Sanayi devriminden sonra, 20. yüzyıl ortalarından itibaren odunun yanında yenilenebilir enerji kaynağı olarak birçok tarımsal üründen; mısır, şeker kamışı, tatlı sorgum, miskantus, dallı darı, dev kamış (*A. donax*), kanola, aspir, soya, yerfıstığı, pamuk ve endüstriyel kenevir gibi kültür bitkilerinden biyomas olarak yararlanılmıştır.

Bugün ise ısı enerjisi yukarıdaki kaynaklara ek olarak; sap-saman gibi kültür bitkisi atıkları ve budama artıkları ile küspe, talaş, yonga, kuru meyve ve tohum kabukları, kağıt-selüloz sanayii atıkları yanında verimsiz topraklarda bile yetişebilen ve kendi tohum bankası ile çoğalabilen, bakım gereksinimi çok az olan sığa ve kurağa dayanıklı, sellüloz ve lignince zengin “e-grass” adı verilen otsular; ile çalılar, hızlı büyüyen, kesildiğinde yeniden sürebilen ağaçlardan elde edilen biyomastan yararlanılmaktadır.



Şekil 1. Yarı açık bir ekosistemde biyomastan enerji üretimi

Türkiye coğrafi konumu gereği farklı iklim tiplerine, topoğrafik yapıya, toprak yapısına ve toprak derinliğine, bu bağlamda zengin bitki çeşitliliğine sahiptir. Bu özellikleri dikkatte alındığında biyokütle (BK) enerji kaynağı bakımından çok sayıda tahıl (buğday, arpa, mısır, şeker darısı vb.), endüstri bitkisi (şekerpancarı, patates, pamuk, yerfıstığı, ayçiçeği, kolza, soya vb.), meyve ağaçları (zeytin, fındık vb.) ile orman ağaçları türleri (akkavak, titrek kavak, kızılbaş, söğüt, yabani ığde, akasya, ardıç, karaçam, kızılçam, meşe, dişbudak vb.) Türkiye’de yetiştirilmektedir. Ayrıca hayvansal üretim artıkları (gübre, hayvan dışkıları vb.) önemli bir biyokütle kaynağı olarak ısınmada kullanılmaktadır.

2. Biyokütle ve Biyokütle Enerjisi

Biyokütlenin kimyasal bileşimi türlere göre değişmektedir. Ancak, bitkiler yaklaşık olarak %10-25 lignin, %40-60 selüloz ve %20-40 hemiselüloz içerirler. Selüloz, biyokütlerde karbonun en bilinen formudur ve glikozun biyopolimeridir. Hemiselüloz, 5 ve 6 karbonlu şekerler ile uronik asit içeren kısa, yüksek oranda dallanmış şeker zinciridir. Lignin ise şeker olmayan molekülleri içerir.

Karbondiyoksitin (CO_2) fotosentez yoluyla organik bileşiklere dönüştürüldüğü biyokütlerde, bağlanan karbondaki tutulan güneş enerjisi biyokütlenin büyümesinde en önemli adımı oluşturur. Bitkinin büyüme yapı taşları olarak bilinen karbonhidrat, temel organik üründür. Fotosentezi yürüten güneş enerjisi, biyokütlenin yapısal bileşiklerinin kimyasal bağlarında depo edilir. Bağlanan her bir gram mol karbon yaklaşık 470 kJ (112 kcal) enerji absorbe eder (Klass, 2004). İnsanlar, hem yaşaması için gerekli olan enerjiyi hem de ısınma, pişirme vs. gibi nedenlerle ihtiyaç duyduğu enerjiyi kimyasal bağlarda depo edilen bu enerjiden sağlar. Dünyada ototrof bitkiler tarafından biyokütle formunda tutulan karbon miktarı, her yıl yaklaşık 200 milyar tondur. İnsanlar bu 200 milyar tonun sadece 800 milyon tonunu (%0.4) gıda olarak kullanmaktadır (El Bassam, 1998; Akdoğan ve Emeklier, 2007).

Güneşin dünyaya verdiği solar enerji yaklaşık 1.5×10^{18} kWh/yıl’dır ve bu miktar dünyada tüketilen toplam enerjiden 10.000 kat daha fazladır. Bitkiler

tarafından tutulan kimyasal enerjinin, bitkilere düşen güneş ışınlarının taşıdığı enerjiye oranı olarak ifade edilen fotosentez etkinliğinin üst sınırı %8'den %15'e kadar çıkabilmektedir. Ancak tarla koşullarında bu değer çoğunlukla %2'den daha düşüktür. Bu değerler fotosentez tiplerine (C3, C4 ve CAM bitkilerine) göre önemli değişim göstermektedir.

3. İç Anadolu Bölgesi'nde Enerji Tarımı

Orta Anadolu Bölgesi, 13 ili kapsayan ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi hariç, tüm bölgelerle ilişkili olan bir bölge olup, son yıllarda başta tarım, sanayi ve enerji sektöründe önemli gelişmeler kaydetmiştir. Bölgede toplam nüfus yaklaşık 11 milyon olup, enerji tüketimi bakımından önemli bir talep göstermektedir. Dünyada, Türkiye'de ve bölge de enerji talebi nüfus artışı yanında, hayat standardının yükselmesiyle hızla artmaktadır.

Bölgede enerji bitkileri tarımında değerlendirilebilecek bitkilerin başında mısır olmak üzere, şeker darısı, dalı darı, aspir, kanola, ayçiçeği, hintyağı (*Ricinus communis*) gibi kültür bitkileri yanında yumrulu kaynaş (*P. tuberosa*), yem kanyaşı (*P. arundinacea*) gibi yem bitkileri ile pelemir (*Cephalaria syriaca*), sarı ot (*Boreova orientalis*), yabani mürdümük (*Lathyrus aphaca* L.), labada (*Rumex ssp*), yabani aspir (*C. lanatus*) gibi yabancı otlardan yenilenebilir enerji kaynağı olarak (biyomas) yararlanmak olanaklıdır (El Bassam,1998; El Bassam, 2010). Buna göre bazı enerji bitkilerine ait etanol kaynaklı biyoyakıt verimleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi hektar başına en yüksek etanol verimi şekerpancarı, şeker kamışı ve şekerdarısından elde edilebilmektedir. Şekerkamışını ülkemizde ve bölgemizde elde edemediğimize göre, etanol kaynağı olarak şeker darısına önem verebilir. İç Anadolu Bölgemizin ekolojik koşulları, şeker darısının ekolojik isteklerini karşılayabilecek durumdadır. Mısır için yine bölgede büyük bir potansiyel vardır. Günümüz tarımsal üretim verilerine baktığımızda varsa sulamalı koşullarda, serin iklim tahıllarından arpa, buğday yerine mısır yetiştirilmelidir. İç Anadolu platolarında birçok alanda şeker darısı, dalı darı gibi bitkiler yanında ayçiçeği, aspir, kolza, keten, hintyağı gibi bitkilerin tarımı daha etkili yapılabilir. Arz-talep noktasını değerlendirmek için ürün taban fiyatlarının, kamu tarafından belirlenmesi ve özel sektörün sözleşmeli çiftçilik ile bu ürünlere alım garantisi getirmesi yeterli olacaktır. Nitekim Trakya, Güney Marmara'da sözleşmeli aspir ekilişi başarılı bir örnektir. Buna benzer örneklerin çoğaltımı yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerjiye verilen 13 sent \$/kwh desteğe bağlıdır. AB ülkelerinde aynı destek 13 sent €/kwh'dur.

Çizelge 1. Etanol elde edilebilen bazı tarla bitkisi türlerinin verimlilik durumu *

Bitki türleri	Verim (t/ha)	Şeker / nişasta		Etanol verimi (L/ha)
		% içerik (yaş)	Verim (t/ha)	
Arpa (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	5.8	58.0	3.36	2150
Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.)	7.2	62.0	4.46	2854
Mısır (<i>Zea mays</i> L.)	6.9	65.0	4.49	2874
Şeker kamışı (<i>Saccharum officinarum</i> L.)	80.0	10.0	8.00	5400
Şeker sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> var. <i>saccharata</i>)	90.0	10.0	9.00	5400
Kassava (<i>Manihot esculenta</i> L.)	9.0	35.0	3.15	2900
Şeker pancarı (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>altissima</i> L.)	57.4	16.0	9.18	5600
Hayvan pancarı (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>rapacea</i> L.)	98.5	8.2	8.08	4923
Patates (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	32.4	17.8	5.77	3693
Tatlı patates (<i>Ipomea batatas</i> L.)	12.0	25.0	3.00	2400
Yer elması (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	30.0	15.0	4.50	2610
Hindiba - Çikori (<i>Cichorium intybus</i> L.)	35.0	16.0	5.60	3248

*Kaynak: El Bassam,1998

İç Anadolu Bölgemizde yağ bitkilerinden özellikle kolza-kanola, aspir, ayçiçeği, keten tarımı geliştirilebilir. Hektar başına yağ verimi bakımından en yüksek değer; kanola, kolza ve ayçiçeğinde görülmektedir (Çizelge 2). İklim ve toprak koşulları bu yağ bitkileri için uygun olup, her yetiştirme bölgesine uygun alanlar vardır.

Çizelge 2. Bazı yağ bitkisi türlerinin verimlilik durumu *

Bitki türleri	Botanik adı	Tohum verimi (t/ha)	Yağ oranı (%)	Yağ verimi (t/ha)
Yemlik Kolza	<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>oleifera</i>	1.0-2.5	38-48	0.38-1.2
Hardal	<i>Brassica nigra</i>	0.5-2.0	24-38	0.12-0.76
Hintyağı	<i>Ricinus communis</i>	1,2	50	0,6
Pamuk	<i>Gossypium hirsutum</i>	1,2	15-25	0,29
Keten	<i>Linum utitatissimum</i>	1,8	30-48	0,7
Yerfıstığı	<i>Arachis hypogea</i>	2	45-53	1
Kenevir	<i>Cannabis sativa</i>	0.5-2.0	28-35	0.14-0.7
Haşhaş	<i>Papaver somniferum</i>	1.0-1.8	40-55	0.4-1.0
Kolza	<i>Brassica napus</i> ssp. <i>oleifera</i>	2.0-3.5	40-50	1,26
Aspir	<i>Carthamus tinctorius</i>	1,8	18-50	0,63
Soya	<i>Glycine max</i>	2,1	18-24	0,38
Ayçiçeği	<i>Helianthus annus</i>	2.5-3.2	35-52	0.88-1.67

* Kaynak : El Bassam, 2010

Orta Anadolu Bölgesi tarla tarımında yetiştirilen enerji bitkilerinin ekim alanı, üretim ve birim alan verilerine bakıldığında; son yıllarda ayçiçeği, aspir ve mısır ekilişlerinde çok önemli artışlar görülürken, kolza-kanola ve şekerpancarı tarımında azalmalar görülmektedir (Çizelge 3).

Kanola da ekim zamanının tam belirlenememesi ve yetersiz tarımsal ürün fiyat destekleme politikaları, şekerpancarında ise kota uygulamalarının, tarımsal üretim politikalarının yeterli olmamasının, bu azalmada etkili olduğu söylenebilir. Özellikle aspir sözleşmeli çiftçilik modeli ile ve hibrit mısır ekilişlerinin artması gelecek için oldukça ümit vericidir. Birkaç yıl sonra mısırın kanatlı küçük baş hayvansal üretimle birlikte biyogaz üretiminde yer alması olanaklıdır. Bu tabloya eklenebilecek bir diğer enerji bitkisi şeker darısı olabilecektir. Nitekim ön çalışmalarda çok olumlu sonuçlar alınmıştır.

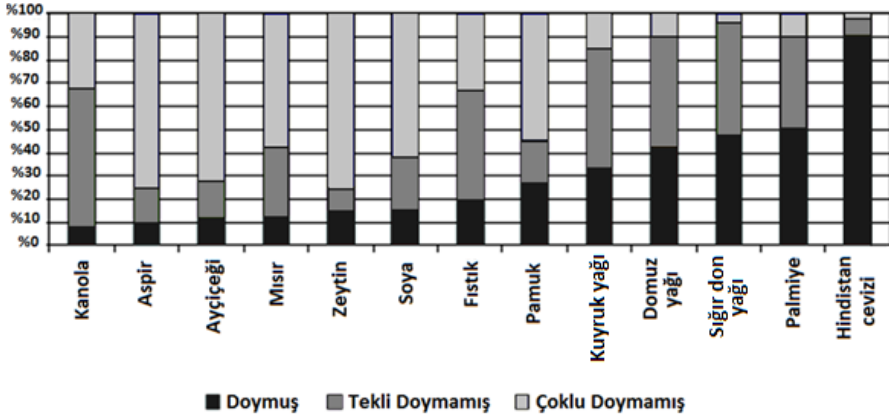
Çizelge 3. İç Anadolu Bölgesinde yetiştirilebilen enerji bitkilerinin yıllara göre ekim alanı, üretim ve birim alan verimleri

Bitki türleri	Yıllar	Ekim alanı (da)	Üretim ton	Verim kg/da
Ayçiçeği- <i>Helianthus annuus</i>	2013	232 032	70 421	303
	2010	136 351	30 343	223
Kolza- <i>Brassica napus ssp. oleifera</i>	2013	—	—	—
	2010	900	135	150
Aspir- <i>Carthamus tinctorius</i>	2013	57 742	8 884	154
	2010	18 024	6 803	377
Şekerpancarı- <i>Beta vulgaris var.altissima L.</i>	2013	812 925	4 740 450	5 843
	2010	903 048	4 902 533	5 429
Mısır tane- <i>Zea mays L.</i>	2013	25 493	20 573	807
	2010	16 332	11 705	717
Mısır silaj- <i>Zea mays L.</i>	2013	227 028	1 170 297	5 155
	2010	141 878	667 089	4702

Kaynak : <http://www.tuik.gov.tr> , TR 71 Bölgesi dinamik sorgulama verileri

İç Anadolu Bölgesinde biyoyakıt üretiminde yağ kompozisyonu bakımından bazı bitkileri değerlendirdiğimizde, en yüksek biyodiesel verimi tekli doymamış yağ asitlerini en fazla içeren kanola başta gelmektedir (Şekil 2). Bu bakımdan sıralamada mısırözü yağı, soya, ayçiçeği ve aspir şeklinde bir sıralama yapılabilir.

Öteyandan çeşitli tarla bitkilerinin biyoyakıt olarak değerlendirilmesi yanında, biyogaz olarak değerlendirilmeleri ve nihai olarak da elektrik enerjisi elde etmekte olanaklıdır. Biyogaz üretiminde şekerpancarı atıkları, mısır, ayçiçeği ve çeşitli otlar da kullanılmaktadır. Bitki bünyesinde yer alan selülozun geniş getiren hayvanların sindirim sisteminde fermentasyon oranı %40-59 iken, biyogaz sistemlerinde %80'e kadar çıkabilmektedir (Avcıoğlu ve ark., 2011). Özellikle mısır (200 m³/t), şekerdarısı (180 m³/t) gibi enerji bitkilerinin hayvansal atıklarla birlikte fermentasyonu daha çok uygulanmaktadır. Almanya'da bulunan biyogaz reaktörlerinin yaklaşık %90'ında mısır ve şekerdarısı silajları ek besleme materyali olarak kullanılarak, biyogaz verimleri artırılmaktadır. Çizelge 4'te bazı bitkilerin yeşil materyalinden elde edilebilecek biyogaz verimleri verilmiştir.



Şekil 2. Çeşitli biyoyakıt kaynaklarının yağ asitleri içerikleri

Çizelge 4. Bazı yeşil bitkilerin metan gazı üretim sürecinde biyogaz verimleri*

Bitki materyali	Biyogaz verimi (m ³ /t VS**)
Buğday	384-390
Arpa	356-360
Yonca	440-630
Üçgül	430-450
Buğdaygil otları	520-640
Sudan otu	295
Mısır bitkisi	530-750
Tane sorgum	372
Şekerdarısı	640-670
Şekerpancarı yaprakları	490-510
Patates	276
Kolza	340
Yerelması	480-590

* Kaynak: El Bassam, 2010 ve Avcioğlu vd.2011'den değiştirilerek hazırlanmıştır.

**Gazlaşabilir kuru madde

Çeşitli tarla bitkilerinden elde edilebilecek biyogaz verimleri üzerine hava sıcaklığı ve fermentasyon sıcaklığının etkisi oldukça önemlidir. Bitkisel artıkların reaktöre beslenmeden önce; 20 °C'nin altındaki hava sıcaklıklarında 15 gün, 30 °C'nin üstündeki hava sıcaklıklarında ise 7-10 gün kompostlanması, metan bakterilerinin oluşmasına neden olarak, fermentasyonun hızlanmasına neden olmaktadır. Biyogaz üretim tesislerinde, ördek gibi kanatlı hayvan gübrelerinin fermentasyonu hızlandırmada etkili olduğu bildirilmektedir.

4. Sonuç

İç Anadolu bölgesinde yukarıda açıklanan birçok enerji bitkisi tarımı yakın tarihte farklı üretim seçeneklerine geçecektir. Bu bakımdan Konya, Eskişehir, Ankara illerinde biyoetanol, biyodisel ev biyogaz tesislerini görmek mümkün olabilecektir. Bu üretim sürecine geçişte, tarımsal üretim politikaları

değiştirilmesi ve biyoyakıtlar başta olmak üzere tüm yenilenebilir enerji üretimlerinin desteklenmelerine bağlıdır.

Ülkemiz başta olmak üzere; İç Anadolu'da 4.94 milyon hektarlık tarım arazisinin bilinçli planlanması, hiçbir şekilde kullanılmayan, nadasa ayrılan (2.2 milyon ha) ya da kamu elinde olan alanların kullanıma açılması gereklidir (Anon., 2013). Ülkemizin biyoyakıt üretimini artırabilmesi için gerekli hammaddeyi artırabilmek için;

- Biyodisel üretimi için en uygun hammaddeler kanola, aspir ve ayçiçeği üretimlerinin gıda üretimini etkilemeyecek şekilde artırılmasının planlanması,
- Biyoetanol üretimi için en uygun hammaddeler mısır ve şeker darısı üretimlerinin gıda üretimini etkilemeyecek şekilde artırılmasının planlanması,
- Arazi kullanım değerlerine göre kamuda kullanılmayan arazilerin özel sektöre enerji bitkileri tarımında kullanılmak üzere kullanıma açılması, bu gibi alanlarda dallı darı, yumrulu kaynaş (*P.tuberosa*), yem kanyası (*P.arundinacea*) gibi yem bitkileri ile pelemir (*Cephalaria syriaca*), sarı ot (*Boreova orientalis*), yabani mürdümük (*Lathyrus aphaca* L.), labada (*Rumex ssp*) ve yabani aspir (*C.lanatus*) gibi yabancı otlardan yenilenebilir enerji kaynağı olarak (biyomas) yararlanmak amaçlanmalı,
- Yenilenebilir enerji destekleme fiyatlarının, AB fiyat politikasına uygun hale getirilmesi gereklidir.

Kaynaklar

- Akdoğan, G., Emeklier, H.Y., 2007. Türkiye tarımında biyokütle (biyomas) enerji kaynakları. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu, 12-13 Aralık 2007, Ankara, 31-47 s.
- Anonim, 2013. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Kurumu 2013 yılı verileri, Ankara.
- Avcıoğlu, A.O., Türker, U., Atasoy, Z.D., Koçtürk,D., 2011. Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler Biyoyakıtlar. Nobel Yayıncılık, Ankara, No.72, 493 s.
- El Bassam, N., 1998. Energy Plant Species. Their Use and Impact on Environment and Development. James and James (Science Publishers) Ltd. London, UK. 321 pps.
- El Bassam, N., 2010. Handnook of Bioenergy Crops. A Complete Reference toSpecies, Development an d Applications. Earthscan publishing for a sustainable future. London, Washington, DC, 516 pps.

TOKAT-KAZOVA ŞARTLARINDA FARKLI EKİM SIKLIKLARININ ASPIR (*Carthamus tinctorius* L.) BİTKİSİNİN VERİM VE VERİM ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Güngör Yılmaz

Ahmet Kınay

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 60240
Taşlıçiftlik Yerleşkesi, Tokat

Özet: Önemli bir yağ bitkisi olan aspir bitkisinde son yıllarda sık ekimlere doğru bir eğilim oluşmuştur. Bundan dolayı bu araştırmada, aspride farklı ekim sıklıklarının verim ve verim unsurlarına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, 2011-2012 yıllarında Tokat-Kazova şartlarında iki yıl süreyle yazlık olarak, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 cm olmak üzere 6 farklı sıra aralığı incelenmiştir. Ekim normu, m²'de 120 bitki olacak şekilde düzenlenmiştir. Araştırmada, bitki boyu, ilk dal yüksekliği, dal sayısı, tabla sayısı/bitki, tohum sayısı/tabla, tohum verimi, 1000 tohum ağırlığı, yağ oranı ve yağ verimi gibi özellikler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dekara en yüksek verim (590,8 kg/da) ve en yüksek yağ verimi (185,2 lt/da) 10 cm sıra arasından elde edilmiştir. Sıra aralıkları daraldıkça verimin arttığı, genişledikçe düzenli bir şekilde azalmalar olduğu görülmüştür. Buna göre aspir ekiminin m²'ye 120 tohum hesabıyla 10 cm sıra aralığında yapılması uygun bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Aspir, ekim sıklığı, verim, yağ oranı, *Carthamus tinctorius*

THE EFFECTS OF ROW SPACING ON YIELD AND YIELD COMPONENTS OF SAFFLOWER (*Carthamus tinctorius* L.) UNDER THE TOKAT-KAZOVA CONDITIONS

Abstract: Safflower, which is an important oil plant cultivation, there is a trend towards to sowing more density in recent years. The purpose of this study is determine the effects of different row spacing on yield and yield components. The experiment was conducted during 2011-2012 growing seasons in Tokat/Kazova conditions. The research, according to a randomized complete block design with three replications has been carried out; 10, 20, 30, 40, 50 and 60 cm for 6 different row spacing was examined. Sowing density will be 120 plant/m² is arranged. In this study, plant height, first branch height, number of branches, number of heads/plant, number of seed per heads, seed yield, 1000 seed weight, oil content and oil yield properties investigated. According to the results, the highest yield per decar (590,8 kg/da) and the maximum oil yield (185,2 l/da) is obtained from 10 cm row. Yield had increased the narrower row spacing. All properties are decreased with increasing row spacing. Accordingly, 120 plant/m² of safflower seed sowing account has been suggested in the 10 cm row spacing.

Keywords: Safflower, rowspacing, yield, oil rate, *Carthamus tinctorius*

1. Giriş

Aspir dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yetiştirilen bir yağ bitkisidir. Aspir yağı hem yemeklik hem de endüstride kullanılmaktadır. Aspir tohumlarında, %13-46 arasında yağ bulunmakta ve bu yağın yaklaşık %90’ı doymamış yağ asitlerinden (oleik ve linoleik asit) oluşmaktadır (Nagaraj ve ark., 2001). Yağı alındıktan sonra geride kalan küspe ise değerli bir hayvan yemidir (Uysal, 2006).

Ülkemizde yağlı tohumlu bitki olarak büyük oranda ayçiçeğinin tarımı yapılmaktadır. Ancak yağ ihtiyacını karşılayabilmek, gelecekte dış pazarlarda yer alabilmek için yağlı tohumlu bitkilerde ürün çeşitliliğinin ve yağlı tohum üretiminin artırılması gerekmektedir. Aspir içerdiği yağ oranı, yağının kalitesi, yemeklik ve endüstriyel kullanıma uygunluklarıyla üretim desenimiz içerisinde yer alması gereken yağlı tohumlu bitkilerdendir. Türkiye’de son yıllarda aspir tarımı artmakta ve son verilere göre yaklaşık 15500 ha alanda, 19500 ton aspir üretilmektedir (Anon., 2012). Gün geçtikçe üretimi artan aspir bitkisinin verim değerleri istenilen seviyelerin altında kalmaktadır. Türkiye için yeni bir bitki olan aspride yeni çeşit geliştirme çalışmaları devam ederken, tarımsal uygulamalarla ilgilide yeni bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Aspride ekim sıklığına bağlı olarak bitkilerdeki dallanma, tabla sayısı ve verim gibi değerler değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalarda birim alandaki bitki yoğunluğu arttıkça dallanma, bitki başına tabla sayısı ve tablada tohum sayısında azalmalar olurken, tohum veriminde artışlar görülmektedir (Pourhadian ve Khajehpour, 2009). Konuyla ilgili İran’da yapılan bir çalışmada farklı ekim sıklıkları denenmiş ve en fazla verim (319 kg/da) 10 cm sıra arası bitki sıklığından elde edilmiştir (Moghanlou ve ark., 2011). Bir diğer çalışmada ise 30 cm sıra aralığından en yüksek verim (121,4 kg/da) elde edildiği bildirilmiştir (Mohamadzadeh ve ark., 2011). Elfadl ve ark. (2009)’nın yaptığı çalışma da , farklı ekim yoğunluğunun (50, 100 ve 150 bitki/m²) aspirin verim ve verim özelliklerine etkilerini incelemişler ve en yüksek verimin çevre şartlarına göre değişmekle birlikte 100 bitki/m² ‘den elde ettiklerini bildirmişlerdir. Türkiye’de yapılan çalışmalarda farklı bölgelere göre ideal sıra arası mesafelerin 25-40 cm arasında değiştiği ifade edilmektedir (Koç ve Altınel, 1997, Öztürk ve ark., 1999, Kolsarıcı ve Günay, 2002).

Bu araştırma ile Tokat-Kazova’da yetiştirilebilme potansiyeline sahip aspir bitkisinin hangi sıklıkta ekilmesi gerektiği belirlenmeye çalışılmıştır. Böylelikle, başta yöre üreticileri olmak üzere yağlı tohumlu bitkilerde üretim açığı bulunan ülkemiz ekonomisine katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada; Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nden temin edilen ve daha önce yörede Oruç (2014)’un yaptığı adaptasyon çalışmasında “Es-As-1” aspir hattı kullanılmıştır. Araştırma Tokat/Kazova şartlarında 2012-2013 yıllarında iki yıl süreyle Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekerrürlü yazlık olarak yürütülmüştür. Ekimler,

birinci yıl 25 Mart 2012, ikinci yıl 15 Mart 2013’de, m²’ye 120 bitki olacak şekilde, 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 cm sıra aralığında yapılmıştır. Deneme parselleri 4 m uzunluğunda 5’er sıradan oluşmuştur. Dekara 4,8 kg hesabıyla tohumluk kullanılmış olup, her bir sıranın tohumluğu ayrı ayrı tartılarak ekilmiştir. Araştırma süresince herhangi bir sulama yapılmamış, dekara 12 kg N, 6 Kg P₂O₅ ve 6 kg K₂O kullanılmıştır. Deneme parselleri erken gelişme döneminde bir defa çapalanmıştır.

Çalışmada bitki boyu, ilk dal yüksekliği, dal sayısı, tabla sayısı, tabla başına tohum sayısı, bin tane ağırlığı, tohum verimi, yağ oranı ve yağ verimi değerleri incelenmiştir (Uysal., 2006, Erbaş., 2007, Babaoğlu., 2010). Dekara yağ veriminin litre cinsinden hesaplanmasında aspir yağının özgül ağırlığı olan 0,92 katsayısı kullanılmış, yani dekara kg cinsinden yağ verimi 0,92’ye bölünerek l/da’a dönüştürülmüştür. Elde edilen tüm veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuşlardır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada elde edilen verilerin ortalamaları Çizelge 1’de karşılaştırılmıştır. İncelenen özelliklerden bitki boyu, ilk dal yüksekliği, dal sayısı, 1000 tane ağırlığı ve yağ oranları arasında küçük farklılıklar olmasına karşın istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Yani bu özelliklerin ekim sıklıklarından kayda değer düzeyde etkilenmediği anlaşılmıştır.

Çizelge 1. Tokat-Kazova şartlarında 2011 ve 2012 yıllarında yazlık olarak yürütülen aspir denemesinde farklı sıra aralıklarına göre incelenen özelliklerden alınan sonuçlar

Sıra arası (cm)	Bitki boyu (cm)	İlk dal yük. (cm)	Dal sayısı (adet/bitki)	Tabla sayısı (adet/bitki)	Tohum sayısı/tabla	1000 toh. ağı. (gr)	Tohum verimi (kg/da)	Yağ oranı (%)	Yağ verimi (lt/da)
10	82.31	58.71	5.30	8.72 b	22.27 b	40.40	590.76 a	28.81	185.22 a
20	77.61	56.45	5.50	8.63 b	23.90 ab	40.42	438.15 b	29.27	139.54 b
30	79.09	56.80	5.95	8.87 b	25.22 ab	40.02	303.07 c	29.95	99.47 c
40	80.73	55.94	6.10	8.80 b	22.60 b	42.05	265.08 d	29.61	85.70 d
50	82.28	54.33	5.90	10.85 a	26.93 a	41.06	255.04 d	29.50	82.26 d
60	79.31	56.07	6.00	10.08 ab	24.50 ab	38.64	207.80 e	28.84	65.04 d
Ortalama	80.22	56.38	5.79	9.33	24.24	40.43	343.32	29.33	109.54
	öd	öd	öd	*	*	öd	**	öd	**

*p<0,05, **p<0,01

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, en önemli özellik olan tohum veriminin ekim sıklıklarına göre 207.80-590.76 kg/da arasında değiştiği, ortalama verimin 343.32 kg/da olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Sıra aralıklarının artmasıyla dekara verimin arttığı ve en yüksek verimin 590.67 kg/da ile 10 cm sıra aralığındaki ekimlerden alındığı belirlenmiştir. Sıra aralıklarının 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 cm şeklindeki artışa paralel aynı sıra üzerine ekilen tohum sayısının arttığı, ancak bunlarının her birinin düzenli çıkış

yaparak ideal bitkiye dönüşemediği, bundan dolayı birim alandaki bitki sayısının azalmasıyla dekara verimin de azaldığı görülmüştür. Ekim esnasında aynı sıra üzerindeki ekim yoğunluğuna paralel bir şekilde, bitkiler arası rekabetinde etkisiyle bazı bitkilerin çıkış ve gelişme şansı bulamadıklarından sıra üzerlerinde belli ölçüde seyrekleşmelerin olduğu ve her bir sırada hemen hemen birbirine yakın sayıda bitkilerin gelişme şansı bulunduğu gözlenmiştir. Sıra üzerindeki bitki sayılarının benzer olmasından dolayı, sıra aralıklarının artmasıyla parseldeki sıra sayısının ve dolayısıyla dekardaki bitki sayısının daha fazla olduğu görülmüştür. Bu çalışmada dekara verimin oluşumunda verim kriterlerinden ziyade, birim alanda verime dönüşen bitki sayısının artmasının daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca 10 cm sıra aralığında sık ekim yapılan parsellerde yabancı ot gelişiminin olmadığı, bitki yoğunluğunun yabancı ot gelişimine fırsat vermediği, rekabet üstünlüğünden dolayı, yabancı otlara karşı mücadele etme gereğinin de ortadan kalktığı görülmüştür. Sıra aralığı geniş olan parsellerde, çapalamayla mekanik yabancı ot mücadelesine gerek duyulurken, sık ekimlerde buna gerek olmamıştır. Diğer taraftan sık ekimden daha yüksek verim alınmasında, parsellerden evaporasyonla kaybolan suyun da etkili olduğu gözlenmiştir. Şöyle ki, sıra aralıkları geniş olan parsellerden buharlaşmayla su kaybının fazla olmasına rağmen, 10 cm gibi sık ekilen parsellerden su kaybının daha az olmasıyla da verimin olumlu yönde etkilendiği düşünülmektedir.

Tabla sayısı 8.63 (adet/bitki) ile 10.85 (adet/bitki), tabla başına tohum sayısı ise 22.27 (adet/tabla) ile 26.93 (adet/tabla) arasında değişim göstermiştir. Elde edilen tabla sayısı ve tablada tohum sayısı ortalamaları karşılaştırıldığında aradaki farklar istatistiki ($p < 0,05$) olarak önemli bulunmuştur. Sıra arası mesafe arttıkça tabla sayısı ve tabladaki tohum sayısının arttığı belirlenmiştir. Ancak bu artışa rağmen, daha fazla sıra sayısı olan, yani sıra aralıkları daha sık olan parsellerde daha fazla sayıda bitki olduğundan, seyrek sıra aralıklarında ekilen parsellerin verimleri daha düşük olmuştur. Seyrek ekimlerde dallanmanın ve buna bağlı olarak, tabla sayısı ile tabla başına tohum sayısının artması beklenen bir sonuç olup, daha önce yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Zarei ve ark., 2011, Moghanlou ve ark., 2011).

Farklı sıra arası mesafelerin tohum verimi ve yağ verimine etkileri incelendiğinde sıklık arttıkça verimlerin arttığı görülmektedir. Dekara yağ verimi de önemli bir özellik olup, 65.02-185.22 litre arasında değişmiştir. Sıra aralıklarına göre yağ oranlarının çok fazla değişmemesine rağmen, dekara tohum veriminin artmasıyla, yağ veriminin de arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada yağ oranlarında küçük değişimler (% 28.81-29.95) olmasına rağmen istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Sonuç olarak birim alana (m^2 , ye) aynı normda yani aynı sayıda tohum ekilse bile, bu miktarın sıra aralıklarına göre hangi sıklıkta ekildiğinin önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Buna göre Tokat/Kazova şartlarında daha sık aralıklarla (10 cm sıra arası) aspir ekiminin en yüksek tohum ve yağ veriminin alınmasını sağladığı belirlenmiş ve bu çalışmanın sonucuna göre m^2 , ye 120 tohum olacak şekilde 10 cm sıra aralığında ekilmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, 2012. Production Yearbook. Food and Agriculture Statistic. www.fao.org
- Babaoğlu, M., 2010. Aspir Bölge Verim Denemesi Sonuçları Raporu, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Edirne.
- Elfadl, E., Reinbrecht, C., Frick, C., Claupein, W., 2009. Optimization of Nitrogen Rate and Seed Density for Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Production Under Low-input Farming Conditions in Temperate Climate. Field Crops Research, 114: 2–13.
- Erbaş, S., 2007. Aspirde (*Carthamus tinctorius* L.) Sentetik Erkek Kısırlığı Tekniği ile Elde Edilmiş Melez Populasyonlarından Hat Geliştirme Olanakları. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Pourhadianand, H., Khajehpour, M.R., 2009. Effect of row spacing and planting density on some agronomic characteristics of safflower cv. Kooseh local variety form Isfahan in summer planting. Iranian Journal of Crop Science. 11, 4, :381-392.
- Koç, H., Altınel, A., 1997. Aspir 'de Farklı Ekim Sıklığı ve Azot Dozlarının Verim ve Verim Öğelerine Etkisi. Türkiye 2. Tarla Bitkileri Kongresi, Samsun, 251-255.
- Kolsarıcı, Ö., Günay, E., 2002. Effects of different row distances and various nitrogendoses on the yield components of a Safflower variety. Sesame and Safflower Newsletter, 17:108-111.
- Mohamadzadeh, M., Siadat, S. A., Norof, M. S., Naseri, R., 2011. The Effects of Planting Date and Row Spacing on Yield, Yield Components and Associated Traits in Winter Safflower under Rain Fed Conditions. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 10, 2,: 200-206.
- Moghanlou, A. N., Arbat, H. K., Mostafaei, H., Shahbazi, H., Ghanifathi, T., Asl, R. G., 2011. Survey Sowing Date and Density Different, on Seed and Oil Yield Two Cultivar Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Region Ardabil. Middle-East Journal of Scientific Research, 9, 2: 257-261.
- Nagaraj, G., Devi, G.N., Srinivas, C. V. S., 2001. Safflower Petals and Their Chemical Composition. Proc. V. International Safflower Conference, USA.
- Oruç, H., 2014. Seçilmiş bazı aspir (*Carthamustinctorius* L.) hatlarından ümitvar çeşit adaylarının belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
- Öztürk, Ö., Akınerdem, F., Gönülal, E., 1999. Konya ekolojik şartlarında aspirde farklı ekim zamanı ve sıra aralarının tohum ve yağ verimine etkisi. 3. Tarla Bitkileri Kongresi. 15- 18 Kasım, Adana, Cilt 2, 368-371.
- Uysal, N., 2006. Isparta populasyonundan geliştirilen aspir (*Carthamustinctorius* L.) hatlarının tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Zarei, G., Shamsi, H., Fazeli, F., 2011. Effect of planting density on yield and yield components of safflower cultivars in spring planting. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural. Biosystems Science and Engineering. 5, 12.

BAZI YAĞLIK AYÇİÇEĞİ (*Helianthus annuus* L.) ÇEŞİT ADAYI VE ÇEŞİTLERİNİN ERZURUM KOŞULLARINDA ADAPTASYON KABİLİYETLERİNİN BELİRLENMESİ

Aydın Karakuş

Canan Kaya

Fırat Sefaoğlu

Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

İletişim: akarakus9@hotmail.com

Özet: Bu araştırma, bazı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşit adayı ve çeşitlerinin Erzurum koşullarında adaptasyon kabiliyetlerinin belirlenmesi amacıyla sürdürülmüştür. Denemede kontrol olarak 4 adet yağlık ayçiçeği ticari çeşidi (Tunca, Oliva, Sanbro ve Tarsan1018) ve TTAE (Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü) tarafından geliştirilerek ön verim denemelerinde ön plana çıkmış ve üstün performans göstermiş 15 adet çeşit adayı (TTAE2010ERZ1, TTAE2010ERZ2, ... TTAE2010ERZ17) kullanılmıştır. Deneme, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Pasinler Lokasyonu'nda "tesadüf blokları deneme desenine" göre, 4 tekerrürlü kurulmuştur. Çalışmada, %50 çiçeklenme gün sayısı (gün), fizyolojik olum gün sayısı (gün), tabla çapı (cm), bitki boyu (cm), bin tane ağırlığı (g), tane verimi (kg/da), yağ oranı (%) ve yağ verimi (kg/da) gibi değerler belirlendi. En yüksek tane verimi Tunca çeşidinden (480 kg/da), en düşük tane verimi 280 kg/da ile TTAE2010ERZ12'den elde edildi. En yüksek yağ oranı Tunca çeşidinden (% 43), en düşük yağ oranı ise % 35 ile TTAE2010ERZ4'den elde edildi. En yüksek yağ verimi Tunca çeşidinden (206 kg/da), en düşük yağ verimi ise 103 kg/da ile TTAE2010ERZ12'den elde edildi.

Anahtar Kelimeler: Yağlık ayçiçeği, *Helianthus annuus*, tabla çapı, tane verimi, yağ oranı.

A RESEARCH AN THE DETERMINATION OF THE ADAPTABILITY OF SOME OIL SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) VARIETIES AND CANDIDATE VARIETIES IN ERZURUM CONDITIONS

Abstract: This research was carried out to determine the adaptability some oil sunflower (*Helianthus annuus* L.) candidate varieties and varieties in Erzurum conditions. In this study, four commercial varieties of sunflower oil (Tunca, Oliva, Sanbro and Tarsan1018) as control and 15 candidate varieties (TTAE2010ERZ1, TTAE2010ERZ2, TTAE2010ERZ17) showing superior performance in preliminary yield trial and developed by Trakya Agricultural Research Institute (TTAE) were used. This study was designed in randomized complete bloks with four replications on Eastern Anatolia Agricultural Research Institute Pasinler Location. It was tried to have been determined yield components such as the number of days to 50% flowering (day), aging period (day), head diameter (cm), plant height (cm), 1000 seed weight (g), seed yield (kg/da), oil rate (%) and oil yield (kg/da). The highest seed yield (480 kg/da) was produced by Tunca variety, the lowest (280 kg/da) by TTAE2010ERZ12 variety. The highest oil rate (43%) was produced by Tunca variety, the lowest (35%) by TTAE2010ERZ4 variety. The highest oil yield (206 kg/da) was produced by Tunca variety, the lowest (103 kg/da) by TTAE2010ERZ12 variety.

Key Words: Sunflower oil, *Helianthus annuus*, head diameter, seed yield, oil rat

1. Giriş

Ayçiçeği (*Helianthus annuus*) *Compositae* familyasından değerli bir yağ bitkisidir. Dünyada ve ülkemizde artan nüfusa paralel olarak ülkemizin bitkisel yağ ihtiyacı giderek artmakta, bu durum ayçiçeğini en önemli bitkisel yağ kaynaklarından biri konumuna getirmektedir. Ülkemizde genelde insan beslenmesinde kullanılan bitkisel yağların %48.4'ü ayçiçeğinden karşılanmaktadır (Kaya, 1999). Yağlı tohumlular arasında adaptasyonu en yüksek tür olup, çok farklı çevre şartlarına kolaylıkla uyum sağlamaktadır. Ayçiçeğinin bakım ve hasat işlerinin mekanizasyonu ve birim alandan yeterli düzeyde verim alınması ayçiçeği tarımını ön plana çıkarmaktadır (Çil ve ark., 2011).

Ülkemizde özellikle her yıl hissedilir derecede artarak devam eden bitkisel yağ açığımız, bugün bitkisel yağ sanayimizin, dolayısıyla ülke ekonomimizin önemli problemleri içerisinde yer almaktadır. Üretim artışının talepteki artış hızını yakalayamaması; Türkiye'yi hem yağ hem de yağlı tohum ithalatçısı haline getirmiştir. Nüfusun giderek artması yağ tüketimindeki artışı da beraberinde getirecek ve üretim aynı seviyede kalırsa, ithalattaki artış kaçınılmaz olacaktır.

Ülkemizde ekim alanlarının %70'den fazlası Trakya Bölgesinde olmakla birlikte son yıllarda üretimi başta İç Anadolu ve Karadeniz olmak üzere Çukurova ve Geçit bölgelerinde giderek artmaktadır. Yağlık Ayçiçeği Doğu Anadolu Bölgesinde sulanabilir alanlarda önemli bir münavebe bitkisi olabileceği düşünülmektedir. Küşesi değerli bir hayvan yemi olan yağlık ayçiçeği üretiminin artması ile ayrıca bölgede ki yem fabrikalarına hammadde sağlanmasında önemli bir unsur olacaktır. Bu durum bölgede önemli bir geçim kaynağı olan hayvancılığa destek verirken, mevcut fabrikaların kapasite arttırması ve yeni tesislerin açılması işsizliği önlemede katkı sağlayacaktır. Bitkisel üretimin artması ve buna paralel olarak tarımsal sanayinin bölgede gelişmesi istihdam sağlayarak göçü nispeten önleyebilecek unsurlardan birisi olacaktır.

Doğu Anadolu bölgesinde yağlık ayçiçeği yetiştiriciliğine yönelik yapılan birçok çalışma bölge için iyi bir alternatif münavebe bitkisi olabileceğini göstermektedir (Kara, 1986; Oral ve Kara, 1989; Kara,1991; Arslan ve ark., 2000; Özer ve ark., 2003; Tozlu ve ark., 2008; Sefaoğlu ve ark., 2009; Yıldız ve ark., 2009; Albayrak, 2014).

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma TTAE (Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü) tarafından geliştirilen ve ön verim denemelerinden seçilmiş olan 15 adet çeşit adayı (TTAE2010ERZ1, TTAE2010ERZ2, TTAE2010ERZ2, TTAE2010ERZ3, TTAE2010ERZ4, TTAE2010ERZ5, TTAE2010ERZ6, TTAE2010ERZ8, TTAE2010ERZ9, TTAE2010ERZ11, TTAE2010ERZ12, TTAE2010ERZ13, TTAE2010ERZ14, TTAE2010ERZ15, TTAE2010ERZ16, TTAE2010ERZ17)

ve 4 adet kontrol çeşitle (Tunca, Oliva, Sanbro ve Tarsan1018) 2011 yetiştirme sezonunda yapılmıştır. Deneme, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Pasinler deneme istasyonunda “tesadüf blokları deneme desenine” göre, 4 tekerrürlü ve sıra arası 70 cm, sıra üzeri 30 cm olacak şekilde kurulmuştur. Ekimde parsel uzunluğu 8.1 m, parsel genişliği 2.8 m (0.70x4 sıra), hasatta ise sıra uzunluğu 7.5 m (parsel başlarından 1'er bitki kenar tesir olarak değerlendirilmiştir), parsel genişliği 1.4 m (0.70*2sıra) alınarak değerlendirme ve ölçümler yapılmıştır. Deneme sulu şartlarda yürütülmüştür.

Araştırmadan elde edilen verilerin varyans analizleri JMP 7.0 (Copyright © 2007SAS Institute Inc.) paket programı kullanılarak yapılmış, önemli bulunan faktör ortalamaları LSD testi ile gruplandırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu araştırmanın sonuçlarına göre, incelenen özellikler bakımından ayçiçeği genotipleri arasında önemli farklılıkların oluşunu ve incelenen tüm özelliklerin ortalama değerleri ile bu ortalamaların istatistikî olarak arz ettiği önem ($P<0.05$ veya $P<0.01$) Çizelge 1'de verilmiştir. Denemeye alınan ayçiçeği genotiplerinde;

%50 Çiçeklenme gün sayısı

İncelenen genotiplerde %50 çiçeklenme gün sayısı (72.75-77) arasında olmuştur. En erken çiçeklenme TTAE2010ERZ2 (72.75 gün) çeşit adayında ölçülürken, en geç %50 çiçeklenme gün sayısı Oliva çeşidi ve TTAE2010ERZ12 çeşit adayında (77 gün) elde edilmiştir. %50 çiçeklenme gün sayısı, bitkilerin olgunlaşma süresini belirlemede kullanılan en önemli özelliklerden biridir (Kaya 2001). Farklı çeşitlerle yürütülen çalışmalarda, deneme sonuçlarına benzer şekilde ayçiçeğinin % 50 çiçeklenmesi için gerekli gün sayısının 64-86 gün (Albayrak, 2014; Çil ve ark., 2011; Çil ve ark., 2011a; Evci ve ark., 2011; Sefaoğlu ve ark., 2009) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. %50 çiçeklenme gün sayısı bakımından tespit edilen farklılıklar çeşitlerin genetik özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Fizyolojik olum gün sayısı

Ayçiçeği genotiplerinde fizyolojik olum tarihleri incelendiğinde, en erken hasat edilen TTAE2010ERZ6 çeşit adayı (124.50 gün), en geç hasat edilen ise TTAE2010ERZ16 nolu çeşit adayı (128.75 gün) olmuştur. Bitkilerin olgunlaşma süresi üzerine, fotoperiyot, gün uzunluğu, enlem dereceleri ve en fazla olarak da sıcaklık etkili olmaktadır. Bitkilerin çoğunda olduğu gibi ayçiçeğinde de sıcaklık bu süreyi belirleyen en önemli faktör olduğu birçok araştırmada ortaya konulmuştur (Çalışkan, 1988; Boujghagh, 1993; Gupta ve ark., 1994; Bange ve ark., 1998). Ayrıca çeşitlerin yetiştirme sürelerinin farklı bulunmuş olması genetik yapıdan kaynaklanmış olabilir. Bulunan bu sonuçlar

bölgede daha önce Kara (1986), Oral ve Kara (1989), Özer (1999) ve Sefaoğlu ve ark. (2009) tarafından yapılan araştırma sonuçları ile uyum göstermektedir. Yine ayçiçeği çeşitleriyle yapılan çalışmalarda (Zürer ve Bachofen, 1985; Kara, 1986; İlbaş ve ark., 1996) yetiştirme sürelerinin 110-137 gün arasında değerler aldığı belirlenmiş olup, çalışmadan elde edilen sonuçlar bu araştırmacıların bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Bitki boyu ve tabla çapı

Çalışmada en yüksek bitki boyu TTAE2010ERZ15 çeşit adayında (161.37 cm) çeşit adayında ölçülürken, en kısa değer Oliva (122.47 cm) çeşidinden elde edilmiştir. Yapılan farklı araştırmalarda (Kara, 86; Sefaoğlu ve ark., 2009; Çil ve ark., 2011; Evci ve ark., 2011; Albayrak, 2014) bitki boyları 108-216 cm arası çıkmıştır. Çalışma bulguları araştırmacıların bildirdiği sonuçlarla uyum içerisinde. Çalışmalar arasında az çok görülen farklılıkların nedeni, kullanılan genotiplerin gen yapısına ve ekolojik faktörlerin farklılığına bağlanabilir.

Tabla çapı 15.37-18.77 cm arasında değiştiği halde genotipler arasında istatistiki olarak fark çıkmamıştır. Farklı çalışmalarda tabla çaplarının 13-24 cm arasında değiştiği bildirilmiştir (Oral ve Kara, 1989; Kara, 1991; Kara, 2006; Sefaoğlu ve ark., 2009; Acar ve ark., 2011; Çil ve ark., 2011; Evci ve ark., 2011; Albayrak, 2014).

Bin tane ağırlığı

Genotiplere göre bin tane ağırlığı 49.41-73.48 g arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en yüksek bin tane ağırlığı TTAE2010ERZ15 çeşit adayında, en düşük bin tane ağırlığı ise TTAE2010ERZ1 çeşit adayında saptanmıştır. Yapılan farklı araştırmalarda (Çil ve ark., 2011; Evci ve ark., 2011; Sefaoğlu ve ark., 2009; Yıldız ve ark., 2009; Kara ve ark., 2013 ve Albayrak, 2014) bin tane ağırlıkları 38-83 gr arası çıkmıştır. Bu çalışmadan elde edilen değerler yazarların bildirdiği sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bin tane ağırlıklarındaki rakamsal farklılıkların, çeşitlerin genetik yapısından, uygulanan yetiştirme tekniklerinden, iklim ve ekim zamanından meydana gelebileceği bildirilmiştir (Oral ve Kara, 1989; Esechie ve ark., 1996).

Tane verimi

Genotiplere göre ortalama tane verimi 279.82-480.62 kg/da arasında değişim göstermiştir. En yüksek tane verimi Tunca çeşidi (480.62 kg/da) ve TTAE2010ERZ4 çeşit adayında (469.81 kg/da) kaydedilirken, en düşük tane verimi değeri TTAE2010ERZ12 çeşit adayında (279.82 kg/da) belirlenmiştir. Ayçiçeğinin tane verimi çeşit ve çevre şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Çeşitlerin tane veriminin farklı olması genotipik yapılarının farklılığından kaynaklanmaktadır. Bir başka ifadeyle çeşitlerin verim potansiyeline bağlıdır. Çeşit farklılıklarının oluşmasında ekolojik faktörlerin ve yetiştirme koşullarının

da dikkate alınması gerekmektedir (Sefaoğlu ve ark., 2009). Farklı genotiplerle benzer ve değişik ekolojilerde yapılan çalışmalarda dekara tane verimi (131-500 kg/da) arasında bulunmuştur. (Oral ve Kara, 1989; Kara, 1991; Kara, 2006; Tozlu ve ark., 2008; Sefaoğlu ve ark., 2009; Acar ve ark, 2011; Çil ve ark., 2011a; Çil ve ark., 2011; Evcı ve ark., 2011; Kyrychenko ve Kolomatska, 2011; Albayrak, 2014). Oluşan bu verim farklılıklarının, ekolojik şartlar, ekim zamanları, bakım, kültürel işlemler ve genetik farklılıklardan oluştuğu düşünülmektedir.

Yağ oranı ve yağ verimi

Çalışmada en yüksek yağ oranı Tunca çeşidi ve TTAE2010ERZ1 çeşit adayından (%43) alınırken, en düşük yağ oranı TTAE2010ERZ4 çeşit adayından (%35) alınmıştır. Yağ verimi ise, 103.25-206.70 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek dekara yağ verimi Tunca çeşidinden (206.70 kg/da), en düşük dekara yağ verimi ise TTAE2010ERZ12 çeşit adayından (103.25 kg/da) elde edilmiştir. Farklı araştırmalarda yağ oranları (%31-54) ve yağ verimleri (82-199 kg/da) arasında bulunmuştur (Oral ve Kara, 1989; Kara, 1991; Kara, 2006; Tozlu ve ark., 2008; Sefaoğlu ve ark., 2009; Acar ve ark, 2011; Çil ve ark., 2011a; Çil ve ark., 2011; Evcı ve ark., 2011; Kyrychenko ve Kolomatska, 2011; Albayrak, 2014). Bütün yağ bitkilerinde ekonomik açıdan en önemli verim kriteri yağ verimidir. Tane verimi ve yağ oranının bir bileşkesi olan yağ verimi, çeşit özelliği olarak ortaya çıktığı gibi, tane verimi ve yağ oranını etkileyen tüm yetiştirme şartları ve ekolojik faktörlerin de etkisi altında kalabilir. Yağ verimi ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda yüksek tane verimi ve yağ oranının erken ekimlerden elde edildiği ve ekim zamanının gecikmesi ile söz konusu verim özelliklerine bağlı olarak yağ veriminin azaldığı vurgulanmaktadır (Albayrak, 2014). Çalışmada elde edilen sonuçlar ile araştırmacıların elde ettiği sonuçlar arasında benzerlikler ve farklılıklar görülebilmektedir. Oluşan farklılıkların Albayrak (2014)'in belirttiği sebeplerden oluşabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 1. Denemeye alınan ayçiçeği çeşitlerinin incelenen özelliklere ait ortalama değerler

Çeşit adayı/ Çeşit ismi	%50 çiçeklenme (gün)		Fizyolojik olum (gün)		Bitki boyu (cm)		Tane verimi (kg/da)		Bin tane ağırlığı (g)		Yağ verimi (kg/da)		T. yağ oranı (%)
OLİVA	77.00	A	127.25	AC	122.47	H	350.42	EH	68.94	AC	140.52	CF	40
SANBRO	75.00	BE	126.00	BF	151.97	AD	438.63	AB	70.84	AB	164.05	B	38
TARSAN1018	76.00	AC	127.75	AB	134.27	FH	407.12	BD	66.79	BD	165.04	B	41
TTAE2010ERZ1	76.00	AC	126.00	BF	143.40	BG	373.35	DG	49.41	G	161.28	BC	43
TTAE2010ERZ11	73.75	DF	126.50	BE	139.95	BG	351.02	EH	60.14	EF	137.95	DF	39
TTAE2010ERZ12	77.00	A	124.75	EF	133.90	FH	279.82	I	63.63	CE	103.25	H	37
TTAE2010ERZ13	76.25	AC	127.25	AC	143.30	BG	398.81	BE	49.54	G	147.16	BE	37
TTAE2010ERZ14	75.50	AD	128.50	A	153.25	AB	378.95	CG	69.88	AB	153.09	BD	40
TTAE2010ERZ15	76.50	AC	128.50	A	161.37	A	392.12	BF	73.48	A	160.38	BC	41
TTAE2010ERZ16	76.25	AC	128.75	A	151.77	AE	431.52	AC	61.72	DE	158.80	BD	37
TTAE2010ERZ17	73.50	EF	125.00	EF	130.30	GH	337.22	GH	63.16	CE	121.40	FH	36
TTAE2010ERZ2	72.75	F	125.25	DF	143.27	BG	395.81	BF	59.41	EF	159.11	BD	40
TTAE2010ERZ3	74.75	CE	125.00	EF	136.97	CH	375.38	DG	58.08	EF	141.89	CF	38
TTAE2010ERZ4	76.00	AC	127.00	AD	149.47	AF	469.81	A	60.97	DF	163.96	B	35
TTAE2010ERZ5	73.50	EF	125.25	DF	144.82	BG	342.68	FH	63.01	DE	127.82	EG	37
TTAE2010ERZ6	73.50	EF	124.50	F	136.42	DH	342.18	FH	49.59	G	125.24	FG	37
TTAE2010ERZ8	73.75	DF	125.25	DF	144.60	BG	333.04	GI	55.45	F	130.88	EF	39
TTAE2010ERZ9	75.50	AD	125.75	CF	136.15	EH	296.88	HI	63.35	CE	108.36	GH	37
TUNCA	76.75	AB	127.75	AB	152.30	AC	480.62	A	71.24	AB	206.70	A	43
Önem derecesi	Hatlar	**		**		**		**		**		**	
	Tekerrür	*		**		**		**		**		**	
Ortalama		75.22		126.42		142.63		377.65		62.04		146.15	
C.V. (%)		1.8		1.00		7.7		10.2		6.6		10.4	
LSD (%)		1.96		1.74		15.72		54.58		5.83		21.47	

*istatistiki olarak %5'te önemli (P<0,05); **istatistiki olarak %1'de önemli (P<0,01)

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

4. Sonuç

Denemeden elde edilen sonuçlara göre incelenen bitkisel ve tarımsal özellikler bakımından yağlık ayçiçeği genotipleri arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Araştırmada kullanılan ayçiçeği genotiplerinde en yüksek yağ verimi Tunca, Sanbro, Tarsan1018 ve TTAE2010ERZ4 genotiplerinden alınmıştır. Erzurum ekolojik koşullarında bir yıl süre ile yürütülen çalışma neticesinde kullanılan yağlık ayçiçeği genotiplerinden Tunca, Sanbro, TTAE2010ERZ4 ve Tarsan1018 genotiplerinin önerilebilecek genotipler olduğu söylenebilir. Ayrıca, verimli bölgeye uyum sağlamış yeni çeşitler kullanılarak, uygun zamanda ekim, doğru bakım ve kültürel teknikler uygulandığında yağlık ayçiçeği bitkisinin Erzurum ekolojisinde sulu şartlarda iyi bir münavebe bitkisi olabileceği kanaatine varılmıştır.

Kaynaklar

- Acar, M., Gizlenci, Ş., Öner, E.K., 2011. Sunflower breeding studies in blacksea area. Sunflower breeding and adaptation studies in Çukurova region. International Symposium On Sunflower Genetic Resources. October 16 – 20, 2011. S.47. Kuşadası, İzmir, Turkey.
- Albayrak, Ş.N., 2014. Ekim zamanlarına göre uygulanan değişik azotlu gübre formlarının yağlık ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurlarına etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- Arslan, B., Altuner, F., Ekin, Z., 2000. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü, 65080, Van Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi, 464-467s.
- Bange, M.P., Hammer, G.L., Rickert, K.G., 1998. Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. Agronomy Journal, 90 (3): 324-328.
- Boujghagh, M., 1993. Performance of two sunflower genotypes sown in winter and spring in the Saiss-Fes region. *Al-Awamia*, 83 : 29-58.
- Çalışkan, C., 1988. Ayçiçeğinde farklı ekim zamanlarının çeşitlerin fizyoloji, verim ve kalite özelliklerine etkileri. Ege Üniversitesi, Ziraat Fak. Dergisi, 3: 117- 131.
- Çil, A., Çil, A.N., Evci, G., Kılı, F., 2011. Bazı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus*L.) hibridlerinin çukurova koşullarında bitkisel ve tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. “Türkiye IX. Tarla Bitkileri Kongresi” 12-15 Eylül 2011, Bursa, S.84.
- Çil, A.N., Çil, A., Evci, G., Kaya, Y., 2011a. Sunflower breeding and adaptation studies in Çukurova region. International Symposium On Sunflower Genetic Resources. October 16 – 20, 2011, Kuşadası, İzmir, Turkey, S.53.
- Esechie, H.A., Elias, S., Rodribez, V., and Alasmi, H.S., 1996. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to planting pattern and population density in a desert climate. J. Of Agric. Sci., Camb., 126: 455-461.
- Evci, G., Pekcan, V., Yılmaz, İ.M., Kaya, Y., Şahin, İ., Cıta, N., Tuna, N., Ay, O., Pilaslı, A., 2011. Ayçiçeğinde (*Helianthus annuus* L.) yağ kalitesi ve verim öğeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Türkiye IX. Tarla Bitkileri Kongresi, Bursa, S.279.

- Gupta, S., Subrahmanyam, D., Rathore, V.S., 1994. Influence of sowing dates on yields and oil quality in sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 172 (2): 137-144.
- İlbaş, A.İ., Yıldırım, B., Arslan, B., Dede, Ö., Günel, E., 1996. Van ekolojik koşullarında bazı ayçiçeği çeşitlerinin verimi ve önemli tarımsal özellikleri üzerinde bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6: 189-203.
- Kara, K., 1986. Erzurum ekolojik koşullarında bazı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annus* L.) çeşitlerinin fenolojik, morfolojik özellikleriyle verim ve verim öğeleri üzerinde bir araştırma.
- Kara, K. 1991. Bazı yerli ve yabancı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annus* L.) çeşitlerinin zirai karakterleri üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 62-77.
- Kara, K., Öztürk, E., Polat, T., 2013. Farklı yetiştirme sürelerine sahip yağlık ayçiçeği çeşitlerinin kuru ve sulu koşullarda kışlık (dondurma) ve yazlık olarak yetiştirilmesi üzerine bir araştırma. *Türkiye 10.Tarla Bitkileri Kongresi*, 10-13 Eylül, Konya. (Basımda)
- Kaya, Y., 1999. Hibrit ayçiçeği çeşit geliştirme projesi. *Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü*, Edirne.
- Kaya, Y., 2001. Edirne koşullarında ayçiçeği hibritlerinin farklı yıllarda olgunluk açısından gün derece toplamları kullanılarak değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi*, 17 – 21 Eylül, Tekirdağ, 367-372.
- Kyrychenko, V.V., Kolomatska, V.P., 2011. Results of the scientific program for sunflower breeding. *Sunflower Breeding And Adaptation Studies In Cukurova Region. International Symposium On Sunflower Genetic Resources*, October 16 – 20, 2011, Kuşadası, İzmir, Turkey, S.26.
- Oral, E., Kara, K., 1989. Erzurum ekolojik koşullarında bazı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitleri üzerinde bir araştırma. *Doğa TU Tar. ve Or. C. 13*, Erzurum, S.2.
- Özer, H., 1999. Bazı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annus* L.) çeşitlerinin erzurum ekolojik koşullarında adaptasyonu ve önemli tarımsal özelliklerinin incelenmesi. (Yüksek lisans tezi, Basılmamış). *Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Özer, H., Öztürk, E., Polat, T., 2003. Determination of the agronomic performances of some oilseed sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids grown under erzurum ecological conditions. *Turk. J. Agric. For.*, 27: 199-205.
- Sefaoğlu, F., Özer, H., Öztürk, E., Polat, T., 2009. Erzurum ekolojik koşullarında bazı yağlık ayçiçeği çeşitlerinin adaptasyonu ve önemli tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*. 19-22 Ekim 2009, Hatay/Türkiye.
- Tozlu, E., Dizikisa, T., Kumlay, A.M., Okçu, M., Pehlivan, M., Kaya C., 2008. Erzurum-Pasinler ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) hibridlerinin agronomik performanslarının belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(4): 359-364.
- Yıldız, G., Özer, H., Polat, T., Öztürk, E., Sefaoğlu, F., 2009. Farklı ekim zamanlarının yağlık ayçiçeğinin verim ve tarımsal özellikleri üzerine etkisi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*, 19-22 Ekim 2009, Hatay/Türkiye.
- Zürren, H., Bachofen, R., 1985. Yields of three cultivars of sunflower in Switzerland. *Biomass*, 7: 297- 302.

SAMSUN'DA TARIMSAL FAALİYETLER SONUCU AÇIĞA ÇIKAN BAZI TARIMSAL ATIKLARDAN ELDE EDİLEN BRİKETLERİN ÖZELLİKLERİ

Gürkan A. K. Gürdil¹ Bahadır Demirel¹ Mustafa Acar² Mahmut Dok²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Kurupelit
Kampüsü, Atakum/Samsun

²Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Enerji Tarımı Araştırma Merkezi,
Samsun Ordu Karayolu Gelemen, Tekkeköy/Samsun

Özet: Enerjinin önemini her geçen gün biraz daha fazla hissettirdiği günümüzde, tarımsal faaliyetler sonucu açığa çıkan tarımsal atıkların değerlendirilerek briket haline getirilmesi, geleneksel fosil yakıtlara alternatif bir yakıt kaynağı oluşturacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, Samsun'da tarımsal faaliyetler sonucu açığa çıkan fındık zurufu, mısır ve ayçiçeği sapı tarımsal atıkları kullanılmıştır. Kurutma işleminden sonra %8-10 nem aralığına sahip tarımsal atıklar 5 mm öğütme inceliği altında küçültülüp 100 bar sıkıştırma basıncında briketler elde edilmiştir. Fındık zurufu, ayçiçeği ve mısır sapı tarımsal atıkları için elde edilen briketlerin sırası ile ortalama alt ısı değerleri; 4746 cal/g, 3634 cal/g, 3935 cal/g kül içeriği değerleri; %8.59, %19.8, %9.42 ve baca gazı emisyon değerleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Briket, enerji, tarımsal atık

DETERMINATION OF SOME PARAMETERS OF BRIQUETTES MADE FROM AGRICULTURAL RESIDUES IN SAMSUN

Abstract: Converting the residues from agricultural production to solid biofuels in forms of briquettes is thought to be an alternative way of energy source to fossil fuels in today's life where we feel the importance of energy deeply day by day. Hazelnut husk, cornstalk and sunflower stalks were used in this research as an agricultural residue obtained after harvesting. The materials were dried up to 8-10% moisture content and they were grinded into 5 mm size and were pressed under 100 bar pressure in order to form briquettes. Heating values of hazelnut husk, corn and sunflower stalk briquettes were 4746 cal.g⁻¹, 3634 cal.g⁻¹ and 3935 cal.g⁻¹, respectively. Ash contents were 8.59%, 19.8% and 9.42%, respectively. Chimney gas emission values were also analyzed.

Keywords: Briquette, energy, agricultural residue.

1. Giriş

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirleyen ve sanayinin olduğu kadar halkın günlük yaşantısının da en önemli girdilerinden biri olan enerji, bilindiği gibi kömür, petrol, doğalgaz vb. gibi fosil kökenli kaynaklardan ve güneş, rüzgâr, su vb. gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir (Şahin, 2008; Bilgili ve ark., 2010). Fakat hızlı nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme ve yaşam kalitesinin yükselmesi ile enerji tüketimi artmış; bu durum fosil kaynaklarının hızla tükenmesine ve çevre kirliliğine neden olmuştur. Enerji faaliyetlerindeki en önemli çevre sorunları genellikle sanayide, ısınmada,

ulaşımda ve elektrik üretiminde fosil yakıtların kullanımından kaynaklanmaktadır. Fosil kaynakları kullanımının üretim aşamasından kullanıma hazırlanması, taşınması, dağıtımı ve tüketimine kadar yapılan uygulamalar esnasında birçok olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır. Bunları; hava, çevre, deniz kirliliği; iklim değişiklikleri; küresel ısınma; nükleer atık sorunları; endüstriyel atıklar; enerji darboğazı ve ekonomik durgunluk; elektrik enerjisi ve yakıt fiyatlarının sürekli artması; işsizlik; dışa bağımlılık; savaşlar vb. olarak sıralamak mümkündür. Bu gibi olumsuz etkiler, enerji tasarrufuna, mevcut kaynakların verimli kullanımına, enerjinin geri kazanılmasına ve yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik verilmesini zorunlu hale getirmektedir (Oskay, 2014).

Ayrıca, son yıllarda dünya gündemini meşgul eden en önemli sorunlardan biri çevre problemleridir. Fosil yakıtların yanmasıyla bazı sera gazları; karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), azotoksit türevleri (NO_x), ozon (O_3), kükürtoksit türevleri (SO_x), kükürthekzaflorür (SF_6) gibi gazlar ve su buharı çevreye salınmaktadır. Küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin en büyük nedeni CO_2 salınımının sınırlandırılmamasıdır. Kişi başına düşen CO_2 salınımı yıllık ortalama 5.4 tondur. İklim bilimcilerine göre 2050 yılına kadar CO_2 salınımının kişi başına 2 tona kadar düşürülmesi gerekmektedir. Ayrıca mevcut fosil yakıt kaynaklarının gelecekteki talebi karşılayamayacağı düşüncesi enerji fiyatlarında sürekli olarak artışa neden olmaktadır (Calkins, 2009, Inderwildi ve King, 2009, Özçifçi ve Özbay, 2013).

Doğal dengenin korunması için enerjiyi sürekli, güvenilir, ucuz, temiz, kaliteli ve yerli yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamak ve verimli kullanmak son derece önemlidir. Bu yüzden, gelişen teknoloji ve artan enerji ihtiyacı ile birlikte bütün ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması ve yaygınlaştırılmasını gerektirmektedir.

Biyokütle tanım olarak, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu meydana gelen biyolojik kütle ve buna bağlı organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır (Polat ve Aksu, 2009). Biyokütle genel olarak bitki veya hayvan kaynaklı hidrokarbon içeren maddelerdir ve çoğunlukla organik içeriklidir. Biyokütlenin çeşidine bağlı olarak içeriğindeki inorganik madde miktarı değişebilir. Çoğu biyokütle kaynağı bitkilerden oluşur. Bitkilerin atmosferden CO_2 ve topraktan su alarak; bunları karbohidratlara dönüştürmesiyle biyokütle meydana gelir (Kantarelis ve Zabaniotou, 2009, Özçifçi ve Özbay, 2013).

Biyokütle kaynakları bakımından zengin bir potansiyele sahip olan ülkemizde, yılda ortalama 50 milyon ton çeşitli tarımsal ürün artığı üretilmektedir. Bunu enerji değerinin 4.1017 kJ/yıl olduğu ve toplam enerji tüketimimizin %17’sini karşılayabileceği tahmin edilmektedir (Alibaş ve Ünal, 1995). Ayrıca tarımsal ürün artıklarının enerji kaynağı olarak değerlendirilebilmesinde ve çevreye olan etkilerinin belirlenmesinde ısı değer, kül içeriği ve baca gazı emisyon değerlerinin bilinmesi gereklidir.

Bu çalışmada, Samsun’da tarımsal faaliyetler sonucu açığa çıkan fındık zurufu, mısır ve ayçiçeği sapı tarımsal atıkları kullanılarak 100 bar sıkıştırma basıncı altında briketler elde edilmiştir. Elde edilen briketlerin ısı değeri, kül içeriği ve baca gazı emisyon değerleri tespit edilmiştir ve ayrıca bu atıklardan elde edilen briketlerin alt ısı değeri ve kül içerikleri mevcut yakıtlarla karşılaştırılmıştır.

2. Türkiye Tarımsal Atık Potansiyeli

Türkiye’nin toplam tarımsal alanı, yaklaşık 38.5 milyon hektardır. Bu tarımı yapılan alanların % 40.2’si ekili alan, % 11’i nadas alanı ve % 10.4’ü meyve, sebze, zeytin ve bağ alanıdır (TUİK, 2013). Oldukça tarımsal atık çeşitliliğine sahip ülkemizde yıllık yaklaşık çıkan atık miktarı 50 milyon ton civarındadır, ancak bu kaynak yeterince iyi değerlendirilememektedir. Tarımsal atıklar genelde tarlalarda bırakılmakta veya hasat ertesi yakılmaktadır (Akpınar ve ark., 2009). Türkiye’de modern biyokütle enerjisinin kullanılmaya başlanması ülke ekonomisi ve çevre kirliliği açısından oldukça faydalıdır. Birçok ülke kendi ekosistemlerine elverişli olan tarımsal ürünlerden alternatif enerji elde etmektedir (Yıldırım, 2003). Türkiye dünya fındık üretiminde birinci sıradadır. Türkiye İstatistik Kurumunun verdiği bilgilere göre 660 bin ton kabuklu fındık üretimi ile Türkiye en yakın takipçisi İtalya’nın (85 bin ton) yaklaşık 6 katı fındık üretimine sahiptir (Anon 1, 2014). Fındık endüstrisi atıklarından fındığın sert kabuğunu saran fındık zurufunun bir miktarı köy yerlerinde hayvanlara altlık olarak kullanılmaktadır ancak, önemli bir kısmı herhangi bir şekilde değerlendirilmeyip çoğunlukla rastgele yakılıp bertaraf edilmektedir.

Çizelge 1. Dünya fındık üretimi (Anon 1, 2014, Anon 2, 2014).

Dünya Fındık Üretimi (Kabuklu/Ton)									
Ülke	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	ORT.
Türkiye	530.000	661.000	530.000	800.791	500.000	600.000	430.000	660.000	588.974
İtalya	65.000	138.000	95.000	125.000	85.000	87.200	140.000	85.000	102.525
Azerbaycan	27.986	25.000	30.800	40.000	30.000	25.000	55.000	45.000	34.848
Gürcistan	16.393	14.000	25.000	35.000	27.000	40.000	30.000	40.000	28.424
ABD	25.400	39.010	33.570	36.280	42.600	24.500	35.000	36.000	34.045
İspanya	20.000	28.000	18.000	26.000	18.000	20.000	22.000	16.000	21.000
Diğerleri	47.876	52.244	48.880	5.900	20.000	27.000	27.000	27.000	31.988
Toplam	732.655	957.254	781.250	1.068.971	722.600	823.700	739.000	909.000	841.804

Çizelge 2. Türkiye’deki toplam tarla ürünleri üretimi ve atık miktarları (Başçetinçelik, 2005).

Ürünler	Atıklar	Üretim (ton)	Alan (ha)	Kullanılabilir Atık (ton)	Toplam Isıl Değer (GJ)
Buğday	Saman	22 439 042	9 424 785	3 514 486	62 909 300
Arpa	Saman	8 327 457	3 732 992	1 344 452	23 527 908
Çavdar	Saman	253 243	145 907	53 706	939 855
Yulaf	Saman	322 830	150 459	48 185	838 425
Mısır	Sap	2 209 601	565 109	2 982 155	55 169 873
	Saman			1 144 384	21 056 667
Pirinç	Saman	331 563	59 879	125 719	2 099 510
	Kabuk			62 198	807 327
Tütün	Sap	181 382	222 691	246 467	3 968 113
	Çırcır atığı			585 776	9 167 391
Ayçiçeği	Sap	836 269	545 963	1 355 472	19 247 709
	Kabuk			22 910	475 155
Soya	Saman	28 795	15 064	13 123	254 595

3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma; Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü ve Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Enerji Tarımı Araştırma Merkezi laboratuvarlarında yapılmıştır. Araştırmada materyal olarak; Karadeniz Bölgesinde tarımı yapılan fındık zurufu, mısır ve ayçiçeği tarımsal atıkları kullanılmıştır. Hasat ve harmanlama sonrası ortaya çıkan bu tarımsal atıklar doğal şartlarda nem oranı % 8-10’un altına düşene kadar kurutulmuştur. Bu ürünlere ait nem içerikleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Atıklara ait nem içeriği değerleri.

Tarımsal ürün	Nem içeriği (%)
Fındık zurufu	8,59
Mısır sapı	9,62
Ayçiçeği sapı	9.73

Materyaller öncelikle çekiçli değirmen yardımıyla parçalanarak parçacık boyutları 5 mm’nin altında küçültülmüştür. Öğütülen materyaller briket elde edebilmek için herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmadan hidrolik tip pres yardımıyla 100 bar basınç altında briketlenmiştir. Örneklerin alt ısıl değerleri, ASTM D 5865–04 standardına göre kalorimetre cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Test öncesi öğütülmüş örnekler 24 saat 105 °C’de bekletilerek içerisindeki nem uzaklaştırılmıştır. 0,5 g ağırlığında kurutulan örnekler standart koşullarda bir kalorimetre bombasında oksijen ortamında yakılıp, kalorimetre

kabı içindeki suyun sıcaklık derecesinin artışına ve sistemin ortalama gerçek ısı sığasına göre ısıl değeri tayin edilmiştir.

Kül içeriği ASTM D-5142 standardına göre belirlenmiştir. Kül içeriğinin belirlenmesi amacıyla materyal örnekleri öncelikle 105 °C’ de 24 saat süreyle kurutma fırınında kurutulmuştur. Daha sonra 2 g ağırlığındaki örnekler 800 °C’ de 5 saat kül fırınında yakılmış ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak kül içeriği hesaplanmıştır.

$$Kİ = \left[1 - \left(\frac{A_{yön} - A_{yson}}{A_{yön}} \right) \right] \times 100$$

$Kİ$: Kül içeriği (%)

$A_{yön}$: Yakma öncesi materyal ağırlığı (g)

A_{yson} : Yakma sonrası materyal ağırlığı (g)

Emisyon ölçümleri, çeşitli faaliyetler sonucu oluşan ve atmosfere atılan atık gazların ölçümünü içermektedir. Baca gazı emisyon değerlerinin belirlenmesi amacıyla briketler, evsel ısıtmalarda kullanılan geleneksel tip sobada yakılmış ve yanma sonucu oluşan baca gazı emisyon değerleri (O_2 , CO , CO_2 , SO_2 , NO_x) ile baca gazı sıcaklığı baca gazı analizörü ile ölçülmüştür.

4. Bulgular ve Tartışma

Yapılan denemeler sonucunda, Karadeniz Bölgesinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ve materyal olarak kullanılan fındık zurufu, mısır ve ayçiçeği sapı tarımsal ürün atıklarının kurutulup 5 mm öğütme inceliği altında parçalandıktan sonra hidrolik tip briketleme makinasında 100 bar basınç altında briketlenmesi sonucu elde edilen briketlerin belirlenen alt ısı enerjisi değerleri, kül içerikleri ve baca gazı emisyon değerleri belirlenmiştir.

Fındık zurufu, mısır ve ayçiçeği sapı atıklarından elde edilen briketlerinin geleneksel tip bir sobada yakılması sonucu atmosfere salınan baca gazı emisyon değerlerinin değişimi incelendiğinde (Çizelge 4), briketlerin tutuşması ile birlikte yanmanın hemen başında yanma odasında oksijen (O_2) içeriğinin düşmesi sonucu karbonmonoksit (CO) ve karbondioksit (CO_2) emisyonlarının hızlı bir şekilde arttığı gözlenmiştir. Daha sonra yanma işleminin yavaş yavaş kararlı duruma gelmesi sonucu yanma odasındaki O_2 içeriğinin artışı ile birlikte CO ve CO_2 emisyonları düşmeye başlamıştır. Elde edilen bu sonuçlar Dare ve ark., (2001), Bhattacharya ve Salam (2002), Al-Widyan ve ark. (2006)’nın, yaptığı çalışmalarda elde edilen sonuçlarla paralellik göstermiştir. Yanma işleminin yavaş yavaş azalması ve O_2 içeriğinin artması sonucu tüm briketler için CO emisyonu hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır. Yanma olayının yavaşlaması ile birlikte CO_2 emisyonu, O_2 ’in yanma olayına girmeden baca gazından dışarı çıkması sonucu tüm briketler için düşmeye başlamıştır. Baca gazı sıcaklığının tüm briketler için yüksek olması yanma sonucu elde edilen enerjinin büyük bir kısmının baca ile atmosfere atıldığını göstermiş ve bu durum geleneksel sobaların ısınma amacıyla kullanımındaki olumsuz özelliklerinden birisi olduğunu göstermiştir. Biyoyakıtların başlıca

avantajlarından birisi onların çevreye zarar vermeden kullanılabilmesidir (Nendel ve ark., 1998, Bilgin, 2008).

Çizelge 4. Atıklara ait ortalama baca gazı ve kül içeriği değerleri.

	O ₂ (%)	CO (ppm)	NO _x (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO ₂ (%)
IKHKKY Sınır Değerleri	13	3200	298.5	70	20.50
Ayçiçeği Sapı	8.38	1717	143	2	6.10
Fındık Zurufu	9.34	1421	155	0	5.70
Mısır Sapı	11.86	2132	86	2	3.5

Briketlerin alt ısı değerleri incelendiğinde fındık zurufuna ait alt ısı değerinin, ayçiçeği ve mısır sapı alt ısı değerlerine nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. En düşük alt ısı değerinin mısır sapına ait olduğu belirlenmiştir. Atıkların belirlenen alt ısı değerleri, diğer bazı yakıtlarla karşılaştırıldığında düşük olduğu fakat tarımsal faaliyetler sonrasında değerlendirilmeyen bu atıkların briket şeklinde yakıt kaynağı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca odunun alt ısı değerinin 2.500 cal/g olduğu düşünüldüğünde bu tarımsal atıklardan elde edilen briketlerin alt ısı değerleri oldukça yüksektir. Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar bazı fosil yakıtlara ait alt ısı değerleriyle ve kül içerikleriyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Atıklara ait alt ısı değerler.

Ürünler	Alt Isıl Değer (cal/g)	Kül İçeriği (%)
Ayçiçeği Sapı	3634	19,8
Mısır Sapı	3935	9,42
Fındık Zurufu	4746	8,59
Soma Kömürü	5500	27,3
Zonguldak kömürü	6100	14,3
Linyit	2750	19,10
Kalorifer Yakıtı	9700	0,1
Motorin (% Kütlesel)	10200	<0,01

Sonuç olarak Karadeniz Bölgesinde tarımsal faaliyetler sonucu açığa çıkan fındık zurufu, mısır ve ayçiçeği sapı atıklarından elde edilen briketlerin sahip olduğu ısı değerleri ve kül içerikleri bakımından katı yakıtla çalışan yakma sistemlerinde alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Fındık zurufu, mısır ve ayçiçeği sapı tarımsal atıklarının briketlerinin, geleneksel tip bir sobada yakılması sonucu ölçülen emisyon değerlerinin Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde biyokütle ve odun yakıtı için verilen emisyon sınırları ile kıyaslandığında, belirtilen sınır değerler altında kaldığı belirlenmiştir. Fındık zurufu, mısır ve ayçiçeği tarımsal atıklarının herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmadan

hidrolik tip briketleme makineleri ile oldukça kaliteli olarak briketlenebileceği görülmüştür.

Briketlerin yakma sistemlerinde yakılması ile hem baca gazı emisyonları daha da düşürülebilecek hem de yanma verimi artırılabilir. Briketlerin merkezi ısıtma sistemlerinde kömür yerine veya kömür ile birlikte yakılması ile baca gazı emisyonları düşürülerek özellikle kış aylarında hava kirliliği büyük ölçüde önleyebileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, ülkemizde tarımsal faaliyetler sonucu açığa çıkan tarımsal artık/atıkların briketlenerek katı biyoyakıta dönüştürülmesi ile hem tarımsal atıklar çevreye zarar vermeden bertaraf edilmiş olacaktır hem de bu alanda istihdam olanağı oluşturabileceğinden ülke ekonomisine katkıda bulunulacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Anonim 1, 2014. Toprak Mahsülleri Ofisi 2012 yılı fındık sektör raporu. Ankara 2013, (Erişim: 25.03.2014).
- Anonim 2, 2014. Türkiye İstatistik Kurumu, (Erişim: 25.03.2014).
- Anonim 3, 2014. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, BÜGEM Faaliyetleri, Ankara, (Erişim: 25.03.2014).
- Anonim 4, 2014. ASTM D 5865–04
- Anonim 5, 2014. ASTM D–5142
- Akpınar, O., Erdogan, K., Bostancı, Ş., 2009. Enzymatic production of xylooligosaccharide from selected agricultural wastes. Food and Bioprocess Technology. 87:145-51.
- Alibas, K., Ünal, H., 1995. Ülkemizde Sap ve Samanın Enerji Potansiyeli ve Sap-Saman Yakıcıların Çalışma Prensipleri. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 138-146, Bursa.
- Al-Widyan, M. I., Tashtoush, G., Hamasha, A. M., 2006. Combustion and emissions of pulverized olive cake in tube furnace. Energy Conversion and Management, 47: 1588–1596.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H. H., Karaca, C., Kacıra, M., Ekinci, K., Kaya, D., Baban, A., 2005. First report of exploitation of agricultural residues in Turkey. European Commission, LIFE third countries projects, 2004e2005. LIFE 03 TCY/TR/000061
- Basu, P., 2010. Biomass gasification and pyrolysis practical design and theory, Academic Press is an imprint of Elsevier. USA, 75-78.
- Bhattacharya, S. C., Salam, P. A., 2002. Low greenhouse gas biomass options for cooking in the developing countries. Biomass and Bioenergy. 22: 305-317.
- Bilgili, M., Şahin, B., Şimşek, E., 2010. Çukurova Üniversitesi, Adana Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme-Soğutma. Türkiye'nin güney, güneybatı ve batı bölgelerindeki rüzgar enerjisi potansiyeli. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 30, 1:01-12.
- Bilgin, S., 2008. Sera bitkisel biyokütle atıklarının briketlenmesi, briket özelliklerinin ve yanma sonu gaz emisyonlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, Antalya.
- Calkins, M., 2009. Materials for sustainable sites. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 14-24.
- Dare, P., Gifford, J., Hooper, R. J., Clemens, A. H., Damiano, L. F., Gong, D., Matheson, T. W., 2001. Combustion performance of biomass residue and purpose grown species. Biomass and Bioenergy. 21: 277-287.

- Inderwildi, O. R., King, D. A., 2009. Quo vadis biofuels? *Energy & Environmental Science*, 2 (4): 343-346.
- Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2014. T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspix?MevzuatKod=7.5.7265&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=Isınma>, (Erişim: 25.03.2014).
- Kantarelis, E., Zabaniotou, A., 2009. Valorization of cotton stalks by fast pyrolysis and fixed bed air gasification for syngas production as precursor of second generation biofuels and sustainable agriculture. *Bioresource Technology*, 100 (2): 942-947.
- Nendel, K., Clauß, B., Böttger, U., 1998. The preconditioning of biomass by briquetting technology and the influence on the combustion behaviour. The 10th European Conference on Biomass for Energy and Industry, Würzburg, Germany.
- Oskay, C., 2014. Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde rüzgâr enerjisinin önemi ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi yatırımlarına yönelik teşvikler. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7 (1):76-94.
- Özçifçi, A., Özbay, G., 2013. Mobilya Endüstrisi Atıklarından Katalitik Piroliz Yöntemi ile Biyoyakıt Üretimi Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 28 (3): 473-479.
- Polat, F., Aksu, T., 2009. Yenilenebilir enerji kaynağından potansiyel yem kaynağına giden yol: damıtık tahıllar ı- damıtık tahılların elde edilişi ve nitelikleri. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.*, 4 (3):197-208.
- Sahin, A. D., 2008. A Review of Research and Development of Wind Energy in Turkey. *Clean-Soil, Air, Water*, 36(9): 734-742.
- Wang, C., Du, Z., Pan, Li, J., Yang, Z., 2007. Direct conversion of biomass to bio-petroleum at low temperature. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 78 (2): 438-444.
- Yıldırım, R. G., 2003. Dünyada ve Türkiye’de Biyokütle Enerji, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB, 3-4 Ekim, Kayseri, s.357-360.

DEFNE YAPRAĞININ BRİKETLEME VE YANMA ÖZELLİKLERİ*

Cengiz Karaca¹

Ali Başçetinçelik²

¹ Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü / Hatay

² Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü / Adana

İletişim: cengiz.karaca@gmail.com

Özet: Bu çalışmada Hatay ilinde önemli bir ticari değere sahip olan defne (*Laurus nobilis* L.) yaprağının, yağı alındıktan sonra, briketlenerek fiziksel özellikleri, ısı değerleri ve elementel özellikleri belirlenmiştir. Briketleme sonucunda oluşan yakıtın yanma emisyon değerleri ölçülmüştür. Atıkların briketlenmesi için 15 kW gücünde bir elektrik motoruyla çalışan konik kalıplı helezon tip briketleme makinası kullanılmıştır. Briketleme makinasının, makina kapasitesi 120 kg/h ve özgül enerji tüketimi 0.05 kWh/kg olarak belirlenmiştir. Briketlerin ortalama özgül kütlesi 1336 kg/m³ olarak bulunmuştur. Briketlerin, kırılma direnci 4713 N, alt ısı değeri 19 MJ/kg, kül içeriği %6.8 ve uçucu madde içeriği %78.4 olarak belirlenmiştir. Briketlerin yanma sonucunda meydana getirdikleri en yüksek CO emisyonu 91 ppm olarak ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hatay, defne yaprağı, briketleme, yanma emisyonları.

BRINETTING AND COMBUSTION PROPERTIES OF LAUREL LEAF

Abstract: The laurel (*Laurus nobilis* L.) leaf have an important commercial value in Hatay province. In this study, after obtaining oil processes of the laurel leaf residues was briquetted as fuel. Subsequently the physical properties, calorific values, proximate analysis and ultimate analysis of briquettes were determined. Briquettes combustion emissions also were measured. In this study, a conical screw briquetting machine with 15 kW electrical motor and heated dies was used to briquette raw materials. Average capacity and specific energy consumption of briquetting machine were 120 kg/h and 0.05 kWh/kg respectively. The densities of briquettes were found in the 1336 kg/m³. Ultimate strength of briquettes was determined 4713 N. In result of analysis, higher heating values, ash contents and volatile contents of briquettes were found 19 MJ/kg, 6.8% and 78.4% respectively. The highest CO emission of briquettes was measured as 91 ppm.

Key Words : Hatay, laurel leaf, briquetting, flue gas emission.

1. Giriş

Enerji tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin bir göstergesi, bireylerin rahat yaşam sürmeleri için vazgeçilmezidir. Gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte enerji tüketimindeki artış enerjiyi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir problem olarak karşımıza çıkarmaktadır. Fosil yakıt kaynaklarının hızla tükeniyor olması ve tükenirken de doğal yaşam ve çevreye onarılmaz

* Doktora Tezi - PhD Thesis

zararlar vermesi, gelecek nesillerin yaşamlarını tehdit etmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yönündeki çalışmalar son yıllarda daha da büyük önem kazanmıştır. Biyolojik kökenli kaynaklar, insanlığın ilk dönemlerinden bugüne kadar enerji üretimi amacıyla kullanılan yenilenebilir kaynakların başında gelmektedir. Enerji amacıyla kullanılan biyolojik kaynakların en önemlisi ise orman ekosistemi içerisinde yer alan odunsu materyallerdir. Ağaç gövdelerinden elde edilen yapacak (tomruk, direk, sanayi odunu vb.) niteliğindeki ürünlerden geriye kalan gövde parçaları ile kabuk, kök, dal ve yaprakların enerji elde edilmesinde kullanılması, günümüzde oldukça önem kazanmıştır (Karayılmazlar ve ark., 2011). Dünya enerji tüketiminin yaklaşık %15'i, gelişmekte olan ülkelerde ise enerji tüketiminin % 43'ü biyokütleden sağlanmaktadır. Enerji üretiminde kullanılabilecek biyokütle kaynaklarını; bitkisel kaynaklar, hayvansal atıklar, şehir ve endüstri atıkları şeklinde sınıflandırılabilir (Karaca ve Başçetinçelik, 2011).

Defne ağacı (*Laurus nobilis* L.) Türkiye'nin bütün kıyı şeridinde doğal olarak bulunur. Akdeniz ve Ege bölgelerimizde subtropik iklimin etkisini gösterdiği oranda içerilere kadar da yayılmaktadır. Yer yer 600-800 metreye kadar çıkabilen defne, kışın ılıman, yazları sıcak yerleri sever. Akdeniz defnesinin kullanılan kısımları yaprakları ve meyveleridir. Defne yaprağının üretimi bitkinin vejetatif büyümesinin durduğu Temmuz-Ekim ayları arasında yapılmaktadır. En iyi nitelikteki yaprakların 2-3 yaşındaki sürgünlerde bulunması nedeniyle yaprak üretimi bu yaprakların toplanması biçiminde olmaktadır. Kurutulmuş defne yaprakları genellikle doğrudan doğruya konservelerde, çorba, balık ve et yemeklerinde baharat olarak kullanılmaktadır. Ayrıca defne yaprağından kuru incir, üzüm ambalajları içerisinde böceklerin üremesini engellemek amacıyla da yararlanılmaktadır. Defne yapraklarından elde edilen eterik yağ gıda sanayinde temel kullanım yeri bulmaktadır. Meyvelerinden elde edilen yağ sabun sanayinde, kimya ve ilaç endüstrisinde ve bazı likörlerin yapımında kullanılır (Polat ve ark., 2009).

2. Materyal ve Yöntem

Özellikle Akdeniz Bölgesine has bir bitki olan defnenin, bölgede orman köylüsü ve bölge çiftçileri için iyi bir gelir kaynağı durumundadır. Türkiye, dünya defne ticaretinde pazar hacminin % 90'ını elinde tutarak kalite, fiyat ve miktar olarak pazarda en önemli yere sahiptir. Defne ülkemizin doğal bitki ihracatı içinde % 10 kadar bir paya sahiptir. Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre 2012 yılı işlenmemiş defne yaprağı hasadı 12.351 ton olarak belirlenmiştir (OGM, 2012).

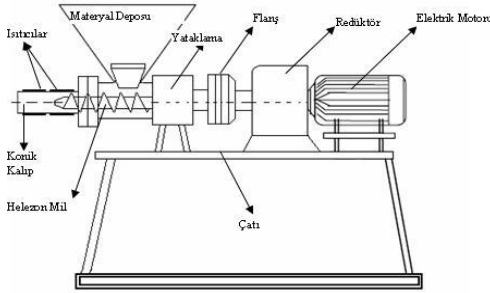
Oluşturduğu atık bakımından çok fazla atık potansiyeli olmayan fakat Akdeniz bölgesine has bir ürün olan defnenin yaprağının damıtma yöntemiyle yağı alınmaktadır. Yağı alındıktan sonra defne yaprağı yakacak olarak kullanılmaktadır. Defne yaprağının bu yöntemle işlenmesinin dağınık ve kayıtlı olmamasından dolayı bölgede ne kadar bir atık potansiyeline sahip olduğu tam

olarak bilinmemektedir. Şekil 1’de defne yaprağı işleme tesisi ve üretilen defne yağı görülmektedir.



Şekil 1. Defne Yapağı İşleme Tesisi

Çalışmada Hatay’da defne yaprağı işleyen bir tesisten alınan defne yaprağı atığı briketlenmiştir. Birikitleme işlemi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü atölyesinde, kalıp ısıtılmalı konik helezonlu briketleme makinası kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2). Makina hareketini 15 kW gücünde trifaze bir elektrik motorundan almaktadır. Elektrik motorundan alınan hareket redüktör kullanılarak yaklaşık 320 min^{-1} ile helezon miline iletilmektedir. Briket makinasının kalıp kısmının ısıtılması amacıyla termostat kontrollü 2.2 kW gücünde plakalı tip ısıtıcılar kullanılmıştır.



Şekil 2. Konik Helezon Tip Briketleme Makinası

Briketleme makinasının iş kapasitesi ve özgül enerji tüketiminin belirlenmesinde, belirli miktardaki defne yaprağı atığının briketleme süresi ve enerji tüketimi ölçülmüştür. Briketlenmiş defne yaprağı atıklarının, nem içeriği, özgül kütlesi, deformasyon direnci, su alma direnci, ısıl değeri, kül içeriği, elementel analizi ve baca gazı emisyon değerleri ölçülmüştür.

Briketlerin özgül kütlesinin belirlenmesinde su taşıma yöntemi kullanılmıştır. Briketler suya daldırılmadan önce özgül kütlesi 930 kg/m^3 olan parafin (mum) kullanılarak su almaları engellenmiştir (Acaroğlu, 2003).

Su alma testinde briketler suya daldırılmadan önce kütlesi tartılarak kaydedilmiştir. Daha sonra briket örneği, yaklaşık 27°C sıcaklığındaki su dolu

kaba 25 mm derinliğe daldırılmıştır. Toplam 30 s sonra briketler çıkarılarak kütlesi tekrar ölçülmüştür. Bu işlem aynı briquete dört defa uygulanmıştır. Toplam 2 dakikalık süre sonunda briketlerin su alma yüzdeleri belirlenmiştir (Acaroğlu, 2003).

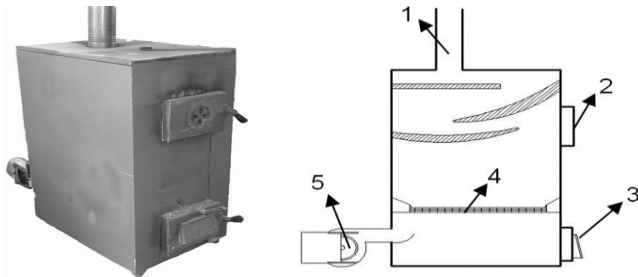
Briketlerin deformasyon kuvvetlerinin belirlenmesi için kullanılan materyal test cihazında (LLOYD LRK Plus) 10 mm/min hızla briketlere düzlemsel kuvvet uygulanarak kuvvet-deformasyon eğrileri çizilmiştir. Bu testte kullanılacak briketlerin uzunluk çap oranı, ASTM D 2938 standardına göre, 2-2.5 olacak şekilde hazırlanmıştır.

Briketlerin alt ve üst ısı değerleri, kül miktarı ve uçucu madde miktarı analizleri ve elementel analizleri TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü'nde yaptırılmıştır. Uçucu madde ve kül içeriği, ASTM D 5142 standardına göre termogarvimetrik analiz cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Briketlerin ısı değerleri, ASTM D 5865 standardına göre otomatik kalorimetre cihazı kullanılarak ölçülmüştür (ASTM, 2004).

Briketlerin elementel analizi sonucunda C, H, N ve S içerikleri belirlenmiştir. Elementel analizler TÜBİTAK-MAM Kimya Enstitüsü'nde ASTM standartlarına göre yaptırılmıştır (ASTM, 2004).

Ayrıca briketler, yanma özelliklerinin ve çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla yakılmış ve yanma sonucundaki baca gazı emisyonları ölçülmüştür. Briketler katı yakıt yakma kazanında yakılmıştır (Şekil 3). Kazanın arka alt kısmında yanma odasına hava üfleyen ve hava girişi bir klape ile ayarlanabilen radyal fan bulunmaktadır. Briketlerin yanması sonucunda oluşan baca gazı emisyonlarının ölçümünde DRÄGER MSI marka baca gazı ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Briketlerin yanması sonucunda oluşan, baca gazındaki O_2 , CO_2 , CO , SO_2 ve NO_x miktarları, baca gazı sıcaklığı ve yanma verimi değerleri ölçülmüştür. Ölçümlerde baca gazı analizörü kullanılarak veriler anlık olarak her dakikada okunarak kaydedilmiştir. Briketlerin tutuşturulması için bir miktar odun yakılmış ve yanma belirli bir rejime ulaştıktan sonra, yaklaşık 1200 g briket kazan ızgarası üzerine yerleştirilmiştir. Ölçümler yanma süresince yapılmıştır. Yanma esnasında yanma odasına hava girişini sağlayan fanın debisi, briketlerin elementel analiz sonuçlarına göre Van Loo ve Koppejan (2008) tarafından kullanılan eşitlikle, gerekli olan hava miktarı hesaplanarak ayarlanmıştır.



Şekil 3. Katı yakıt yakma kazanı
(1.Baca, 2.Yakıt besleme kapağı, 3.Kül alma kapağı, 4.Izgara, 5.Fan)

3. Bulgular ve Tartışma

Briketleme işlemi sonucunda, dış çapı 57 mm, merkez delik çapı 25 mm olan briketler elde edilmiştir. Çalışma sonucunda briketleme makinasını iş kapasitesi 120 kg/h, özgül enerji tüketimi ise 0.05 kWh/kg olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan briketleme makinasının enerji tüketiminin, Eriksson ve Prior (1990) 'in konik helezonlu briketleme makinası ile yaptıkları çalışmada, 0.055-0.075 kWh/kg arasında ölçtükleri ortalama enerji tüketiminden daha düşük olduğu görülmüştür. Aynı zamanda ölçülen bu değerin Karaca ve Başçetinçelik (2010) ve (2011)'in iki ayrı çalışmasında, pamuk şifi (0.065 kWh/kg) ve yerfıstığı kabuğu (0.062 kWh/kg) için belirledikleri enerji tüketiminden de daha düşük olduğu görülmüştür.

Defne yaprağı atıklarının briketlenmiş görüntüleri Şekil 4'te, briketlerin belirlenen bazı fiziksel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.



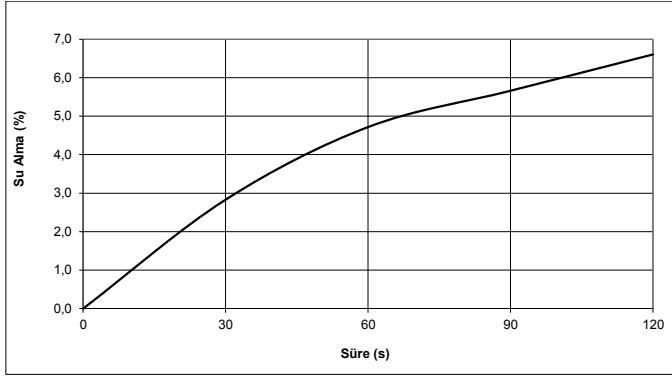
Şekil 4. Defne yaprağı briketleme öncesi ve sonrası

Briketleme sonucunda defne yaprağı atıklarının sıkışma oranına bakıldığında özgül kütlelerinin yaklaşık 19 kat arttığı belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen özgül kütle değerinin literatürde (Eriksson ve Prior, 1990) yer alan konik helezon briket makinalarında yapılan briketlerin özgül kütlesi sınırlarının (1000-1400 kg/m³) içinde kaldığı belirlenmiştir. Buda briketleme işleminin çok başarılı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Defne yaprağı briketlerinin bazı özellikleri

Parametreler	Değerler
Briketleme öncesi nem (%)	7.94
Briketleme sonrası nem (%)	4.26
Briketleme öncesi özgül kütle (kg/m ³)	71.77
Briketleme sonrası özgül kütle (kg/m ³)	1335.58
Sıkışma oranı	18.61

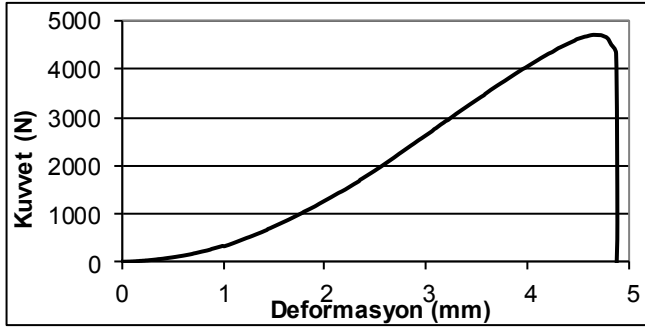
Briketlere uygulanan su alma testi sonucunda, materyallerin bünyesine emdikleri su miktarı kütlelerine oranla yüzde olarak Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Defne yaprağı atığı briketlerinin su alma yüzdesi

Briketlerin ilk 60 saniyede su alması hızlı olmuş, ondan sonra su alma yavaşlamıştır. Defneyaprağı briketlerinin uç kısımlarından su aldığı, buralarda şişme ve bozulmalar olduğu görülmüştür. Literatürde (Eriksson ve Prior, 1990) briketlerin su alma oranının % 50'yi geçmemesi gerektiği belirtilmiştir.

Briketlerin kuvvet-deformasyon grafiği Şekil 6'da verilmiştir. Defne yaprağı briketinin 4713 N'luk kuvvette kırıldığı görülmüştür. Kırılmaların, briket ortasındaki delikten dolayı boyuna bir kırılma olduğu gözlemlenmiştir. Ölçülen bu değerin Karaca ve Başçetinçelik (2010) ve (2011)'in iki ayrı çalışmasında, pamuk şifi (2911) ve yerfıstığı kabuğu (4555) için belirledikleri kırılma kuvvetlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 6. Defne yaprağı briketinin kuvvet-deformasyon eğrisi

Briketlerin ısı ve kısmi analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Defne yaprağı briketinin ısı ve kısmi analiz sonuçları

Parametreler	Değerler
Alt ısı değeri (MJ/kg)	18.96
Üst ısı değeri (MJ/kg)	20.08
Kül içeriği (%)	6.80
Uçucu madde içeriği (%)	78.40

Defne yaprağı atığının belirlenen ısı değerleri, Eriksson ve Prior (1990), Van Loo ve Koppejan (2008), Karaca ve Başçetinçelik (2010 ve 2011) tarafından yapılan çalışmalarda diğer tarımsal atıkların (buğday samanı, arpa samanı, pamuk sapı, mısır sömeği, çeltik samanı, pamuk çırçır atığı ve yerfıstığı kabuğu) ısı değerlerinden daha yüksektir.

Atık briketlerinin ASTM D 3177, 3178, 3179 standartlarına göre belirlenen elementel analizleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 4. Defne yaprağı atığının elementel analiz sonuçları

%C	%H	%O	%N	%S
47.92	6.01	37.87	1.20	0.20

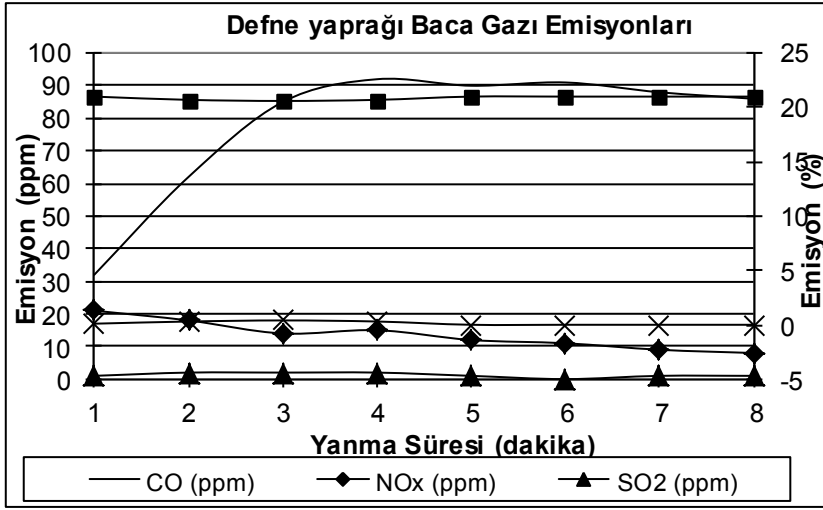
Defne yaprağı atıklarının elementel analiz sonuçları kullanılarak yanma için gereksinim duyduğu hava debisi Van Loo ve Koppejan (2008) tarafından kullanılan eşitlikle yaklaşık 107 m³/h olarak hesaplanmıştır. Yakma esnasında, kazan arkasında buluna fanın klapesi ile belirlenen bu değere yakın bir hava debisinin yanma odasına girişi sağlanmıştır.

Briketlerin yanma sonucu oluşan baca gazı emisyon grafiği Şekil 7’de verilmiştir. Defne yaprağı briketi ve odunun baca gazı emisyonları kıyaslandığında CO, CO₂, SO₂ ve NO_x emisyonlarının odunun yanması sonucu oluşan emisyonlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde (IKHKKY) biyokütle ve odun yakıtı için verilen emisyon sınırları ile kıyaslandığında çalışmada kullanılan atıkların bu sınırların çok altında kaldığı görülmüştür.

Yanma esnasında defne yaprağı atığı briketlerinin böyle bir sistemde ortalama %58 yanma verimi ile yandığı da belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından literatürde belirtilen değerlerle kıyaslandığında iyi bir briket elde edildiği görülmektedir. Bu tür atıkların briketlenerek daha iyi depolama koşullarında depolanabileceği ve yakıt olarak kullanılabilmesi de belirlenmiştir. Aynı zamanda atıkların bu şekilde daha verimli ve daha düşük emisyon yayarak yakılabileceği saptanmıştır. Ülkemizde daha büyük potansiyellere sahip olan bu tür tarımsal atıkların briketleme ve peletleme gibi sıkıştırma yöntemleriyle alternatif bir yakıt piyasasının oluşturulabileceği böyle çalışmalar sonucunda daha net olarak görülmektedir. Sonuç olarak bu tür tarımsal işlemler sonucunda ortaya çıkan atıkların daha verimli bir şekilde değerlendirilmesi hem ülke ekonomisinin enerji konusunda dışa bağımlılığının azalmasına katkı sağlayacak hem de çevre konusunda ülke olarak olumlu katkılarımızın artmasına neden olacaktır.



Şekil 7. Defne yaprağı briketinin baca gazı emisyon ölçümü

Kaynaklar

- Acaroğlu, M., 2003. Alternatif Enerji Kaynakları. Nobel Basımevi, Ankara.
- ASTM International, 2004. Volume 05.06 Gaseous Fuels; Coal and Coke.
- Eriksson, S., Prior, M., 1990. The briquetting of agricultural wastes for fuel. FAO Environment and Energy Paper 11, FAO of the UN, Rome-Italy
- Karaca, C., Başçetinçelik, A., 2010. Pamuk çırçır atıklarının briketleme özelliklerinin ve yanma emisyonlarının belirlenmesi. VIII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 1-5 Aralık 2010, Bursa, 287-294.
- Karaca, C., Başçetinçelik, A., 2011. Yerfıstığı kabuğunun briketleme özelliklerinin ve yanma emisyonlarının belirlenmesi. VI. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, MMO Yayın No: E/2011/565. 21-22 Ekim 2011, Kayseri, 50-58
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R., 2011. Biyokütlenin Türkiye’de enerji üretiminde değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13(19): 63-75.
- OGM., 2012. Orman Genel Müdürlüğü Ormancılık İstatistikleri, Tali Orman Ürünleri Üretimi.
- Polat, S., Gülbaba, A.G., Tüfekçi, S., Özkurt, A., 2009. Defne (*Laurus nobilis* L.) alanlarında en uygun yaprak işletme şekli ve maliyetlerinin belirlenmesi (Tarsus örneği). Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 391.
- Van Loo, S., Koppejan, J., 2008. The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing. ISBN: 978-1-84407-249-1. Earthscan, London, UK.

BİYOKÜTLE KAYNAĞI ENERJİ BİTKİLERİ ÜRETİMİNİN İNGİLTERE MODELİ İLE TÜRKİYE’DE DEĞERLENDİRİLMESİ

Enver Aksoy¹

İlknur Dede²

¹Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanı, Eskişehir Yolu
9. km Lodumlu/ANKARA

enver.aksoy@tarim.gov.tr

²Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Eskişehir
Yolu 9. km Lodumlu/ANKARA

ilknur.dede@tarim.gov.tr

Özet: Bu çalışmada İngiltere’deki enerji bitkisi yetiştiriciliği, ekonomisi, kırsal kalkınma ve çevresel açılardan model alınarak Türkiye’de mevcut durum ve enerji bitkileri yetiştiriciliği potansiyelinin değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında İngiltere Çevre Gıda ve Kırsal Faaliyetler Departmanı (DEFRA) tarafından programlanan Enerji Bitkileri uygulamaları gözden geçirilerek Türkiye’deki programlama dokümanları ve mevcut durum incelenmiştir. İngiltere’de enerji bitkisi olarak Kısa Çevrimli Çalılık-Short Rotation Coppice ve Çin kamışı/Filotu-Miscanthus yetiştirilmektedir. Enerji bitkilerinin yetiştirilmesine destek vermek üzere İngiltere Kırsal Kalkınma Programı kapsamında “Enerji Bitkileri Uygulaması- Energy Crops Scheme” bulunmaktadır. Bu uygulama ile enerji bitkileri yetiştiricileri desteklenmektedir. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından hazırlanan Kırsal Kalkınma Planı’nda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması ve Organik Atıkların Biyoyakıt Olarak Değerlendirilmesi önceliği bulunmaktadır. Stratejik Plan (2013-2017) kapsamında biyoyakıtlara olan talebin artması göz önünde bulundurularak gıda ihtiyacı dengesini de gözeterek şekilde üretime yönelik tedbirlerin alınması öngörülmektedir. Onuncu Kalkınma Planında biyokütle kaynaklarının enerji amacıyla değerlendirilmesi için mevcut potansiyelin harekete geçirilmesi önceliği yer almaktadır. Enerji bitkisi yetiştiriciliği kapsamında İngiltere’deki uygulama benzeri bir yapı önerilmektedir. Avrupa Birliği fonlarıyla hazırlanmakta olan IPARD Programı (2014-2020) potansiyel oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, enerji bitkileri, energy crops scheme, kırsal kalkınma planı, stratejik plan (2013-2017)

THE EVALUATION OF THE ENERGY CROPS PRODUCTION IN TURKEY AS BIOMASS SOURCE TAKING AS A SAMPLE-THE ENGLAND CASE

Abstract: In this study, the current situation and the potential of energy crops production in Turkey have been evaluated by taking as a sample the England case of the cultivation of energy crops as well as the economy, rural development and environmental aspects. Within this scope the implementations of “Energy Crops Scheme” under England Rural Development Programme that was programmed by the Department of Environment Food and Rural Affairs have been reviewed and the programming documents and current situation in Turkey have been evaluated. Short Rotation Coppice and Miscanthus are grown as energy crops in England in the scope of the “Energy Crops Scheme” and the farmers are provided establishment grants for these

approved energy crops. The Rural Development Plan of the Turkish Ministry of Food, Agriculture and Livestock prioritise the use of renewable energy sources and the evaluation of organic waste for the production of bio-fuels. Strategic Plan (2013-2017) highlights the increasing demand for bio-fuels in the recent years and stresses production-oriented measures for bio-fuels by establishing the balance for food security. The Tenth Development Plan includes the priority for mobilizing the sources in order to use the potential of biomass for energy production. The England structure for the energy crops and biomass production is recommended to be considered for Turkey. IPARD Programme (2014-2020) that is under preparation and to be funded by the European Union constitutes potential for this structure.

Keywords: Biomass, energy crops, energy crops scheme, rural development plan, strategic plan (2013-2017).

1. Giriş

Dünya’da ekonomik, sosyal ve çevresel olarak yaşanan değişimler paralelinde yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına duyulan ilgi giderek artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle, jeotermal enerji, güneş, rüzgâr ve su en önemlileridir. Biyokütle dünya genelinde enerji kaynakları arasında dördüncü sırada yer almakta ve dünya enerji ihtiyacının 14’ünü karşılamaktadır (Kaygusuz ve Keleş, 2012; Balat ve Ayar, 2005).

Biyokütle enerjisini klasik ve modern anlamda olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür. Klasik biyokütle enerjisini; konvansiyonel ormanlardan elde edilen yakacak odunlar ve bitki ve hayvan atıklarından (tezek gibi) oluşan yakacaklar oluşturmaktadır. İkincisi yani modern biyokütle enerjisi ise; enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır. Ayrıca, enerji tarımı adını verilen bir tarım türü oluşmuştur. Bu tarım türünde enerji bitkileri adı verilen bitkiler yetiştirilmekte olup, bu ürünlerin biyokütle enerjisi üretiminde gelecekte önemli bir yere sahip olması beklenmektedir (Karayılmazlar ve ark., 2011).

Ormancılık, ağaç endüstrisi atıkları, bitkisel artıklar, hayvansal gübreler ve enerji bitkileri niteliğindeki biyokütle kaynaklarından 2020 yılı için toplam biyokütle enerji üretimleri planlamaları, ABD’de 235-410 MTEP, Almanya’da 11-21 MTEP (milyon ton petrol eşdeğeri), Avustralya’da 12-21 MTEP, İngiltere’de 6.6-12.8 MTEP, İsveç’te 8.3-17.4 MTEP, Japonya’da 9-17 MTEP arasındadır. İsveç ve Japonya’da en büyük pay enerji bitkilerine ait olarak görülmektedir. Enerji bitkileri payının ise ABD’de %66-70, Almanya’da %39-44, Avustralya’da %49-54 ve İngiltere’de %64-68 oranlarında olduğu görülmektedir. AB ülkelerinde biyokütle enerjisi ticareti çok büyük bir pazar olarak ortaya çıkmaktadır (Karayılmazlar ve ark., 2011).

Kısa ve orta vadede her ne kadar atık temelli biyokütle baskın olmakla beraber, uzun vadede enerji bitkilerinin biyo kütle üretiminde büyük pay alacağı beklenmektedir. Ayrıca, özenli seçilmiş alanlarda tasarlanan enerji bitkileri, doğal manzaranın görünümüne olumlu katkı sağlamakta, rekreasyon amacı ve habitat gelişimi için yeni bir mekan sağlamaktadır (Balat ve Ayar, 2005, EEA Technical Report No 12/2007).

Türkiye, biyokütle materyal üretimi açısından, güneşlenme, alan kullanılabilirliği, su kaynakları ve iklim koşulları gibi özellikler açısından uygun olan ülkedir. Bu çerçevede biyokütle açısından önemli potansiyele sahiptir (Aksoy 2004, Gokcol ve ark., 2009, Toklu 2013, Kaya ve Kılıç, 2012). Modern biyokütle teknikleri kapsamında, enerji ormancılığı ve enerji bitkileri tarımından yararlanılması gerekmektedir (Topal ve Arslan, 2008).

Günay (2008) çalışmasında; düşük verimli ormanlar ile verimsiz makilik ve çalılıkların, bozuk baltalıkların enerji ormanları ile değerlendirilmesiyle önemli miktarda biyokütle elde edilebileceğini ve verimsizleşmiş, nadasa bırakılan atıl durumdaki arazilerin ise düşük maliyetli enerji bitkilerinin yetiştirilmesinde kullanılmasının ekonomik kazançlar sağlayacağını savunmuştur. Enerji tarımının hızlı gelişen yeni bir sektör olarak gündemde yer edindiğine dikkat çekmiştir. Günay (2008) çalışmasında tek yıllık enerji bitkileri olarak kanola, ayçiçeği ve soya fasulyesi olmak üzere üç ürün üzerinde odaklanmış, bu bitkilerin üretim potansiyeli yüksek olmasına rağmen enerji amaçlı üretiminin henüz gelişmediği sonucuna varmıştır.

Enerji ürünleri olarak tek yıllık, otsu ve çok yıllık odunsu bitki türleri kullanılmaktadır. Modern enerji ormancılığında kullanılan yöntemlerden biri hızlı büyüyen ve gövdesi kesildiğinde kütüğünden yeniden sürgünler verebilen türlerle yapılan kısa çevrimli yetiştiricilik yöntemidir (Kaygusuz ve Türker, 2002). Türkiye, iklim, hidroloji ve toprak özelliklerine göre özellikle söğüt, kavak, okaliptus, akçaağaç, yalancı akasya gibi ağaç cinslerinin kullanılabileceği bir ülke konumundadır.

Ekolojik koşullara göre tipik olarak 3-5, en fazla 10-15 yıllık ağaçlar toprakta kökleri ve kısa bir gövde bırakılarak kesilmektedir ve ortalama olarak 10-15 ton kuru ürün/ha/yıl verim elde edilmektedir (Duygu ve Cısdık, 2011). Biyokütle enerji kaynakları arasında, baltalıklardan elde edilen odunsu bitkiler, Türkiye'nin toplam enerji üretimindeki %21'e denk gelen yüksek payı çerçevesinde önemli bir biyokütle kaynağı olarak yer almaktadır (Saraçoğlu, 2010).

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmanın ana konusu olarak biyokütle enerji üretiminde yeni bir yol olan enerji bitkileri yetiştiriciliği seçilerek, Türkiye'deki mevcut durum ve potansiyel çerçevesinde İngiltere örneği de ele alınarak uluslararası ve ulusal kaynaklar ile akademik literatürden alınan bilgi ve veriler çerçevesinde konu değerlendirilmiştir. Bu çerçevede İngiltere'de uygulanmakta olan İngiltere Kırsal Kalkınma Programı (England Rural Development Programme 2007-2013) ve uygulamaları araştırılmış, ayrıca Türkiye'de uygulanmakta olan Plan ve Programlarda incelenmiştir. Böylece enerji bitkileri olarak İngiltere örneği çerçevesinde seçilen iki ürün Kısa Çevrimli Çalılık-Short Rotation Coppice ve Çin kamışı/Filotu-Miscanthus Ülkemiz koşullarında yetiştirilmesi potansiyeli İngiltere'deki uygulamanın Türkiye'deki uygulanabilirliğinin olasılığı ve Avrupa Birliği'ne üyeliğimiz çerçevesinde ileriye yönelik projeksiyonlar tartışılmıştır.

2.1. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013)

Kalkınma Bakanlığı¹ tarafından hazırlanan Kalkınma Planları, uzun vadede ülkenin sosyal ve ekonomik kalkınmasına yönelik ulusal politika çerçevesini belirlemekte ve her sektör için hedefler ve öncelikleri içermektedir. Bu çerçevede, kalkınma planları tarım ve kırsal kalkınma için faaliyetler içeren çerçeve politika dokümanlarıdır. Dokuzuncu Kalkınma Planında; Yenilenebilir enerji kaynaklarının payının yükseltilmesi amacıyla yasalaşan “5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” dikkat çekilmektedir. Üretim sistemi içinde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının azami ölçüde yükseltilmesi hedefler içerisinde yer almakla birlikte, yenilenebilir enerji kaynakları konusunda doğrudan bir tedbir öngörülmemektedir.

2.2. Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018)

İklim değişikliği, tarım ürünleri stoklarında azalma, enerji ve diğer girdilerdeki fiyat artışları, nüfus artışı, tarım ürünlerinin biyoyakıt benzeri alternatif alanlarda kullanımının gelişmesi gibi faktörler özellikle son on yılda gıda fiyat artışına neden olmakta ve kalkınma planlarında Gıda, Su ve Doğal Kaynakların Etkin Kullanımı çerçevesinde öne çıkmaktadır. Onuncu Kalkınma Planında (2014-2018) Biyokütle kaynaklarının birincil enerji amacıyla değerlendirilmesi için mevcut potansiyelin harekete geçirilmesi önceliği yer almaktadır.

2.3. Stratejik Plan (2013-2017)

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nın 2011 yılında yeniden yapılması² çerçevesinde Strateji Geliştirme Başkanlığı tarafından Stratejik Plan (2013-2017) hazırlanmıştır. Stratejik Plan; Dünya tarımında yenilenebilir enerji ihtiyacı, küresel iklim değişikliği ve çevre sorunlarının arz güvenliğini tehdit etmesi konusuna vurgu yaparak, biyoyakıtların enerji ihtiyacının karşılanması bakımından gelecek vaat etmekle birlikte gıda güvenliği üzerindeki baskısını da göz ardı etmemektedir.

Plandaki 5 Stratejik Alanın Birincisi “Tarımsal Üretim ve Arz Güvenliğidir”. Planda Stratejik Amaç olarak “Tarımsal Üretim Kaynaklarını Koruyarak Kaliteli Tarım Ürünlerine Erişilebilirliği ve Gıda Güvenliğini Sağlamak” önceliği yer almıştır. Bu öncelik altında, biyoyakıtlara olan talebin artması göz önünde bulundurularak gıda ihtiyacı dengesini de gözetecek şekilde üretime yönelik tedbirlerin alınması öngörülmektedir.

¹ 03 Haziran 2011 tarihinden önce Devlet Planlama Teşkilatı olarak anılmaktadır.

² 03 Haziran 2011 tarihinde yayımlanan 639 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile daha önceden “Tarım ve Köyüleri Bakanlığı” olarak faaliyet gösteren Bakanlık “Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı” olarak yeniden yapılandırılmıştır.

2.4. Kırsal Kalkınma Planı (2010-2013)

Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) döneminde, ekonomik ve sosyal yapının tutarlı bir şekilde gelişmesini yönlendirmek için Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı tarafından “çok eksenli sektörel planların” ilki olan Kırsal Kalkınma Planı (KKP) hazırlanmıştır. Türkiye’nin kırsal kalkınma alanındaki politika ve strateji çerçevesini ayrıntılı bir şekilde ortaya koyan yine alanında bir ilk olan Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi (UKKS) temel alınmak suretiyle hazırlanan Kırsal Kalkınma Planı, kırsal kalkınma alanındaki öncelikli tedbirleri/faaliyetleri ortaya koymaktadır.

Kırsal Kalkınma Planı’nda (2010-2013) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması (Tedbir 3.1.5) kapsamında Organik Atıkların Biyoyakıt Olarak Değerlendirilmesi faaliyeti bulunmaktadır. Bu kapsamda tarımsal faaliyetlerden ve hane tüketimlerinden kaynaklı olarak doğada çürümeye terk edilen ve ekonomik faydaya dönüştürülemeyen önemli bir organik atık potansiyeli bulunmakta olduğu tespit edilerek üreticilerin gelir kaynaklarının çeşitlendirilmesine imkân verecek ve çevrenin korunmasına hizmet edecek söz konusu atıkların toplanması ve işlenmesi çerçevesinde biyoyakıt elde edilmesi öngörülmüştür.

2.5. Katılım Öncesi Yardım Aracı Kırsal Kalkınma (IPARD) Programı (2007-2013)

Avrupa Birliği’nin (AB) aday ve potansiyel aday ülkelere destek amacıyla öngördüğü Katılım Öncesi Yardım Aracı’nın (Instrument for Pre-Accession Assistance- IPA) beşinci bileşeni kapsamında, Bakanlık Strateji Geliştirme Başkanlığı tarafından, Kırsal Kalkınma Programı (IPARD Programı) hazırlanmıştır. Program, Avrupa Birliği’nin Ortak Tarım Politikası, Kırsal Kalkınma Politikası ve ilgili politikalarının uygulanması ve yönetimi için uyum hazırlıklarını desteklemekte, ayrıca kırsal alanlarda ve tarım sektöründe mevcut potansiyel sorunların çözümüne imkân sağlamaktadır.

IPARD Programı’nda biyokütle-enerji bitkileri üretimi amaçlı doğrudan bir tedbir bulunmamakla beraber, Program daha çok AB mevzuatına yapısal ve teknik açıdan uyumu öngördüğünden dolayı olarak bu konuda katkısı bulunmaktadır. Programda pilot olarak uygulanması öngörülen “Çevre ve Kırsal Peyzaja Yönelik Faaliyetlerin Uygulanmasına Hazırlık” tedbiri altında “Erozyon Kontrolü” ve “Biyçeşitliliğin Artırılması” tasarlanmıştır. Ancak bu tedbirlere yönelik faaliyetler Avrupa Birliği’nden akreditasyonun alınamaması sebebiyle uygulamaya geçmemiştir.

Diğer taraftan Avrupa Birliği’nin 2014-2020 yıllarına ilişkin dönemi için hazırlık çalışmaları başlatılan IPARD Programı-2 (2014-2020) kapsamında, tarım-çevre ve iklim değişikliği ile orman alanlarının oluşturulması ve korunması tedbirleri biyokütle konusunda bir altyapının oluşturulması için olanak sağlayabilecektir.

2.6. İngiltere Kırsal Kalkınma Programı (ERDP 2007-2013)

İngiltere Çevre Gıda ve Kırsal Faaliyetler Departmanı (Department for Environment Food and Rural Affairs-DEFRA) tarafından hazırlanan Kırsal Kalkınma Programı (England Rural Development Programme-ERDP) kapsamında verilen desteklerin potansiyel faydalanıcıları çiftçiler, üreticiler, ormancılıkla uğraşan kişiler, toprak sahipleri veya kırsal kesimde yaşayan halktır. Kırsal Kalkınma Programı üç temel amaç çerçevesinde tasarlanmış olup, Enerji Bitkileri Uygulaması (Energy Crops Scheme-ECS) ERDP'nin Amaç 1: Çevreye pozitif katkısı olan ve tüketicilerin ihtiyacını karşılayabilecek, yararlı, yenilikçi ve rekabetçi bir tarım, gıda ve ormancılık sektörünün oluşturulması çerçevesinde Doğal İngiltere (Natural England) Kurumu tarafından uygulanmaktadır.

2.7. İngiltere Enerji Bitkileri Uygulaması

Enerji bitkileri enerji üretim istasyonları veya ısıtma sistemlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır ayrıca çiftliklerin kendi enerji ihtiyacını karşılamak üzere kullanıldığı görülmektedir. Fosil yakıtlara alternatif olarak kullanıldıkları gibi, sera gazı emisyonlarını (karbon dioksit) azaltmak için de potansiyel oluşturmaktadırlar. İngiltere’de enerji bitkileri yetiştiriciliğinin desteklenmesinin amaçları; Kyoto Protokolü yükümlülükleri gereği sera gazı emisyonlarını azaltmak ve ulusal elektrik üretiminin en az %10’unu yenilenebilir enerji kaynaklarından elde etmektir (DEFRA, 2013).

Enerji Bitkileri Uygulaması (Energy Crops Scheme) kapsamında Short Rotation Coppice-SRC (özellikle “willow” ve az oranda “poplar” olmak üzere iki tür) ve Miscanthus yer almaktadır. İngiltere’de bu iki enerji bitkisinin yetiştiriciliği amaçlı işletme kurulum desteği verilmektedir. Kurulum desteği içerisinde toprağın hazırlanması, tohum, ekim, çitleme, yabancı otlara karşı koruma ve ilk yıla ait mahsul faaliyetleri bulunmaktadır. Ödemeler iki temel de yapılmaktadır.

- Fiili masrafların %50’si örneğin tedarikçiler / malzeme / uzmanlık / sözleşme masrafları gibi.
- Çiftlik-içi harcamalarının %50’si örneğin işçilik / makine / teçhizat gibi.

Destekten yararlanmak için üretimin asgari 3 hektar alanda yapılması, üretim yerinin önceden yerinde kontrole tabi tutulup, uygulayıcı kurum (Natural England) ile beş yıllık sözleşme imzalanması gereklidir (DEFRA, 2013).

Short Rotation Coppice-SRC (“willow” ve “poplar”) yoğun ve sık şekilde büyüyen, 2-5 yılda (ortalama 3 yıl) mahsule erişen, 30 yıl boyunca ürün alınabilen kısa ömürlü çal formunda bir bitkidir. SRC-Willow ilkbahar ayında ekimi yapılır ve birinci yılında 4 metre yüksekliğe ulaşır. İngiltere’de ortalama olarak 9-12 ton kuru ürün/ha/yıl verim elde edilmektedir. SRC verimi için önemli belirleyiciler; su, yabancı ot kontrolü, güneş ve sıcaklıktır. Willow SRC üretiminde verimin yüksekliği için toprak nemi 1 m’de olmalıdır. İyi verim

alınabilmesi için yıllık ortama yağış oranının 600-1000 mm olması yeterlidir. SRC yetiştiriciliğinde yabancı otların kontrolü önemlidir, özellikle ekimden önce toprağın yabancı otlardan temizlenmesi gerekmektedir (DEFRA, 2004). SRC toprak isteği çeşitli olmakla beraber, daha çok killi ve ya kumlu topraklarda yetişmektedir. Köklerin tutulabilmesi için 40 cm toprak derinliği ve pH 5.5-7 aralığında olmalıdır. SRC yetiştiriciliğinde ideal olarak düz alanlar tercih edilmekte olup %7'ye varan eğimli alanlarda da üretim yapılmakta, maksimum eğim % 15 olarak belirtilmektedir.

Miscanthus ilkbaharda ekimi yapılan Asya kökenli bir bitki olup, ekimi yapıldıktan sonra en az 15-20 sene toprakta kalmaktadır. Ekimden üç yıl sonrasında İngiltere'de yıllık mahsul alımı hektarda 16 ton kuru ürün olarak gerçekleşmektedir. Bu yüksek verim oranları İngiltere için Miscanthus yetiştiriciliğinin enerji üretimindeki önemini artırmakta olup, 22.000 ton Miscanthus, 2000 evin elektrik ihtiyacını karşılamak için yeterli olmaktadır (DEFRA, 2007). Bitkinin yetişmesi için her çeşit toprak çeşidi uygun olmakla beraber genelde verim organik ve kumlu topraklarda yüksek olup, optimum pH değeri 5.5 ile 7.5 arasındadır. Yeterli yağmur oranı ve toprak nemi bitkinin veriminde önemli yer tutmaktadır. Miscanthus yetiştiriciliğinde konvansiyonel tarım makineleri kullanılmakta olup, özel bir makine gerektirmemektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Biyokütle bakımından ülkemiz oldukça zengin olup, bu kaynağın geliştirilmesi açısından da yeterli olanaklara ve çevresel koşullara sahiptir. Ülkemizin enerji bakımından dışa bağımlılığını azaltmak için, enerji ormancılığı ve enerji tarımına geçilmesi önemli bir konudur. Ülkemizde biyokütle potansiyelini daha çok baltalık ormanlar, bitkisel ve hayvansal atıklar oluşturmaktadır.

İklim değişikliği, tarım ürünleri stoklarında azalma, enerji ve diğer girdilerdeki fiyat artışları kalkınma planlarında son yıllarda Gıda, Su ve Doğal Kaynakların Etkin Kullanımı çerçevesinde öne çıkmaktadır. Onuncu Kalkınma Planında (2014-2018) biyokütle kaynaklarının birincil enerji amacıyla değerlendirilmesi için mevcut potansiyelin harekete geçirilmesi önceliği yer almaktadır. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından hazırlanan Kırsal Kalkınma Planı ve Stratejik Planı'nda biyoyakıtların üretilmesi için mevcut potansiyelin kullanılması ve organik atıkların biyoyakıt olarak değerlendirilmesi önceliği bulunmakta olup, Stratejik Plan ayrıca biyoyakıt üretiminde gıda güvenliğinin de göz ardı edilmemesini vurgulamaktadır.

Enerji bitkileri sera gazı emisyonlarını azaltmakta, toprağı korumakta, peyzaj oluşturmakta ve ekonomik avantajları ile kırsal kalkınmaya katkıda bulunmaktadır. Enerji bitkisi yetiştiriciliği kapsamında İngiltere'deki uygulama benzeri bir yapı önerilmektedir. Türkiye'de biyokütle üretimi için tarımsal ürün yetiştirilemeyen veya tarım yapılmayan alanların kullanılması önerilmektedir. Bu alanların biyokütle üretimine açılması ve çiftçilerin üretim faaliyetlerinin İngiltere'deki uygulamalara benzer şekilde desteklenmesi ile ekonomik katkı

sağlanmalıdır. Ülkemizde enerji bitkileri yetiştiriciliği kapsamında Short Rotation Coppice konusunda pilot bölgede yapılacak bir üretim araştırması önerilmektedir. Diğer taraftan Acaroğlu ve Aksoy (2005) Konya bölgesinde yaptıkları bir çalışmada *Miscanthus* bitkisini yetiştirmişler ve verim elde etmişlerdir.

Avrupa Birliği fonlarının kullanımına yönelik olarak hazırlanmakta olan IPARD Programı-II (2014-2020) bu yapıyı desteklemek için potansiyel oluşturmaktadır. Program kapsamında enerji bitkileri yetiştiriciliği ve biyokütle için gerekli yapının oluşturulmasına yönelik tedbirler Avrupa Birliği uygulamaları çerçevesinde değerlendirilmelidir. Bu şekilde, gelecekte Dünya’da ve Avrupa Birliği’nde özellikle iklim değişikliği ve çevresel nedenlerden dolayı önemli yer alacağı görülen biyokütle ve enerji bitkileri yetiştiriciliği için Türkiye’de de çalışmanın başlatılmasına imkân sağlanabilecektir.

Kaynaklar

- Acaroğlu, M., Aksoy, Ş., 2005. The cultivation and energy balance of *Miscanthus-giganteus* production in Turkey. *Biomass and Bioenergy*. 29 (1):42–48.
- Aksoy, E., 2004. The impact of agricultural residues (wastes) utilization on export and organic produces in Turkey. *Proceedings Expert Consultation on the Utilization of Agricultural Residues*. 169-189. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Cairo/EGYPT.
- Balat, M., Ayar G., 2005. Biomass Energy in the World, Use of Biomass and Potential Trends. *Energy Sources*. 27:931–940.
- DEFRA, 2004. Growing Short Rotation Coppice, Defra Publications, Best Practice Guidelines For Applicants to Defra’s Energy Crops Scheme, London. <http://www.naturalengland.org.uk/ourwork/farming/funding/ecs/default.aspx>.
- DEFRA, 2007. Best Practice Guidelines - Planting and Growing *Miscanthus*, London. <http://www.naturalengland.org.uk/ourwork/farming/funding/ecs/default.aspx>.
- DEFRA, 2013. Energy Crops Scheme: Establishment Grants Handbook-3rd edition version 3.1 January 2013, London. <http://www.naturalengland.org.uk/ourwork/farming/funding/ecs/default.aspx>.
- Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013). Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı. 2006. Ankara, Türkiye.
- Duygu, İ., Cısdık E., 2011. Biyokütle Enerjisi İçin Yetiştiriciliğin Etkileri Konusunda Araştırmalar I. Bilgi Birikimi Işığında Türkiye’deki Sosyo-ekonomik Etki Potansiyeli. Ankara Üniversitesi, Çevre Bilimleri Dergisi. 3(1): 9-24.
- EEA Technical Report No 12/2007. Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture. Copenhagen, Denmark. www.eea.europa.eu/
- Gokcol C., Dursun, B., Albayracı B., Sunan, E., 2009. Importance of biomass energy as alternative to other sources in Turkey. *Energy Policy*. 37: 424–431.
- Günay, S., 2008. Türkiye’de enerji tarımı amacıyla ayçiçeği, kanola ve soya fasulyesinin yetiştirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*. 20:163-182.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R. 2011. Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13, (19):63-75.

- Katılım Öncesi Yardım Aracı Kırsal Kalkınma Programı-IPARD Program, 2007-2013, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2007, Ankara. Türkiye.
- Kaya, D., Kılıç, F. Ç., 2012. Renewable energies and their subsidies in turkey and some eu countries- germany as a special example. J. Int. Environmental Application & Science. 7 (1): 114-127.
- Kaygusuz, K., Türker, M. F., 2002. Biomass energy potential in Turkey. Renewable Energy. 26, (4), 661–678.
- Kaygusuz, K., Keleş, S., 2012. Sustainable bioenergy policies in Turkey. Journal of Engineering Research and Applied Science. 1(1):34-43.
- Kırsal Kalkınma Planı (2010-2013). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2010, Ankara. Türkiye
- Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018). Kalkınma Bakanlığı. 2013. Ankara, Türkiye.
- Saraçoğlu, N., 2010. The biomass potential of Turkey for energy production: Part I. Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy. 5(3):272-278.
- Stratejik Plan (2013-2017). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- Toklu, E., 2013. Overview of potential and utilization of renewable energy sources in Turkey. Renewable Energy. 50: 456-463.
- Topal, M., Arslan, E. I., 2008. Biyokütle enerjisi ve Türkiye. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu.UTES'2008.17-19 Aralık 2008, İstanbul. Türkiye http://w.uteg.org/makaleler/biyokutle_enerjisi_turkiye.pdf (Erişim 18.02.2014).

AĞAÇ TALAŞINDAN HİDROTERMAL KATALİTİK SIVILAŞTIRMA TEKNOLOJİSİYLE ELDE EDİLEN HAM BİYOPETROLÜN ÖZELLİKLERİ

Parvana Aksoy¹ Mehmet Ünsal¹ Haydar Livatyalı¹ H. Alper Önoğlu²

¹TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze/Kocaeli 41470

²Altaca Çevre Tekn. ve Enerji Üretim A.Ş., GOSB Teknopark, Gebze/Kocaeli
İletişim: parvana.aksoy@tubitak.gov.tr

Özet: Altaca Oil, biyoatık ve biyokütlenin içerdiği lignoselülozlar, proteinler, yağlar, karbonhidratlar ve bunların karışımlarının sulu halde yüksek basınç ve sıcaklık altında katalitik hidrotermal sıvılaştırma (CatLiq® Prosesi) işlemine tabi tutulması yoluyla üretilen ve üretim teknolojisi açısından “3. Nesil” sınıfında yer alan yenilenebilir bir ham biyopetroldür. Bu çalışmada, ağaç talaşı CatLiq® prosesine tabi tutularak sıvılaştırılmıştır. Bu prosesten elde edilen ham biyopetrolün, suyun ve gazın özellikleri belirlenmiştir. Farklı sıcaklık ve basınç değerlerinde elde edilen biyopetrol veya biyoyakıtın ısı değeri yaklaşık 9500 kcal/kg olduğu belirlenmiştir. Yakıt içerisinde, az miktarda azot ve kükürtlü bileşenlerin bulunmasına karşın, fosil bazlı yakıtlara göre daha yüksek oranda oksijenli bileşenlerin varlığı tespit edilmiştir. Bu nedenle özgül ağırlığı ve viskozitesi göreceli olarak yüksek olup, hafif ve orta fraksiyonları içermektedir. Sıvılaştırma işlemi sırasında yan ürün olarak elde edilen gaz ise küttele % 19 hidrojen içermektedir. Ağaç talaşından elde edilen yüksek ısı değere ve düşük karbon sayısına sahip olan biyopetrolün, iyileştirilme (hidrojen ile kırma ve hidrodeoksijenasyon) işlemine tabi tutularak konvansiyonel ulaştırma yakıtlarına dönüşme potansiyelinin oldukça yüksek olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyopetrol, biyoyakıt, ağaç talaşı, termokimyasal dönüşüm, iyileştirme

PROPERTIES OF BIO-OIL OBTAINED FROM HYDROTHERMAL CATALYTIC LIQUEFACTION OF SAWDUST

Abstract: “Altaca Oil” is a third generation renewable biocrude oil synthesized from wet biowaste containing mixtures of lignocelluloses, proteins, fats and carbohydrates using an innovative hydrothermal conversion process named as the CatLiq® (Catalytic Liquidification) process. This process is an aqueous catalytic thermochemical liquefaction process that takes place at supercritical conditions in the range of 230-250 bar and 350-400 °C. Sawdust was liquefied under CatLiq® process conditions and the products (liquids, gases and solids) were separated and analyzed. Bio-oils obtained from liquefaction of sawdust were dark brown, free-flowing liquids having a distinctive odor. Saw dust bio-oil was a complex mixture of several hundreds of organic compounds, mainly including acids, alcohols, aldehydes, esters, ketones, phenols, and lignin-derived oligomers. Some of these compounds are directly related to the undesirable properties of bio-oil. Raw bio-oil obtained from liquefaction of sawdust had very high water content, high viscosity and density and high oxygen content. The heating value of raw bio-oil was 33.4 MJ, lower than crude oil. It is obvious that sawdust can be utilized to produce bio-oil, a promising alternative energy source for the limited crude oil, but the raw sawdust bio-oil needs further upgrading.

Keywords: Bio-oil, thermochemical conversion, sawdust, supercritical liquefaction, upgrading

1. Giriş

Petrol rezervlerinin azalması, dünya nüfusunun artması ve mevcut yaşam tarzı ile alternatif enerji kaynağı ihtiyacı giderek daha belirgin hale gelmektedir. Toplam enerji tüketiminin beşte birini oluşturan ulaştırma sektörü enerji yoğunluğu yüksek ve kararlı sıvı yakıtlara dayalıdır. Benzin ve motorin yerine geçebilecek alternatif yakıtların bulunması amacı ile enerji alanında pek çok çalışma yürütülmektedir (Mortensen ve ark., 2011). Bu alanda geleneksel ulaştırma yakıtlarına eşdeğer optimal alternatif yakıt, mevcut altyapı ile uyumlu ve CO₂ emisyonunu azaltıcı yönde olmalıdır. Biyokütle bu sorunun çözümü için kilit noktası olabilir. Biyokütle, çeşitli kimyasalların petrol türevi ürünlere göre daha ucuz üretiminde büyük bir potansiyele sahiptir. Biyokütle kullanımının avantajları şöyle sıralanabilir: 1) CO₂ içermeyen fosil yakıt alternatifidir. 2) SO_x, NO_x azaltıcı etkiye sahiptirler. Bitkiler fotosentez sırasında CO₂'yi kullanarak sera gazlarının azalmasına neden olmaktadır. 3) Biyolojik çeşitlilik ve sosyal boyutlar (Akhtar ve ark., 2011) vardır. Bitki biyokütle üretimi ve kullanımı arasındaki dengeyi koruyarak, neredeyse sıfır sera gazı emisyonu elde etmek mümkündür. Biyokütle, güvenilir, çevre dostu ve nispeten daha kısa sürede enerjiye dönüşebilecek yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyokütle kaynakları odun ve odun atıkları, enerji bitkileri, su bitkileri, tarım bitkileri, hayvan atıkları ve her türlü evsel atıkları içermektedir. Belediye ve evsel faaliyetler talaş, gübre, arıtma çamuru, yemek atıkları, kanalizasyon çamuru gibi büyük miktarlarda karışık biyokütle üretmektedir.

Biyokütlenin yakıt ve kimyasallara dönüştürülmesi biyo-plastik, biyo-gübre, biyo-poliester gibi kimyasalların, ulaştırma yakıtlarının ve elektrik üretimi için mevcut talebin karşılanmasında etkili olabilir. Atık biyokütle dönüşümü aynı zamanda her türlü evsel ve belediye atıklarının hacimce % 90 kadar azaltarak ve onlardan yakıt ve biyokütle türevi kimyasallar elde edilmesi yöntemi ile bu atıkların bertarafı için gerekli olan maliyetleri azaltacaktır (Akhtar ve ark., 2011).

Biyokütle dört temel yöntemle ısı, güç, yakıt ve değişik kimyasallara dönüştürülebilmektedir. Bu yöntemler yakma, gazlaştırma, piroliz ve direkt sıvılaştırma (Robbins ve ark., 2012; Swain ve ark., 2011).

Yakma, yakıtların yüksek sıcaklıkta oksijen ile gerçekleşen tepkime prosesi olup; en köklü termokimyasal dönüştürme teknolojisidir. Yakma sırasında biyokütle içerisinde bulunan karbon ve hidrojen oksijenle tepkimeye girerek ısı, karbon dioksit ve su oluşumuna neden olurlar. Oluşan ısı doğrudan veya elektrik üretiminde kullanılabilir.

Gazlaştırma, kömür ve biyokütle gibi karbon içerikli maddelere sınırlı miktarda oksijen, hava, hava-su buharı karışımı veya zenginleştirilmiş oksijen içerikli hava verilerek yanabilen gaz bileşenlerin (CO, H₂, CH₄ vb.) oluşumunu sağlayan bir süreçtir. Biyokütlenin gazlaştırılması ile elde edilen sentez gazının (CO ve H₂ gaz karışımı) katalizör yardımı ile sıvı yakıtlara veya değişik kimyasallara dönüştürülmesi mümkündür.

Piroliz, hammaddenin (biyokütle veya atık da dâhil) 450-650 °C'de

oksijensiz ortamda ısıtılması işlemidir. İşlem sırasında 3 ürün elde edilmektedir: çar (karbondan oluşan bu yapı aktif karbon veya katı yakıt eklemesi olarak kullanılabilir), yakıt gazı ve iyileştirilme işlemi gereken sıvıdır (Robbins ve ark., 2012; Swain ve ark., 2011; Jacobson ve ark., 2013).

Birçok biyokütle kaynaklarının içerdikleri yüksek miktardaki su piroliz, yanma ve gazlaştırma işleminde yüksek buharlaşma ısı gerektireceğinden istenmeyen bir durumdur. Bu özellik biyokütlenin hammadde olarak kullanımını proses ekonomisi açısından sınırlayan bir durumdur. Genellikle, biyokütlenin piroliz hammaddesi olarak kullanılması için nem oranı % 40'ın altında olan biyokütle seçilmektedir. Birçok biyokütle hammaddesinde bu oran % 40'ların üzerindedir. Biyokütlenin nem miktarının üstesinden gelmenin bir yöntemi de direkt sıvılaştırma yöntemlerinden olan hidrotermal sıvılaştırma (Akhtar ve ark., 2011). Bu yöntemle yüksek miktar nem içeriğine sahip biyokütleleri de sıvılaştırmak mümkündür. Hidrotermal şartlarda (sıcaklık 250-550 °C; basınç 5-25 MPa), reaktör içerisindeki akışkan, yüksek yoğunluk, gazlardaki gibi yüksek kütle transfer kapasitesi, hızlı dekompozisyon ve ekstraksiyon özellikleri kazanır ve biyokütle direkt sıvılaşmaya uygun hale gelir (Akhtar ve ark., 2011). İşlem, alt kritik veya süperkritik şartlarda ve katalizörler (bazik veya asidik) eşliğinde yapılmaktadır. Pirolizden farklı olarak katalizör, hidrotermal sıvılaştırma sırasında aynı anda reaktant ve katalizör görevi yapmaktadır. Kritik noktaya yaklaştığında su çok farklı özelliklere sahip olmaktadır. Bu özellikler; düşük viskozite ve organik yapılara karşı yüksek çözünürlük olup, süperkritik suyun, hızlı, homojen ve etkili reaksiyonlar için mükemmel bir ortam oluşturmaya neden olmaktadır (Marshall ve ark., 1981; Toor ve ark., 2011). Biyokütlenin temel bileşenleri karbonhidratlar, ligninler, proteinler ve lipidlerdir. Süperkritik ortamda bu bileşenlerin bozunma ürünleri hammadde türüne göre farklılık göstermesine rağmen aşağıdaki temel mekanizma ile özetlenebilir (Peterson ve ark., 2008; Yu ve ark., 2008; Toor ve ark., 2011):

1. Biyokütlenin depolimerleşmesi
2. Biyokütle monomerlerinin kırılma, dehidrasyon, dekarboksilasyon ve deaminasyon ile bozunması
3. Reaktif parçaların yeniden birleşmesi

Altaca Enerji¹ firması adına patentli CatLiq® Prosesi (Catalytic Hydrothermal Liquidification Process-HTL), ekonomik değer taşımayan sulu organik atıklar ve biyokütlenin katalitik (bazik katalizör) ortamda, süperkritik şartlar altında, hidrotermal sıvılaştırma teknolojisi kullanılarak sentetik sıvı biyoyakıtı dönüştürüldüğü bir kimyasal prosestir. Altaca Oil, biyoatık ve biyokütlenin içerdiği lignoselülozlar, proteinler, yağlar, karbonhidratlar ve bunların karışımlarının sulu halde yüksek basınç ve sıcaklık altında (süper kritik veya kritik altı şartlarda) çalışan katalitik HTL (CatLiq® Prosesi) işlemine tabi

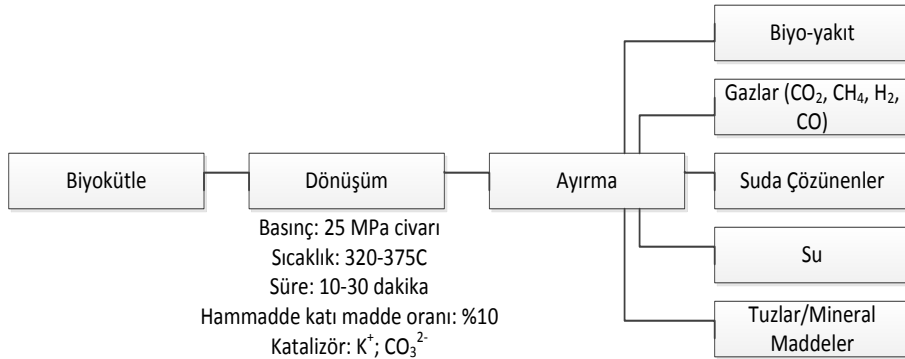
¹ * ALTACA Çevre Teknolojileri ve Enerji Üretim A.Ş., GOSB Teknopark, 1. Hibrid Bina Zemin Kat, 4. Ünite, Gebze, Kocaeli, TÜRKİYE

tutulması yoluyla üretilen sentetik ham bir biyoyakıttır. CatLiq® Proses şeması Şekil 1’de verilmiştir.

Bu çalışmada, CatLiq® prosesine tabi tutulan ağaç talaşından elde edilen ham biyopetrolün karakterizasyon sonuçları tartışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Kuru madde oranı %10 olan ağaç talaşı homojen bazik katalizörle karıştırılarak 20 kg/saat hızında laboratuvar ölçekli sisteme beslenmiştir. Proses basıncı membran pompası aracılığı ile ve sistem sıcaklığı iki farklı elektrikli ısıtıcı yardımı ile ayarlanmıştır. Proses sonrası oluşan ham biyopetrol, gazlar ve atık su örneklenerek analizleri yapılmıştır. Ham biyopetrol içerdiği minerallerden ve sudan arındırılmak için santrifüjlenerek ayırma işlemine tabi tutulmuştur. Suyun tamamını yakıttan ayırmak için diklorometan kullanılmıştır. İşlem sonrası diklorometan döner buharlaştırıcı yardımı ile yakıttan uzaklaştırılmıştır. Bu işlem sonrası gaz, su ve biyopetrol değişik analizlere tabi tutulmuşlardır. Sıvılaştırma işlemleri 3 farklı sıcaklık/basınç koşulunda yapılmış ve elde edilen sıvı yakıtlar 1, 2, 3 diye adlandırılmıştır.



Şekil 1. CatLiq® proses şeması

Ham yakıtın fiziksel özellikleri uygun ASTM standardı kullanılarak belirlenmiştir (genellikle ham petrol için uygulanan yöntemler tercih edilmiştir). Uygulanan yöntemler ve sonuçları bir sonraki bölümde tartışılacaktır.

Yakıtların kimyasal içeriği HP 6890 gaz kromatografi cihazı ve HP 5973 quadro-pole detektörüne sahip Agilent GC-MS yardımıyla belirlenmiştir. Analiz için % 5 phenyl-methyl-polysiloxane (DB-5) kolonu kullanılmıştır. Kullanılan yöntemin detayları benzer çalışmaların tartışıldığı yayında verilmiştir (Ünsal ve ark., 2013).

3. Bulgular ve Tartışma

Ağaç talaşının fiziksel özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Verilen değerlerden ağaç talaşının orijinal bazda nem içeriğinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra kül ve kükürt içerikleri oldukça düşüktür.

Ağaç talaşının elementel içeriği Çizelge 2’de verilmiştir. Elementel içerik değerlerine bakıldığında kükürt ve azot miktarının düşük, oksijen miktarının ise yüksek olduğu görülmektedir. Heteroatom miktarı özellikle çevre kirliliği ve sıvı yakıt olarak kullanılma durumlarında yakıtın performansını etkileyici en önemli parametrelerden birisi olduğu için büyük önem taşımaktadır. Ağaç talaşı diğer birçok biyokütle kaynağı gibi yüksek oksijen içeriğine sahiptir (Torr ve ark., 2011).

Ağaç talaşından hidrotermal yöntemlerle elde edilmiş sıvı yakıtın özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir. Buna göre, 50 °C’de yoğunluk değeri yaklaşık 1.12 iken, bu değer 15 °C’deki ham petrol için yaklaşık 0.8-0.97’dir (farklı kaynaklardan gelen petrollerde farklılık gösterir). Nem içeriğinin de oldukça yüksek olduğunu, bunun yanı sıra kalorifik değerinin ham petrolden bir miktar düşük olduğunu görülmektedir. Ağaç talaşının ısı değeri maksimum 7.715 kcal/kg’a ulaşırken ham biyopetrolde bu değer 9000-9800 kcal/kg aralığında değişmektedir. Bahsi geçen özellikleri nedeni ile ham biyopetrolün ulaştırma yakıtı olarak kullanılması ve katma değeri daha yüksek ürünlere dönüştürülmesi için iyileştirme işlemine tabi tutulması gerekmektedir.

Çizelge 1. Ağaç talaşının fiziksel özellikleri

Parametre	Analiz Sonuçları			Yöntem
	Orijinal	Havada	Kuru	
Nem (%)	57.79	5.77	-	ASTM D 7582-12
Kül (%)	0.15	0.33	0.34	ASTM E 1755-01
Ucucu Madde (%)	35.01	78.16	82.94	ASTM D 7582-12
Sabit Karbon (%)	7.05	15.75	16.71	ASTM D 3172-07a
Toplam Kükürt (%)	0.01	0.02	0.02	ASTM D 4239-12
Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	1.558	4.157	4.445	ASTM D 5865-12
Üst Isıl Değeri (kcal/kg)	2.006	4.479	4.753	ISO 1928-09

Çizelge 2. Ağaç talaşının elementel içeriği

	C	H	N	S	O*	Kül
Ağaç talaşı	54.32	5.99	0.10	0.02	39.23	0.34
Yöntem	ASTM D 5373-08	ASTM D 5373-08	ASTM D 5373-08	ASTM D 4239-12	ASTM D 3176	ASTM E 1755-01

Çizelge 3. Ağaç talaşının bazı fiziksel özellikleri

Parametre	1	2	3	Analiz Yöntemi
Yoğunluk (gr/cm ³) 50°C’de	1.1204	1.1206	1.1047	ASTM D 4052
Dinamik Viskozite (cP) 100 °C’de	7348	1182	2401	
Nem Miktarı	22.2	13.5	12.2	ASTM D 95
Görünüş/Koku	Koyu Siyah/kokusuz			
Isıl Değer (kcal/kg)	7.715	6.987	7.098	ASTM D 240

Oluşan yakıtın oksijen içeriği yüksek olduğundan oksijenli yapıların su içerisinde yüksek çözünürlükleri düşünülerek sistemden alınan su örneklerinde toplam organik karbon (TOC) testleri gerçekleştirilmiş ve sonuçları mg/l cinsinden Çizelge 4’de verilmiştir. Suda çözünmüş olan organik miktarının bazı durumlarda oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Hidrotermal sıvılaştırma işlemleri sırasında sistemde oluşan gaz örnekleri analiz edilerek sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. Oluşan gazın hidrojenle oldukça yoğun olduğu görülmektedir (% 15-% 19.8 aralığında). Gazın büyük çoğunluğu karbon dioksitten oluşmuştur. Yaklaşık 300 ppm kükürtlü gazlar içerdiği görülmektedir. Kükürtlü gazlar genellikle hidrotermal sıvılaştırmalarda SO₂ halinde bulunmaktadır.

Çizelge 4. Su örneklerinin toplam organik karbon miktarları.

Parametre	Sonuçlar	Analiz Yöntemi
Görünüş/Koku	Açık sarı/kokusuz	
TOC-1	13110 mg/L	SM 5310 B
TOC-2	10680 mg/L	
TOC-3	1682 mg/L	

Çizelge 5. Ağaç talaşının hidrotermal sıvılaştırılması ile oluşan gazın kimyasal içeriği

Gazlar	Konsantrasyon (Kütle %)		
	1	2	3
Hidrojen	15.05	19.77	18.26
Metan	1.92	2.29	2.27
Etan	0.11	0.10	0.08
Etilen	0.13	0.12	0.11
Propan	0.04	0.02	0.03
Siklopropan	-	0.32	0.56
Karbon monoksit	1.64	1.97	1.86
Karbon dioksit	81.11	75.42	76.83
Toplam Kükürt (ppm)	333	229	296

Özet olarak bu yakıtların yoğunluk ve viskozitesi, içerdikleri su ve oksijen miktarları, ham petrole göre daha yüksektir. Kalorifik değerleri genellikle ham petrolün kalorifik değerine yakındır. Ancak içerdiği oksijen miktarı ile bağlantılı olarak ham petrolün kalorifik değerinden bir miktar düşüktür. Bu yakıtların daha değerli yakıt ve kimyasallara dönüştürülmesi için iyileştirme (hidrojenleme ve hidrojenle kırma) işlemine tabi tutulması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Akhtar, J., Amin, N.A.S., 2011. A review on process conditions for optimum bio-oil yield in hydrothermal liquefaction of biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 1615–1624.
- Jacobson, K., Maheria, K.C., Dalai, A.K., 2013. Bio-oil valorization: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91-106
- Marshall, W.L., Franck, E.U., 1981. Ion product of water substance, 0-1000 °C, 1-10,000 bar new international formulation and its background. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 10: 295-304.
- Mortensen, P.M., Grunwaldt, J.D., Jensen, P.A., Knudsen, K.G., Jensen, A.D., 2011. A review of catalytic upgrading of bio-oil to engine fuels. *Applied Catalysis A: General*, 407: 1–19
- Peterson, A.A., Vogel, F., Lachance, R.P., Fröling, M., Antal, M.J., Tester, J.W., 2008. Thermochemical biofuel production in hydrothermal media: a review of sub- and supercritical water technologies. *Energy and Environmental Science*, 1: 32-65.
- Swain, P.K., Das, L.M., Naik, S.N., 2011. Biomass to liquid: A prospective challenge to research and development in 21st century. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 4917–4933.
- Ünsal, M., Aksoy, P., Livatyalı, H., Aksoylu, A.E., Bedir, H., Önoğlu, H.A., 2013. Characterization of biocrude oil from catalytic liquefaction of biogasification sludge. The Bioenergy Fair and Conference at Jyväskylä Congress and Fair Centre Paviljonki, Finland.
- Yu, Y., Lou, X., Wu, H., 2008. Some recent advances in hydrolysis of biomass in hotcompressed water and its comparisons with other hydrolysis methods. *Energy & Fuels*, 22:46-60.

İZMİR İLİ İÇİN TAVUK ATIĞI POTANSİYELİ VE BİYOKÖMÜR ÜRETİMİ

Özben Ersöz

Günnur Koçar

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Bornova/İzmir
ozben.ersoz@ege.edu.tr, kutluozben@gmail.com, gunnur.kocar@ege.edu.tr

Özet: Etlik piliç üretimi entegre tesisi sayısının artmasıyla birlikte ülkemizde, belirli dönemlerde yüksek oranda elde edilen tavuk atığı çevresel sorunlara neden olmaktadır. Günümüzde bu atıklar, belirli bir süre tarlada bekletildikten sonra gübre olarak kullanılmakta veya yakma sistemlerinde yakıt olarak değerlendirilmektedir. Broiler üretim çiftlikleri atığının nem içeriğinin %10-40 oranında ve değişken olması, yakma sistemlerinin verimini önemli ölçüde etkilemekte, bu nedenle de bir ön işlem prosesinden geçirilerek kullanılması uygun görülmektedir. Biyokömürleştirme prosesi ise, 270-300 °C sıcaklık aralığında ve oksijensiz ortamda biyokütle kaynağından katı biyoyakıt (biyokömür) üreten termal bir ön işlem prosesidir. Ülkemizde bu proses; kontrolsüz, verimsiz, son derece ilkel ve zor koşullarda yürütülmekte, sadece meşe, çam ve meyve vermeyen narenciye ağaçları gibi odunsu atıklar bu proseste değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, 2013 tarımsal üretim verilerinden yararlanılarak İzmir ilinin toplam teorik kuru tavuk atığı miktarı ve enerji potansiyeli, 100.000 ton/yıl ve 1.447.443 GJ/yıl olarak hesaplanmış ve ilçeler bazında dağılımı incelenmiştir. Broiler yetiştiriciliği sonucu dönemsel olarak ortaya çıkan tavuk atıklarından, 280-330 °C sıcaklık aralığında biyokömür üretim denemeleri gerçekleştirilmiş ve 2 farklı bekletme süresi uygulanmıştır. Elde edilen ürünün kısa, elementel ve ısı değer analizleri yapılmış, enerji amaçlı biyokömür üretimi için istenilen bekletme süresine bağlı olarak 300-330 °C sıcaklık aralığının seçilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokömürleştirme, biyokömür, tavuk atığı, broiler, biyokütle, katı biyoyakıt.

THE POTENTIAL OF CHICKEN LITTER IN İZMİR AND BIOCHAR PRODUCTION

Abstract: According to rising of broiler production plant number in Turkey, amount of chicken litter is increasing too, that causes environmental problems. Nowadays, the chicken litter is used as manure after it's waiting at certain times in the field. It can be also used as fuel in the combustion systems, but, the efficiency of combustion is significantly affected due to the changeable and higher moisture content of broiler litter (10-40%). For this reason, a pretreatment process, like torrefaction, should be needed to use in combustion systems. Torrefaction is a thermal pretreatment process that produces biochar from biomass at 270-300 °C with air absence. In Turkey, this process is carried out uncontrolled, unfruitful, primitive, and in bad situation by using only oak, pine and other acarpous citrus woods. In this study, the potential of chicken litter (especially broiler) for İzmir has been analyzed by using the 2013 agricultural production data according to districts' distribution. The theoretical amount of chicken litter and energy content obtained was about 100.000 ton/year and 1.447.443 GJ/year, respectively. In addition, torrefaction was carried out by using broiler litter at

four different temperatures between 280-330 °C for two different retention times. According to the proximate and ultimate analysis of biochar produced, the temperature range from 300 °C to 330 °C could be suggested for the production of biochar which has the properties stated in international standards.

Keywords: Torrefaction, biochar, chicken litter, broiler, biyomass, solid biofuel.

1. Giriş

Biyokütle kaynaklarından termokimyasal dönüşüm yöntemleri ile 3 farklı formda yakıt elde edilebilmektedir. Katı yakıt üretiminin temel alındığı torrefaction (biyokömürleştirme) yöntemi, kısmi oksijen ortamında 270-300 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmektedir. Biyokömür, Uluslararası Enerji Ajansına (IEA) göre katı yakıtlı (linyit, kömür gibi) enerji çevrim santrallerinde kısa vadede sera gazı emisyonlarının düşürülmesi ve daha yüksek yanma veriminin sağlanabilmesi için en önemli alternatif yenilenebilir enerji kaynağı olarak gösterilmektedir. Özellikle ısıtma ve güç amaçlı biyoenerji yol haritasında kilit teknolojiler arasında yer almıştır (International Energy Agency, 2012; Ersöz ve Koçar, 2013).

Ülkemizde, 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne, 2009 yılında da Kyoto Protokolü'ne taraf olunarak CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yönelik gösterilen önem artmış ve bazı sorumluluklar üstlenilmiştir. Bu kapsamda, ulusal sera gazı emisyon envanteri hazırlanmıştır. 1990-2009 yılları arasında CO₂ eşdeğeri olarak emisyon eğilim analizine göre en yüksek değişim, yakıt yanmasından kaynaklanan emisyonlarda gözlenmiştir. 2009 yılında enerji sektörünün toplam emisyonu katkısı % 96.9 (278.33 milyon ton), atık bertarafının katkısı ise % 11.8 (33.93 milyon ton) olarak belirlenmiş, 19 yıl içerisinde enerji kaynaklı emisyonlar % 75.3, atık bertarafı ise % 9.2 oran ile en büyük artışı göstermiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2011). Eski santrallerin kullanımı ve düşük ısı kapasiteli linyitin düşük verimlerle (% 22-30) yakılması nedeniyle meydana gelen bu durum, dünyada olduğu gibi ülkemizde de kısa vadede sera gazı emisyonlarının azaltılması için kilit teknolojilerin araştırılmasına ve geliştirilmesine yöneltmektedir. Bu tip düşük kaliteli yerli yakıtlarımızın daha verimli ve daha temiz bir şekilde kullanılmasına yönelik, yoğun Ar-Ge ve teknoloji uygulama çalışmaları sürdürülmektedir. Alternatif proseslerden bir tanesi kömür-biyokütle yakma ve gazlaştırma sistemleridir. Ancak, biyokütlenin kömüre nazaran nem içeriğinin yüksek ve değişken olması, sistem parametrelerinin kontrolünde zorluklar yaşanmasına neden olmuştur. Biyokütlenin ısı kapasitesi ise kömüre göre daha düşüktür. Bu negatif unsurlar, kömür yanma karakteristiğine daha uygun, yine biyokütle kaynaklarından elde edilen enerji yoğun biyokömürün kullanımı ile giderilebilecektir.

Türkiye'de tarımsal üretim sonucunda açığa çıkan başlıca atıkların (hayvan atıkları, ormancılık ve ağaç işleme endüstrisi artık/atıkları ve belediye atıkları) toplam geri kazanılabilir biyoenerji potansiyelinin, yaklaşık 16.92 Mtep olduğu tahmin edilmektedir (Başçetinçelik, 2013). Kanatlı sektörü dünya ile birlikte Türkiye'de de hızlı bir gelişme göstermiş, ülkemizde etlik piliç üretimi 1980'li

yıllardan itibaren entegre tesislerin devreye girmesiyle hızlanmıştır. Kanatlı üretiminin başladığı ilk yıllarda tavuk atıkları sorun olarak görülmemiş, diğer hayvan gübreleri gibi geleneksel yöntemlerle kompostlama uygulaması yardımıyla gübre olarak kullanılmıştır. Ancak, tam olarak kompostlama yapılmadan tarlaya serpmeye şeklinde uygulanmış (Şahin, 2008), bilinçsiz kullanımından ve atık fazlalığından kaynaklanan sorunlar oluşmuştur. Dünyada da tavuk atığının kompostlama yapıldıktan sonra gübre olarak değerlendirilme yönteminin, yaygın olarak seçildiği görülmektedir. Bazı ülkelerde de yakıt olarak kullanımı söz konusudur. Ülkemizde termik santrallerde veya çimento üretim kazanlarında yakıt olarak değerlendirilmesine karşın, topraklarımızın organik madde ihtiyacı göz önüne alındığında gübre olarak kullanılması, günümüzde tercih nedeni olmaktadır. Ülkemizde çiftçiler tavuk atıklarını, belli bir süre beklettikten sonra toprağa uygulamaktadırlar. Ama yapılan bu işin daha sistematik ve kurallara bağlı olarak gerçekleştirilmesi, tavuk atıklarının verimini artıracaktır (Şahin, 2008). Türkiye’de 2013 verilerine göre kanatlı üreten ticari işletmelerin, % 87’sini oluşturan 9.444 adet tesiste etlik tavuk üretimi yapılmaktadır. Çizelge 1’de görüldüğü gibi, TÜİK tarafından açıklanmış Mart 2014 verilerine göre kümes hayvanları sayısında % 65.7 paya sahip et tavuğu sayısı 2013 yılında % 5 artış göstermiştir. Acaroğlu ve arkadaşları (2005) ile Başçetinçelik ve arkadaşları (2003) tarafından yapılmış hesaplara dayanarak, 2013 yılı mevcut kümes hayvanları potansiyelinden yıllık 7.811.000 ton kullanılabilir atık elde edilebileceği hesaplanabilmektedir.

Çizelge 1. 2012 ve 2013 yılları için ülkemizdeki kümes hayvanları sayısı

	2012	2013
	Miktar (adet)	Miktar (adet)
Tavuk	253.712.000	266.153.000
Et tavuğu	169.034.000	177.433.000
Yumurta tavuğu	84.677.000	88.721.000
Hindi	2.761.000	2.925.000
Ördek	357.000	368.000
Kaz	676.000	755.000
Kümes hayvanları	257.505.000	270.202.000

Tavuk atığı, yumurta ve et tavukçuluğuna bağlı olarak değişik fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Yumurta tavukçuluğunda atık sürekli alınmakta ve kullanılabilir. Et tavukçuluğunda ise tavuklar kesime götürüleceği zaman barınak temizlenmekte, bu nedenle de atığın katı madde oranı yüksek olmaktadır (Werner ve ark., 1989). Tavuk atıklarında katı madde oranı genellikle % 20’nin üzerinde, uçucu madde miktarı ise % 60-% 80 arasında değişmektedir (Koçar ve ark., 2009). Yakıcı tasarımı, yanma hacmi, gaz temizleme üniteleri ve kül boşaltma sistemi tasarımı açısından oldukça önemli olan kül içeriği ise tavuk atığında diğer biyokütle kaynaklarına göre daha yüksek oranda bulunmaktadır (Tırıs, 2014). Hem organik hem de inorganik maddeleri içeren tavuk atığının %35-40 arasında değişen karbohidrat oranını, sindirilemeyen selüloz, pentozan ve lignin oluştururken, içeriği atığın saklanma

şekli, hayvanın beslenme şekli, yaşı ve yetiştirme koşulları gibi birçok etkiye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin, açık alanda toplanan tavuk atığı yüksek oranda kum içerebilmektedir (Koçar ve ark., 2009). Kullanılan altlığa bağlı olarak da, lignin oranı yüksek olabilmektedir (Stafford ve ark., 1981).

Biyokömür; enerji amaçlı yakıt, toprak şartlandırma amaçlı biochar veya ön işlem uygulanmış karbon kaynağı olarak farklı alanlarda çok yönlü kullanılabilirliğinden ötürü, dünyada toprak özelliklerinin iyileştirilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve enerji sektöründeki darboğazdan kaçış için bir alternatif olarak görülmektedir. Biyokömür, hidrofobik özelliğiyle, biyokütle göre daha uzun raf ömrüne sahiptir. Daha yüksek oranda karbon içeriği nedeniyle, kömüre benzer fiziksel ve kimyasal yakıt özellikleri göstermektedir. Bunlarla birlikte yaklaşık 1,3 kat daha yüksek ısıl kapasiteye de sahiptir (Stelt ve ark. 2011). Bu proseste; lignin, selüloz ve hemiselüloz yapıları parçalanarak, biyokütleden daha kırılabilir bir yapı oluşturulmakta ve istenilen parça boyutunda kullanılabilir homojen bir kaynağa dönüştürülmektedir. Biyokömür, hacimsel olarak daha az alan kaplaması sebebiyle taşıma kolaylığı da sağlamaktadır.

Katı yakıt üretiminin hedeflendiği biyokömürleştirme, piroliz ve karbonlaştırma ile benzer koşullarda gerçekleştirilen bir prosestir. İşletme parametreleri üzerinde yapılacak ufak değişikliklerle, iç içe gerçekleşen reaksiyonların yönü kontrol edilerek, kullanım alanına uygun kalitede biyokömür elde edilir. Özellikle odun cipsi, talaş, pamuk sapı, kamış ve ağaç kabukları gibi nem içeriği düşük biyokütle kaynaklarının, biyokömürleştirme prosesinde değerlendirildiği çalışmalara sıklıkla rastlanmaktadır. Ancak, broiler atığı gibi kuru hayvan atıkları üzerine yapılan çalışmalarda, özellikle yüksek sıcaklıklarda (350 °C ve üzeri) gerçekleşen termal prosesler tercih edilmiş, aktif karbon üretimine de yoğunlaşmıştır (Lima ve Marshall, 2005a ve b; Sarabèr, 2012; Vassilev ve ark., 2014; Joseph ve ark., 2012; Azargohar ve ark., 2013). Diğer çalışmalarda ise biyokömürün toprak iyileştirme ve topraktan ağır metallerin tutulması üzerine etkisi incelenmiş, yüzey alanı, mineral yapısı, elektriksel iletkenlik, pH gibi parametreler araştırılmıştır (Cao ve Harris, 2010; Gaskin ve ark., 2008; Chan ve ark., 2008; Cantrell ve ark., 2012; Das ve ark., 2008). Bu çalışmada ise, nem içeriği düşük broiler atığının çiftlikte enerji kaynağı olarak kullanımını sağlayabilecek, kömüre benzer özelliklere sahip biyokömürün 350 °C'nin altında üretimi için gerekli parametreler incelenmiştir. Bu doğrultuda, kümes ısıtması için gerekli enerjinin bir kısmının geri kazandırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

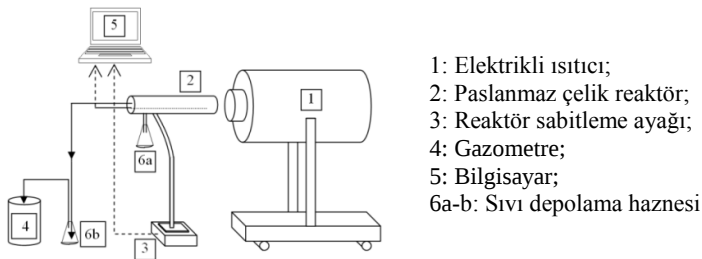
İki aşamadan oluşan bu çalışmanın ilk aşamasında, Tarım İl Müdürlüğü'nden alınan veriler doğrultusunda, İzmir'in ilçeler bazında tavuk atığı potansiyeli incelenmiştir. İkinci aşamada ise, en yüksek tavuk atığı potansiyeline sahip Kemalpaşa ilçesinde faaliyet gösteren bir çiftlikten temin edilen tavuk atığı (broiler atığı) ile 280 °C-330 °C sıcaklık aralığında

biyokömürleştirme prosesi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan tavuk atığı içerisinde bulunan çeltik, talaş ve kum oranının değişiklik göstermesinden dolayı atık, her deneme öncesi analiz edilmiş, fiziksel ve kimyasal özellikleri de Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Kullanılan tavuk atığının özellikleri

	Tavuk Atığı-1	Tavuk Atığı-2	Tavuk Atığı-3	Tavuk Atığı-4	Tavuk Atığı-5	Tavuk Atığı-6
C (%)	40.21	36.46	40.21	38.62	34.72	40.7
H (%)	4.69	4.07	4.69	5.21	4.38	4.48
N (%)	3.05	3.16	3.05	3.98	3.47	2.9
S (%)	0.59	0.5	0.59	0.94	0.73	0.37
O (%)	28.84	24.41	28.84	28.74	25.15	30.31
Nem (%)	11.49	10.33	11.49	8.72	9.3	11.09
Kül (%)	22.62	31.4	22.62	22.51	31.55	21.23
Uçucu Madde (%)	74.72	62.59	74.72	68.69	62.48	71.38
Sabit Karbon (%)	2.66	6.01	2.66	8.8	5.96	7.39
Isıl Değer (MJ/kg)	3855.02	3429.98	3855.02	3877.76	3357.67	3802.83

Denemelerde, 2” çapında 80 cm boyunda kesikli beslemeli reaktöre sahip, Şekil 1’de verilen sistem kullanılmış, 280°C, 290°C ve 300°C’de gaz çıkışı sabitlenene kadar, ortalama 1 saat bekletme süresi baz alınmıştır. Aynı zamanda, bekletme süresinin etkisinin de gözlemlenebilmesi için 280 °C ve 300 °C’de 20 dakika bekleme süresi uygulanmıştır. Son olarak 330 °C’ de 5 dakika bekletme süresi ile hızlı biyokömürleştirmenin etkisi incelenmiştir. Proses sonunda biyokömür reaktör içerisinde, üretilen gaz gazometrede, sıvı faz ise sıvı haznesinde depolanmış, sıcak biyokömürün nem kapmaması için reaktörden azot geçirilerek hızlı soğutma uygulanmıştır.



Şekil 1. Deney düzeneği

Tavuk atığının ve elde edilen biyokömürün yakma sistemlerine uygunluğunun değerlendirilebilmesi için kısa, elementel ve ısıl değer analizleri yapılmıştır. Üretilen gaz, Agilent 6890N gaz kromatografi cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Elementel analizler, ASTM D-5373 ve ASTM D-4239 standartlarına göre kalibre edilmiş, Truspec CHN-S cihazı kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Materyallerin oksijen miktarı oranları (%), hesap yoluyla bulunmuştur. ASTM D-240 ve ASTM D-5865 standartlarına uygun bomba kalorimetre cihazında da, materyallerin üst ısı değerleri tayin edilmiştir. Kısa analiz içerisinde yer alan, nem, kül ve uçucu madde değerleri sırasıyla DIN 51718, DIN 51719 ve DIN 51720 standartlarına uygun olarak etüv ve kül fırın kullanılarak gerçekleştirilmiş, sabit karbon ise bu değerlerden yararlanılarak hesaplanmıştır. Tüm analiz sonuçları kuru bazda verilmiştir.

Her deneysel çalışma için kütle verimi, enerji verimi ve enerji yoğunlaştırma oranı;

$$\text{Kütle Verimi (\%)} = \frac{m_{\text{biyokömür}}}{m_{\text{tavuk atığı}}} * 100$$

$$\text{Enerji Verimi (\%)} = \frac{m_{\text{biyokömür}} * HHV_{\text{biyokömür}}}{m_{\text{tavuk atığı}} * HHV_{\text{biyokömür}}} * 100$$

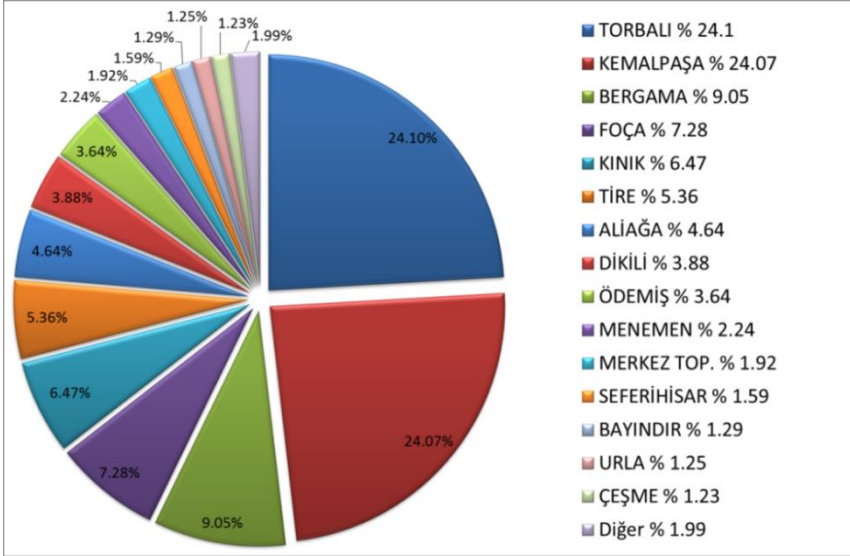
$$\text{Enerji Yoğunlaştırma Oranı} = \frac{HHV_{\text{biyokömür}}}{HHV_{\text{tavuk atığı}}}$$

1, 2 ve 3 no.lu denklemlerden yararlanılarak hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Ülkemizde tarım sektörü halen önemini korumaktadır. Ancak, günümüzde tarımda mekanizasyonun artışına paralel olarak artan enerji maliyetleri çiftçileri zorlamaktadır. Bu çalışmada; toplam tarımsal üretim değerinin % 47'sini hayvansal üretim ile karşılayan İzmir'de, etlik tavuk kümesleri atıklarının gübre olarak işletmelere katkısının yanı sıra enerji olarak da geri kazandırılarak işletme maliyetlerini azaltmaya yönelik alternatif bir teknolojinin kullanımı amaçlanmıştır. Öncelikle, İzmir ili tarımsal verileri incelenmiş, % 48'lik paya sahip bitkisel üretimin yanında hayvansal üretiminde İzmir ili için önem taşıdığı gözlenmiştir. Büyükbaş hayvan yetiştiriciliği, son birkaç yılda maddi sorunlar nedeniyle biraz düşüş göstermiş olmasına rağmen, çiftçilere sağlanan yeni destek olanakları ve ekonomik durumlarındaki iyileşmeyle birlikte tekrar yükselişe geçmiştir (Koçar ve ark., 2013). Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği de İzmir'de yaygın olmakla beraber, 2013 verilerine göre yıl sonunda işletmelerde 15.572.414 adet tavuk ve 281.530 adet hindi mevcutken, yıl içerisinde 132.120.394 adet tavuk ve 1.762.593 adet hindi kesimhanelere gönderilmiştir. Broiler yetiştiriciliği toplam tavuk üretiminin % 94'ünü kapsamaktadır. Yıl içerisinde 126.441.229 adet broiler kesime gönderilmiş, yıl sonunda ise 12.358.785 adet broilerin bulunduğu rapor edilmiştir. Bu işletmelerin yıllık kullanılabilir kuru tavuk atığı miktarı yaklaşık 100.000 ton, yıllık elde edilebilecek enerji miktarı ise 1.447.443 GJ olarak hesaplanmıştır. Acaroğlu ve ark. (2005) ile Başçetinçelik ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmalar dikkate alınarak gerçekleştirilen hesaplamalarda, % 60 katı madde miktarına sahip atık, % 99 kullanılabilirlik ve her tavuğun kümeşte bulunma süresi olarak 40 gün baz alınmıştır. Kuru bazda tavuk atığının ısı değeri ise 3.500 kcal/kg olarak varsayılmıştır.

Şekil 2’de görüldüğü gibi, broiler atıklarından elde edilebilecek ısı kapasiteye bağlı olarak, Torbalı ve Kemalpaşa ilçelerinin % 24,1 oranla 30 ilçe arasında öne çıktığı göze çarpmaktadır. Komşu bu iki ilçenin gelişmiş sanayi bölgelerine sahip olması, İzmir’in merkezine ve güneyinde bulunan tarım alanlarına yakın olması gibi ek avantajları da bulunmaktadır. Bu hesaplamalarda, Kemalpaşa’da yıl içerisinde kesimhaneye gönderilen broiler sayısı dikkate alınmamıştır. Bu sayının göz önüne alınması ile Kemalpaşa ilçesinin %93.2’lik bir oranla, İzmir’in üretim merkezi olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 2. İzmir ili broiler atığı toplam ısı kapasitenin ilçelere göre dağılımı

Bu çalışmanın ikinci aşamasında, en yüksek tavuk atığı potansiyeline sahip Kemalpaşa ilçesinde faaliyet gösteren bir çiftlikten temin edilen tavuk atığı ile 280-330 °C sıcaklık aralığında biyokömürleştirme prosesi gerçekleştirilmiştir. Bilindiği gibi, sıcaklık ve bekleme süresi arttıkça, birim biyokütle miktarı (g) için üretilen gaz miktarında da artış gözlenmiştir. En yüksek gaz üretimi 330 °C’de elde edilirken, gaz içeriğinde CO oranı ile birlikte düşük hidrokarbon (C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_6 , C_3H_8 , C_4H_8 ve C_4H_{10}) oranı yükselmiş, dolayısıyla CO_2 oranı azalmıştır. Böylece gazın enerji değeri de artmıştır. Bu deneme ile birlikte, 280 °C-20d denemesinde de azot içeriğinin oldukça yüksek olması, soğutma sırasında gazometreye N_2 karıştığı ihtimalini doğurmuştur (Çizelge 3). 300 °C ve üzerinde yapılan denemelerde, sıcaklık yükselmesiyle birlikte pik yüksekliğinin de arttığı bazı bileşikler gözlenmiş, ancak mevcut konfigürasyonla analiz edilememiştir. Ro ve ark. (2010) tarafından tavuk atığı üzerine yapılan bir çalışmada, hammaddedeki termal parçalanmanın 225 °C ile 375 °C arasında gözlemlendiği ve bu sıcaklık aralığında üretilen temel gaz içeriğinin H_2O , CO_2 ve CH_4 olduğu vurgulanmıştır. Yine bu sıcaklık aralığında tavuk atığı için amonyak oluşumunun da gözlenebileceği belirtilmiştir. Bu

çalışmada yapılan denemelerde ise üretilen gaz soğutulduğu için su buharı, sıvı haznede toplanmış, temel gaz içeriğinin % 70 oranında CO₂ olduğu gözlenmiştir. Genel anlamda üretilen gaz içeriği, proseslerin piroliz aşamasına geçmediğini göstermektedir.

Çizelge 3. Farklı sıcaklıklarda ve bekleme sürelerinde üretilen gaz içerikleri

	N ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	Toplam C2-C4 (%)
280 °C-20d	28.79	4.37	14.84	0.26	51.61	0.13
300 °C-20d	9.41	2.20	16.55	0.46	70.76	0.62
280 °C-60d	7.71	1.82	14.92	0.31	74.56	0.68
290 °C-60d	3.36	0.38	17.50	0.76	77.29	0.71
300 °C-60d	7.68	1.14	18.63	1.01	70.80	0.74
330 °C - 5d	25.73	1.72	19.03	1.48	50.22	1.81

Beklendiği gibi gaz üretiminin tersine, elde edilen sıvı miktarı, sıcaklık artışıyla azalmıştır. Bekletme süresi ise azda olsa sıvı miktarında artışa neden olmuştur. 330 °C-5d denemesinde en yüksek sıcaklık uygulanmasına rağmen bekleme süresinin diğer denemelere göre çok kısa olması birim biyokütle miktarı başına en yüksek sıvı üretiminin elde edilmesine neden olmuştur. Deneme sonucu üretilen biyokömür (BK) ise, her deneme öncesi analiz edilen, içerisindeki çeltik, talaş ve kum oranının değişiklik gösterdiği tavuk atıkları (TA) ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Fiziksel ve kimyasal özelliklerde gözlenen değişimlerle denemelerin kütle ve enerji verimleri Çizelge 4 ve 5’de verilmiştir. 20 dakika bekleme süresiyle gerçekleştirilen biyokömürleştirme sonucu tavuk atığının karbon içeriği, % 10 ve % 14 oranında artmıştır. 1 saatlik bekleme süresi sonucu ise 300 °C’ye kadar karbon içeriği sırasıyla % 18, % 24 ve % 29 artış göstermiş, 330 °C’de ancak % 19 artış oranı elde edilebilmiştir. Karbon içeriğinin tüm proseslerde artış göstermesine rağmen, 20 dakika bekleme süresinde yapılan denemelerde katı ürün içerisinde gözle görünür şekilde karbonlaşmayan biyokütle materyali parçalarına rastlanmıştır. 280 °C-60d denemesinde de azda olsa bu durumla karşılaşmış, böylece kullanılan tavuk atığı için 290 °C altındaki sıcaklıklarda istenilen biyokömür özelliklerinin elde edilemeyeceği görülmüştür.

Gerçekleştirilen denemelerde en yüksek enerji verimi, 1 saatlik bekleme süresi ile 300 °C’nin uygulandığı proseste elde edilmiştir. Bu prosesin kütle verimi de, yapılan denemeler arasında ikinci sırada yer almaktadır. Proseslerde gözlenen kütle kayıpları ise, beklenildiği gibi sıcaklıkla birlikte artmıştır. Tavuk atığının TG ve DTG analizlerinin yapıldığı önceki çalışmalarda da, kütle kaybının bu sıcaklık aralığında % 30-40 arasında seyrettiği belirtilmiştir (Das ve ark., 2008; Ro ve ark., 2010; Cimo ve ark., 2014). 20 dakikalık bekleme süresinde elde edilen verimlerin yüksek olduğu, ancak biyokömür istenilen özelliklere ulaşmadığı için bu noktada kütle ve enerji verimlerinin aldatıcı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Üretilen biyokömürün elementel analiz sonuçları ile proseslerin kütle ve enerji verim değerleri

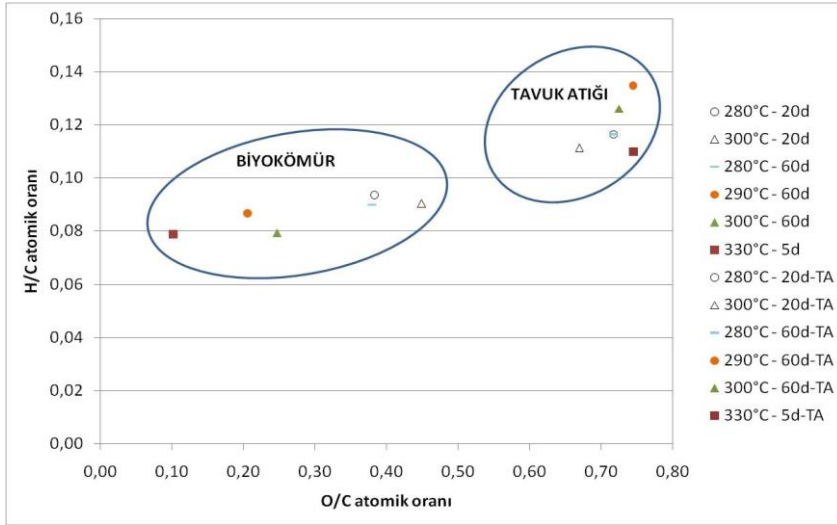
	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)	Kütle Verimi	Enerji Verimi
280°C-20d-BK	44.18	4.14	3.13	0.42	16.93	70.53	78.31
280°C-20d-TA	40.21	4.69	3.05	0.59	28.84		
300°C-20d-BK	41.39	3.75	3.10	0.47	18.57	65.00	73.69
300°C-20d-TA	36.46	4.07	3.16	0.50	24.41		
280°C-60d-BK	47.31	4.26	3.72	0.73	17.95	60.42	71.78
280°C-60d-TA	40.21	4.69	3.05	0.59	28.84		
290°C-60d-BK	47.80	4.15	4.03	1.22	9.85	61.73	75.86
290°C-60d-TA	38.62	5.21	3.98	0.94	28.74		
300°C-60d-BK	44.75	3.56	4.08	1.04	11.05	65.38	83.68
300°C-60d-TA	34.72	4.38	3.47	0.73	25.15		
330°C - 5d-BK	48.47	3.83	6.01	0.47	4.93	54.20	68.59
330°C - 5d-TA	40.70	4.48	2.90	0.37	30.31		

Çizelge 5. Elde edilen biyokömürün ısı değer ve kısa analiz sonuçları

	Nem (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Isıl Değer (MJ/kg)	Enerji Yoğunlaştırma Oranı (%)
280°C-20d-BK	2.25	31.19	63.45	5.36	4280.07	1.11
280°C-20d-TA	11.49	22.62	74.72	2.66	3855.02	
300°C-20d-BK	0.93	32.73	58.46	8.81	3888.26	1.13
300°C-20d-TA	10.33	31.40	62.59	6.01	3429.98	
280°C-60d-BK	1.48	26.04	64.61	9.35	4579.76	1.19
280°C-60d-TA	11.49	22.62	74.72	2.66	3855.02	
290°C-60d-BK	1.63	32.96	57.28	9.76	4765.67	1.23
290°C-60d-TA	8.72	22.51	68.69	8.80	3877.76	
300°C-60d-BK	1.68	35.53	53.66	10.81	4297.74	1.28
300°C-60d-TA	9.30	31.55	62.48	5.96	3357.67	
330°C - 5d-BK	1.53	36.29	55.42	8.30	4812.15	1.27
330°C - 5d-TA	11.09	21.23	71.38	7.39	3802.83	

Biyokömürün kısa analizleri özellikle yakma sistemleri için önemli ipuçları vermektedir. Örneğin, sabit karbon, yanma sırasında ana ısı üretici gibi davranırken, yüksek uçucu madde içeriği yakıtın kolay yanmasını sağlamakta ve alev boyunun yükselmesine sebep olmaktadır. Kül içeriği ise, yakıcı tasarımı, yanma hacmi, gaz temizleme üniteleri ve kül boşaltma sistemi tasarımında göz önüne alınması gereken bir parametredir (Tırıs, 2014). Nem, kül, uçucu madde ve sabit karbon içeriği tamamen kullanılan hammaddeye bağlı olmakla beraber yapılan bu çalışmada; tavuk atığı ile daha yüksek sıcaklıklarda daha önce yapılmış çalışmalara oranla, yakma sistemleri için daha kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir (Cantrell ve ark., 2012). Tüm proseslerde elde edilen nem içeriklerinin % 1-% 5 oranları arasında, uçucu madde içeriklerinin ise % 55-% 65 oranları arasında olduğu görülmüştür (Kleinschmidt, 2010). Sabit karbon içerikleri ise, diğer çalışmalara nazaran düşük kalmıştır. En yüksek sabit karbon içeriği, 300 °C-60d denemesinde elde edilmiştir. Biyokömürleştirme prosesiyle biyokütlenin enerji içeriğinin literatürde belirtildiği gibi, yaklaşık 1.3 kat daha yoğunlaştırılabildiği de gözlenmiştir. Şekil 4'te verilen Van Kreveren grafiği ise, kömüre en yakın

özellikleri gösteren biyokömür üretiminin, 300 °C’de 60 dakikada ve 330 °C’de 5 dakika yürütülen proseslerle elde edildiğini göstermektedir. Sonuç olarak; tavuk atığından enerji amaçlı biyokömür üretimi için istenilen bekleme süresine bağlı olarak, 300-330 °C sıcaklık aralığının seçilmesi önerilmektedir.



Şekil 3. Karşılaştırılmalı olarak hammadde ve üründe gözlenen yapısal değişimler (Van Kreveren grafiği)

Kaynaklar

- Acaroglu, M., Kocar, G., Hepbasli, A., 2005. The potential of biogas energy. *Energy Sources*, 27(3): 251-259.
- Azargohar, R., Jacobson, K.L., Powell, E.E., Dalai, A.K., 2013. Evaluation of properties of fast pyrolysis products obtained, from Canadian waste biomass. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104: 330–340.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Karaca, C., Kaçıra, M., Ekinci, K., Kaya, D., Baban, A., Güneş, K., Komitti, N., Barnes, I., Nieminen, M., 2003. A guide on exploitation of agricultural residues in Turkey, LIFE03TCY/TR/000061, ANNEX 14 Final Report.
- Cantrell, K.B., Hunt, P.G., Uchimiya, M., Novak, J.M., Ro, K.S., 2012. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource Technology*, 107: 419–428.
- Cao, X., Harris, W., 2010. Properties of dairy-manure-derived biochar pertinent to its potential use in remediation. *Bioresource Technology*, 101: 5222–5228.
- Chan, K., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S., 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Aust. J. Soil Res.*, 46: 437–444.
- Cimo, G., Kucerik, J., Berns, A.E., Schaumann, G.E., Alonzo, G., Conte, P., 2014. Effect of heating time and temperature on the chemical characteristics of biochar from poultry manure. *J. Agric. Food Chem.*, 62: 1912-1918.
- Das, K.C., Garcia-perez, M., Bibens, B., Melear, N., 2008. Slow pyrolysis of poultry litter and pine woody biomass: Impact of chars and bio-oils on microbial growth.

- Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 43(7): 714-724.
- Ersöz, Ö., Koçar, G., 2013. İzmir ili için tarım ve enerji sektöründe biyokömürün kullanılabilirliği. 9. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 25-28 Aralık 2013, Konya, 117-124.
- Gaskin, J., Steiner, C., Harris, K., Das, K., Bibens, B., 2008. Effect of low temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. Trans. ASABE 51, 2061–2069.
- HAYGEM, 2014. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı – Hayvancılık Verileri. <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/HAYGEM.pdf>
- International Energy Agency, 2012. Technology roadmap: Bioenergy for heat and power.
- Joseph, P., Tretsiakova-McNally, S., McKenna, S., 2012. Characterization of cellulosic wastes and gasification products from chicken farms. Waste Management, 32: 701–709.
- Kleinschmidt, 2010. Overview of International Developments in Torrefaction, Kema Netherland BV, www.kema.com
- Koçar, G., Eryaşar, A., Ersöz, Ö., Arıcı, Ş., Bayrakçı, A.G., 2013. Biyokütle enerjisine sektörel yaklaşım: İzmir örneği. Mühendis ve Makine, 54(639): 78-85.
- Koçar, G., Eryaşar, A., Ersöz, Ö., Olgun, H., 2009. Biyokütlenin gazlaştırılması ve yakılması. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, ProjeNo: 04GEE002.
- Lima, I.M., Marshall, W.E., 2005a. Granular activated carbons from broiler manure: physical, chemical and adsorptive properties. Bioresour. Technol, 96: 699–706.
- Lima, I.M., Marshall, W.E., 2005b. Adsorption of selected environmentally important metals by poultry manure - based granular activated carbons. J. Chem. Technol. Biotechnol, 80: 1054–1061.
- Ro, K.S., Cantrell, K.B., Hunt, P.G., 2010. High-temperature pyrolysis of blended animal manures for producing renewable energy and value-added biochar. Ind. Eng. Chem. Res., 49: 10125–10131.
- Şahin, Ş., 2008. Etlik piliç dışkılarının gübre olarak değerlendirilmesi ve önemi, Veteriner Tavukçuluk Derneği Mektup Ankara, 6(3): 6-7.
- Sarabèr, A., 2012. Co-combustion and its impact on fly ash quality; pilot-scale experiments. Fuel Processing Technology, 104: 105–114.
- Stafford, D.A., Hawkes, D.L., Horton, R., 1981. Methane production from waste organic matter. CRC Press, Inc., ISBN 0-8493-5223-1, Boca Raton, Florida.
- Tırıs, Ç., 2014. Biyokütle enerji içerikleri ve biyokütle karakterizasyonu. Biyokütle Enerji Teknolojisi 2014 Kış Okulu, 10-15 Şubat 2014, İzmir.
- Türkiye İstatistik Kurumu. 2011. Ulusal seragazi emisyon envanteri raporu 1999-2009. http://www.tuik.gov.tr/Kitap.do?metod=KitapDetay&KT_ID=3&KITAP_ID=243
- Van der Stelt, M.J.C., Gerhauser, H., Kiel, J.H.A., Ptasiński, K.J., 2011. Biomass upgrading by torrefaction for the production of biofuels: A review. Biomass and Bioenergy, 35: 3748–3762.
- Vassilev, S.V., Baxter, D., Vassileva, C.G., 2014. An overview of the behaviour of biomass during combustion: Part II. Ash fusion and ash formation mechanisms of biomass types. Fuel, 117: 152–183.
- Werner, U., Stöhr, U., Hees, N., 1989. Biogas plants in animal husbandry. A publication of the Deutsches Zentrum für entwicklungs technologien, GATE, A Division of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.

**ERZURUM EKOLOJİK ŞARTLARINDA BAZI ŞEKER PANCARI
GENOTİPLERİNİN (*Beta vulgaris saccharifera* L.) HASAT TARİHİ İLE
EKONOMİK PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
BELİRLENMESİ**

Fırat Sefaoglu

Canan Kaya

Aydın Karakuş

Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
İletişim: fsefaoglu@datae.gov.tr

Özet: Şeker pancarı tarımında ekonomik parametreleri etkileyen en önemli faktör hasat tarihidir. Bu çalışma farklı hasat tarihlerinin şeker pancarının verim ve verim unsurlarına etkisini belirlemek amacı ile 2013 yılında Erzurum ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Ülkemizde ticari olarak üretimi yapılan 15 ticari şekerpancari çeşidine ait tohumların ekimleri nisan ayının 4. haftasında, hasatları ise ekim ayının 1. ve 3. haftası ile kasım ayının 1. haftası olmak üzere üç farklı tarihte yapılmıştır. Yapılan istatistikî analizlerde farklı hasat tarihlerinin şeker pancarında kök-gövde ve şeker verimine etkisinin ($p<0.01$) önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek kök-gövde (7427.1 kg/da) ve şeker (1120.6 kg/da) verimi ile şeker oranı (%19) 3. hasat tarihinden, en yüksek kuru madde oranı ise %22.7 ile 2. hasat tarihinde elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarımıza göre Erzurum koşullarında şeker pancarında uygun hasat tarihi olarak *Kasım ayının ilk haftası* ön plana çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Şeker pancarı, *Beta vulgaris saccharifera*, kök verimi, şeker oranı.

**THE DETERMINATION THE RELATIONSHIP BETWEEN HARVEST DATE
WITH ECONOMIC PARAMETERS OF SOME BETAVULGARIS
SACCHARIFERA GENOTYPES (*Beta vulgaris saccharifera* L.) IN THE
ECOLOGICAL CONDITIONS OF ERZURUM**

Abstract: Date of harvest is the most important factor affecting economic parameters in sugar beet farming. This research was carried out to determine the effect on sugar beet yield and yield components of different harvest dates in Erzurum ecological conditions in 2013. The sowing of the seeds of 15 commercial sugar beet varieties commercially produced in our country were made on 4th week of April, the harvests were made at three different dates including 1st and 3rd week of October with 1st week of November. The results of statistical analysis have shown that different harvest dates statically have influence on root-trunk and sugar yield ($P<0.01$). The highest root-trunk (7427.1 kg/ha) and sugar yield (1120.6 kg/ha) with sugar content (19%) were obtained from 3rd harvest date. The highest dry matter content 22.7% was obtained from 2nd harvest date. According to our research results, suitable sugar beet harvest in Erzurum conditions has taken over as the first week of November.

Key words: Sugar beet, *Beta vulgaris saccharifera*, root yield, sugar rate.

1. Giriş

Endüstri bitkileri içerisinde şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) önemli bir yere sahiptir. Bugün dünyamızda ticari olarak şeker, şeker kamışı ve şeker pancarından elde edilmektedir. Şeker kamışı tropik iklim kuşağında yetişirken, şeker pancarı kuzey yarım kürede ülkemizin de bulunduğu 30° güney-60° kuzey enlemleri arasında değişik iklim kuşakları ve bölgelerde yetişmektedir (Gencer, 1988; Morillo-Velarde, 1993).

Dünyada üretilen şekerin %80'i kamıştan, %20'si pancardan elde edilmekle birlikte, ülkelerin coğrafi konumları asıl belirleyici rolü oynamaktadır. Çeşitli kimyasallar kullanılarak üretilen nişasta bazlı şekerler ise çok az bir üretim ölçeğine sahiptir. Dünyada 71 ülke kamıştan 43 ülke pancardan şeker üretmektedir. Ülkemiz sahip olduğu coğrafi özellikler nedeniyle şeker kamışı üretimine uygun değildir. Gece-gündüz sıcaklıkları arasında belirli fark isteyen, karasal iklime yakın iklim değerlerinde sulanmak şartıyla iyi yetişebilen şeker pancarı bitkisi ülkemiz için başlıca şeker kaynağı olmuştur. Şeker pancarı Doğu Anadolu bölgesinde 2013 Yılında 109.822 da alanda 423.821 ton şeker pancarı üretimi yapılmakta iken Erzurum'da 80 köyde 2640 üretici ile 25.827 da alanda toplam 106.306 ton şeker pancarı üretimi yapılmıştır (Anon., 2013). Ortalama verim, Türkiye, Doğu Anadolu Bölgesi ve Erzurum'da sırasıyla 5666 kg/da, 3856 kg/da, 4116 kg/da'dır (Anon., 2013).

Ülkemizde şeker pancarı hasadı genel olarak karasal iklimin hâkim olduğu bölgeler ile geçit bölgelerinde 15-20 Eylülde başlamaktadır. Vejetasyon periyodunun kısa olması, şeker pancarı hasadının erken ya da geç yapılması verimde düşüslere sebep olabilmektedir (Arioğlu, 1997). Araştırmacılar en yüksek kök, şeker verimi, kök uzunluğu, kök çapı, sakaroz verimi ve kök ağırlığına ekim tarihinden 210 gün sonra ki hasat ta ulaştıklarını bildirmişlerdir (Safit ve ark., 1997; Nasır ve Razeq, 2008; Abd El Razzak, 2003). Hasat zamanı ile yapılan çalışmalarda Held ve ark. (1994), 4 yıl süre ile yaptıkları çalışma sonucunda 10-16 Eylül, 17-23 Eylül, 24-30 Eylül, 1-8 Ekim, 9-16 Ekim ve 17-24 Ekim tarihleri arasında ortalama olarak sırasıyla 5362, 5535, 5733, 5930, 6153 ve 6350 kg/da, Akınerdem ve ark. (1996) Konya'da 15 Eylül, 1 Ekim, 15 Ekim ve 1 Kasım'da yaptıkları hasatta sırası ile 3764, 4053, 4198, 4142 kg/da, Jozefyová ve ark. (2003) Eylül ve Ekim sonundaki hasatlardan 5859 ve 6994 kg/da, Öztürk ve ark. (2008) ise 18 Eylül, 2 Ekim, 18 Ekim ve 1 Kasım hasatlarından sırasıyla 3668, 4371, 4855 ve 4758 kg/da kökgövde verimi elde etmişlerdir.

Erzurum şartlarında 2013 yılında yürütülen bu çalışmada, genotiplerden kökgövde ve şeker verimi yüksek olanlar tespit edilerek şeker pancarında uygun hasat zamanının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Deneme materyali olarak işbirliği yapılan tohumculuk şirketlerinden [BETA (Idaho, Tomcat, Eldorado, Zanzibar, Mohican, SR-380 (Rodeo), SR-

374 (Lizard), SR-485); KWS (Maden, Aranka, Sandrina, Esperia, 9R27); SYNGENTA (Turbata, Sentinel)] temin edilen çeşitler (15 adet) kullanılmıştır.

Araştırma, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü deneme alanında “Tesadüf Blokları Bölünmüş Parseller deneme deseni ’ne göre yürütülmüş ve hasat tarihlerinin ana parsellere çeşitlerin ise alt parsellere gelecek şekilde dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ekimde parsel alanı $10 \times 0.45 \times 3 = 13.5$ (3 sıralı, sıra arası/sıra üzeri mesafe 0.45 cm/0.20 cm, sıra uzunluğu 10 m) hasatta ise $8.80 \times 0.45 \times 3 = 11.88 \text{ m}^2$ (sıraların her iki başından 3’er bitki kenar tesiri olarak sökülecek) olarak kurulmuştur. Hasatta 132 adet pancar değerlendirmeye alınmıştır. Denemeler 2013 ilkbaharında uygun herbisitle toprak ilaçlaması yapılarak 30 Nisan 2013 tarihinde mibzerle ekim yapılmıştır.

Araştırma süresince ihtiyaca göre, çapalama ve sulama (yağmurlama) gibi kültürel işlemler yapılmıştır. Deneme alanına toprak tahlilleri yapıldıktan sonra gerekli görülen gübre form ve dozları uygulanmıştır. Araştırmada kullanılan şeker pancarı çeşitleri 3 farklı tarihte (Ekim ayının ilk haftası, Ekim ayının üçüncü haftası, Kasım ayının ilk haftası) hasat edilmiştir.

Çalışmada, 2013 yılında Nisan-Eylül ayları arasında gerçekleşen ortalama hava sıcaklıkları sırasıyla (7.2, 11.6, 15.0, 19.4, 24.2 ve 13.6 °C) ile uzun yıllar değerlerinin (sırasıyla 5.4, 10.6, 14.9, 19.3, 19.3 ve 14.5 °C) biraz üzerinde gerçekleşmiştir (Anon., 2013). Araştırmada, 2013’de şeker pancarının çıkış ve gelişme dönemi olan Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında gerçekleşen yağış miktarları (sırasıyla 36.3, 36.3, 25.1 ve 7.8 mm) uzun yıllar ortalamasının (sırasıyla 55.8, 67.8, 45.5 ve 26.2 mm) bir hayli gerisinde kalmıştır.

Çizelge 1. Erzurum/merkez lokasyonu deneme alanına ait 2013 yılı toprak analiz sonuçları

Analizin Adı	2013	Değerlendirme
Saturasyon, %	38	Tınlı
pH	7.26	Çok hafif alkali
EC	2.04	Tuzsuz
Tuz	0.05	Tuzsuz
Kireç, %	0.96	Az kireçli
Org.mad. %	1.74	Az
Fosfor, kg/da	11.9	Yüksek
Potasyum, kg/da	167	Yüksek

Tınlı bünyeye sahip olan araştırma alanı toprağının pH değeri 7.26 olup çok hafif alkalin karakterdedir. 2.04 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile elektriksel iletkenlik değeri ile tuzluluk problemi yoktur (Steale, 1967). Deneme toprakları %0.96 CaCO_3 içeriği ile az kireçli olup, organik madde yönünden (%1.74) ise fakirdir (Ülgen ve Yurtseven, 1984).

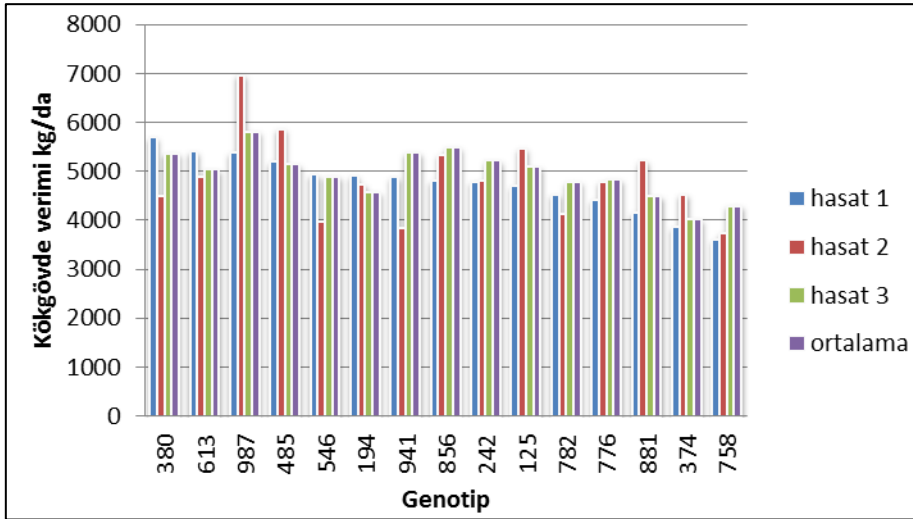
3. Bulgular ve Tartışma

Kök gövde verimi

Araştırmanın yürütüldüğü dönemde kökgövde verimi bakımından 1. 2. ve 3. hasat tarihlerinde elde edilen ortalama verim değerleri ile genotip* hasat zamanına ait ortalama kökgövde verimleri Şekil 1. ile verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmede kökgövde verimleri 2. ve 3. hasat tarihlerinde önemli ($p<0.01$) çıkmıştır. Ekim ayının ilk haftasında yapılan 1. hasatta verim 5686.4-3597.5 kg/da arasında değişmiş ve en yüksek verim 380 nolu genotipten, en düşük verim ise 758 nolu genotipten alınmıştır. En yüksek ve en düşük verimler 2. hasat tarihinde ise 6962.9-3742.5 kg/da arasında değişmiş ve en yüksek verim 987 nolu genotipten, en düşük verim ise 758 nolu genotipten elde edilmiştir. 3. hasat kasım ayının ilk haftasında yapılmış ve en yüksek verim (7427.1 kg/da) 941 nolu genotipten, en düşük verim (3655.5) ise 374 nolu genotipten elde edilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmede Genotip* hasat zamanına ait kökgövde verimleri ($p<0.01$) çıkmıştır ve en yüksek ortalama kök verimi (5808 kg/da) 987 nolu genotipten elde edilmiştir. Farklı hasat zamanlarından alınan ortalama verimler (Çizelge 2) istatistikî olarak ($p<0.01$) önemli çıkmış ve 3. hasat tarihinden en yüksek ortalama verim elde edilmiştir.

Hasat döneminde yağışlı dönemin başlamasıyla birlikte toprakta bulunan fazla miktardaki suyun kökgövdeler tarafından absorbe edildiğini dolayısı ile kökgövde veriminin arttığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, bu çalışmada da, kökgövde verimi üzerine iklimin özellikle de hasat döneminde (Eylül-Kasım) düşen yağış miktarlarının etkisinin büyük olduğu düşünülmektedir. Erken ekim ve geç hasatla gelişme periyodunun uzatılması şeker pancarının verim ve kalitesinde belirli bir artışa sebep olmaktadır (Çakmakçı ve Oral, 2001; Minx ve Rikanova, 1987; Lauer, 1997). Çakmakçı ve Oral (2001)'ın yaptığı bir çalışmada, ekim tarihinin Nisan başından Mayıs sonuna kadar geciktirilmesi durumunda, geç kalınan her bir gün için kök verimi dekara 70.3 kg azalmıştır. Hasadın 26 Eylül'den 16 Ekim'e ertelenmesiyle kök verimi 631 kg/da düzeyinde artmıştır. Nisan ortasından itibaren ekimin 15 gün geç kalmasıyla ortaya çıkan kök verimi kaybının, hasadın 33 gün geç yapılmasıyla telafi edilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca şekerpancarında vejetasyon süresi uzadıkça artırılmış şeker oranının arttığı belirlenmiştir (Radivojević ve İvaz, 1985; Bürcky ve Winner, 1986; Akınerdem ve ark., 1996) Benzer çalışmalarda da araştırmacılar hasat zamanının geçikmesi ile kökgövde veriminin arttığını (Held ve ark., 1994; Akınerdem ve ark., 1996; Jozefyova ve ark., 2003; Öztürk ve ark., 2008) bildirmişlerdir.

Şeker pancarın da verim ve kaliteye birçok faktörün etkili olduğunu bunlar arasında en başta gelenlerin ise çeşit, çevre ve üretici bilgisinin olduğunu vurgulamışlardır. (Radivojević ve Došenović, 2006).



Şekil 1. Şeker pancarı genotiplerine ait farklı hasat tarihlerinde elde edilen ortalama kökgövde verimleri

Çizelge 2. Genotiplerden farklı hasat zamanlarında alınan ortalama kökgövde verimleri

Hasat Zamanı	Verim
3	5276.4 A
2	4847.6 B
1	4747.4 B
	*
	X _{ort.} : 4957.1
	LSD:411.9
	CV:20.2

*(p<0.05), **(p<0.01)

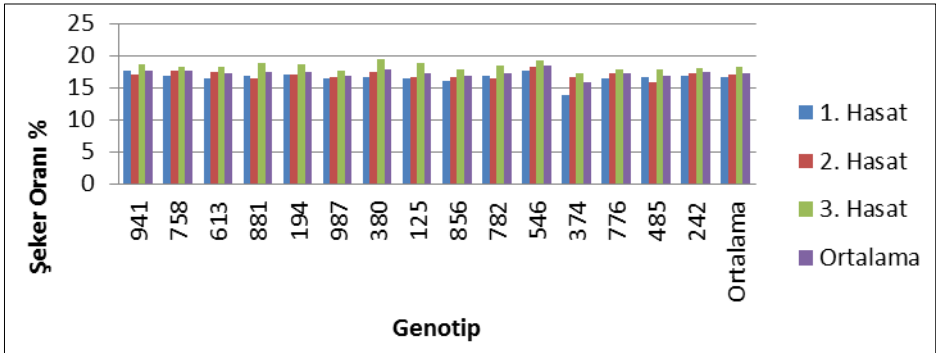
Şeker oranı

Araştırmanın yürütüldüğü yılda farklı söküm zamanları arasında belirlenen ortalama şeker oranları arasındaki farklılık istatistikî açıdan önemsiz olmuştur (Şekil 2). Denemenin gerçekleştirildiği yılda (2013) şeker oranı en yüksek 3. hasat tarihinde % 19.45 ile 380 nolu genotipten en düşük şeker oranı ise 1. hasat tarihinde % 13.85 ile 374 nolu genotipten elde edilmiştir.

Hills ve ark., (1990) şeker pancarı kökgövdelerin de şeker birikiminin 20-24 hafta devam ettiğini, şeker birikiminin kökgövde verimi ile paralel olmadığını, şeker oranının çevre koşullarından çok fazla etkilendiğini ve özellikle hasattan 4-8 hafta önceki düşük gece sıcaklığının şeker oranında artış sağladığını, yüksek gece ve gündüz sıcaklıklarının ise şeker oranını düşürdüğünü bildirirken, Er ve Yıldız (1994), ise hızlı pancar gelişiminin şeker oranını gerilettiğini bildirmişlerdir. Şeker pancarında farklı yer ve zamanlarda hasat zamanı çalışmaları yapılmış ve şeker oranı bakımından çok değişik bulgular elde edilmiştir.

Araştırmada, farklı hasat zamanlarında ki şeker oranı değeri Ekim ayının ilk haftasından kasım ayının ilk haftasına gidildikçe arttığı görülmektedir. Bu durumu Tayfur ve Abacı (2002), şeker pancarında şeker oranının belli bir noktaya kadar arttığını sonra artmadığını ve olgunluk dönemine geçtiğini bildirmiştir.

Araştırmada, farklı hasat zamanlarında ki şeker oranı değeri Ekim ayının ilk haftasından kasım ayının ilk haftasına gidildikçe arttığı görülmektedir. Bu durumu Tayfur ve Abacı (2002), şeker pancarında şeker oranının belli bir noktaya kadar arttığını sonra artmadığını ve olgunluk dönemine geçtiğini bildirmiştir.



Şekil 2. Şeker pancarı genotiplerinde farklı hasat tarihlerinde belirlenen şeker oranları

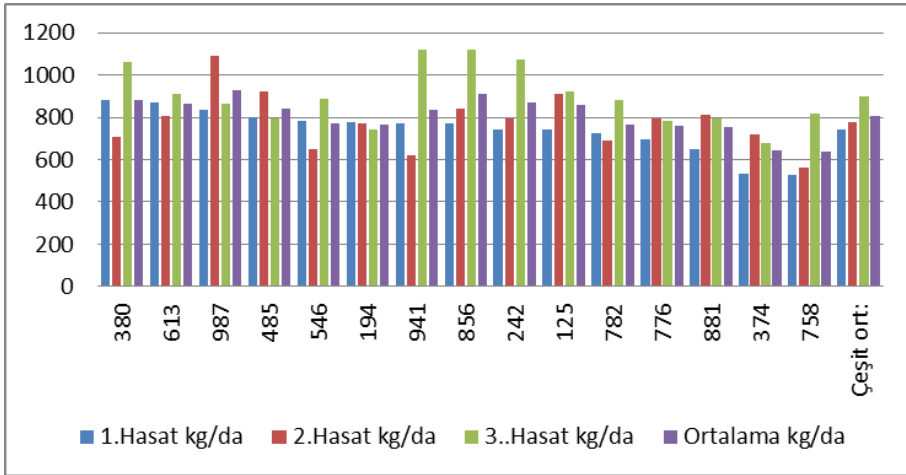
Şeker verimi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda üç farklı hasat zamanlarında tespit edilen ham şeker verimleri Şekil 3 ile verilmiştir. Yapılan istatistikî değerlendirmede hasat zamanlarının ham şeker verimi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Farklı hasat tarihlerinde genotiplerin ham şeker verimlerinin 1120.6-527.9 kg/da arasında değiştiği belirlenmiştir. Ekim ayının ilk haftası yapılan ilk hasatta en yüksek ham şeker verimi (881.4 kg/da) 380 nolu genotipten en düşük ham şeker verimi ise (527.9 kg/da) ile 374 nolu genotipten alınmıştır. Ekim ayının ikinci haftası yapılan 2. hasat tarihinde ise en yüksek ham şeker verimi (1090 kg/da) 987 nolu genotipten en düşük ham şeker verimi (564.8 kg/da) 758 nolu genotipten elde edilmiş iken kasım ayının ilk haftası yapılan üçüncü hasat tarihinde en yüksek ham şeker verimi (1120.6 kg/da) 856 nolu genotipten en düşük ham şeker verimi ise (740.4 kg/da) 194 nolu genotipten alınmıştır. Genotip* hasat zamanına ait ortalama şeker verimleri Şekil 3. ile verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmede şeker verimi istatistikî olarak ($p < 0.01$) önemli çıkmış ve 3. hasat tarihinden en yüksek ortalama ham şeker verimi (896.5 kg/da) elde edilmişken en düşük şeker verimi 1.hasat tarihinden (740.4 kg/da) elde edilmiştir. Hasat zamanı* şeker verimi intereksiyonuna ait yapılan analize göre ortalama ham şeker verimleri (Çizelge 3) istatistikî olarak ($p < 0.01$) önemli çıkmış ve 3. hasat tarihinden en yüksek ortalama ham şeker verimi (896.5 kg/da) elde edilmiştir.

Erzurum yöresinde pancar kök verimi ve şeker oranında Eylül sonuna kadar görülen hızlı artışın, Ekim ayı sonuna kadar devam ettiği belirlenmiştir. Dondurucu düşük sıcaklık meydana gelmediği ve fotosentez devam ettiği müddetçe hasadın gecikmesiyle kök ve şeker verimi ile birlikte safiyet ve şeker oranının da arttığı ortaya konulmuştur Yetiştirme periyodu uzunluğu veya ekim ile hasat tarihi arasındaki günlerin sayısı arttıkça pancar verim ve kalitesi de artmaktadır, (Çakmakçı ve Tıngır, 2001).

Sağlam (1996), Şeker pancarında hasat zamanının Ekim ayının ikinci yarısı olduğunu, kökgövde ve şeker veriminin hasat tarihi geciktikçe arttığını, kökgövde verimini etkileyen faktörlerin şeker verimini de etkilediğini ve şeker verimi ile kök gövde verimi arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir. İncekara (1973), Şeker pancarı hasadının Eylül sonu ile Ekim ayı süresince yapılması şeker verimi açısından önemli olduğunu belirtmiştir. Nagy ve ark. (1983), şeker pancarında kökgövde ve şeker veriminin hasat tarihi geciktikçe arttığını ve en uygun hasat zamanının Ekim ayının ikinci yarısı olduğunu bildirmişlerdir.

Çakmakçı ve Oral (2001) ise, Erzurum’da yürüttükleri Çalışmada, hasadın gecikmesiyle şeker veriminin arttığını, 26 Eylül ve 16 Ekim sökümlelerinden 885 ve 1022 kg/da şeker verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir.



Şekil 3. Şeker pancarı genotiplerinde farklı hasat tarihlerinde belirlenen Şeker verimleri

Çizelge 3. Genotiplerden farklı hasat zamanlarında alınan ortalama ham şeker verimleri

Hasat Zamanı	Ham şeker verimi
3	896.5 A
2	779.7 B
1	740.4 B
	**
	$\bar{X}.$: 805.5
	LSD _(0.05) : 52.1
	CV: 20.2

*(p<0.05), **(p<0.01)

Kuru madde

Genotiplerin en yüksek ortalama kuru madde oranı (%22.1) 941 nolu genotipten, en düşük kuru madde oranı ise (%20.63) 874 nolu genotipten elde edilmiştir. Farklı tarihlerde hasat edilen şeker pancarı genotiplerinde en yüksek kuru madde miktarı (%21.7) Ekim ayının ikinci haftası yapılan 2. hasat tarihinden elde edinmişken en düşük kuru madde miktarı ekim ayının 1. haftası yapılan birinci hasat tarihinden elde edilmiştir.

Seker pancarı kuru madde ve usare safiyeti oranı ekim mesafesi arttıkça ve tarla çıkış seviyesi düştükçe azalmıştır. Dar aralıklı ekimin konuları arasında kuru madde oranı bakımından önemli bir farklılık belirlenememiştir. Geniş aralıklı ekimde tarla çıkışına göre önemli miktarda kuru madde artışı sağlamıştır. (Çakmakçı ve Oral, 1995).

1994 yılında Van'da yürütülen çalışmada üç şeker pancarı çeşidi ile dört farklı ekim zamanının (7 Nisan, 27 Nisan, 17 Mayıs ve 6 Haziran) verim, verim unsurları ve kalite üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada bitki başına yaprak sayısı, kök-gövde çapı, kök-gövde verimi, yaprak+baş verimi, metrekaresindeki yaprak alanı, amino azot, digestion ve arıtılmış digestion oranı, kuru madde oranı, ham şeker verimi, arıtılmış şeker verimi üzerine ekim zamanlarının etkisi önemli ($P<0.05$; $P<0.01$) olmuştur (Okut ve Yıldırım, 2005).

4. Sonuç

Erzurum şartlarında şeker pancarında uygun hasat zamanının belirlenmeyi amaçladığımız bu çalışmada kök-gövde verimi en yüksek kasım ayının ilk haftası yaptığımız 3. hasat tarihinden 941 nolu genotipten, şeker verimi ise yine kasım ayının ilk haftası yaptığımız 3. hasat tarihinden 856 nolu genotipten, en yüksek kuru madde oranının ise ekim ayının üçüncü haftası yapmış olduğumuz 2. hasat tarihinden 941 nolu genotipten elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarımıza göre Erzurum koşullarında şeker pancarında uygun hasat tarihi olarak Kasım ayının ilk haftası ön plana çıkmıştır.

Kaynaklar

- Abd El-Razek, A.M., 2003. Effect of agricultural practices on the productivity of some sugar beet varieties. Ph.D. Thesis, Fac of Agric Suez Canal Univ Egypt.
- Akınerdem, F., 1994. Konya Şeker Fabrikası Bazı Bölgelerinde Gübreleme Sulama ile Verim-Kalite İlişkileri. Şeker Pancarı Yetiştirme Tekniği Sempozyumu. II. S.Ü. Ziraat Fakültesi ve Konya Pancar Ekicileri Kooperatifi, Konya.
- Anonim, 2013. FAO Kayıtları. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001
- Anonim, 2013. Erzurum İli İklim Kayıtları. Erzurum Meteoroloji İşleri Müd. Erzurum
- Arıoğlu, 1997. Nişasta Şeker Bitkileri. Ç.Ü. Zir. Fak. Genel Yayın No: 188, Ders Kitapları Yayın No: 57, Adana.
- Bürcky, K., Minner, C., 1986. The influence of stand density of yield and quality of sugar beet of different harvesting dates. Journal of Agronomy and Crop Science, 1571, 4: 264-272.

- Çakmakçı, R., Oral, E., 2001. Farklı ekim ve hasat tarihleri ile bitki sıklıklarının şeker pancarı verim ve kalitesi üzerine etkisi-11. verim ve kalite kriterleri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 32(4): 379-389.
- Çakmakçı, R., Tıngır, N., 2001. Vejetasyon periyodu uzunluğunun şeker pancarının gelişim verim ve kalitesi üzerine etkisi. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg., 32(1): 41-49.
- Er, C., Yıldız, M., 1994. Şeker Pancarında Beslenme ve Kalite İlişkileri. Şeker Pancarı Yetiştirme Tekniği Sempozyumu. II. S.Ü. Ziraat Fakültesi ve Konya Pancar Ekicileri Kooperatifi, Konya.
- Gencer, O., 1988. Genel Tarla Bitkileri (Endüstri Bitkileri). Çukurova Üniv. Ziraat Fak., Ders Kitabı, No:42, Adana.
- Held, L.J., Burgener, P.A., Lauer, J.G., Menkhaus, D.L., 1994. An economic analysis of reducing nitrogen on early harvest sugarbeets. J. Prod. Agric., 7(4): 422-428.
- Hills, F.J., Winter, S.R., Henderson, D.W., 1990. Sugarbeet irrigation of agricultural crops. Agronomy Monograph, 30: 795-809.
- İncekara, F., 1973. Endüstri Bitkileri ve Islahı. Nişasta Şeker Bitkileri ve Islahı. Ege Üniv. Zir. Fak. Yayınları No: 101, Cilt:3 (2. Baskı).
- Jozefyová, L., Pulkrábek, J., Urban, J., 2003. The influence of harvest date and crop treatment on the production of two different sugar beet variety types. Plant Soil Environ., 49(11): 492-498.
- Lauer, J.G., 1997. Sugar beet performance and interaction with planting date, genotype and harvest date. Agronomy Journal, 89: 469-475.
- Minx, L., Rikanova, J., 1987. Yield depression of sugar beet caused by gaps in stands sown on different dates. Rostlinna Vyroba, 33(9): 959-964.
- Morillo-Velarde, R., 1993. International Institute for Beet Research. 56. Winter Congress Belgium.
- Nagy, Z., Bianu, F., Nagy, M., 1983. Determination of optimum harvesting date of sugar beet cultivars at present in cultivation. Field Crops Abstract, 36: 186.
- Nasır, M.I., Abd El-Razek, A.M., 2008. Sugar beet performance under newly reclaimed soils conditions of Sinai, Egypt. Sugar Tech, 10(3): 210-218.
- Öztürk, Ö., Topal, A., Akınerdem, F., Akgün, N., 2008. Effect of sowing and harvesting dates on yield and some quality characteristics of crops in sugar beet/cereal rotation system. J. Sci. Food Agric., 88: 141-150.
- Radivogevic, S., Ivaz, D., 1985. The effect of harvesting time on quality of sugar beet. Field Crop Abstr., 38(1): 40.
- Saif, L.M., Zalat, S.S., EL-Geddawy, I.H., 1997. Effect of holding irrigation intervals and harvesting dates on yield and its attributes of sugar beet. J. Agric. Sci., Mansoura Univ., 22(2): 341-347.
- Sağlam, G. 1996. Burdur ilinin dört ayrı ekim bölgesinde şeker pancarının vejetasyon süresince bazı agronomik ve kalite özellikleri üzerine araştırma. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 78 S.
- Steole, J.G., 1967. Soil Survey Inter Pretation and Its use FAO. Soils Bulltein, No: 8.
- Tayfur, H., Abacı, A.Y., 2002. Ekim Mevsimi ve Söküm Tarihinin Şeker Pancarı Çeşitlerinin Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi. İkinci Ulusal Şeker Pancarı Üretimi Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 10-11 Eylül, Ankara, 393-401.
- Ülgen, N., Yurtsever, N., 1984. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak Su Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, Yayın No: 47, Ankara.

BIYOMETAN POTANSİYELİNİN ARTIRILMASINDA ALTERNATİF ENERJİ BİTKİLERİNİN FİZİBİLİTESİ: TARIMA ENTEGRE OLMASI VE GELİŞTİRİLMESİ

Nilgün Civaş

Günnur Koçar

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Bornova/İzmir
nilguncivas@gmail.com, gunnur.kocar@ege.edu.tr

Özet: Yenilenebilir enerji kaynakları açısından yüksek yerli kaynaklara sahip olmasına rağmen, Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamada dışa bağımlı olması sosyo-ekonomik ve çevre bağlamında dezavantajlara sahiptir. Dünyada gelecekteki enerji ihtiyacının karşılanması için enerji bitkileri önemli bir potansiyeldir. Bu kapsamda, tarıma elverişli olmayan alanlarda alternatif enerji bitkilerinin tarımının yapılması farklı alternatifler sunmaktadır. Yüksek verim, yetiştiricilik için düşük enerji girdisi ve gübre gereksinimlerinin yanı sıra toprak iyileştirme özellikleri ile alternatif enerji bitkilerinin tarıma entegre olması, Türkiye'nin biyoyakıt üretiminde hammadde kazanımı açısından önemli bir role sahip olacaktır.

Türkiye'de mevcut tarım potansiyeli açısından yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle ve biyogaz üretimi büyük bir öneme sahiptir. Aynı zamanda biyogaz üretiminde hammadde olarak büyük oranda enerji bitkileri, tarımsal ve hayvansal atıklar ile her türlü organik atık kullanılabilir. Biyogaz üretimi, özellikle Türkiye'nin kırsal bölgelerinde, ekonomik, ekolojik ve sosyal gelişme açısından yararlı bir etki sağlayacaktır. Biyogaz teknolojilerinde biyokütleden yüksek biyometan verimi elde etmek için proses basamaklarının fizibilitesinin yapılması, bu sistemlerin optimizasyonu ve sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Biyometan üretim zincirinde, hammaddenin seçimi ve temini ile uygulanan ön işlem basamakları anahtar rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench ve *Sorghum vulgare*) ve dallı darı (*Panicum virgatum*) gibi C4 bitkisi türlerinin ko-fermentasyon prosesi sonucunda biyometan potansiyelini artırmadaki optimizasyonu ve çoklu proses yaklaşımlarına uygun olması üzerinde durulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, biyometan potansiyeli, enerji bitkileri, enerji tarımı.

FEASIBILITY OF ALTERNATIVE ENERGY CROPS IN ENHANCING THE BIOMETHANE POTENTIAL: THEIR INTEGRATION INTO AGRICULTURE AND DEVELOPMENT

Abstract: The external dependence of Turkey in meeting its energy need in spite of possessing high domestic resources in terms of renewable energy resources has disadvantages in socio-economic and environmental contexts. Energy crops constitute important potential for meeting the future energy need in the world. Within this scope, the carrying out of the energy farming of alternative energy crops in non-arable land offers different alternatives. With their features of high yield, low energy input in their production, manure need, and soil improvement, the integration of alternative energy crops into agriculture will be a significant raw material gain for the biofuel production of Turkey.

In Turkey, the production of biogas as a renewable energy resource is of great importance for its potential for agriculture. In addition, high rates of energy crops,

agricultural wastes, animal manure and any organic waste can be used as raw materials in biogas production. Biogas production will particularly have a useful impact on the rural regions of Turkey in terms of economic, ecological, and social development. Performing the feasibility of the process steps to obtain high biomethane yield from biomass in biogas technologies is essential for the optimization and sustainability of these systems. The selection and procurement of raw materials, the pretreatment steps applied play a key role in the biomethane production chain.

This study focuses on the optimization of types of C4 crops such as sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench and *Sorghum vulgare*) and switchgrass (*Panicum virgatum*) in enhancing the biomethane potential as a result of the ko-fermentation process and their convenience for multiple process approaches.

Keywords: Biogas, biomethane potential, energy crops, energy farming.

1.Giriş

Türkiye'nin endüstriyel gelişimine bağlı olarak, fosil yakıtlara dayalı artan miktarda enerji kullanımı hava kirliliğindeki artışı da beraberinde getirmiştir. TÜİK "GHG Envanteri" (2009) raporuna göre, toplam sera gazı emisyonunun 369.6 milyon ton CO₂'e eşit olduğu belirtilmiştir. Bu emisyon değerlerinin büyük bir kısmının (% 75), enerji sektörüne ait olduğu bilinmektedir. Bu veriler göz önüne alındığında, Türkiye' de alternatif temiz enerji kaynaklarının kullanımı ve yaygınlaştırılmasının önemi artmaktadır. Bölgesel kaynakların kullanılması ile sera gazı emisyonları azaltılabilir, artan enerji talebi yerli kaynaklardan karşılanabilir ve enerji sürdürülebilirliği geliştirilebilir.

Dünya'da ülkelerin biyoyakıt üretim desenlerine bakıldığında; yaygın olarak kullanılan birinci nesil biyoyakıt teknolojilerinden, ikinci nesil ve üçüncü nesil biyoyakıt teknolojilerine geçişin gerçekleşmesi için 2020 yılı hedef ve senaryoları açıklanmakta, yoğun ve nitelikli Ar-Ge çalışmalarına büyük pay ayrılmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'nin tarıma elverişli olmayan alanlarında, dallı darı ve sorgum türlerinin biyogaz üretimi amacı ile enerji tarımının yapılmasının önemine işaret edilmektedir. Dallı darı ve sorgum türlerinin taze sığır gübresi kullanılarak ko-fermentasyonu, biyogaz üretiminde yüksek biyometan potansiyeli (BMP) açısından oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra taze sığır gübresi, ülkemizde biyogaz tesisleri için halihazırda bol miktarda bulunan bir hammaddedir. Bu kapsamda, anaerobik fermentasyon prosesi ile gübrenin iyileştirilmesi de önemli bir avantajdır. Tarımsal atığın bertaraf edilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve çevre sağlığı açısından oldukça önemlidir. Ülkemizde taze sığır atığının anaerobik fermentasyon proseslerinde kullanılması ile biyogaz elde etmenin yanı sıra atık yönetimi ve proses sonucunda elde edilen ikincil ürün organik (fermente) gübrenin tarımda kullanımıyla da katma değer sağlanmaktadır. Ülkemizde genellikle sığır atığı, tarım arazilerinde direkt gübre olarak kullanılmakta, bu da asit özelliği nedeniyle gerek toprak gerekse ürün üzerinde negatif etki yaratmaktadır. Buna ilaveten, çevre hijyeninin sağlanamamasına ve sera gazı emisyonlarının (NO_x, SO_x ve CH₄) artmasına da neden olmaktadır. Enerji bitkilerinin anaerobik fermentasyon proseslerinde kullanılması, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına

katkıda bulunan ve sürdürülebilir enerji üretimini sağlayan oldukça etkili ve gelecek vaat eden biyokütle çevirimi yoludur (De Paoli ve ark., 2011).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Hammadde karakterizasyonu

Tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yüksek fotosentez veriminin yanı sıra, tarıma elverişli olmayan alanlarda yetişebilme, kuraklığa dayanıklılık ve yüksek biyokütle verimine sahip olma özellikleri ile ikinci nesil biyoyakıt üretiminde kullanılabilme potansiyeli yüksek olan tek yıllık bir C4 bitkisi. Aynı zamanda çok etkili bir kök sistemine sahiptir. Bu kök sistemi sayesinde kuraklığa dayanıklıdır ve su gereksinimi düşüktür. C4 bitkileri, yüksek fotosentez yapabilme yetenekleri ile sera gazı emisyonlarının azaltılmasında ve toprağın iyileştirilmesinde öneme sahiptirler (Kocar ve Civas, 2013). Çok yıllık C4 bitkisi olan dallı darı (*Panicum virgatum* L.) da benzer özelliklere sahiptir. C4 bitkilerini, C3 bitkilerinden ayıran özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Dallı darı ve sorgum türlerinin Türkiye’ de tarım alanlarına entegre olması ile biyoyakıt üretimi, hayvan yemi ve toprak koruma amaçlı kullanımları çoklu proses yaklaşımlarına olanak sağlamaktadır.

Anaerobik fermentasyon proseslerinde enerji bitkilerinin lignoselülozik yapısı proses verimi üzerinde fiziksel bir engeldir. Lignoselülozik yapı, selüloz, hemiselüloz ve lignin polimerlerinden oluşmaktadır. Bu yapı içerisindeki karbon kaynağının ortaya çıkmasını sağlayabilmek için çeşitli ön işlem basamaklarının uygulanması gerekmektedir. Proses verimini ve maliyetini etkileyen bu parametrenin belirlenmesinde, enerji bitkisinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin çok iyi analiz edilmesi önem taşımaktadır. Hammaddenin nem içeriği, ısı değeri, parça boyutu, karbon miktarı, kül miktarı ve içeriği, elementel analiz ve yakıt emisyon değerleri bu özelliklerden bazılarıdır. Hammadde üzerinde uygulanacak ön işlem sonuçlarının değerlendirilmesinde, bu özellikler önem taşımaktadır. Biyokütle çevirimi teknolojilerinde, uygun hammadde seçimi açısından bu parametrelerin belirlenmesi anahtar rol oynamaktadır.

Çizelge 1. C3 ve C4 bitkilerinin bazı özellikleri (Koçar, 2014).

Özellikler	C3 Bitkileri	C4 Bitkileri
Bitki Türleri	Buğday, arpa, çavdar, Şeker pancarı, yulaf	Miscanthus, dallı darı, sorgum, mısır, saz kamışı
Transpirasyon katsayısı (kg. H ₂ O/ kg kuru madde)	450-900	220-350
Fotosentezde ışığa doymunluk	Orta	Ortadan yükseğe kadar
Optimum CO ₂ bağlanması	15-20 °C	30-40 °C
Fotorespirasyon	CO ₂ bağlanmasının % 15-30’u kadar	CO ₂ kaybı yok
Özümleme noktası	40-100 ppm CO ₂	0-10 ppm CO ₂
Fotosentetik verim (gr/m ² gün)	20-30	40-50
Yıllık Üretim (t/ha/yıl)	10-30	60-80
Maksimum artış oranı (gr kuru madde/ m ² yaprak yüzeyi. gün)	50-200	400-500

Tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) bitkisinin ön işlem uygulanmaksızın elde edilen kimyasal bileşim değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Tatlı sorgum bitkisinin kimyasal bileşim değerleri (Sambusiti ve ark., 2013).

Parametreler	Değerler (%)
Hemiselüloz bileşimi (DM)	17.9
Selüloz bileşimi (DM)	53.1
Lignin bileşimi (DM)	27.9
Toplam katı (TK)	95.7
Uçucu katı (UK)	86.3
C/N	100
Kül	9.4
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD)/(g g ⁻¹)	50.97
Elementel Analiz (C, H, N, S)	44.9, 5.8, 0.7, 0.0

Enerji bitkilerinin biyometan verimlilikleri üzerinde iklim, toprak yapısı, ekolojik bölge özelliklerinin yanı sıra bitkinin hasat edilme zamanı ve proses özellikleri etkili olmaktadır. Anaerobik fermentasyon prosesinde hammadde bileşimindeki selüloz, hemiselüloz ve lignin yapısı biyogaz verimi üzerinde etkilidir. Geç hasat edilen dallı darı (*Panicum virgatum* L.) bitkisinde lignin oranının artması ile biyodegradasyon zorlaşmakta ve proses verimi azalmaktadır. Bu da, enerji bitkilerinin lignoselülozik yapısının biyometan verimini etkilediği anlamına gelmektedir.

Çizelge 3’de dallı darı (*Panicum virgatum* L.) bitkisinin kimyasal bileşim değerleri verilmiştir.

Çizelge 3. Dalli darı bitkisinin kimyasal bileşimi (Ladisich ve ark., 2011; Afzal ve ark., 2014).

Parametreler	Değerler (%)
Toplam karbonhidrat bileşimi	53.8- 60.9
Lignin bileşimi (DM)	18.8- 22.6
Uçucu katı (UK)	68.46
Toplam katı (TK)	93.7
Protein	5.4
Çözünabilir glikoz	9.6
Kül	3.3- 4.3
Karbon	47.20
Hidrojen	6.00
Azot	0.15
Sülfür	0.04
Oksijen	46.61

Enerji bitkilerinin kullanıldığı ko-fermentasyon prosesinde, biyometan potansiyelini artırmak için hammadde üzerinde fiziksel, biyolojik ve kimyasal ön işlem uygulamaları gerekmektedir. Hammaddenin karakterizasyonu yapıldıktan sonra en uygun ön işlemin seçilmesi, hem prosesin süresini kısaltmakta hem de maliyeti azaltmaktadır. Ön işlem uygulamalarının temel amacı, lignoselülozik yapının kırılmasını ve enzim ulaşılabilirliğini sağlamaktır.

2.2. Materyalin hazırlanması ve ön işlem uygulamaları

Biyometan verimini artırmak için, substrat olarak belirlenen enerji bitkilerine uygulanan çeşitli ön işlemlerin; proses maliyeti, uygulama süresi, sürdürülebilirlik ve çevresel açıdan fizibilitesi değerlendirilmelidir. Ek olarak, substrat olarak belirlenen enerji bitkileri üzerinde uygulanması planlanan ön işlemlerin, elde edilen biyometan potansiyeli (BMP) üzerinde pozitif etkisinin olması amaçlanmalıdır.

Ön işlemler genel olarak sınıflandırıldığında; fiziksel (öğütme, sıkma, parçama, ezme), kimyasal (asit, alkali ve kireç uygulaması), termokimyasal [buhar uygulaması (SE)], fizikokimyasal [Amonyak Lif Patlaması (Ammonia Fiber Explosion, AFEX)], biyolojik (enzimatik hidroliz, termofilik bakteri ve beyaz çürükçül mantar uygulamaları) uygulamaları içermektedir.

Lignoselülozik hammadde üzerinde fiziksel ön işlemlerle parçacık boyutunun düşürülmesi, biyometan veriminde pozitif etki oluşturmaktadır. Anaerobik fermentasyon konusunda yapılan çalışmalarda, 1 mm altındaki hammadde parçacık boyutunun biyometan verimi üzerinde önemli bir değişime neden olmadığı vurgulanmaktadır. Bu da parçacık boyutunun belirlenmesinin dikkate alınması gereken önemli bir kriter olduğunu göstermektedir.

Termokimyasal ön işlem çeşidi olan AFEX, lignoselülozik materyaldeki lignin, hemiselüloz ve selülozun kristal yapılarının bozulmasında ve enzimin polisakkarite ulaşabilirliğinin artmasında etkili bir ön işlem olarak kullanılmaktadır. İnhibitör üretiminin olmaması, düşük basınçta biyokütlenin lignin bileşimi üzerinde pozitif etkisi nedeni ile avantajlara sahiptir. Ancak yüksek maliyeti nedeni ile sanayi ölçekli uygulamalarda dezavantaj olarak göz önüne alınması gerekmektedir.

Alkali (NaOH) ön işlem uygulaması, maliyetinin düşük olması nedeni ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer ön işlemlerle kıyaslandığında (örneğin seyreltilmiş asit), inhibitör üretme seviyesinin düşük olduğu ve lignoselülozik yapının degradasyonunun alkali uygulama ile hızlandığı görülmektedir. Asit ve alkali ön işlemler düşük sıcaklık ve basınçta uygulandıkları için düşük enerji maliyetleri nedeniyle avantaja, ancak toksik etkileri ve uygulamalarının uzun bekletme süreleri gerektirmesi nedeniyle de dezavantaja sahiptirler.

Asit ön işlemler ise mikrobiyal popülasyon üzerindeki inhibe edici etkileri ile dikkat çekmekte, buna bağlı olarak proses verimini ve dolayısıyla da biyogaz verimini düşürmektedirler. Ek olarak, kimyasal ön işlemler sonrasında sistemde oluşabilecek olan korozyonlar da dikkate alınmalıdır.

2.3. Temel parametreler ve proses geliştirme

Biyokimyasal dönüşüm yöntemlerinden biri olan anaerobik fermentasyon, organik atıkların oksijensiz ortamda bakteriler tarafından parçalanması prosesi olması nedeni ile mikrobiyolojisinin çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Biyogaz sistemlerinde optimum koşullarının sağlanabilmesi için bazı parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir:

- Proses sıcaklığı anaerobik fermentasyon deneylerinde önemli parametrelerdendir ve genellikle mezofilik bölge (37 ± 2 °C) tercih edilmektedir. Lignoselülozik hammadde kaynaklarının selülozik yapısı nedeni ile biyometan veriminin artırılması için bekletme süresinin artırılması gerekmektedir. Sıcaklığın artırılması bekletme süresini kısaltmaktadır. Ancak büyük sıcaklık değişimleri prosesde toksik etkiye neden olmaktadır. Besleme materyalinde topaklaşmanın önlenmesi, homojenliğin sağlanması ve üretilen biyogazın materyalden uzaklaştırılması için proseste karıştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.
- Anaerobik fermentasyon proseslerinde, reaktöre besleme materyalinin C/N dengesinin sağlanması önemli bir diğer parametredir. Kimyasal analiz ile materyallerin UK, TK, uzun zincirli yağ asitleri, protein ve karbonhidrat değerleri belirlenerek, proses üzerindeki inhibitör ve toksik etkilerinin önüne geçmek mümkündür. Ko-substrat olarak taze sığır atığının kullanılması ile C/N oranının optimizasyonu sağlanmaktadır. Atık içerisindeki mikrobiyal popülasyon, anaerobik fermentasyonun hidrolik bekletme süresini kısaltmaktadır. Ayrıca, sığır atığındaki azot oranının az olması nedeni ile C/N oranı yüksektir ve ko-fermentasyon prosesi ile fizibilitesi sağlanmaktadır. 15:1-30:1 arasındaki C/N değerleri, anaerobik fermentasyon için optimum olmaktadır.
- Hammaddenin reaktöre organik yükleme hızı (OYH) da, diğer önemli parametredir. Genellikle $\text{kg-UK/m}^3\text{-rektör.gün}$ olarak değerlendirilir ve 1-5.8 $\text{kg-UK/m}^3\text{-rektör.gün}$ aralığındadır. Uçucu katının (UK) reaktörde kalış süresi, reaksiyon sıcaklığına ve kullanılan hammadde kaynaklarının özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. OYH belirlenirken, besleme materyalinin kimyasal analizi sonunda elde edilen UK ve TK oranları dikkate alınmaktadır. Besleme materyalinin toplam katı (TK) değeri için % 8-13 aralığı, biyogaz üretimi açısından uygun referans aralığı olarak verilmektedir. Çizelge 4’de bazı organik materyallerin TK, UK ve C/N oranları verilmiştir.

Çizelge 4. Bazı organik materyallerin TK, UK ve C/N oranları (Eryaşar, 2014).

Materyal	Toplam Katı Madde Oranı (TK) %	Uçucu Katı Madde Oranı (UK) %	C/N oranı
Sığır atığı	5-25	75-85	6-20
Tavuk atığı (et)	50-90	60-80	3-15
Mısır atığı	80	91	30-70
Buğday samanı	70-90	85-93	80-180
Çim	20-25	89-90	15-19
Küspe	65	78	140-150

Hayvansal atıklar anaerobik fermentasyon prosesi için uygun olup, Avrupa’daki biyogaz sistemlerinin %89’unda hayvansal atıklar hammadde olarak kullanılmaktadır. Sığır atığının biyogaz verimi 200-350 (l/kg UK) aralığında değişmektedir. Almanya’da biyogaz sistemlerinin yaklaşık

%90'ında, enerji bitkileri (özelikle mısır bitkisi) biyometan potansiyelinin artırılması için kullanılmaktadır. Özellikle bazı enerji bitkilerinin hayvansal atıklar ile birlikte kullanıldığı ko-fermentasyon uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır [7]. Buna göre, biyogaz sistemlerinde kullanılan bazı bitki ve/veya artıklarından elde edilen metan verim miktarları Çizelge 5'de verilmektedir.

Çizelge 5. Bazı bitki ve artıklarının metan verim miktarları (Brau ve ark., 2007).

Materyal	Metan verimi (m3/ ton UK)
Mısır	205-450
Saman	270-316
Yonca	345-350
Çim	298-467
Kolza	240-340
Yapraklar	417-453
Sorgum	295-372

3. Bulgular ve Tartışma

Türkiye'nin artan enerji talebi yerli, yenilenebilir enerji kaynaklarına ve bunlardan enerji elde etme yöntemlerine yönelmeyi zorunlu hale getirmektedir. Ülkemizin tarım potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda, biyokütle kaynaklarından biyokütle çevirimi yöntemleri ile temiz yenilenebilir enerji elde etmenin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda anaerobik fermentasyon prosesi sonucunda biyogaz ve fermente gübrenin üretimi, Türkiye için dikkat çekici bir alternatifte sahiptir. Biyogaz üretiminde potansiyel olan enerji bitkilerinin sürdürülebilirliğinin ve optimizasyonunun sağlanabilmesi için tarım sektörüne entegre olması, Türkiye açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada da, Türkiye flora, iklim ve toprak yapısına uygun tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench ve *Sorghum vulgare*) ve dalı darı (*Panicum virgatum*) gibi C4 bitkisi türlerinin ko-fermentasyon proseslerinde kullanımının önemine dikkat çekilmektedir. Sorgum ve dalı darı bitki çeşitlerinin farklı biyokütle enerji dönüşüm yöntemlerine uygun hammadde kaynakları olmaları, çoklu proses yaklaşımlarına da olanak sağlamaktadır. Ancak 2010 TÜİK verilerine göre, ülkemizde sorgum bitkisi türlerinin yetiştiriliciliğinin önemsenmeyecek kadar az olduğu görülmektedir.

Biyometan üretiminde en uygun ön işlem ve proses yönteminin belirlenmesi ile ekonomik, uygulanabilir ve çevre dostu enerji üretimi sağlanabilecektir. Bu amaçla ko-fermentasyon proseslerinde izlenmesi gereken basamaklar;

- Uygun enerji bitkisinin seçimi ve üretimi,
- Hasat, ön işlemler (I) ve depolama,
- Ön işlemler (II),
- Biyogaz üretimi (BMP),
- Fermente gübre ve depolanması şeklinde sıralanabilir.

Türkiye'de küçük ölçekli biyogaz tesisleri sosyal, ekonomik, çevre ve enerji boyutları ile ele alındığında, yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmaların

artırılması büyük önem taşımaktadır. Ancak birçok avantaja sahip olmasına rağmen Türkiye’de biyogaz tesisleri tarım ve enerji sektörüne henüz yeterince entegre olamamıştır. Biyogaz üretiminin ve yaygınlaşamamasının en önemli kısıtlamalarından biri, henüz bir alt yapı oluşturulamamış olmasıdır. Diğer bir engel ise ülkemize uygun, sürdürülebilir teknolojik alt yapı ve bilginin yeterince anlatılamamasıdır.

Kaynaklar

- Afzal, M., Motasemi, F., Salema, A., Mouris, J., Hutcheon, R.M., 2014. Microwave dielectric characterization of switchgrass for bioenergy and biofuels. *Fuel*, 124: 151-157.
- Braun, R., Weiland, P., Wellinger, A., Biogas from Energy Crops Digestion, IEA Bioenergy, Task 37.
- De Paoli, F., Bauer, A., Leonhartsberger, C., Amon, B., Amon, T., 2011. Utilization of by-products from ethanol production as substrate for biogas production. *Bioresource Technology*, 102(11): 6621–6624.
- Eryaşar, A., 2014. Biyogaz üretim teknolojileri. *Biyokütle Enerji Teknolojileri*, Kış Okulu TÜBİTAK.
- Kocar, G., Civas, N., 2013. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28: 900-916.
- Koçar, G., 2014. Biyokütle tanımı, kullanımı, kaynakları ve karakterizasyonu. *Biyokütle Enerji Teknolojileri*, Kış Okulu TÜBİTAK
- Ladisch, M., Kim, Y., Moiser, N. S., Pallapolu, V., Lee, Y., Garlock, R., Balan, V., Dale, B., Donohoe, B., 2011. Comparative study on enzymatic digestibility of switchgrass varieties and harvests processed by leading pretreatment technologies. *Bioresource Technology*, 102(24): 11089-11096.
- Sambusiti, C., Ficara, E., Malpei, F., Steyer, J.P., Carrere H., 2013. Effect of sodium hydroxide pretreatment on physical, chemical characteristics and methane production of five varieties of sorghum. *Energy*, 55: 449-456.

POSTER BİLDİRİLER

EPDK’NIN BİYOYAKIT HARMANLAMA KARARLARI

Mustafa Acar

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü - Samsun

Dünya nüfusu hızlı bir şekilde artmaktadır. Nüfusun artışı ile birlikte, lüks yaşantı arzusu, bu yaşantısını gerçekleştirmek için artan malzeme, teknoloji istekleri insanları enerjiye daha da bağımlı bir hale getirmiştir. Enerjinin tüketimi de her geçen gün artış göstermektedir. İnsanoğlunun enerjiyi doyumsuz olarak kullanmak istemesine rağmen mevcut kaynaklar sınırsız değildir. Dünya çapında enerji ihtiyacının % 38’ i petrolden karşılanmaktadır (Acaroğlu, 2013). Petrol kaynakları bakımından kendine yeter durumda olmayan ve ihtiyacını ithalat yolu ile karşılayan ülkeler, petrol alımı için milyarlarca doları dışarıya ödemekte, bu nedenle ekonomileri olumsuz etkilenmektedir. Petrol ve diğer fosil yakıtların çevre kirliliğine yol açması, ekonomik olarak ülkelere büyük yük getirmesi ve enerjinin stratejik öneme sahip olması gibi sebeplerle alternatif enerji kaynakları arayışına girilmiştir. Bu arayışlar sonucunda yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyoyakıtlar önemli bir yer tutmaktadır. Biyoyakıtlar içerisinde öne çıkanlardan birisi de biyomotorindir (biyodizel). Biyodizel, hayvansal veya bitkisel yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen alternatif bir dizel yakıtıdır. Kimyasal olarak ise, uzun zincirli yağ asidi mono alkil esteri olarak tanımlanabilir. 'Biyο' kökü biyolojik esaslı olduğunu, 'dizel' kelimesi ise dizel yakıtı olduğunu gösterir (Alptekin ve Çanakçı, 2014). Biyomotorini gündeme getiren gerekçeleri şu şekilde özetleyebiliriz (Gizlenci ve ark., 2011):

- Fosil kökenli yakıtların neden olduğu çevresel tahribatın azaltılması,
- Egzoz emisyonlarının sağlık açısından risklerinin en aza indirilmesi,
- Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması,
- Tarımsal kalkınmanın gerçekleştirilmesi,
- Son yıllarda dünyada yaşanan petrol fiyatlarındaki aşırı dalgalanmalar ve oluşan ekonomik krizlere çözüm bulmak,
- Küresel ısınmayı ve etkisini azaltmak,
- Ozon tabakasında meydana gelen zararın genişlemesini önlemek,
- Savaş ve zorunlu hallerde stratejik yakıt olma özelliği,
- Tarım ürünlerinin sanayiye entegrasyonunu sağlayarak ülkelerin tarımsal kalkınmasını çarpan etkisiyle hızlandırması,
- Motorlar üzerinde sağladığı avantajlar; setan sayısının petrol dizeline göre yüksek oluşu, yağlayıcılık özelliği nedeniyle motorlara yanma ve kullanım açısından sağladığı faydalar,
- Taşıma ve depolanması itibarıyla dünya standartlarında “Tehlikeli Madde” kapsamında yer almaması,
- Güvenli yakıt kabul edilmesi sayılabilir.

Dünyadaki pek çok ülke özellikle gelişmiş ülkeler enerji politikaları gereği yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım paylarını artırma çabasındadırlar. Bu nedenle teşvik ve destek programları yasalarla belirlenmiştir. Avusturya, Fransa, Almanya, İtalya, İrlanda, Norveç, İsveç, Polonya, Slovakya ve Çek Cumhuriyeti'nde, biyodizel yasal olarak vergiden muaftır (Anonim a, 2014)

ABD: Değişik programlarla biyodizel üretimi ve tüketimini desteklenmektedir. Teşvikler üretim maliyetlerini düşürmeyi amaçlamaktadır. Teşvik uygulamalarından bazıları biyoenerji tüketici kredi programı, hava kalitesi geliştirme programı ve temiz yakıt altyapısı için vergi indirimi programıdır. Bunun için teşvikler uygulanmaktadır. Biyodizel teşvikleri ABD' de eyaletler bazında da değişmektedir. Yasal olarak taşıt filolarının alternatif yakıtlarla çalışması için düzenlemeler mevcuttur.

ALMANYA: Yasal olarak %100 biyodizel kullanımı mümkündür. Biyodizel tüketim vergilerinden muaftır. Biyodizel için vergi kredileri uygulanmaktadır. Bu muafiyet saf biyodizel ve karışım biyodizel için de geçerlidir.

FRANSA: Biyodizel için litre başına 0.35 Euro vergi teşviği uygulanmaktadır. Petrol rafinerilerinde %5'e kadar karışımlara izin verilmektedir.

İTALYA: 420.000 tona kadar yıllık kapasitesi olan tesislere belirli süreler için vergi muafiyetleri uygulanmaktadır. Biyodizel genelde ev ısıtma yakıtı olarak kullanılmaktadır.

BELÇİKA: % 100 kullanımına izin verilmiştir. Bazı deneysel projeler için vergi teşviği uygulanmaktadır.

FİNLANDİYA: Vergi teşviği uygulanmaktadır.

YUNANİSTAN VE BULGARİSTAN: Biyodizelden vergi alınmamakta ve teşvik verilmemektedir.

İSPANYA: Deneysel projelerde kullanılan biyodizele vergi indirimi yapılmaktadır ancak finansal destek verilmemektedir.

AVUSTURYA: Yenilenebilir ham maddelerden vergi alınmamaktadır. % 100 biyodizel kullanımına izin verilmiştir ve vergi muafiyeti vardır.

İNGİLTERE: Bazı bölgeleri hariç vergiden muaftır.

Tablo 1. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığımızın Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre 2010 yılı itibarı ile dünya biyodizel üretimi

DÜNYA BİYODİZEL ÜRETİMİ (Milyon Ton)			
	ÜLKE	MİKTAR	YÜZDE PAY (%)
1	A.B.	9.18	54
2	A.B.D.	1.65	9.7
3	Arjantin	1.57	9.3
4	Brezilya	1.55	9.1
5	Malezya	0.76	4.5
6	Avustralya	0.62	3.7
7	Diğer	1.64	9.7
	TOPLAM	17.01	100.0

Türkiye’de resmi olarak belirlenen biyodizel üretimi 2005 yılı itibariyle 90.000 ton, 2006 itibarı ile de 10.000 ton olduğu belirlenmiştir (Yaşar, 2008). 2007-2008 yıllarına ilişkin olarak lisanslı firmaların üretimiyle birlikte, ülkemizde 3.000 civarında biyodizel ünitesinin faaliyet gösterdiği ve kurulu kapasitenin 1.5 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Acar ve Gizlenci, 2010). Biyodizel üretiminde maliyetin büyük bölümünü hammadde oluşturmaktadır. Üreticiler tarafından ÖTV uygulamasının getirilmesi ile biyodizel üretiminin maliyeti kurtarmadığı belirtilmiştir. Hali hazırda da ülkemizde bu sektör duraklamış vaziyettedir. Çoğu üretici lisanslarını iptal ettirmiş, lisansı olanlarda üretim yapamaz duruma gelmiştir. Ülkemizde sadece bir firma tarafından 20 bin tonluk bir üretim yapıldığı bilinmektedir. Ülkemizde 2012 yılı itibarı ile 34 adet biyodizel üretimi için işleme lisansı almış tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin toplam biyodizel üretim kapasitelerinin 561.217 ton olduğu EPDK tarafından bildirilmiştir (Anonim e, 2014).

Ülkemizde de dünyada yaşanan gelişmelere paralel olarak EPDK tarafından 27.09.2011 tarih ve 28067 sayılı resmi gazetede yayınlanan bir düzenleme yapılmıştır. Bu düzenleme ile benzin ve motorin türlerine yerli hammaddeden elde edilmiş biyoyakıt harmanlama zorunluluğu getirilmiştir. Düzenlemeye göre, piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri (YAME) içeriğinin:

1/1/2014 tarihi itibarıyla en az % 1 (V/V),

1/1/2015 tarihi itibarıyla en az % 2 (V/V),

1/1/2016 tarihi itibarıyla en az % 3 (V/V),

olması zorunludur.”

Yasal düzenlemede bahsedilen YAME, yaygın olarak bilinen ismi ile biyomotorin(biyodizel)dir. Ülkemizdeki kurulu biyomotorin kapasitesi 1.5 milyon tondur (Anonim b, 2014).

Biyodizel kaynakları; bitkisel yağlar (Altınsoy, 2007; İşcan, 2006), hayvansal yağlar (Işıklı ve ark., 2011), atık yağlar (İşcan, 2006), algler (Altınsoy, 2007) ve bakteriler (İşcan, 2006) oluşturur. Bu kaynaklar arasında yağ bitkileri en büyük paya sahiptir (Altınsoy, 2007; İşcan, 2006). Dünyada üretilen biyodizelin % 86’ sı kolzadan üretilmektedir (Gizlenci ve ark., 2011). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de biyodizel hammaddesi olarak bitkisel yağlar kullanılmaktadır. EPDK tarafından yapılan bu düzenleme biyoyakıtlar açısından son derece olumlu bir düzenleme olarak karşılanmıştır. Ancak olayın hammadde boyutu düşünüldüğünde çok ciddi sıkıntılar olduğu görülmüştür. Ülkemiz son yıllarda giderek artan miktarlarda yağlı tohum ve türevlerini ithal etmektedir. Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği’ nin en son açıklanan 2011 yılı verilerine göre ülkemizin yıllık ham yağ üretimi 655.000 tondur (Anonim c, 2014). Tüketimimiz ise likit ve margarin olarak yıllık 1.455.000 ton olarak ifade edilmektedir. TUIK 2013 yılı verilerine göre yağlı tohum ve türevlerine ödenen döviz miktarı 3.536.079 \$’dır (Anonim d, 2014). Buradan da anlaşılacağı gibi, ülkemiz yemeklik yağ bakımından net ithalatçı konumda bulunmaktadır ve yıllara göre bir artış eğilimindedir.

EPDK'nın yaptığı düzenleme ile motorine YAME (biyomotorin) harmanlama zorunluluğunun yağlı tohum ve ham yağa olan ihtiyacı artıracığı ortadadır. Ülkemizin motorin tüketimi 16 milyon ton'dur (Anonim b, 2014). Biyomotorin için gerekli olan yağ miktarı yaklaşık 1'e 1'dir. Yani 1 litre biyomotorin için gerekli olan yağ miktarı 1 litredir. EPDK kararı sonrasında

% 1 YAME harmanlanması için 160.000 ton

% 2 YAME harmanlanması için 320.000 ton

% 3 YAME harmanlanması için 480.000 ton yağa ihtiyaç bulunmaktadır.

Ülkemizin yağ tüketiminin 1.455.000 ton, üretimimizin ise sadece 655.000 ton olduğu düşünüldüğünde, biyomotorin harmanlama zorunluluğu sonrasında ihtiyaç duyulacak 480.000 ton' luk ilave yağ talebinin ne kadar önemli olduğu rahatlıkla görülecektir. EPDK yasal düzenlemeyi 2011 yapmış ama uygulamanın 2014 yılında başlaması öngörülmüştür. Bu geçen zaman zarfında hammadde ile ilgili bazı tedbirler alınmış, desteklemelerle yağlı tohum üretimi teşvik edilmiştir. Ancak istenilen sonuçlar alınamamış, ham yağ üretimimiz istenilen miktarlara ulaşamamıştır. Kamuoyunda da EPDK tarafından yapılan düzenleme çok büyük tartışmalara yol açmıştır. Bir kesim bu düzenlemenin doğru olduğunu savunurken, diğer kesim bu kararın yağ talebini artıracığını, gıda amaçlı yağ fiyatları üzerinde yukarı yönlü bir baskı oluşturacağını savunmuşlardır. Bu tartışmaların sonrasında EPDK yeniden bir düzenleme yapmıştır. 25.06.2013 tarih ve 28688 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren son düzenleme ile EPDK tarafından motorine biyomotorin harmanlama zorunluluğu kaldırılmıştır. Bu kararın alınmasındaki en önemli etken, hammadde üretiminde yaşanan sorunlardır.

EPDK'nın son düzenleme ile motorine biyomotorin harmanlama zorunluluğunu kaldırmış olması, biyomotorin üretimi konusunda daha çok çalışılması gerektiği şeklinde yorumlanmalıdır. Çünkü bütün dünyada bu konudaki çalışmalar teşvik edilirken, dünya biyoyakıt kullanımını artırmaya çalışırken, bizim ülke olarak bu konudaki sorunları en kısa sürede çözerek dünyadaki gelişmelere ayak uydurmamız gerekmektedir. Bu sorunların en önemlisi olan hammadde sıkıntısını çözmek için mutlaka yağlı tohum üretiminin artırılmasını sağlamamız, bunun yanı sıra insan veya hayvan gıdası olarak kullanılmayan biyodizel hammaddelerinin üzerinde çalışılması gerekmektedir. Dünyada biyodizel üretiminde söz sahibi olan ülkelere baktığımızda hammadde konusunda sıkıntı yaşamayan, genelde yağlı tohum üretim fazlası olan ülkeler olduğu görülmektedir. Ülkeler genellikle üretim fazlası olan yağlı tohumları biyodizel üretiminde değerlendirdikleri için ABD soya' dan, AB ülkeleri ise genellikle kolza' dan biyodizel üretmektedirler. Bizim de ülke olarak kendi ekolojimize uygun olan yağlı tohumlu bitkilerin üretimini artırarak yemelik yağ ve biyodizel hammaddesi ihtiyacını karşılamamız gerekmektedir.

Kaynaklar

- Anonim a, 2014. <http://www.gec.com.tr/dunyadabiyodizel.htm>.
- Anonim b, 2014. <http://www.albiyobir.org.tr/biyoyakitlar01.htm>.
- Anonim c, 2014. <http://www.bysd.org.tr/Istatistikler.aspx>.
- Anonim d, 2014. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1046.
- Anonim e, 2014. <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx>.
- Acar, M., Gizlenci, Ş., 2010. Biyoyakıtlara Genel Bir Bakış. 1. Uluslararası Kamu-Üniversite-Sanayi İşbirliği Sempozyumu ve Mermercilik Şurası. 24-27 Mayıs 2010, Diyarbakır.
- Acaroğlu, M., 2013. Alternatif Enerji Kaynakları. ISBN 978-605-133-620-6. Nobel Yayıncılık, 2013, Ankara.
- Alptekin, E., Çanakçı, M., 2014. Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu. http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/8264bdb65b97eea_ek.pdf?dergi=91
- Gizlenci, Ş., Acar, M., Şahin, M., 2011. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının (Biyodizel, Biyoetanol ve Biyokütle) Projeksiyonu. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar Çalıştayı. 25-27 Mayıs 2011, Konya.
- Altınsoy, A. S., 2007. Biyodizel Üretimi, Motorlarda Kullanımı ve Türkiye' deki Kaynakların İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 109.
- Işıklı, İ., Açıkkalp, E., Yamık, H., Kurban, M., 2011. Biyodizelin Dizel Santrallerde Kullanım Analizleri, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May.
- İşcan, E., 2006. Süperkritik Ortamda Biyodizel Üretimi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 99 sayfa.
- Yaşar, B., 2008. Türkiye'de Biyodizel Üretim Maliyeti ve Yaşanan Sorunlar. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu. UTES'2008. 17-19 Aralık 2008, İstanbul.

KETENCİK (*Camelina sativa*) BİTKİSİNİN TANITIMI VE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Güngör Yılmaz

Ahmet Kınay

Samet Ayışığı

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat

Özet: Ketencik Akdeniz ve Orta Asya’da doğal yayılış gösteren tek yıllık otsu bir bitkidir. 3000 yıldan beri bilinen bir bitki olup, Avrupa 1960’lı yıllara kadar üretimi yapılmıştır. Daha sonra bu bitkinin yerini kolzanın aldığı bilinmektedir. Türkiye’de ketencik bitkisi, Japonya ve ABD’ de ketencik yağının uçak yakıtı olarak kullanılması nedeniyle gündeme gelmiştir. Ketencik tohumlarının yağ oranı %25-45 arasında değişmektedir. Ketencik yağının %90’ı doymamış yağ asitleri olup, bunun yaklaşık %57’si çoklu doymamış yağ asitlerinden (Omega-3 ve Omega-6) oluşmaktadır. Yağında bulunan %2-6 erusik asit yemeklik kullanımını kısıtlamaktadır. Toprak istekleri bakımından çok seçici olmadığı gibi tuzluluğa ve kuraklığa dayanıklılık bakımından birçok yağ bitkisinden daha toleranslıdır. Yazlık bir bitki olmasına rağmen, kışın kar örtüsü olmaksızın -10/-14 °C’ye dayanabilmektedir. Nitekim Tokat şartlarında 2013 yılının kışlarından herhangi bir zarar görmediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ketencik, *Camelina sativa*, morfolojisi, ekolojisi, yetiştiriciliği

DESCRIPTION AND GROWING OF CAMELINA (*Camelina sativa*) PLANT

Abstract: Camelina, which occurs naturally in the Mediterranean and Central Asia is annual herbaceous plant. Is a plant known since year 3000, Europe was produced until 1960. Then, this plant is replace of rapeseed. Camelina plant in Turkey, Japan and the United States Camelina oil is used as aircraft fuel was on the topic. Oil content of camelina seeds ranges from 25 to 45%. Camelina oil is 90% of unsaturated fatty acids, of which about 57% of polyunsaturated fatty acids (omega-3 and omega-6) is composed. Due to camelina oil has got 2-6% erucic acid, it restricts the use edible. Soil requirements in terms of salinity and drought as being highly selective in terms of resistance from many oil plants are more tolerant. Camelina is a plant in the winter without snow cover can with stand -10/-14 °C. Indeed, in Tokat conditions of the winter of 2013 it was determined that any damage.

Keywords: Camelina, *Camelina sativa*, morphology, ecology, growing

1. Giriş

Ketencik, *Brassicaceae* familyasına ait tek yıllık bir bitkidir. Doğada yaygın olarak *Camelina alyssum* ve *Camelina microcarpa* türleri bulunmakta olup, kültürü yapılan türü *Camelina sativa*’dır (Warwick, 2011). Ketencik, Akdeniz ve Orta Asya’da doğal yayılış göstermekte ve 3000 yıldan beri yetiştiriciliği yapılmaktadır (Putnam ve ark., 1993; Zubr, 1997). Ketencik, Türklerde M.S. 1000 yılında “Mayıh, Mayec” ismiyle anılmış, günümüzde ise, “Yalancı Keten”, “Alman Susamı” ve “Sibiry Yağlı Tohumu” gibi isimlerle anılmaktadır. Ayrıca, İbni Sina “El-Kanun Fi’t-Tıbb” kitabında ketenciği

tanıtmış ve farklı kullanımlarından bahsetmiştir (Koç ve ark., 2012). Ketencik yağı, yemeklik yağ olarak, kozmetik sanayinde, sabun ve deterjan yapımında, balık yağı yerine, tokoferollerin elde edilmesinde kullanılmakta ve küspesi de hayvan beslemede kullanılmaktadır (Zubr, 1997; Kurt ve Seyis, 2008; Ehrensing ve Guy, 2008). Japonya Hava Yolları ve ABD Hava Kuvvetleri, ketencik bitkisi tohumunun yağından uçak yakıtı elde etmiş ve elde edilen yakıtı kullanmışlardır (Önder, 2013). Böylelikle farklı alanlarda kullanılan ketencik yağı artık önemli bir enerji kaynağı olmuştur.

Ketencikte yağ oranı, yetiştirme ve iklim faktörlerine göre değişmekle beraber % 23-48 arasında geniş bir varyasyon göstermektedir (Vollmann ve ark., 2007; Katar, 2013). Ketencik yağının % 90'ı doymamış yağ asitleri ve yağ asitlerinin ise %50'den fazlasını linolenik (Omega-3) ve linoleik (Omega-6) asitler oluşturmaktadır. Günümüzde üretimi yaygın olarak yapılan yağlı tohumlu bitkiler ile ketenciğin yağ asitleri kompozisyonları karşılaştırıldığında, ketenciğin iyi bir yağ kalitesine sahip olduğu görülmeye rağmen (Çizelge 1), yağında %2-6 arasında erusik asit bulunması insan beslenmesinde kullanımını kısıtlamaktadır. Bundan dolayı Vollmann ve ark. (2007), ketenciğin insan beslenmesinde kullanımı için erusik asit oranının %2'den az olmasını önermektedir.

Çizelge 1. Farklı yağ bitkilerinin yağ asitleri kompozisyonu

Bitkiler	Doymuş yağ asitleri oranı (%)	Doymamış yağ asitleri oranı (%)	Tekli doymamış yağ asitleri oranı (%)	Çoklu doymamış yağ asitleri oranı (%)
Ayçiçeği	13	87	23	64
Pamuk tohumu	28	72	18	54
Kolza	8	92	64	28
Aspir	9	91	14	77
Palm	50	50	40	10
Soya	16	84	24	60
Ketencik	10	90	33	57

Kaynak: Dubois ve ark., 2007.

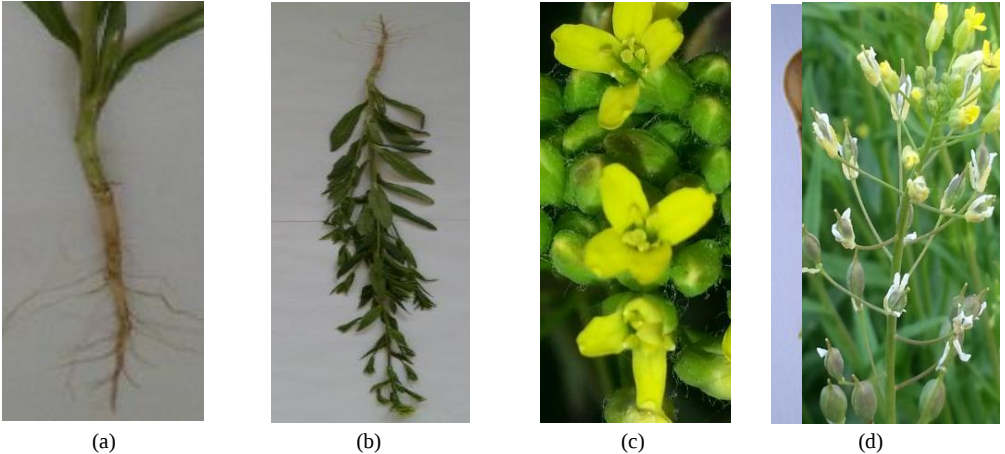
Ketencik, ekonomik olarak 1930'lara kadar Belçika, Fransa, Hollanda ve Balkanlarda, 1950'lilere kadar İsveç ve Polonya' da ve 1960'lara kadar Sovyetler Birliği'nde yetiştirilmiştir (Zubr, 1997). İlerleyen yıllarda ise kolzada yapılan ıslah çalışmaları sonucunda erusik asidin olmadığı çeşitlerin yaygınlaşması nedeniyle, ketenciğin yerini bu bitkinin aldığı tespit edilmiştir (Crowley ve Fröhlich, 1998). Ketenciğin üretim verileri ile ilgili istatistikler olmamasına rağmen dünyada az da olsa bazı ülkelerde tarımı yapılmaktadır. Amerika'nın Montana şehrinde 2007 yılında yaklaşık 8.3 bin ha alanda 5.5 bin ton ürün elde edilmiş olup, 2012 yılında 729 ha alanda, 284 ton üretim gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2013).

2. Bitkisel Özellikleri

Ketencik, kazık köklü bir bitki olup (Anonim, 2012; Francis ve Warwick, 2009) uzun kökleri sayesinde bitki kuraklığa dayanabilmekte ve toprağın derinliklerine inerek buradaki bitki besin elementlerini kullanabilmektedir (Hulbert ve ark., 2012).

Bitki boyu, 25-100 cm arasında olan ketencik bitkisinin sap şekli silindirik ve ince yapıda, tüylü veya tüysüz olabilmektedir. Bitki rozet döneminden sonra sapa kalkmakta ve dallanma genelde aşağıdan yukarıya doğru olmaktadır (Martinelli ve Galasso, 2011). Rozet döneminde fazla sayıda yaprak oluşmakta ve bunlar çiçeklenme döneminde kurumaktadırlar. Sapa kalkma dönemi ile birlikte yapraklar ana gövdeye, yan dallara almasıklı olarak sıralanırlar ve yaprak sapı olmadan bitkiye bağlanırlar. Yapraklar dar, uzun olup boyları 2 ile 8 cm arasında, eni ise 2 ile 10 mm aralığında değişmekte olup kenarları düzdür (Kurt ve Seyis, 2008; Francis ve Warwick, 2009). Çiçekler seyrek salkım şeklinde kümelenmiş olup, sarı renklidir. Ketencik yüksek oranda kendine döllen bir bitki olup, %3 oranında da yabancı döllenme görülebilmektedir (Waraich ve ark., 2013). Ketencik çiçeği 6 adet erkek, 1 adet dişi organa sahiptir. Erkek organların üçü kısa olup her bir dişi organın içinde 8-25 adet arasında tohum taslağı bulunmaktadır (Francis ve Warwick, 2009).

Ketencik meyvesine kapsül denir. Kapsüller iki parçalı, pürüzsüz olup orta kısmından bir zar geçmektedir. Kapsül 0.7-2.5 mm çapında, orta kısmı şişkince olup, içinde 8-16 adet tohum bulunmaktadır. Ketencik tohumunun 1000 tane ağırlığı 0.8-2.0g arasında değişmektedir (Kurt ve Seyis, 2008; Francis ve Warwick, 2009).



(a) (b) (c) (d)
Şekil 1. Ketencik bitkisinin kök (a), yaprak (b), çiçek (c) ve meyve (d) yapıları

3. Tarımı

Ketencik bitkisi toprak istekleri bakımından çok seçici olmamasına rağmen, geçirgenliği iyi topraklarda daha yüksek verim vermektedir. Ancak ağır killi ve ham topraklar yetiştiricilik açısından yeterince uygun olmayıp, drenaj

şartlarının iyileştirilmesi durumunda diğer topraklarda da yetiştirilebileceği bildirilmektedir (Zubr, 1997; Francis ve Warwick, 2009). Ketencik tuzluluğa ve kuraklığa dayanıklı bir bitki olup, birçok yağ bitkisine göre daha iyi uyum göstermektedir (Zubr, 1997; Wysocki ve Sirovatka, 2008; Steppuhn ve ark., 2010). Ketencik bitkisi 16 °C de 2 günde, 10 °C' nin altında 5 günde ve 4 °C' de 9 günde çimlenebilmektedir (Russo ve ark., 2010). Ketencik çıkıştan sonra hızlı bir şekilde gelişerek, rozet dönemine ulaşmaktadır. İlkbahar döneminde şartlar iyi olduğunda çıkıştan yaklaşık 4 hafta sonra sapa kalkmaya başlar. Ketencik bitkisi kışın kar örtüsü olmaksızın -10 ile -14 °C'de birkaç gün kadar dayanabilmektedir (Akk ve Ilumae, 2005; Steppuhn ve ark., 2010).

Ketencik tohumları küçük olduğundan dolayı homojen bir çıkış sağlamak için iyi bir toprak hazırlığı yapmak gerekmektedir. Toprak hazırlığı yetiştiriciliğin yapılacağı döneme göre uygun tarım aletleri ile yapılmalıdır. Türkiye' de halen ketencik sertifikalı tohumluğu bulunmamakta, bu nedenle ekimde kullanılacak tohumluğun yabancı ot tohumlarından özellikle de küsküt tohumlarından arı olması gerekmektedir. Ketenciğin yazlık ve kışlık çeşitleri bulunmaktadır. Genel olarak çeşitlerin birçoğu köy popülasyonu şeklindedir. Islah çalışmalarının sınırlı olması nedeniyle çeşit sayısı azdır (Vollmann ve ark., 2007). Çeşit seçiminde bölgelere göre yüksek tohum ve yağ verimi olan çeşitler seçilmelidir. Kışlık çeşitler genel olarak daha yüksek tohum verimine sahiptirler (Zubr, 1997). Seçilen ketencik çeşidi yemeklik yağ amacıyla kullanılacaksa yağda erusik asit oranı %2'den fazla olmamalıdır. Aynı zamanda küspesi hayvan beslenmesinde kullanılacaksa glukosinolat alkaloidi miktarının 30 µmol/g altında olması gerekmektedir.

Ketencik nadasa bırakılan alanlarda ekilebilen bir bitkidir. Özellikle kurağa, soğuğa dayanması ve üretim maliyetlerinin düşük olması nadas alanları için bir avantaj oluşturmaktadır (Putnam ve ark., 1993; Lafferty ve ark., 2009). Ketencik' in ekim nöbetinde ön bitki olarak kullanılması durumunda arkasından gelecek olan bitkinin kanola, yemlik kolza, lahanası gibi *Brassicaceae* familyasına ait bitkilerin olmaması gerekmektedir (Fleeno, 2011). Kışlık ekilen ketenciğin erken hasada gelmesinden dolayı, ikinci ürün tarımı için iyi bir ön bitki olduğu söylenebilir.

Ketencik yazlık ve kışlık olarak ekilebilmektedir. Kışlık ekimlerde dikkat edilecek husus bitkinin rozet döneminde kışa girmesini sağlamaktır. Ketencik, ilk ve son don tarihleri göz önünde bulundurularak, Ekim-Kasım veya Mart-Nisan aylarında ekilmelidir. (Katar ve ark., 2012b; Crowley ve Fröhlich 1998; Can, 2011; Grady ve Nleya, 2010). Erken veya geç ekimlerin ketencik bitkisinde verim ve kalite üzerinde olumsuz etkisi vardır. Kışlık ekimlerde; gecikme olursa ekilen bitkiler rozet dönemine ulaşmayacağından, erken ekimlerde ise sapa kalkacağından kış soğuklarından bitkiler zarar görür. Kışlık ve yazlık ekimlerde ekim geciktikçe dekara tohum ve yağ verimleri azalmaktadır (Süzer, 2008; Katar ve ark., 2012a,c). Ketencik tohumları küçük olduğundan, küçük taneli tohumları ekebilen hububat mibzeriyle ekim işlemi yapılabilir (Grady ve Nleya, 2010). Ketencik için dekara 750-1000 g arasında tohumluk miktarı yeterlidir ve yüksek verim için m²' de 400-600 adet bitki

bulunmalı, ekim derinliği 1-2 cm, sıra aralığı 15-20 cm olması yeterlidir (Kurt ve Seyis, 2008; Francis ve Campbell, 2003; Urbaniak ve ark., 2007).

Ketencik bitkisinde gübreleme, verimi, yağ oranını ve yağ asitleri kompozisyonunu etkilemektedir. Ketencikte artan azot dozlarına bağlı olarak tohum verimi, bitki boyu, dokulardaki toplam azot içeriği, tohumdaki protein oranı artmasına rağmen yağ oranı azaltılmaktadır. Ancak dekara tohum verimi arttığı için dekara yağ verimi de artmaktadır (Agegnehu ve Honermeier, 1997; Urbaniak ve ark., 2007; Losak ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda dekara 8-15 kg N, 10-15 kg/da P kullanılabileceği belirtilmiştir (Crowley ve Fröhlich, 1998; Karahoca, 2002; Urbaniak ve ark., 2007).

Ketencik bitkisi kurağa dayanıklı bir bitki olduğundan sulama ihtiyacı pek bulunmamaktadır. Ketencik çok yıllık ve geniş yapraklı yabancı otlara hassastır. Bitkinin erken ve sık ekimlerinde yabancı ot tohumlarına göre erken çimlenerek gelişmesi, tarla yüzeyini kaplaması ve allelopatik özelliğinin olması, yabancı otlara karşı rekabetini arttırmaktadır. Eğer tarlada ekimden önce yabancı ot yoğunluğu fazlaysa uygun bir ekim öncesi herbisit uygulanabilir. Ancak toprakta kalan uzun süreli etkili olan imidazolinone ve sulfonylurea grubu herbisitlere karşı duyarlılığı vardır (Zubr, 1997; Ehrensing ve Guy, 2008; Hulbert ve ark., 2012). Ketencik bitkisinde görülen başlıca hastalıklar; Sclerotinia Gövde çürüklüğü (*Sclerotinia sclerotium*), Mildiyö (*Peronospora parasitica*), Çökerten (*Rizoctonia solani*, *Pythium debaryanum*, *Fusarium spp.*), Lahana Kök Ur Hastalığı (*Plasmodiophora brassicae*), Beyaz Pas (*Albugo candida*) ve Aster sarılığı'dır (Ehrensing ve Guy, 2008; McVay ve Lamb, 2008; Seguin-Swartz ve ark., 2010; Grady ve Nleya, 2010; Fleenor, 2011). Zararlılar ise; toprak pireleri (*Phyllotreta cruciferae*) ve Lahana hortumlu böceği (*Ceutorhynchus obstrictus*)' dir (Ehrensing ve Guy 2008).

Ketencik yazlık ve kışlık ekimlere göre vejetasyon süresi değişmektedir. Yazlık ekimlerde 85-90 günde, kışlık ekimlerde ise 200-270 günde hasat olgunluğa gelebilmektedir (Zubr, 1997; Kurt ve Seyis, 2008; Katar ve ark., 2012c). Ketencikte hasat zamanı kapsüllerin sarı renkten kahverengiye döndüğü zamandır (McVay ve Lamb, 2008). Kapsüllerde olgunlaşma alttan yukarıya doğru olmaktadır. Tohum dökme olayı çeşitlere göre değişmektedir. Tohum dökmeyle dayanıklı çeşitlerde kapsüller tohumları sıkıca bağladığından tohum dökme fazla görülmemektedir (Ehrensing ve Guy, 2008). Ancak hasat zamanına yakın aşırı rüzgâr, yağmur, dolu gibi hava olaylarında tohum dökülmesi görülür. Ketencikte hasat biçerdöverle yapılabilir. Bunun için makine ayarları kolza ve yonca gibi küçük tohumlu bitkilerin biçiminde kullanılan ayarlar ile benzer olup, ancak hasat kaybını en aza indirmek için fan devri azaltılmalı ve hasatta nem oranı % 11'i geçmemelidir (Zubr, 1997; Hulbert ve ark., 2012).

Hasattan sonra ürünün depolanmasında tane nemi % 8' i geçmemeli (Zubr, 1997; Grady ve Nleya, 2010; Hulbert ve ark., 2012), ürün temiz, depo ortamının ise serin ve havadar olmalıdır. Çünkü Ketencik tohumlarının çimlenme kabiliyetinin ve yağ oranının yüksek olması nedeniyle uygun olmayan depolama koşullarında üründe kızışma olayı görülebilir.

Kaynaklar

- Agegnehu, M., Honermeier, B., 1997. Effects of Seeding Rate and Nitrogen Fertilization on Seed Yield, Seed Quality and Yield Components of FalseFlax (*Camelinasativa* Crtz). Die Bodenkultur, 48 (1), 15-21.
- Akk, E., Ilumae, E., 2005. Possibilities of Growing *Camelina sativa* in Ecological Cultivation. http://www.eria.ee/public/files/Camelina_envirfood.pdf
- Anonim, 2012. The Biology of *Camelina sativa* (L.) Crantz (Camelina). <http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/applicants/directive-94-08/biology-documents/camelina-sativa-l>
- Anonim, 2013. Camelina Acreage, Yield, and Production, Montana, USA. http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Montana/Publications/crops/camelayp.
- Can, C., 2011. Van Ekolojik Koşullarında Farklı Ekim Zamanı Uygulamalarının Bazı Yazlık Kanola (*Brassic napus* L.) Çeşitlerinde Verim ve Verim Ögelerine Etkisi. (Y. Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bil. Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Van.
- Crowley, J. G., Fröhlich, A., 1998. Factors Affecting the Composition and Use of Camelina. Crops Research Centre, Oak Park, Carlow. ISBN 1 901138666.
- Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., Parminter, M., 2007. Fatty Acid Profiles of 80 Vegetable Oils with Regard to Their Nutritional Potential. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 109 (2007) 710–732.
- Ehrensing, D. T., S.O. Guy., 2008. Oilseed Crops Camelina. Oregon State Univ. Ext. Serv. EM8953-E. <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/20552>
- Fleeno, R., 2011. Camelina: *Camelina sativa* (L) Crantz. <http://plants.usda.gov/plantguide>
- Francis, C. M., Campbell, M. C., 2003. New High Quality Oil Seed Crops for Temperate and Tropical Australia. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Crawley, Australia
- Francis, A., Warwick, S. I., 2009. The Biology of Canadian Weeds. 142. *Camelina alyssum* (Mill.) Thell.; *C. Microcarpa* Andr. ex DC.; *C. Sativa* (L.) Crantz. Can. J. Plant Sci., 89, 791-810.
- Grady, K., Nleya, T., 2010. Camelina Production. <http://pubstorage.sdstate.edu/AgBio>
- Hulbert, S., Guy S., Pan W., Paulitz, T., Schillinger W., Sowers, K., 2012. Camelina Production in the Dryland Pacific Northwest.
- Karahoca, A., 2002. Çukurova Koşullarında Ketencik (*Camelinasativa*)’te Farklı Azot ve Fosfor Gübrelemesinin Tohum Verimi ve Yağ Oranına Etkileri. (Y. Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Katar, D., Arslan Y., Subaşı, I., 2012a. Ankara Ekolojik Şartlarında Farklı Ekim Zamanlarının Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) Bitkisinin Yağ Oranı ve Bileşimi Üzerine Etkisi, Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Derg., 9(3), 84-90.
- Katar, D., Arslan Y., Subaşı, I., 2012b. Ankara Ekolojik Şartlarında Farklı Ekim Zamanlarının Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) Bitkisinin Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 43(1), 1-5.
- Katar, D., Arslan, Y., Subaşı, I., 2012c. Kışlık Farklı Ekim Zamanlarının Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) Bitkisinin Verim ve Verim Ögelerine Etkisi, GÖÜ Ziraat Fak. Dergisi, 29(1), 105-112.

- Katar, D., Arslan Y., Subaşı, I., 2012d. Genotypic Variations On Yield, Yield Components and Oil Quality in Some Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) Genotypes, Turkish Journal of Field Crops, 17(2), 105-110
- Katar, D., 2013. Determination of Fatty Acid Composition on Different False Flax (*Camelina sativa* (L.) Crantz) Genotypes Under Ankara Ecological Conditions. Turkish Journal of Field Crops 2013, 18(1), 66-72
- Koç, N., Önder, M., Ögüt, H., 2012. 'Jet Yakıtı Hammaddesi [*Camelina sativa*(L.) Crantz] Ketencik. Konya Ticaret Borsası Dergisi, 42: 22-26.
- Kurt, O., Seyis, F., 2008. Alternatif Yağ Bitkisi: Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz). Omu. Zir. Fak. Dergisi, 2008, 23 (2), 116-120.
- Lafferty, R. M., Rife C., Foster, G., 2009. Spring Camelina Production Guide. http://www.extsoilcrop.colostate.edu/CropVar/documents/oilseeds/camelina/2009_spring_camelina_prod_guide.pdf
- Losak, T., Vollmannb, J., Hluseka, J., Peterkac, J., Filipcikd, R., Praskova, L., 2010. Influence of Combined Nitrogen and Sulphur Fertilization on False Flax (*Camelina sativa* [L.] Crtz.) Yield and Quality, Acta Alimentaria, 39(4), 431-444.
- Martinelli, T., Galasso, I., 2011. Phenological Growth Stages of *Camelina sativa* According to the Extended BBCH Scale. Annals of Applied Biology. Volume 158, Issue 1, pages 87 94, January 2011.
- McVay, K. A., P. F. Lamb., 2008. Camelina Production in Montana. Extension Mont Guide 200701AG. Montana State Univ., Bozeman
- Önder, M., 2013. Kop Bölgesinde Tarımı Yapılabilecek Yeni Bir Yağ Bitkisi Ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz]. Ulusal Kop Bölgesel Kalkınma Sempozyumu 14-16 Kasım 2013 Konya.
- Putnam, D. H., Budin, J. T., Field, L. A., Breene, W. M., 1993. Camelina: A promising low-input oilseed. Editors: Janick J., Simon J. E., New Crops. Wiley, New York, 314-322.
- Russo, V. M., Bruton, B. D., Sams, C. E., 2010. Classification of Temperature Response in Germination of Brassicas, Industrial Crops and Products, 31, 48-51.
- Seguin-Swartz, G., Eynck, C., Gugel, R. K., Strelkov, S. E., Olivier, C. Y., Li, J. L., Klein-Gebbinck, H., Borhan, H., Caldwell, C. D., Falk, K. C., 2010. Diseases of *Camelina sativa* (false flax). Canadian Journal of Plant Pathology. 31 (4)
- Steppuhn, H., Falk, K. C., Zhou, R., 2010. Emergence Height Grain Yield and Oil Content of Camelina and Canola Grown in Saline Media. Can. J. Soil Sci., 90, 151-164.
- Süzer, S., 2008. Kanola (Kolza) Tarımı. Hasad Yay. isbn-issn: 978-975-8377-61-9
- Urbaniak, S. D., Caldwell, C. D., Zheljazkov, V. D., Lada, R., Luan, L., 2007. The Effect of Cultivar and Applied Nitrogen on the Performance of *Camelina sativa* L. in the Maritime Provinces of Canada. Can. J. Plant Sci., 88, 111-119.
- Vollmann, J., Moritz, T., Kargl, C., Baumgartner, S., Wagentristl, H., 2007. Agronomic Evaluation of Camelina Genotypes Selected for Seed Quality Characteristics. Industrial Crops and Products, 26, 270-277.
- Warwick, S. I., 2011. Brassicaceae in Agriculture Plant Genetics and Genomics: Crops and Models Volume 9, 2011, pp 33-65
- Waraich, A. E., Ahmed, Z., Ahmad, R., Ashraf, Y. M., Saifullah, Naeem, S. M., Rengel, Z., 2013. *Camelina sativa*, a Climate Proof Crop, has High Nutritive Value and Multiple-uses: a review. Australian Journal of Crop Science. AJCS 7(10):1551-1559 (2013) ISSN:1835-2707
- Wysocki, D., Sirovatka, N., 2008. Camelina, a Potential Oilseed Crop for Semiarid Oregon, Dryland Agricultural Research Annual Report, ABD.
- Zubr, J., 1997. Oil-seed Crop: *Camelina sativa*. Industrial Crops and Products, 6, 113-119.

BİR ENERJİ BİTKİSİ: TATLI SORGUM

Cemile Adıyaman

Erdal Erbil

Timuçin Taş

GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 63300, Şanlıurfa

Özet: Dünya nüfusunun giderek artması ve yaşam standartlarının yükselmesi ile enerjiye olan talep de sürekli artmaktadır. Petrol ve diğer fosil kaynaklı yakıtların yakın bir gelecekte tükeneceği tahmin edilmektedir. Ayrıca bu yakıtların kullanımı hava kirliliği, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı her geçen gün artış göstermektedir. Biyoetanolün yakıt olarak kullanımı, hem benzin kullanımını hem de benzin kullanımından meydana gelen hava kirliliğini en az seviyelere indirecektir. Dünyada biyoetanol kaynağı olarak şeker içerikli hammaddeler (tatlı sorgum, şeker pancarı, şeker kamışı), nişasta içerikli hammaddeler (mısır, arpa, buğday) ve lignoselülozik (saman, odun, çimen) hammaddeler kullanılmaktadır. Araştırmalar sıcak, kurak ve çok iyi olmayan toprak şartlarında az gübre ve su kullanımı ile birim alandan yüksek miktarda ürün alınması sebebi ile biyoetanol üretimi için en uygun hammaddenin tatlı sorgum olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Tatlı sorgum, biyoetanol, alternatif enerji

AN ENERGY PLANT: SWEET SORGHUM

Abstract: With the increasing the population of the world day by day and rising living standards, demands for energy also have increased. Oil and other fossil fuels are estimated to be depleted in the near future. Because the use of this fuel brings along many problems such as air pollution, global warming and climate change, production and use of renewable alternative sources have spread in the world. . The use of bioethanol as a fuel would reduce both usage of gasoline fuel and air pollution resulting from the use of gasoline. Sugar containing raw materials (sweet sorghum, sugar beet, sugar cane), starch containing raw materials (maize, barley, wheat) and lignocellulosic (straw, wood, grass) raw materials are used as a source of bioethanol in the world. Research illustrates that sorghum is the most suitable raw material for bioethanol production. In spite of dry land not good soil conditions, less fertilizer and irrigation compared to other plant sweet sorghum take high volume yield in per unit area.

Key words: Sweet sorghum, bioethanol, alternative energy

1. Giriş

İnsanoğlunun her geçen gün artan enerji talebine karşılık mevcut enerji kaynaklarının bu talebi cevaplamada yetersiz kalması alternatif enerji kaynaklarının önemini ortaya koymuştur. Alternatif enerji kaynakları fosil enerji kaynakları ve nükleer enerji kaynakları dışındaki enerjilerdir. Alternatif enerji kaynakları aynı zamanda ülkelerin enerji kaynaklarını artırma ve belli enerji kaynağı çeşitlerine büyük oranda bağımlı olmama stratejileri için de bir seçenek olarak durmaktadır (Bulut, 2006). Bunun yanında petrol ve diğer fosil

kaynaklı yakıtlar üretimleri aşamasında bölgesel tahribatlara yol açarken, yakıldıklarında da sera etkisi yapan karbondioksit ve diğer zararlı gazların salınımına neden olmaktadır. Bu kaynakların kullanımının çevreye ve insan sağlığına yaptığı olumsuz etkiler hükümetleri ve bilim adamlarını alternatif enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir.

Yapılan çalışmalar biyoyakıt ürünlerinin, fosil yakıtlardan daha az sera gazı oluşturduğunu ve küresel ısınmanın kontrol altına alınmasında etkili olduğunu göstermiştir (Lal, 2008). Daha fazla biyoyakıt kullanımı, petrole dayalı olan ulaşım sektörünün biyoyakıtlara dönüşmesine ve rekabet edebilir duruma gelmesine katkıda bulunabilir (Malça ve Freire, 2006).

Sera gazı emisyonlarının azaltılmasında biyoetanolün rolü büyük olabilir. Çünkü ulaşım sektörü sera gazı emisyonlarında büyük paya sahip olup toplam emisyonun 1/3'ünü oluşturmaktadır (Flavin ve Dunn, 1998). Biyoetanolün en önemli özelliklerinden biri, çok düşük miktarlarda sera etkisine neden olan gaz emisyonuna sahip olmasıdır (Wyman, 1999). Biyoetanol üretimi ve kullanımı sırasında ortaya çıkan CO₂, fotosentez yoluyla tekrar bitki tarafından kullanılmakta ve net CO₂ emisyonu nötr veya çok düşük olmaktadır (Lynd ve ark., 1991; Hinman ve ark., 1992; DeLuchi, 1991). Sera gazı emisyonlarının azaltılması, ulaşım sektöründeki altyapıya entegre olabilmesi ve çok yönlü kullanıma sahip olması biyoetanol üretiminin petrole en iyi alternatif olduğunu göstermektedir (Wyman, 1999).

Sürdürülebilir tarım çalışmalarının çok büyük önem kazandığı günümüzde, sürdürülebilir enerji kaynaklarının geliştirilme çabaları da hızla gelişmektedir (Öztürk, 2008). Günümüzde enerji tarımı adı verilen bir tarım türü oluşmuştur. Dünyada son yıllarda yenilenebilir enerji bitkileri (tatlı sorgum, fil otu, dalı darı, şeker kamışı) tarımı üzerinde çalışmalar yoğunlaşmış, birçok ülke bu konuda hızla yol almaktadır. Enerji tarımında ülkemizde çok bilinmeyen, dünyada ise yavaş yavaş yaygınlaşmaya başlayan C4 enerji bitkileri arasında en çok yetiştiriciliği yapılan bitkilerden biri de tatlı sorgumdur. Tatlı sorgum, gelişmekte olan ülkelerde enerji üretimi için araştırılan bitkiler arasında özellikle biyoetanol üretimi için en ümit verici olanıdır (Balat ve ark., 2007).

2. Biyoyakıtlar

Birçok bilim adamı tarafından 21. yüzyılın sonuna kadar, konvansiyonel enerji kaynaklarının yerini rüzgar, güneş, jeotermal, hidrojen ve biyoyakıtlar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının alması öngörülmektedir. Bu tür alternatif enerji kaynakları içerisinde biyoyakıtlar üretimlerinin kolay, bilinir ve teknolojik açıdan oturmuş olması sebebiyle ön plana çıkmaktadır (Gross ve ark., 2003). Biyoyakıtların depolanması ve taşınması diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre çok daha kolay ve basittir. Biyoyakıtların kullanımı direkt olarak günümüzdeki petrol altyapısının üzerine oturtulabilecektir. Bu da bu alanda yapılacak altyapı çalışmalarının maliyetini ciddi oranda azaltmakta ve biyoyakıtların kullanımını, diğer alternatif kaynaklara göre çok cazip hale getirmektedir (Forendel ve Peters, 2007; Ong ve Bhatia, 2010).

Önümüzdeki 50 yıl içerisinde biyoyakıtların enerji sektöründe çok büyük roller üstleneceği öngörülmektedir (Malça ve Freire, 2006). Biyoyakıtlar çok geniş bir yelpazede olup bu yakıtlar içerisinde biyoetanol, biyometanol, biyodizel, biyogaz ve biyohidrojen en önemli olanlarıdır (Demirbaş, 2007). Biyoyakıtların içerisinde biyoetanölün, benzine eşdeğer yapıda olduğu için, enerji ve taşımacılık pazarından en büyük payı alacağı tahmin edilmektedir (Demirbaş, 2009). Gelecekte ulaşım ve taşımacılık alanındaki enerji ihtiyaçlarını karşılarken ortaya çıkabilecek çevresel, siyasal ve ekonomik krizleri önlemek için biyoetanol, son derece etkili bir adımdır.

Biyoyakıtların desteklenmesi 2003/30/EC no' lu ve 8 Mayıs 2003 tarihli "Taşıtlarda Kullanılacak Biyoyakıtlar ve Diğer Yenilenebilir Yakıtlar" adlı Avrupa Birliği yönergesi ile onanmıştır. Bu yönerge ile ilk defa bütün üye ülkelere yenilenebilir yakıtların kullanımı konusunda zorunluluk getirilmiştir. Avrupa Birliği Yeşil Kitap Yönergesi kapsamında 2020 yılında kara taşımacılığında % 20 oranında alternatif motor yakıtlarının kullanımı hedefi strateji olarak verilmektedir (Anonim, 2003).

Biyokütle enerji kaynaklarından üretilen, son dönemde önemli gelişme kaydeden ve doğrudan tarım sektörünü de ilgilendiren biyoyakıtlar günümüzde dikkat çeken önemli biyokütle kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada üretimi ve kullanımı giderek artan biyoyakıtların, ülkelerin sahip olduğu tarımsal kaynaklara göre biyoetanol ve biyodizel olarak şekillendiği görülmektedir (Sabancı, 2010).

3. Biyoetanol

Biyoetanol; berrak, renksiz, yanıcı, oksijenlenmiş bir hidrokarbondur. Kimyasal olarak etanol ve biyoetanol aynı moleküldür (C_2H_5OH). Bu iki farklı terim literatürde sadece üretim yollarını göstermek için kullanılır. Etanol petrokimyasal (Turov, 1965), biyoetanol ise biyolojik kaynaklardan mayalanma (*Saccharomyces cerevisiae*) yolu ile üretilen etanole verilen isimlerdir (Demirbaş, 2008). Biyoetanol farklı içerikli biyokütleden elde edilebilen bir yakıttır ve bu biyokütleler, işlenmelerine ve uygulama farklılıklarına göre şeker içeren hammaddeler (şeker pancarı, şeker kamışı, tatlı sorgum), nişasta içeren hammaddeler (mısır, arpa, buğday) ve lignoselülozik hammaddeler (saman, odun, çimen) olarak sınıflandırılmaktadır (Meral ve Saydan, 2012). Birinci ve ikinci grup hammaddeden biyoetanol üretimi günümüzde tamamıyla oturmuş bir teknolojidir. Ancak üçüncü gruptan biyoetanol üretimi teknolojik açıdan günümüzde tam olarak başarılamamış ve üretim süreci optimize edilememiştir. Bu nedenle günümüzde üretilen biyoetanole "birinci nesil biyoetanol" denir. Lignoselülozik kaynaklardan elde edilen biyoetanole ise "ikinci nesil biyoetanol" denmektedir (Melikoğlu ve Albostan, 2011).

Biyoetanol petrol ürünlerinin tüketimini azaltmak, yakıtın oktan sayısını artırmak ve karbon emisyonunu azaltmak amacıyla benzine çeşitli oranlarda karıştırılmaktadır. Benzine oktan sayısını artırmak için karıştırılan, toksik ve kanserojen etkileri olan çeşitli kimyasal maddelerin (benzen, metil tersiyer bütül

eter (MTBE), etil tersiyer bütül eter (ETBE), kurşun) kullanımını ortadan kaldırır. Benzinin oksijen miktarını artırma özelliği karbonmonoksit, karbondioksit ve yanmamış hidrokarbonların ekzos emisyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır. C nötr olarak kabul edilir. Bu da biyoetanol üretiminin arkasındaki temel dayanaklardan biridir. Biyoetanol ayrıca, hidrojen üretiminde, küçük ev aletlerinde, etilen üretiminde de kullanılmaktadır.

Biyokütleyi biyoetanole dönüştürmede dört temel adım vardır. Bunlar sırayla, biyokütle içerisindeki şekerin açığa çıkması için ön işlemlerin uygulanması, bakteri veya maya kullanılarak açığa çıkan şekerin fermente edilmesi, biyoetanolün distilasyon yöntemi ile fermantasyon ortamından ayrıştırılması ve son olarak da dehidrasyon ile biyoetanolda bulunan suyun uzaklaştırılmasıdır.

Biyoetanol üretimindeki en önemli sorun hammadde teminidir. Uluslararası çalışmalar, petrolde bağımlılığın ve bunun sebep olduğu ticaret açığının azaltılmasında kullanılacak biyoetanolün üretimi için gerekli olan kaynağın yerli olarak karşılanabileceğini ortaya koymuştur (Lynd ve ark. 1991; Lynd, 1996). Ayrıca bu amaç için kullanılan enerji bitkilerinden hem biyoetanol üretilmekte, hem de üretim esnasında ortaya çıkan yan ürünler biyokütle olarak işlenip enerji elde edilmektedir.

4. Tatlı Sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]

Tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Gramineae familyasından, orijini Kuzey ve Doğu Afrika olan, C4 fotosentezine sahip tek yıllık bir enerji bitkisidir. Koca darının bir çeşididir (Acar ve Akgün, 2009). Olgunlaşmak için 90-140 gün arasında bir büyüme süresine ihtiyaç vardır. Yüksek büyüme hızına ve aynı zamanda çok etkili bir kök sistemine sahiptir. Bu kök sistemi sayesinde kuraklığa dayanıklıdır ve su gereksinimi düşüktür. Adaptasyon kabiliyeti iyi, yüksek biyokütle verimine (50-90 t/ha yaş biyokütle) sahiptir (Köppen ve ark., 2009). Farklı toprak tiplerine tamamen adapte olabilmekte kumlu, killi, tuzlu alkali topraklarda yetiştirilebilmektedir (Guiying ve ark., 2003; Reddy ve Sanjana, 2003).

Genetik ıslahı ile ilgili ilk çalışmaları 1850'li yıllardan itibaren ABD'de başlamıştır. Melezleme çalışmaları ise yirminci yüzyılın başlarında gerçekleşmiştir (Cocchi, 2008). ABD'nin Texas eyaletinde kristalize edilmiş şeker üretiminde şeker kamışı fabrikalarının işleme periyodunu uzatma fikriyle, yüksek şeker içeren tatlı sorgum çeşitleri geliştirilmiştir (Schaffert, 1992). 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizleri sonrasında enerjide dışa bağlı olmak istemeyen ve petrol bağımlılıklarını azaltmak isteyen ülkeler alternatif yakıt arayışı içine girmiştir.

Yüksek sap verimi ve sapında (%5-15) içerdiği yüksek orandaki şeker sayesinde tatlı sorgumun biyoetanol üretiminde çok başarılı bir şekilde kullanılabileceği Avrupa Birliği ülkeleri, Amerika, Brezilya, Çin, Hindistan, Etiyopya gibi ülkelerde yapılan tarımsal ve endüstriyel çalışmalarla belirlenmiştir.

Sıcak ve kurak şartlar altında tatlı sorgumun biyoetanol üretimi için iyi bir hammadde olduğu, dünyada etanol üretimi için kullanılan mısır ve şeker kamışı ile kıyaslandığında tuzluluğa ve kuraklığa daha dayanıklı olduğu, yüksek karbonhidrat içeriğine sahip saplarının şeker kamışı ile benzer özellikte olduğu fakat gübre ve su isteğinin daha az olduğu, bu nedenle sıcak ve kurak ülkelerde biyoyakıt üretimi için önerilebileceği bildirilmektedir (Almodares ve Hadi, 2009).

Tatlı sorgum enerji bitkisi olmasının yanı sıra konsantre şurup olarak iyi ve ucuz bir şeker kaynağıdır. Bunların dışında insan beslenmesinde, hayvan yemi olarak, bitki besin proteini olarak (DDG), elyaf yapımında, yüksek kaliteli kağıt yapımında kullanılan en iyi hammaddelerden biridir (Köppen ve ark., 2009; Guiying ve ark., 2003). Tanesi gluten içermediği için tahıla alerjisi olan kişiler tarafından unundan faydalanılır (Grassi, 2001). Ayrıca tatlı sorgumdan biyoetanol üretiminde yan ürün olarak elde edilen CO₂ tıpta, yangın söndürmede, karbonatlı içeceklerde ve kuru buz imalatında kullanılmaktadır. Tatlı sorgum kullanılarak üretimi yapılabilen bir diğer ürün de yakıt pili teknolojisinde kullanılan hidrojenidir (Eren, 2011).

Biyokimyasal yolla tatlı sorgumdan hidrojen ve biyoyakıt üretilebildiği için Avrupa Birliği ülkeleri tatlı sorgumu, potansiyel enerji bitkisi olarak dikkate almaktadırlar (Kaplan ve ark., 2009).

5. Sonuç

Bilinen birçok avantajından dolayı biyoetanolün üretimi ve kullanımı teşvik edilmelidir. Biyoetanol üretiminde, diğer bitkilere oranla çeşitli çevre koşullarına daha iyi adapte olabilmesi, su ve gübre isteği bakımından daha kanaatkâr olması ve birim alandan daha fazla biyokütle alınabilmesi nedeni ile tatlı sorgumun ülkemiz tarımına kazandırılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Acar, R., Akgün, N., 2009. Şeker darısının (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*) yeşil ot verimi ve verim öğelerine farklı azot dozlarının etkisi. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, Hatay, 1: 637-640, 19-22 Ekim 2009.
- Almodares, A., Hadi, M.R., 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. African Journal of Agricultural Research. 4 (9): 772 - 780.
- Anonim, 2003. Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union, L 123/42.
- Balat, M., Balat, H., Öz, C., 2008. Progress in bioethanol processing. Progress in Energy and Combustion Science. 34: 551-573.
- Bulut, B., 2006. Tarıma dayalı alternatif yakıt kaynaklarından biyoetanol ve Türkiye için en uygun biyoetanol hammaddesi seçimi. Yıldız Teknik Ün., Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek lisans tezi. 122 s.
- Cocchi, M., 2008. Sweet sorghum as a feedstock for combined production of biofuel and green power opportunities and applicability for the restructuring of the Italian Sugar Industry. Renewable Energies, Athens.

- Deluchi, M.A., 1991. Emissions of greenhouse gases from the use of transportation fuels and electricity. Center for Transportation Research Argonne National Laboratory Report, ANL/ESD/TM-22. 1: 1-157.
- Demirbaş, A., 2007. Progress and recent trends in biofuels. *Progress in Energy and Combustion Science*. 33: 1-18.
- Demirbaş, A., 2008. Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy Conversion and Management*. 49: 2106-2116.
- Demirbaş, A., 2009. Biofuels securing the planet's future energy needs. *Energy Conversion and Management*. 50: 2239-2249.
- Eren, Ö., 2011. Çukurova bölgesinde tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) üretiminde yaşam döngüsü enerji ve çevresel etki analizi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 1-196.
- Flavin, C., Dunn, S., 1998. Responding to the threat of climate change. State of the World 1998: A Worldwatch Institute report on progress toward a sustainable society. New York, W.W. Norton. 113-30.
- Fronzel, M., Peters, J., 2007. Biodiesel: A new Oilorado? *Energy Policy*. 35: 1675-1684.
- Hinman, N.D., Schell, D.J., Riley, C.J., Bergeron, P.W., Walter, P.J., 1992. Preliminary estimate of the cost of ethanol production for ssf technology. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 34/35: 639-649.
- Grassi, G., 2001. Sweet sorghum: One of the best world food-feed-energy crop, http://www.sseassociation.org/Publications/lamnet_sweet_sorghum.pdf, Erişim:31.10.2013
- Gross, R., Leach, M., Bauen, A., 2003. Progress in renewable energy. *Environment International*. 29: 105-122.
- Guiying, L., Weibin, G., Hicks, A., Chapman, K. R., 2003. A training manual for sweet sorghum. FAO-TCP/CPR/0066. 1-73.
- Kaplan, M., Aydın, S., Fidan, M.S., 2009. Geleceğin alternatif enerji kaynağı biyoetanolün önemi ve sorgum bitkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 12 (1): 24-33.
- Köppen, S., Reinhardt, G., Gartner, S., 2009. Assessment of energy and greenhouse gas inventories of Sweet Sorghum for first and second generation bioethanol. *Environment and Natural Resources Management series*, 30, FAO, Rome. 1-86.
- Lal, R., 2008. Crop residues as soil amendments and feedstock for bioethanol production. *Waste Management*. 31: 812-819.
- Lynd, L.R., Cushman, R.H., Nichols, R.J., Wyman, C.E., 1991. Fuel ethanol from cellulosic biomass. *Science*. 251: 1318-1328.
- Lynd, L. R., 1996. Overview and evaluation of fuel ethanol from cellulosic biomass: technology, economics, the environment, and policy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 21: 403-465.
- Malça, J. and Freire, F., 2006. Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): Assessing the implications of allocation. *Energ*. 31: 3363-3380.
- Melikoğlu, M., Albostan, A., 2011. Türkiye’de biyoetanol üretimi ve potansiyeli. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi. 26 (1) : 151-160.
- Meral, R., Saydan Kanberoğlu, G., 2012. Tahıllardan etanol üretimi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 2(3):61-68.
- Ong, Y.K., Bhatia, S., 2010. The current status and perspectives of biofuel production via catalytic cracking of edible and non-edible oils. *Energy*. 35:111-119.

- Öztürk, H.H., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı, Teknik Yayınevi. ISBN: 978-975-523-042-9. 367 s.
- Reddy, B.V.S., Sanjana, R.P., 2003. Sweet sorghum: characteristics and potential. International Sorghum and Millets Newsletter. 44:26–28.
- Sabancı, A., 2010. Türkiye’de biyodizel ve biyoetanol üretiminin tarım sektörü açısından değerlendirilmesi. Ziraat Mühendisleri Odası 7. Teknik Kongresi, Ankara. 2:933-953.
- Schaffert, R. E., 1992. Sweet Sorghum Substrate for Industrial Alcohol. Utilization of Sorghum and Millets. P.131-137, ICRISAT.
- Turov, Y.Y., 1965. Petrochemical production of japan. Chemistry and Tecnology of Fuels and oils, 1: 160-164, 1965.
- Wyman, C.E., 1999. Biomass Ethanol: Technical Progress, Opportunities and Commercial Challenges. Annual Review of Energy and the Environment. 24: 189-226.

KARADENİZ BÖLGESİNİN TARIMSAL ATIK POTANSİYELİ VE BUNLARDAN PELET YAKIT OLARAK YARARLANILMASI

Mahmut Dok

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Enerji Bitkileri Bölümü-Samsun

Özet: Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr ve güneş enerjileriyle birlikte biyokütle enerjisi de sayılabilir. Enerji ihtiyacının sürekli artması, fiyatlarının yükselmesi, çevresel problemlerin ortaya çıkması ve enerji kaynaklarının fosil kökenli olması insanların yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesini gerekli kılmaktadır. Odun kökenli atıklar ile pamuk, ayçiçeği ve tütün sapları vs. gibi tarımsal atıklar enerji üretimi için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Karadeniz bölgesinde ekili-dikili alanlar, bölgenin %20' sini oluşturur. Bölgede yetiştirilen ürünlerin başında çay, fındık, çeltik, mısır, iç bölgelerde buğday, ayçiçeği ve değişik meyveler gelmektedir. Bu ürünlerin atıkları olan sap-saman, budama artıkları ve fındık zurufu gibi değerlendirilmeyen atıklardan önemli miktarda yenilenebilir ve fosil kökenli olmayan katı yakıt elde edilebilir. Böylece atık olarak çevreye bırakılan, rastgele yakılan ve ekonomik olarak değerlendirilmeyen atıklar, pelet yakıt olarak değerlendirilerek bölge ekonomisine katkı sağlamış olur.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal atık, Karadeniz bölgesi, pelet

THE AGRICULTURAL WASTE POTENTIAL OF THE BLACK SEA REGION AND EXPLOIT FROM THE AGRICULTURAL WASTES AS PELLET FUEL

Abstract: Together with wind and solar energy, biomass energy can be included in renewable energy sources. Continuous increase of energy demand, raise of price, the emergence of the environmental problems and fossil-based energy sources must make people tend to the renewable energy sources. Together with wood-based wastes, cotton, sunflower and tobacco stalks, etc constitute a significant potential for energy production. Plantation fields in the Black Sea region account for twenty percent of the region. Tea, hazelnut, rice, corn, inner regions wheat, sunflower and various fruits stand at the top of crops grown in the region. Solid fuel which is renewable in a huge amount and not fossil-based can be obtained from wastes of these products such as straw, pruning wastes and hazelnut husk not to be reused. Thus, wastes which is released to the environment, burned at random and not reused economically contribute to the region's economy after evaluated as pellet fuel.

Keywords: Agricultural waste, Black Sea region, pellet

1. Giriş

Dünya nüfusunun hızla artması, insanları birim alandan daha fazla verim elde etme çabasına yöneltmiştir. Günümüzde, kontrollü şartlar altında her mevsimde bitkisel üretim yapılabilmektedir. Bu nedenle tarımda kullanılan girdi miktarları ve üretilen hasat atıkları (sap, saman, sera bitki atıkları, fındık zurufu vb.) veya tarımsal sanayi atık materyalleri (melas, bira sanayi atıkları, gül

işleme atıkları vb.) de artış göstermiştir (Çıtak ve ark., 2006). Biyokütle, organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dâhil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtları kapsamaktadır. Biyokütle, 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvansal atıklar, gıda endüstrisi ve orman yan ürünleri ile kentsel atıkları içeren, biyolojik kökenli fosil olmayan tüm organik madde kitlesi olarak tanımlanmaktadır. Bitkisel kaynaklar, tarımsal ve hayvansal atıklar, organik kökenli şehir ve endüstri atıkları gibi biyokütle kaynaklarından elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle enerjisinin temeli bitkilerin fotosentez olayına dayandığı için, biyokütle enerjisi, güneş enerjisinin kimyasal enerji halinde depolandığı organik maddelerin enerjisi olarak da ifade edilebilmektedir. Türkiye'nin biyokütle kaynakları, tarım, orman, organik şehir atıkları, hayvansal atıklardan oluşmaktadır (Anonim, 2012). Halen elde edilmekte olan biyokütle enerjisinin; %64'ü orman bakım ve üretim çalışmalarında ortaya çıkan ince çaplı materyaller, orman endüstrisinde oluşan talaş ve yongalar, kullanılmayan (hurda) odunlar olmak üzere, orman ve odun atıklarından elde edilmektedir. Geri kalan %24'ü belediye katı atıklarından (çöplerden), %5'i tarımsal bitki ve artıkları, sert meyve kabukları (zeytin çekirdeği ve posası, fındık vb. kabukları) gibi tarımsal atıklardan, %5'i ise deponi gazlardan üretilmektedir (Karayılmazlar ve ark., 2011).

2. Karadeniz Bölgesinin Genel Yapısı

Karadeniz Bölgesi, yaklaşık 141.000 km²'lik yüzölçümüyle ülke yüzeyinin %18'ini kaplar. Adını ve özelliklerini komşu olduğu denizden alan Karadeniz Bölgesi, doğuda Gürcistan sınırı ile batıda Adapazarı Ovası'nın doğu kenarı arasında uzanır. Artvin, Rize, Trabzon, Gümüşhane, Bayburt, Giresun, Ordu, Samsun, Amasya, Sinop, Kastamonu, Zonguldak, Bartın ve Bolu illeri bütünüyle bölge sınırları içinde kalırken, iç Anadolu Bölgesi sınırları içinde bulunan Artova ilçesi dışında Tokat ilinin tamamına yakın kesimi de yine Karadeniz Bölgesi'ne girer. Çorum ilinin yarısı iç Anadolu'da, diğer yarısı da Karadeniz Bölgesi'ndedir. Coğrafi özellikler bakımından bölge doğu, orta ve batı olmak üzere üç bölüme ayrılır (Anonim, 2014b). Bölgede yetiştirilen tarımsal ürünler, iç kesimlerde ağırlıklı olarak hububat olmak üzere ayçiçeği, mısır, çeltik, tütün gibi tarla bitkileri sayılabilir. Özellikle doğu Karadeniz başta olmak üzere, kivi, çay, Amasya ve Tokat illerinde şeftali, kiraz, elma ve armut gibi sert ve yumuşak çekirdekli meyvelerle fındık gibi sert kabuklu meyveler sayılabilir. Ayrıca Çarşamba, Bafra ve Tokat Kazova gibi ovalarda geniş alanlarda sebze üretimi de yapılmaktadır. Bu çalışmada Karadeniz Bölgesinde tarımsal atık potansiyeli olan illerin tarla bitkileri ve meyve budama atıkları ağırlıklı olarak ele alınmış, sebze üretim alan ve atık miktarları değerlendirilmemiştir.

3. Bölgede Yetiştirilen ve Tarımsal Atık Potansiyeli Olan Ürünler

Bölgede yetiştirilen bu ürünler ile iller bazındaki yetiştirildiği alanlar Çizelge 1’ de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde, Orta Karadeniz illerinde özellikle iç bölgelerde tahıl ve ayçiçeği üretildiği, diğer illerde de çoğunlukla fındık olmak üzere kivi ve değişik çeşitte meyveler yetiştirildiği görülmektedir.

Çizelge 1. Karadeniz Bölgesindeki bazı illerin tarımsal üretim alanları (da)

İller	Ürünler ekim alanı (da)							
	Buğday- arpa	Ayçiçeği	Çeltik	Mısır	Tütün	Fındık	Kivi	Meyve- karışık
Samsun	1.105.000	103.300	152.800	120.000	74.187	880.500	1.500	18.000
Amasya	1.563.000	63.920	1.750	19.720	5.850	-	-	39.750
Tokat	1.710.000	94.450	-	-	-	26.000	-	124.000 (60.000 bağ)
Sinop	-	-	20.160	-	-	16.650	53	-
Bartın	-	-	-	-	-	60.000	207	-
Zonguldak	-	-	-	-	-	234.180	310	-
Ordu	-	-	-	-	-	2.269.000	2.645	-
Giresun	-	-	-	-	-	1.177.000	2.075	-
Trabzon	-	-	-	-	-	642.830	1.639	-
Rize	-	-	-	-	-	35.585	3443	-
Artvin	-	-	-	-	-	107.510	776	-
Bayburt	335.000	-	-	-	-	-	-	-
Toplam	4.713.000	261.670	174.710	139.720	80.037	5.442.255	12.648	157.750

Ayrıca Karadeniz bölgesi toplam çeltik üretiminin (Sinop, Çankırı, Çorum, Samsun ve Kastamonu illerinde) 300.000 da civarında olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2014a). Bölgede yetiştirilen ürünler ayrı ayrı incelendiğinde tarımsal atıkların potansiyeli konusunda daha somut veriler elde edilecektir. Tahıllar diye adlandırılan ve sadece buğday ve arpa bitkisinin ele alındığı çizelgedeki verilerin incelenmesiyle toplam 4.713.000 da ekim alanının olduğu görülmektedir. Tahıl artığı olan sap-saman, genel olarak ülkemizde hayvan yiyeceği olarak değerlendirilmektedir. Ancak kaliteli olmayan, sadece başka bir yem olmadığı için hayvanların yemek zorunda oldukları bu artıklar aslında gelişmiş ülkelerde atık olarak değerlendirilmekte ve genelde biyokütle hammaddesi ya da hayvan altlığı olarak değerlendirilmektedir. Eğer hayvancılık işletmelerinde kaliteli ve yeterli kaba yem yetiştirildiği düşünüldüğünde, bu artıkların yem değeri olmayacak ve atık olarak biyokütle işlenmesinde kullanılabilecektir. Yukarıda belirtilen alanda teorik olarak buğday ve arpa ürünü hasadından sonra ortaya çıkan atık miktarı, elde edilen ürünün %60-70’i kadardır. (Aykanat, 2009). Ortalama verim, illere göre değişmektedir. İl Gıda Tarım ve Hayvancılık İl müdürlüklerinin verilerine göre, Samsun’ da ortalama verim 200 kg/da, Amasya’ da 440 kg/da, Bayburt’ ta 170 kg/da ve Tokat’ta da 390 kg/da civarındadır (Anonim, 2014c; Anonim, 2014d; Anonim, 2014e; Anonim, 2014f). Bir üründen alınacak verim, bakım şartları, iklim ve toprak şartlarına bağlıdır. Özellikle tahıllar, bu illerde çoğunlukla iklim şartlarının etkisindedir ve sulama imkânı çok sınırlıdır. Bu nedenle bazı illerimizde

verimler, Türkiye ortalamasının bile altındadır (Türkiye ortalaması:220-250 arasındadır). Bütün bu veriler değerlendirildiğinde Samsun için 220.000 ton, Amasya için 625.000 ton, Tokat için 660.000 ton ve Bayburt için de 55.000 ton sap-saman elde edilmektedir. Bu durumda toplam tahılların atık miktarı Karadeniz bölgesi için 1.560.000 ton etmektedir. Bu değerin hasat zayıflatları, toplama kayıpları ve hasatta biçerdöverin istenilen yükseklikte biçememesi gibi nedenlerden dolayı kullanılabilir miktarının 234.000 ton civarında olabileceği tahmin edilmektedir (Başçetinçelik ve ark., 2007).

Diğer bir tarımsal atık olarak ayçiçeği sapı ile ilgili veriler Çizelge 1' de görülmektedir. Ayçiçeğinin hasat indeksi % 30-35 arasında değişmektedir (Karakaş ve Arslanoğlu, 2013). Ayçiçeğinin sapı, hasattan sonra tarlada bırakılmakta, buğday sapı gibi hayvan yemi olarak ya da başka bir amaç için kullanılmamaktadır. Bazı çiftçiler tarafından yakacak olarak kullanılsa da çok yaygın değildir, bazı çiftçiler de sap parçalayıcı ile parçalayarak tarlada bırakmaktadır. Aslında yapılması gereken de budur ve bizler atıkların toprağa karıştırılması taraftarıyız. Yakacak olarak değerlendirmek istediğimiz atıklar, tarlalarda bırakılarak yakılan, ya da tarla kenarlarına toplanarak yakılan atıklardır. Nitekim gerek bölgemizde ve gerekse ayçiçeği tarımı yapılan diğer bölgelerdeki gözlemlerimize göre, ayçiçeği sapları hasattan sonra traktörler tarafından toplanmakta, tarla kenarına ya da ortada bir yerde yığılmakta ve yakılmaktadır. Bu şekildeki atıkların miktarının da toplam olarak bölgemizde (200 kg/da verim baz alındığında) dekar başına 200-250 kg civarındadır. Toplam 260.000 da civarında bir alanda ayçiçeği ekimi düşünüldüğünde, 52.000-65.000 tonluk bir atıktan bahsedilebilir. Başka bir şekilde değerlendirilmeyen bu atık, tarla kayıplarını da dikkate alırsak 39.000 ton kullanılabilir miktarının işlenerek katı yakıt üretiminde kullanılabilir.

Bölgemizin bir diğer ürünü de çeltiktir. Türkiye' de çeltik en fazla Marmara bölgesinde, ikinci olarak Karadeniz bölgesinde yetiştirilmektedir ve Samsun, toplam çeltik ekim alanının % 14.5' lik dilimi ile ikinci sırada yer almaktadır (Anonim, 2014a). Çizelge 1'de görüldüğü gibi, bölgemizdeki çeltik alanı 174.710 da dır. Çeltik sapı da ayçiçeğinde olduğu gibi hayvan yemi olarak kullanılmayan, toprakta kış sezonunda kalmasından dolayı çabuk çürümeyen (yeterli nem olsa bile sıcaklık olmadığı için) ve sonraki yıl çeltik ekiminde problemlere yol açan bir atıktır. Bilindiği gibi bölgemizde çeltik ekimi yapılan yer, genel olarak değiştirilmez ve aynı yere üst üste 8-10 yıl, hatta 20-30 yılı bulan ekim yapılan yerler mevcuttur. Bunun nedeni, çektikte tarla hazırlığı, sulama imkanı, çeltik barlarının hazırlanması hayli zordur ve güçlü ekipman gerektirir. Önceleri elle hasat yapılır, harman yerine ürün yığılır ve patozlarla harman işlemi yapılırdı. O zamanlarda çeltik sapı fazla bir problem teşkil etmez, tarladan sap ile birlikte kaldırıldığı için, ekim zamanında sıkıntı olmazdı. Ancak artık günümüzde çektikte de hasat, biçerdöverlerle yapılmaktadır. Biçerdöverlerin tarlada bıraktığı sap miktarı da hayli fazladır, zira çeltik suda yetişen bir bitki olduğu için, verimi ve sapı da hayli fazladır. Hasat indeksinin % 40 olduğu düşünüldüğünde (Dok ve ark., 2013), en az elde edilen ürün kadar atık çıkmaktadır. Bölgemizde çeltikten alınan ortalama verim 800 kg/da

civarındadır (Anonim, 2014a). Tarlada kalan atık miktarının da aynı miktarda olduğu düşünüldüğünde, yaklaşık 200.000 ton civarında bir atıktan bahsedilebilir. Bunların 80.000 tonunun değişik nedenlerden toplanamadığı var sayılırsa, kullanılabilir net miktarın 120.000 tonluk bir atıktan katı yakıt olarak yararlanmak mümkün olacaktır.

Karadeniz bölgesinde mısır önemli bir yer tutmaktadır. Çoğunlukla kırsal kesimde insan yiyeceği olarak kullanılan mısır, ticari olarak Samsun ve Amasya illerinde toplam 140.000 da'lık bir alanda yetiştirilmektedir. Kırsal kesimde yetiştirilen mısır sapsarı da bölgede hayvan beslenmesinde kullanılır. Dolayısıyla ticari olarak yapılan yetiştiricilikte mısır sapsarı, tarımsal atık olarak değerlendirilebilir. Bunun miktarı da yaklaşık 80.000 ton civarında tahmin edilmektedir. Diğer atıklarda olduğu gibi mısır sapsarının hasadı, toplanması ve taşınması sırasında ortaya çıkabilecek kayıpların 32.000 ton olabileceği varsayıldığında, net olarak toplanabilen ve değerlendirilebilecek atığın kullanılabilir miktarının 48.000 ton olacağı ve bu miktarın katı yakıt olarak değerlendirilebileceği görülmektedir.

Bölgemizde yetiştirilen bir diğer tarla bitkisi de tütündür. 2000' li yıllardan önce daha fazla ekim alanı olan tütün, TEKEL'in özelleştirilmesi sonucu ekim alanlarında önemli azalmalar olmuş ve bugün bölgemizde Amasya ve Samsun' da 80.000 da civarlarında bir alanda yetiştirilmektedir (Anonim, 2014c; Anonim, 2014d). Tütün sapsarı, hasattan sonra tarlada kalan ve herhangi bir şekilde değerlendirilmeyen bir atıktır. Bir dekar alanda yaklaşık 15.000-17.000 adet bitki bulunmaktadır. Bölgede yapmış olduğumuz ölçümler sonucu bir adet tütün sapının ağırlığı 6-12 gr arasında değişmektedir. Toplam tütün sapı atık miktarını hesaplayacak olursak, en düşük değerleriyle alındığında, dekardan yaklaşık 100-120 kg atık elde edilmektedir. 80.000 da alanda tütün yetiştirildiğine göre, toplam 8.000-10.000 ton atık çıkacağı görülmektedir. Toplanabilir ve kullanılabilir miktarının 6.000 ton olarak hesap edilen tütün, diğer atıkların yanında az görülse de direk katı yakıtla dönüştürülebilecek bir atık olarak önem arz etmektedir.

Bölgenin en önemli ürünü ve dünyada söz sahibi olduğumuz tek ürün fındıktır. Çizelge 1'de görüldüğü gibi, bölgede hemen hemen her ilde yetiştirilen fındık, 5.423.255 da'lık bir alana sahiptir. Karadeniz bölgesinde olmayıp burada almadığımız Sakarya, Düzce ve Kocaeli illerinde de yaklaşık 1.400.000 da alanda fındık tarımı yapılmaktadır. Ancak buradaki hesaplamalarda bölge dışındaki iller, hesaba katılmamıştır. Fındık bahçeleri, tek ağaç şeklinde değil, ocak şeklinde tesis edilir ve bir ocakta 10-20 adet arasında dal bulunur. Bir dekar fındık bahçesinde, bölgelere göre değişmekle birlikte yaklaşık 50 adet ocak mevcuttur. Bölgesel olarak hesap edildiğinde toplam ocak sayısı 271.000.000 adet civarında olmaktadır. Genel olarak fındık bitkisinin her yıl dip sürgünleri alınır ve bu sürgünler (bölgede ılgın veya şıfka diye bilinir) yakacak değeri olmayan bir atıktır. Ancak bazı çiftçiler, 2 yılda bir bu sürgün alma işlemini yapar ve bunlardan yakacak olarak yararlanır. Bölgede yaptığımız gözlem sonucu bir ocaktan yıllık sürgün olarak yaklaşık 4-5 kg atık çıkmaktadır. Atık sürgünler kuruduğu zaman ortalama 3 kg olarak hesap

edildiğinde, toplam 813.000.000 kg ya da yaklaşık 810.000 ton atık olarak kabul edilebilir. Elde edilebileceği tahmin edilen bu atığın kullanım oranının % 80 olması nedeniyle 648.000 ton atık hesap edilebilir. Ancak bu atığın büyük çoğunluğunun çeşitli nedenlerden dolayı (arazinin meyilli olması, yol olmaması, yakacak olarak kullananların olması vs.) toplanamama ihtimali de göz önüne alındığı varsayılsa bile en az 100.000 tonunun rahatlıkla temin edileceği beklenmektedir. Şayet bu atıkların az bir ücret karşılığı alınacağı hesap edilirse, bu miktarın daha da artacağı kesindir. Zira kırsal kesim için böyle bir ücretlendirme, önemli bir gelir kaynağı teşkil edecektir. Ayrıca yine bulunduğu diğer atığı da fındık zurufudur ve çoğunlukla ekonomik olarak değerlendirilmeyen bir üründür. Fındık zurufu, kabuklu fındığın patoz yardımıyla ayrıldıktan sonra ortaya çıkan bir yan üründür. Bunun da miktarı, üretilen tane kabuklu fındığın üretim miktarıyla yakından ilgilidir. TMO' nun 2012 yılı fındık sektör raporunda bildirildiğine göre, 2012 yılı kabuklu fındık üretiminin 660.000 ton olduğu görülmektedir (Anonim, 2013a). Bunun da yaklaşık 455.000 tonu, Karadeniz bölgesinde yetişmektedir. Toplam üretilen kabuklu fındığın 1/3' ü kadar miktarı, fındık zurufu olarak çıkmaktadır. Buradan yaklaşık 150.000 ton fındık zurufu atık olarak ortaya çıkar. Diğer atıklarda olduğu gibi bunun da değişik nedenlerden dolayı kaybolacağı düşünüldüğünde, kullanım oranına göre yaklaşık 120.000 tonunun toplanması mümkün olabilir.

Bölgede fındığa alternatif ürün diye yayılmaya çalışılan, ancak bu şartlarda fındığa alternatif olamayacağı anlaşılarak, bazı bölgelerde fındığa takviye edici ürün diye isimlendirilen kivi, bazı illerde yetiştirilmeye başlanmıştır. Bölge genelinde toplam 12.600 da alanda yetiştirilen kivin budama atıkları da önemli bir katı yakıt kaynağıdır (Anonim, 2013b). Sahada yaptığımız ölçümlere göre bir kivi bitkisinden yaşına bağlı olarak yaklaşık 7 ile 10 kg budama atığı (kuru olarak) çıkmaktadır. Bu meyve, her yıl budanması gereken bir meyvedir, budanmadığı zaman önemli ölçüde verim kaybı olmaktadır. Bir dekar kivi bahçesinde ortalama 50 adet ağaç bulunur. Ağaç başına 8 kg budama atığı alındığı düşünüldüğünde ise toplam atık miktarının 5.040 ton olduğu görülmektedir. Bölgemizde ve diğer bölgelerde kivi bahçeleri genellikle düzenli ve bakımlı bahçelerdir ve genel olarak ta düze yakın arazilerde kurulmuşlardır. Bu nedenle budandıktan sonra çıkan atıklar da toplanarak uygun yerlere yığılır, çürümeye bırakılır, bazen de yakılarak imha edilir. Dolayısıyla bu atıkların toplanmasında fazla bir kayıp söz konusu değildir. Ama yine de bazı kayıpları hesaba katarak kullanım oranı itibarıyla yaklaşık 4.000 ton katı yakıt dönüşebilen atık olacağı görülmektedir.

Karadeniz bölgesinde fındık ve kivi dışında, özellikle Orta Karadeniz Bölgesi illerinde diğer meyveler ve bağ yetiştirilmektedir. Bunlardan Samsun' da şeftali başta olmak üzere elma, armut gibi diğer meyvelerin yetiştigi alan 18.000 da, Amasya' da şeftali, elma, armut ve kiraz 39.000 da, Tokat' ta da 60.000 da bağ olmak üzere şeftali, elma, armut vs. diğer meyvelerin yetiştigi alan 64.000 da civarındadır. Genel olarak meyvelerde her yıl budama yapılmalıdır. Özellikle şeftali gibi meyvelerden istenilen verim alınmak

isteniyorsa mutlaka her yıl derin bir şekilde budanması gerekmektedir. Bağda da aynı şekilde her yıl budama yapılması gerekmektedir (Anonim, 2014g). Diğer meyvelerin az da olsa budanmasında yarar vardır. Şeftali için yaptığımız bir gözlemede, bir ağaçtan elde edilen budama atığı miktarı, ağacın yaşına bağlı olarak değişmektedir. Elde edilen gözlemlere göre, ağaç başına atık miktarı 3 ile 13 kg arasında değişmektedir. Dekardaki meyve sayısı, genel olarak 50 adet civarındadır. Bağlarda ise daha sık dikim yapıldığından dekardaki omca sayısı 200-250 adet civarındadır (Anonim, 2014g). Ağaç başına budama atığını en düşük değer olan 4 kg/ağaç alarak çıkacağı tahmin edilen atık miktarını hesaplayacak olursak (omcada 3 kg), Samsun için toplam 3.600 ton, Amasya için 7.800 ton, Tokat için de toplam 48.000 ton budama atığı çıkacağı görülmektedir. Bu üç ilin toplamı olarak açığa çıkacak atık miktarının 59.400 ton olduğu anlaşılmaktadır. Budama atıklarının bazı yerlerde yakacak olarak değerlendirilmesi mümkündür, ancak burada alınan atıklar, her yıl yapıldığı için fazla kalın olmayan ve yakacak değeri de olmayıp bahçe kenarlarına bırakılan atıklar olarak düşünüldüğünde ve katı yakıt olarak değerlendirildiği takdirde önemli bir enerji kaynağı olacağı aşıkardır. Burada meydana gelebilecek kayıplar da dikkate alındığında kullanılabilir atık miktarının 47.520 tonunun rahatlıkla toplanabileceği kabul edilebilir.

Yukarıda sayılan tarımsal atıklar dışında, tarımsal sanayi atıkları da bölgede fazla miktarda bulunmaktadır. Bunlardan birisi çay fabrikası atıkları, diğeri de çeltik fabrikası atıklarıdır. Ayrıca fındık fabrikalarından çıkan fındikkabuğu da fındığın yan ürünü olmasına rağmen atık olarak bertaraf edilmeyip yakacak ve ya sunta sanayinde değerlendirildiği için atık olarak düşünülmemiştir. ÇAYKUR' un fabrikalarından elde edilen atıkların miktarının yıllık 20.000-30.000 ton civarında olduğu yetkililerce tarafımıza bildirilmiştir. Ancak yetkililerin verdiği bilgiye göre, kurumun bu atıkları, piroliz yoluyla elektrik üretimi amacıyla kullanacağı beyan edilmiştir. Özel sektör çay fabrikalarından da fazla bir atık çıkmadığı (10.000 ton civarında), çıkan atıkların ya fabrikalarda direk yakıldığı, ya da çiftçilere gübre amaçlı dağıtıldığı bildirilmiştir.

Çeltik fabrikalarından çeltiğin pirince işlenmesi sırasında yaklaşık ürünün % 18-20' i kavuz olarak açığa çıkmaktadır (Dönmez, 2007). Bölgedeki mevcut fabrikalardan yıllık ortalama 20.000 -25.000 ton kavuz elde edilmektedir. Çıkan bu kavuzların daha önceleri rastgele yakıldığı ve atık olarak atıldığı bilinmekteydi. Ancak son zamanlarda bunların özellikle tavuk çiftlikleri tarafından alınıp altlık olarak kullanıldığı ve herhangi bir atıklarının olmadığı bölgedeki fabrika sahipleri ile yapılan görüşmelerde bildirilmiştir.

4. Bölgenin Kullanılabilir Tarımsal Atık Değerlendirilmesi

Karadeniz Bölgesinde toplam ve kullanılabilir atık miktarları ile atıkların alt ısı değerleri Çizelge 2' de görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi, toplam atık miktarının 2.924.440 ton, kullanılabilir atık miktarının da 1.306.520 ton olduğu anlaşılmaktadır. Atıkların içinde en çok fındığın budama atığının

geldiği görülmektedir. Daha sonra buğday-arpa sapı, çeltik sapı ve fındık zurufu gelmektedir. Elde edilen bu atıkların pelet olarak değerlendirilmesi sonucu önemli bir katı yakıt miktarının ortaya çıkacağı görülmektedir.

Çizelge 2. Karadeniz Bölgesinde toplam, kullanılabilir atık miktarları ve pelet üretiminde kullanılabilir atık miktarları ve alt ısı değerleri

Atık cinsi	Toplam atık miktarı (ton)	Kullanılabilir atık miktarı (ton)	Kullanım oranı (%)	Pelet üretiminde kullanılabilir atık miktarı (ton)	Atıkların alt ısı değerleri (Kcal/kg)
Buğday-arpa sapı	1.560.000	234.000	15	-	4.320
Ayçiçeği sapı	60.000	39.000	60	39.000	4.040
Çeltik sapı	140.000	120.000	60	120.000	3.630
Mısır sapı	80.000	48.000	60	48.000	4.270
Tütün sapı	10.000	6.000	60	6.000	4.150
Fındık zurufu	150.000	120.000	80	100.000	4.070
Fındık budama atığı	810.000	648.000	80	100.000	4494
Kivi budama atığı	5.040	4.000	80	4.000	4.390
Diğer meyveler-bağ budama atığı	59.400	47.520	80	45.000	4.300
Çeltik kavuzu	20.000	16.000	80	-	3.620
Çay tozu	30.000	24.000	80	-	4.630
Odun					4.200
Toplam	2.924.440	1.306.520		462.000	

Pelet yakıt, yukarıda da açıklandığı gibi odun ve yan ürünlerinden yapılabildiği gibi, tarımsal atıklardan da yapılabilmektedir. Yerli linyit kömürün ısı değeri 1000 ile 4200 arasında değişmekle birlikte, % 90'ının 3000 kcal/kg'nin altında olduğu düşünülürse (Anonim, 2012) tarımsal atıklardan elde edilecek peletlerin ne derece önemli oldukları daha iyi anlaşılmaktadır. Pelet, genellikle 6-12 mm çapında, 10-30 mm arasında uzunluğu olan bu küçük topraklar, sıkıştırılmış talaş, odun yongaları, ağaç kabuğu, zirai ürünler, ekinlerin sapları, fındık, badem, ceviz kabukları, hatta atık kâğıt gibi maddelerden yapılır. Mısır koçanları, pancar küspesi, ayçiçeği çenekleri, kurumuş zeytin, kiraz çekirdekleri, soya fasulyesi gibi biyolojik ürünler de pelet üretiminde kullanılabilir (Anonim, 2014h). Karadeniz bölgesi tarımsal atıklarından da rahatlıkla elde edilen bu yakıt türü, kömür yerine hem evlerde, hem de kalorifer kazanlarında rahatlıkla kullanılabilen bir yakıt türüdür. Ülkemizde ve bölgemizde yaygın olarak kullanılmayan, ancak Amerika ve Avrupa' da birçok ülkede yaygın olarak kullanılan pelet yakıt, çevre dostu olmasının yanı sıra bölgede yetişen ürünlerin atıkları olması ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması nedeniyle değerlendirilmesi gereken bir üründür. Çizelge 2 incelendiğinde, toplam atık miktarından kullanılabilirlik oranı yardımıyla

kullanılabilir atık miktarı ve pelet yapımında kullanılacak atık miktarları sütunları görülmektedir (Başçetinçelik ve ark., 2007). Burada önemli olan pelet yapımına uygun atık miktarıdır. Çizelgede bazı ürünlerin kullanılabilir atık miktarı ile pelet yapımına uygun miktarları farklılık göstermektedir. Bölgenin atık miktarı hesaplanırken, atığın gerçekte atık olma ihtimalleri ve bölgenin genel durumu da dikkate alınmıştır. Bazı atıklar tamamen değerlendirilebilir alınmışken bazılarında da tamamen feragat edilmiştir. Çizelge 2’deki tarımsal atık cinsleri incelendiğinde, buğday-arpa sapı dışındaki atıkların herhangi bir hayvan yiyeceği olarak değerlendirilmesi söz konusu değildir. Mısır sapı da kullanılıyor olsa da zaten ondan kullanılacak kısmı hariç tutulmuştur. Her ne kadar buğday-arpa sapında da belli bir miktarı hariç tutulmuş olsa da ülkemizin bir gerçeği olarak, bu atıklar hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Onun için pelet yapılabilecek atıklardan buğday-arpa sapı tamamen çıkarılmıştır. Fındık budama atıklarından da önemli ölçüde terk edilen kısım vardır. Zira bölgemizin büyük çoğunluğu meyilli, yolu bile olmayan, insanların bile gezinmekte zorlandığı kadar yamaçtır. Bu arazilerden atıkların toplanması imkânsızdır. Ondandır dolayı önemli ölçüde atık hesaba katılmamıştır. Çeltik kavuzu ve çay atıkları da kullanım alanları olduğu için hesaplanmamıştır. Geriye kalan 462.000 ton atık ise direk olarak pelet üretiminde kullanılacak miktardır.

5. Biyokütlenin Pelet Üretiminde Değerlendirilmesi

Odun, saman, kâğıt ve birçok bitkisel lifler gibi bütün ligno-selülozik materyaller önemli bir enerji kaynağıdır. Materyallerin ana sorunu hacim/ağırlık oranının büyük olması; işleme, depolama ve taşımanın zor ve pahalı olmasına neden olmaktadır. Bu problem bu materyallerin kurutulması ve daha sonra onun çok yüksek basınç altında sıkıştırılarak yakacak peletleri ve briketlerinin üretimi ile çözülebilir. Bu ürünler daha yüksek yoğunluk (2 katından daha fazla) ve yüksek bir ısı değerine sahip olacaktır. Tarımsal atıklar ancak pelet biçimine dönüştürülürse taşıma, depolama ve kullanımı kolay olabilecektir. Peletler ağırlık olarak petrol enerjisinin yarısına ve üçte bir hacmine eşdeğerdir. Bu durum uzak mesafelere taşımada fiyat farkını dengeler. Peletler DIN standartlarına göre; 6 mm çap ve 10-40 mm uzunlukta üretilirler. Odun peletleri yaklaşık 5 kWh/kg ısı değerleri ile 1/2 litre fuel-oil’ e eşdeğer enerji içerir. Yüksek enerji yoğunluğu yanı sıra 650 kg/m³ gibi oldukça küçük bir depolama hacmine de sahiptir. Peletlerin evlerde yakacak olarak kullanımı; doğal gaz ve fuel-oil gibi benzer kullanım konforu sağlamaktadır. Fuel-oil ve doğal gazın tutuşma, patlama, çevreyi ve toprağı kirletme, atmosfere yoğun oranda CO₂, SO₂ ve NO_x’ler salmasına kıyasla odun peletlerinde bu olumsuzluklar çok az ya da yok denecek kadardır. Biyopeletler yenilenebilir enerji olarak kömürle birlikte yakılarak CO₂ emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunabilir. Şimdiye kadar dünya genelinde en büyük pelet pazarı Avrupa olmuştur ve ihtiyacın yarısı evlerin ısıtılması içindir. Buna rağmen, dünya genelindeki ihtiyaç artışı esas olarak elektrik üretim sektöründedir. Dünya toplam pelet ihtiyacı 2010 yılında yaklaşık 15 milyon ton iken, 2015 yılında 228 milyon ton ve 2030

yılında 350-400 milyon ton olarak gerçekleştirilecektir (Karayılmazlar ve ark., 2011). Tarımsal atıklardan da tıpkı odun peleti gibi kaliteli yakacak pelet elde edilmektedir. Tarımsal atıklardan elde edilen peletlerin alt ısı değerleri ve fiziksel özellikleri odundan elde edilen peletten çok farklı değildir. Atığın çeşidine göre bazıları düşük, bazıları da odundan yüksek kalitede yakıtlardır. Bunlarla ilgili değerler Çizelge 2’ de verilmiştir. Pelet üretimi için, ülkemizde birkaç tesisin dışında tesis yoktur ve bu tesislerden Osmaniye’ de kurulu olanın dışındakilerde orman ürünü atıkları, talaş, ağaç tozu ve MDF atıklarından pelet yapılmaktadır. Tarımsal atıklardan pelet üretiminin yapılabilirliğini göstermek amacıyla, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü bünyesinde kurulu olan Enerji Tarımı merkezinde, bölge çiftçilerine, teknik elemanlara ve müteşebbislere değişik zamanlarda eğitimler ve seminerler verilmektedir. Bu sayede bölgede bazı müteşebbisler, pelet sobası ve briketleme sistemi konularında üretimlere başlamışlardır. Pelet üretiminde, tarımsal atıklar, çekiçli değirmen ve öğütücülerde parçalandıktan sonra, basınç altında sıkıştırılarak pelet yakıt üretilmektedir. Atıklardan pelet üretimi sırasında kayıp söz konusu olmadığından, 462.000 ton atıktan aynı miktarda pelet yakıt elde edilir.

6. Sonuç

Ülkelerin enerji rekabetleri hızlı petrol tüketimine, küresel ısınmaya ve ekosistemin bozulmasına neden olmuştur. Bu enerji rekabetlerinde ülkemizin kendi enerji politikasını oluşturması gerekmektedir. Zamanla azalan petrol, dünyanın ısınması ve bir parçası olduğumuz ekosistemin yok olmaması için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir. Türkiye’ de genel enerji talebinin karşılanması için mümkün olduğu kadar uzun vadede kullanılabilir olan yenilenebilir enerji kaynakları gerekmektedir. Yenilenebilir enerji üretiminde temel olan, düşük maliyetle çevreye daha az zararlı olan ve daha yüksek kalitede en iyi faydayı sağlamaktır. Bu anlamda en iyi örnek, faydalı son ürün ve enerji elde edebileceğimiz biyokütledir. Biyokütleden enerji üretmenin yanında faydalı son ürün elde edilecek, bitkisel üretim artacak, bu üretime bağlı olarak kırsal alanların ekonomik ve çevresel getirisi artacak ve böylelikle kırsal alanlarda sosyal refah artış gösterecektir. Tarımsal açıdan zengin olan ülkemizde en iyi enerji elde etme yollarından biri olması açısından da biyokütle enerjisi önem arz etmektedir. Bu çalışma ile ortaya konulduğu gibi, yenilenebilir enerji kaynaklarının mümkün olabildiği kadar uygulanması, kullanışlı bir nitelik taşıyan ve önemli bir potansiyele sahip olan biyokütleden pelet elde edilmesi ve bunun özellikle küçük yerleşim yerlerinde tüketilmesi, iyi bir alternatif teşkil etmektedir. Bu çalışmada, Karadeniz bölgesinde önemli tarımsal atıklar ve budama atıkları dikkate alınarak toplam 462.000 ton biyokütle potansiyelinin olduğu görülmektedir. Ülkemizde her yıl ısınma amaçlı yaklaşık 7.000.000 ton linyit kömür ithal edilmektedir. Bölgemizde atık olarak bilinen yukarıdaki miktar biyokütlenin pelet halinde değerlendirilmesi durumunda, kömür ithalatının %7’si karşılanmış olacaktır. Ayrıca diğer bölgelerdeki tarımsal atıkların da bu şekilde pelet ya da briket olarak

değerlendirilebilmesi durumunda belki de kömür ithalatına gerek kalmayacaktır. Böylece yeterli tesis kurulduğu ve pelet üretimi yapıldığı taktirde, bölgenin atıkları değerlendirilmiş olacak, bölgede yeni bir istihdam kapısı açılarak bölge ekonomisine katkı sağlanmış olacak ve kömür ithalatının büyük ölçüde azalması söz konusu olacaktır. Köylerden büyük kentlere olan göç olayı da planlı bir organizasyon yapıldığı taktirde son bulacak, pelet yakıt sayesinde köylü köyünde şehrin lüks hayatını yaşayabilecektir.

Kaynaklar

- Anonim, 2014e. Bayburt Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü. <http://www.bayburttarim.gov.tr/Default.aspx?module=customPages&id=4710387d-5776-46aa-8500-0a33badecebe4>. Erişim: 19.03.2014
- Anonim, 2012. Biyokütle Sektör Raporu. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı, Eylül:2012, Antalya.
- Anonim, 2012. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2011. Stratejik Planlama Koordinasyon Birimi, Mayıs 2012, Ankara.
- Anonim, 2013a. TMO 2012 Yılı Fındık Sektör Raporu, <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/raporlar/FindikSektorRaporu2012.pdf>. Erişim:03.03.2014.
- Anonim, 2013b. Üretim Desenimizdeki Yeni Motif, Kivi. Ordu Ticaret Borsası, 2013. [http://www.ordutb.org.tr/admin/dosya/kivi\(2013\)son_hali__pdf.pdf](http://www.ordutb.org.tr/admin/dosya/kivi(2013)son_hali__pdf.pdf). Erişim:1.04.2014).
- Anonim, 2014a. Ulusal Hububat Konseyi Çeltik Raporu / Aralık 2011 (http://uhk.org.tr/dosyalar/UHK_celtikraporu.pdf). Erişim: 12.03.2014
- Anonim, 2014d. Amasya Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü. <http://www.amasyatarim.gov.tr/kurumsal-dokumanlar.html>. Erişim: 18.03.2014
- Anonim, 2014f. Tokat Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü. http://www.tokattarim.gov.tr/hbr_174_&_Tekzip-Metni.html. Erişim: 19.03.2014
- Anonim, 2014g. Adana Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü,2014. <http://www.adanatarim.gov.tr/Yayinlarimiz/bagcilik.pdf>. Erişim: 20.03.2014.
- Anonim, 2014h. Andıç pelet. <http://www.peletandic.com/pelet.htm>. Erişim:22.03.2014.
- Anonim, 2014b. Karadeniz Bölgesi. <http://www.tbb.gen.tr/turkce/genel/bolgeler/karadeniz.html> Erişim:14.03.2014.
- Anonim, 2014c. Samsun Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü http://samsuntarim.gov.tr/yayinlar/istatistiklerle_samsun_tarimi/tarim_2012_yili/Tarim_2012_yili.pdf. Erişim: 17.03.2014
- Aykanat, S., 2009. Buğday Tarımında Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi., 2009, Adana.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H., Karaca, C., Türkiyede Tarımsal Biyokütleden Enerji Üretimi Olanakları. http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/32590c74a229a9f_ek.pdf?dergi=563. Erişim: 14.03.2014.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Öktüren, F., 2006. Bitkisel Kökenli Atıkların Tarımda Kullanılabilme Olanakları. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim dergisi, Yıl: 2006 Cilt : 23, Sayı : 1, sayfa : 41-53, 2006, Antalya.

- Dok, M., Şahin, M., Sürmen, M., Sezer, İ., 2013. Çeltik Tarlalarında Değişik Baklagil Yem Bitkilerinin Kışlık Ara Ürün Olarak Yetiştirme İmkânlarının Araştırılması. KTAE-2012 Yılı Faaliyet Raporu-2013.
- Dönmez, D., 2007. Pirinç. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü. Bakış Dergisi, Sayı:9, Nüsha:4, ISSN 1303–8346. Haziran 2007, Ankara.
- Karakaş, M., Arslanoğlu, F., 2013. Kırarç ve Sulanabilir Arazı Koşullarında Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinin Verim ve Bazı Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. Türkiye 10. Tarla Bitkileri Kongresi, (Basılmamış). 10 – 13 Eylül 2013, Konya.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R., 2011. Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 2011, Cilt: 13, Sayı: 19, 63-75, ISSN: 1302-0943, EISSN: 1308-5875, Bartın.

BIYODİZEL ÜRETİMİNDE TUTUKLANMIŞ LİPAZ KULLANIMI

Eda Öndül

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, 65080, Van

Özet: Biyodizel olarak bilinen yağ asidi alkil esterler, çevreye olumlu etkilerinden dolayı çevre dostu olup alternatif bir yakıt olarak oldukça önemli bir potansiyele sahiptirler. Biyodizel, bitkisel veya hayvansal yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan asit-alkali gibi kimyasal katalizörlerle ya da lipaz katalizörlüğünde transesterifikasyon yoluyla üretilmektedir. Petrokimyasal dizel ile kıyaslandığında, biyolojik olarak parçalanabilir, düşük emisyon ve yenilenebilir olması gibi çok sayıda avantaj sunmaktadır. İmmobilize lipazlar, biyokatalizörler olarak daha olumlu bir proses sağladıklarından dolayı büyük ilgi çekmektedirler. Bu makalede; çeşitli lipazları içeren immobilize lipazlarla biyodizel üretiminin bugünkü durumu, immobilizasyon metotları, çeşitli hammaddeler, kısa zincirli alkollerin neden olduğu lipaz inaktivasyonu, biyodizelin endüstriyel ölçekli üretimi tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, transesterifikasyon, biyokatalizör, lipaz, immobilizasyon

BIODIESEL PRODUCTION WITH IMMOBILIZED LIPASES

Abstract: Fatty acid alkyl esters, also called biodiesel, are environmentally friendly and show great potential as an alternative liquid fuel. Biodiesel is produced by transesterification of oils or fats with chemical catalysts or lipase. Immobilized lipase as the biocatalyst draws high attention because that process is “greener”. This article reviews the current status of biodiesel production with immobilized lipase, including various lipases, immobilization methods, various feedstocks, lipase inactivation caused by short chain alcohols and large scale industrialization.

Keywords: Biodiesel, transesterification, biocatalyst, lipase, immobilization

1. Giriş

İnsan yaşamının en temel unsurları arasında enerji önemli yer tutmaktadır ve sürdürülebilir enerji kaynakları sayesinde insan hayatı devam etmektedir. Dünyanın sınırlı miktarda petrol veya fosile sahip olması ve bu yakıtlardan kaynaklanan çevresel sorunlar insanoğlunu yeni enerji kaynakları arayışına sürüklemiştir. İklim değişimi, küresel ısınma gibi çevresel sorunlar, tedavi edilemez bir takım hastalıklar ve artan enerji talebinden dolayı mevcut enerji kaynaklarını daha verimli kullanma ve alternatif, yenilenebilir ve temiz enerji kaynakları söz konusu olmuştur (Crookers ve ark., 1997). Alternatif bir dizel yakıt olan biyodizel; hem tarımsal kaynaklı yağlardan hem de atık yağlardan üretilmektedir. Petrol dizeline göre daha temiz yanan, güvenilir, toksik olmayan, yenilenebilir, kükürt içermeyen ve çevreye fazladan karbondioksit vermeyen, petrol dizel ile her oranda karışabilen ya da doğrudan dizel motorlarda kendisi yanabilen bir yakıttır (Lai ve ark., 2005; Aransiola ve ark.,

2014). Yenilebilir yağlardan biyodizel üretimi üzerine çok sayıda çalışma kaydedilmiştir (Demirbaş, 2005). Ancak tüketim amaçlı yağların biyodizel hammadde kaynağı olması küresel bir endişe doğurmuştur (Balat, 2011). Biyodizel üretiminde yenilemez yağlar ve atıkların değerlendirilmesi gıda tüketim amaçlı yağlar ile rekabeti ortadan kaldırmaktadır (Kiss, 2009). Algler, günümüzde alternatif yenilemez yağ kaynağı olarak çok tercih edilmektedir. Kuru ağırlığının %80'inden fazla yağ içermektedir (Moazami ve ark., 2012). Diğer tarım kökenli ürünlerle kıyaslandığında yağ miktarının çok yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Ma ve Hanna (1999), biyodizel üretiminde mikroemülsiyon, termal yıkım ve transesterifikasyon olarak isimlendirilen köklü üç yöntem üzerinde durmuşlardır. Transesterifikasyon metodu en fazla tercih edilen bir yöntem olmakla beraber bu yöntemin ayrıntılı olarak kaydedildiği çalışmalar mevcuttur. Katı ve sıvı yağlar, ester ve gliserol oluşturmak üzere 1-8 karbon içeren primer ve sekonder monohidrik alifatik alkoller ile reaksiyona sokulmaktadır. Metanol ve etanol en fazla kullanılan alkoller olmalarına rağmen etanol tarımsal ürünlerden elde edilebilen, yenilenebilir olmasından dolayı daha çok tercih edilmektedir. Metanol ise düşük maliyeti, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir. Transesterifikasyon reaksiyonu asit, alkali veya enzim katalizörler ile katalize edilebilmektedir (Aransiola, 2014). Kimyasal yöntemle biyodizel üretiminde gözlenen sıkıntıları gidermek için son zamanlarda lipaz enzimi katalizörlüğünde biyodizel üretimi gerçekleştirilmesine eğilim oldukça artmıştır. Lipaz enzimi ile üretilen biyodizel daha temiz ve saflaştırmaya daha az ihtiyaç duymaktadır (Lew ve ark., 2014). Enzimlerin endüstriyel biyodizel üretiminde kullanılmalarının önündeki en büyük engeller olan enzimlerin fiyatı, düşük verim, uzun reaksiyon süresi, reaksiyon ortamındaki organik solvent ve su miktarı gibi faktörler enzimatik biyodizel üretimini sınırlandırmaktadır (Bajaj ve ark., 2010). Ancak immobilize enzimlerle hem enzim maliyeti düşmekte hem de enzimatik biyodönüşüm etkinliği artmaktadır. Bu çalışmada, biyodizelin enzimatik üretimi, çeşitli immobilizasyon metotları, farklı hammadde ve prosesler, bugünkü ve gelecekteki endüstriyel biyodizel üretimi üzerinde durulacaktır.

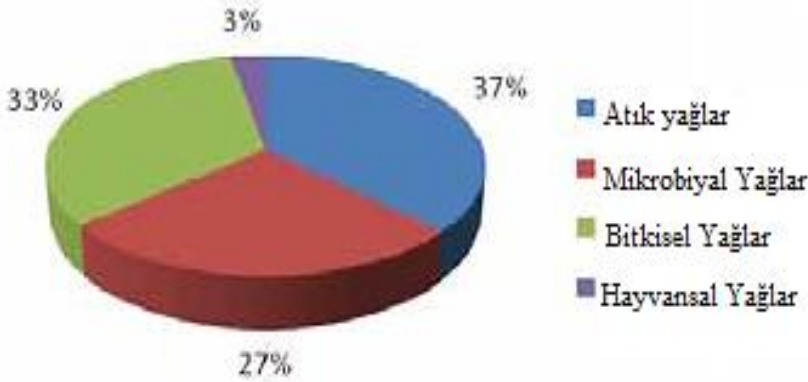
2. Lipazlar ve Lipaz Katalizli Transesterifikasyon Prosesi

Biyodizel üretiminde katalizör olarak enzimlerin kullanımı üzerine yoğun çalışmalar yapılmış ve klasik yöntemle karşılaşılan katalizörün uzaklaştırılması, hammaddeye uygulanan ön işlemler, atık su muamelesi, yüksek enerji ihtiyacı gibi sorunların enzim katalizli transesterifikasyonu ile hafifletileceği bildirilmiştir. Biyokataliz, lipazlar (EC 3.1.1.3), olarak adlandırılan mikroorganizmalar, hayvanlar ve bitkiler tarafından üretilen bir grup enzim tarafından gerçekleştirilmektedir. Mikrobiyal lipazlar *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas cepacia*, *Rhizomucor miehei*, *Rhizopus oryzae*, *Candida rugosa*, *Thermomyces lanuginosus* ve *Candida antarctica* gibi mikroorganizmalara ait türlerden izole edilmektedir (Abbaszaadeh ve ark., 2012). Lipazlar, normal

koşullarda yağları parçalayarak yağ asitlerine ayıran hidrolazlar olarak bilinmelerine rağmen ortam koşulları değiştiğinde (susuz) esterifikasyon ve transesterifikasyon tepkimelerini de katalizleyebilmektedirler. Lipazlar, lipidlerin dönüşümünden sorumlu olan doğadaki önemli enzimlerdir (Joseph ve ark., 2008). Organik faz ve su ara yüzeyinde aktivite gösteren lipazların, substrat üzerindeki enzimatik etkisi ester gruplarından karbonil karbon atomu üzerine nükleofilik bir saldırı sonucu olmaktadır (Stoytcheva ve ark., 2011). Lipazların en çok tercih edilen özellikleri arasında transesterifikasyon reaksiyonunda serbest yağ asitleri kadar mono, di ve trigliseritleri kullanma yeteneğinde olmalarıdır. Bilinen klasik kimyasal reaksiyonlara göre geniş bir trigliserit çeşitliliğinde ve %0,5'ten %80'e kadar serbest yağ asitliği içeren yağlarda biyokatalizörler kullanılabilir (Aransiola ve ark., 2014). Ji Ling ve ark. (2012) tarafından 2020 yılında biyodizel üretimi için tahmin edilen hammadde kaynakları Şekil 1'de gösterilmiştir. Atık yağların biyodizel hammadde kaynakları arasında önemli bir yere sahip olacağı görülmektedir.

Enzimlerin endüstriyel olarak kullanılmalarının önündeki en büyük engellerden biri olan maliyet, enzimlerin immobilizasyonu ile azaltılmakta aynı zamanda enzimlerin tekrar kullanılmaları ve sıcaklık ve kimyasallara karşı stabilite kazanması lipazların çeşitli desteklere immobilizasyonu ile sağlanmaktadır. Ayrıca düşük ürün inhibisyonu, susuz ortamda yüksek aktivite ve verim, kısa reaksiyon süresi söz konusudur (Bajaj ve ark., 2010). Tutuklanmış (immobilize) enzim kullanımı ile enzimin tekrar kullanımı mümkün olmakta, ürün enzim içermediğinden dolayı saflaştırma maliyeti ortadan kalkmaktadır (Bernath, 1986). Enzim tutuklama yöntemi ılımlı kimyasal koşullar altında gerçekleşmeli, fazla miktarda enzim tutuklanmasına imkan tanımalı, enzim ve substratın karşılaşması için geniş bir yüzey alanı sağlamalı, kimyasal ve mekanik olarak dayanıma sahip olmalıdır (Swaigood, 1989). Lipazların tutuklanması için daha çok iyon değiştirici reçineler, diatome toprakları, gözenekli silika jeller kullanılmaktadır ve basit adsorbsiyon yöntemi tercih edilmektedir (Wang ve ark., 2006). Biyodizel üretimi için en çok araştırılan ticari enzim preparatı Novo firmasına ait (Novo Nordisk, Danimarka) Novozyme 435 ticari enzim preparatıdır. Aynı firmaya ait Lipozyme TLIM enzim preparatları da bulunmaktadır (Xu ve ark., 2003; Lai ve ark., 2005). Son zamanlarda bir lipaz yerine pozisyon seçiliğini tamamlayan iki lipaz kullanılarak biyodizel üretim maliyetini minimize etmek üzere Novozyme 435 ve Lipozyme TLIM kombine edilmiş olarak yanıt-yüzey yöntemi (RSM) ile domuz yağından %97.2 oranında metil ester verimi elde edilmiştir ve bu lipazlar 20 defa kullanılabilir. Biyokataliz, yüksek seçicilik ve etkinlik ile yüksek miktarda metil ester verimi sağlamaktadır. Alkali prosese kıyasla yan ürün olan gliserolün geri kazanımı daha kolay ve yüksek saflıkta olmaktadır. *Rhizopus oryzae* lipazı ile yapılan kinetik çalışmalarda atık sıvı ve katı yağlarda bulunan serbest yağ asitlerinin 30-40 °C sıcaklık aralığında tamamen alkil esterlere dönüştüğü belirtilmiştir (Aransiola ve ark., 2014). Çoğu transesterifikasyon proseslerinde yaygın olarak etanol ve metanol kullanılmalarına rağmen her iki enzimin lipazlar üzerinde önemli inhibisyon etkisi olduğu belirtilmektedir.

Transesterifikasyon sentezleri için trigliseridlerin yağ asidi metil esterlerine tamamen dönüşümü için metanolün en az sitokiyometrik miktarı gerekmektedir. Biyokatalitik transesterifikasyonun başlangıcında ilave edilen ½ M metanolün, metanolizi önemli derecede azalttığı görülmüştür. Aktivitedeki bu düşmeye polar kısa zincirli alkollerin neden olduğu ve enzimatik biyodizel üretimi için temel sorun olduğu belirtilmektedir (Shimada ve ark., 2002; Abbaszaadeh, 2012). Enzim deaktivasyonunun alkolün karbon atomlarının artmasıyla arttığını bu inhibisyon etkisinin alkolün basamak halinde ilavesiyle engellenebileceğini ileri sürmüşlerdir (Bajaj, 2010). Araştırmacılar bu sorunun metanolün üç basamak olarak ilavesi, açıl akseptor değişimleri (metil asetat, asetat etil) ve sovent mühendisliği (t-butanol v.s.) gibi üç temel yolla çözülebileceğini ifade etmişlerdir (Abbaszaadeh, 2012). N-hekzan, n-heptan, petrolyum eter ve siklohekzan gibi organik solventler, biyokatalizin etkinliğini etkilemektedir. Bir solvent varlığında enzimi inhibisyonundan koruma ve alkolün çözünürlüğünü artırmasından dolayı reaksiyon kinetiği artmaktadır (Bajaj ve ark., 2010).



Şekil 1. 2020 yılında biyodizel üretimi için ham materyal kaynaklarının tahmin edilen oranı (Jing Li ve ark., 2012).

3. Yan Ürünlerin Değerlendirilmesi

Biyodizel üretiminde önemli bir yan ürün olan gliserolü değerlendirmek biyodizel maliyetini iyileştirmenin önemli bir yoludur. Bunun için birincil yan ürün olan gliserol, bir gliserol rafinesine satılabilir ya da hayvan yem takviyesi olarak değerlendirilebilir. Ancak gıda ve içecek üretiminde, ilaç sanayinde, kozmetikte kullanmak üzere saf gliserole ihtiyaç vardır. Alkol, su, tuz gibi safsızlıkları uzaklaştırmak üzere saflaştırma ekstra bir maliyet getirmektedir. Gliserolü daha değerli bir ürüne dönüştürmek biyolojik ya da kimyasal yollarla mümkündür. Potansiyel kimyasal dönüşüm ürünleri propilen glikol, propiyonik asit, propanol, isopropanol, allyl alkol ve akroleindir (Bajaj ve ark., 2010).

4. Sonuç

Biyodizel üretimine enzimatik yaklaşım bugün uygulanmakta olan kimyasal katalize kıyasla bir takım avantajlar sunmaktadır. Enzim spesifikliği ve seçiliği, düşük enerji tüketimi, ılımlı reaksiyon koşulları, sınırlı yan ürün ve atık oluşumundan dolayı enzimatik kataliz daha etkili olmaktadır. Katalizör immobilizasyonu enzimlerin tekrar tekrar kullanımı, termal ve operasyonel stabilitenin artması, reaksiyon parametrelerinin kontrolü gibi ilave faydalar sağlamakta olup maliyetin azalması diğer teknolojilere bir alternatif olarak enzimatik biyodizel sentezini daha olanaklı kılmaktadır. Biyodizelde düşük çözünürlüğe sahip gliserin, enzim aktivitesini azaltması itibarıyla enzimatik transesterifikasyonu zorlaştırır. Düşük maliyette yüksek aktivite ve stabilite sağlayacak yeni immobilizasyon tekniklerine enzimin adapta olabilirdiğinden dolayı bu konu üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Enzimlerin biyolojik olarak parçalanabilmesi ve çevresel olarak kabul edilebilirliği de avantajlar arasındadır. Biyodizel üretiminde yenilebilir yağlar dışında yenilemez yağlar, atık yağlar ve mikroalg kaynaklı yağların hammadde olarak kullanılması da gıda olarak tüketilen yağlarla rekabetinden dolayı önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Ahmad A., Barat G., Mohammad R. O., Gholamhassan N. C., 2012. Biodiesel production technologies: A comparative review. *Energy Conversion and Management* 63:138–148.
- Aransiola, E.F., Ojumu, T.V., Oyekola, O.O., Madzimbamuto, T.F., Ikhu-Omoregbe, D.I.O., 2014. A review of current technology for biodiesel production: State of the art. *Biomass and Bioenergy* 61:276-297.
- Babu J., Pramod W. R., George T., 2008. Cold active microbial lipases: Some hot issues and recent developments. *Biotechnology Advances* 26:457–470.
- Bajaj, A., Lohan, P., Jha, P., Mehrotra, R., 2010. Biodiesel production through lipase catalyzed transesterification: An overview. *J. Mol. Catal. B: Enzymatic*, 62:9-14.
- Balat M., 2011. Potential alternatives to edible oils for biodiesel production e a review of current work. *Energy Convers Manag* 52(2):1479-92.
- Bernath F.R., Venkatasubramanian K., 1986. Methods of enzyme immobilization. In *Manual of industrial microbiology and biotechnology*. Editör: AL, Demain ve NA, Solomon. American Society for Microbiology, Washington, D.C., , p. 230-346.
- Crookes, RJ, Fariborz L, Kiannejad T, Marouan AAN., 1997. Systematic assessment of combustion characteristics of biofuels and emulsions with water for use as diesel engine fuels. *Energy Convers. Mgmt.* 38: 1785-1795.
- Demirbas, A., 2005. Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. *Prog Energy Combust Sci* 31(5-6):466-87.
- Jing L., Lin L., Jin T., Yan W., Shijie C., 2012. Research Development on Lipase catalyzed Biodiesel . *Energy procedia*. 16: 1014-1021.
- Kiss, A. A., 2009. Novel process for biodiesel by reactive absorption. *Sep Purif Technol* 69(3):280-7.

- Lai, C., Zullaikah, S., Vali, S.R., Ju, Y., 2005. Lipase- Catalyzed Production of Biodiesel from Rice Bran Oil. *Journal of Chemical Technology And Biotechnology*. 80: 331-337.
- Lew, P. C., Hemanathan, K., Vasudeo, P. Z., 2014. Enzymatic biodiesel: Challenges and opportunities. *Applied Energy* 119:497-520.
- Ma, F., Hanna, M.A., 1999. Biodiesel Production. *Bioresource Technology*. 70:1-15.
- Margarita, S., Gisela, M., Lydia, T., Velizar, G., Benjamin, V., 2010. The Immobilized Lipases in Biodiesel Production. *Biodiesel – Feedstocks and Processing Technologies*. Chapter 19. 397-410.
- Moazami, N., Ashori, A., Ranjbar, R., Tangestani, M., Eghtesadi, R., Nejad, A.S., 2012. Large-scale biodiesel production using microalgae biomass of *Nannochloropsis*. *Biomass Bioenergy* 39(0):449-53.
- Shimada, Y., Watanabe, Y., Sugihara, A., Tominaga, Y., 2002. Enzymatic alcoholysis for biodiesel fuel production and application of the reaction to oil processing. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. (17):133–142.
- Stoytcheva, M., Montero, G., Toscana, L., Gochev V., Valdez, B. 2011. The Immobilized Lipases in Biodiesel Production. *Biodiesel – Feedstocks and Processing Technologies*. Chapter 19. 397-410.
- Swaigood, H. E., Horton, H. R., 1989. Immobilized enzymes as processing aids or analytical tools. *ACS Symposium Series* 389: 242-261.
- Wang, H. X, Wu, H., Ho, C.T., Weng, X. C., 2006. Cocoa butter equivalent from enzymatic interesterification of tea seed oil and fatty acid methyl esters. *Food Chemistry* 97: 661–665.
- Xu, Y., Du, W., Liu, D., Zeng, J., 2003. A novel enzymatic route for biodiesel production from renewable oils in a solvent- free medium. *Biotechnology Letters* 25: 1239-1241.

TARIMSAL FAALİYETLER SONUCU AÇIĞA ÇIKAN ATIK/ARTIKLARIN KATI BİYOYAKIT OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Bahadır Demirel

Gürkan A. K. Gürdil

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Samsun

Özet: Teknolojik gelişmeler ve daha çağdaş yaşama arzusuyla enerji kaynakları insanoğlu tarafından hızla tüketilmektedir. Dünya’da ve Türkiye’de de enerji kaynaklarına olan talep her geçen gün artmaktadır. Dolayısıyla bu sorun insanoğlunu farklı ve alternatif enerji elde edilebilecek kaynak arayışlarına yöneltmektedir. Biyokütle de günümüzde petrole alternatif olarak kullanılan bir yakıt olmakla birlikte yenilenebilir enerji kaynağı olması sebebiyle de büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada tarımsal ürünlerin hasadı ile sanayide işlenmesi sırasında oluşan; sap, saman, kavuz, yaprak, kabuk, koçan ve kepek gibi atıkların briket ve pelet olarak değerlendirilme yöntemleri araştırılmış ve genel bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, tarımsal atık, briket, pelet

EVALUATION OF AGRICULTURAL WASTES/RESIDUES OBTAINED FROM AGRICULTURAL ACTIVITIES AS A SOLID BIOFUEL

Abstract: Energy resources are rapidly exhausted by the human beings on the world for the desire of living modernly parallel to the technological changes. The demand for energy resources is increasing day by day in Turkey and in the world, as well. This problem has forwarded human beings to explore different and alternative sources of energy. Biomass can be used as an alternative to the petrol based fuels and by being a source of renewable energy its importance is very significant. Some general overview is given in this research about the evaluation of after harvesting side products as agricultural residues and the ways of their evaluation as briquette and pellet solid biofuel is described briefly in this text.

Keywords: Biomass, agricultural residue, agricultural waste, briquette, pellet.

1. Giriş

Dünyada enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık %4-5 oranında artmaktadır. Buna karşılık, bu ihtiyacı karşılayan fosil yakıt rezervi ise çok daha hızlı bir şekilde azalmaktadır. En iyimser tahminler bile önümüzdeki 50 yıl içinde petrol rezervlerinin büyük ölçüde tükeneceğini ve ihtiyacı karşılayamayacağını göstermektedir (Şenpınar ve Gençoğlu, 2006; Görez ve Alkan, 2005). Dünya enerji gereksiniminin büyük bir kısmı fosil yakıtlarla sağlanmakta olup, 2030 yılına kadar fosil yakıt tüketiminin 633 TW/yıl olacağı ve bunun 400 TW/yıl kadarının karbon yakılarak sağlanacağı sanılmaktadır (Özdemir, 2001).

Ülkemiz açısından düşünüldüğünde, toplam birincil enerji tüketimi içinde fosil yakıtlar %90 paya sahip iken fosil yakıt tüketiminin %80’i ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Enerji açısından dışa bağımlılığın açık bir göstergesi olan bu miktarın aşağı seviyelere çekilebilmesi, yerel kaynakların değerlendirilmesiyle mümkün olabilecektir.

Dünyada ve ülkemizde tarımsal üretimin artışıyla beraber hem bitkisel hasat atıkları hem de tarımsal endüstri atık miktarları yıldan yıla artış göstermektedir. Bu bitkisel kökenli atıklar; ciddi bir organik madde kaynağı olmanın yanı sıra içermiş oldukları bitki besin maddeleri yönünden de önemli bir potansiyele sahiptirler. Özellikle organik madde yönünde fakir olan ülkemiz toprakları için bu atıklar, önemli bir organik madde kaynağı olma özelliğindedir.

Çevre kirliliğinin önlenmesi bakımından atık ve artıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde değerlendirilerek, doğaya yeniden kazandırılması, bir taraftan kıt kaynakların daha iyi değerlendirilmesi ve diğer taraftan da çevre kirliliğinin önüne geçilmesi bakımından büyük bir önem arz etmektedir. Yenilenebilir olması, geniş temel kaynaklarının sahip olması ve daha az kirletici etkilerinin olması sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına küresel boyutlarda ilgi artmaktadır (Al-Widyan ve ark., 2006).

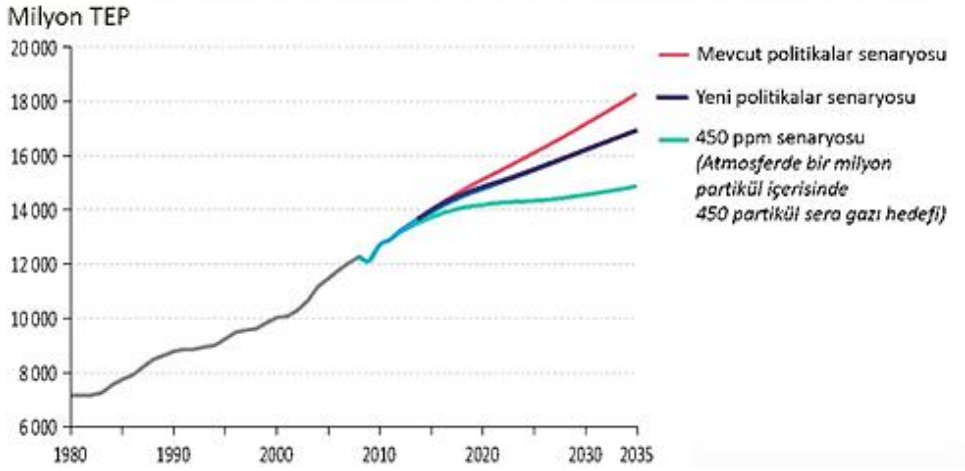
Alternatif enerji kaynakları arasında yer alan biyokütlenin dünya ve Türkiye'deki potansiyelinin yüksek olması, çok çeşitli yerlerde yetiştirilebilmesi ve de yetişmesi, kolayca depolanması ve çevresel etkilerinin daha olumlu olması nedeniyle günümüzde farklı endüstrilerde elektrik, kimyasal hammadde ve sıvı yakıt eldesinde yararlanılmaktadır (Özdemir, 2001).

Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikler olan, bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı; bu kaynaklardan üretilen enerji ise 'Biyokütle Enerjisi' olarak tanımlanmaktadır (Türe, 2001). Biyokütle yenilenebilir ve çevre açısından temiz bir enerji kaynağıdır. Biyokütle yakıldığında karbondioksit açığa çıkmasına rağmen, fotosentez sırasında karbondioksitin yeşil bitkilerce kullanılması, çevreyi sera etkisinden korumaktadır. Başka bir deyişle, biyokütle doğal karbon çevriminin bir parçasıdır. Biyokütle yakıtları ihmal edilebilecek derecede az kükürt içerir ve yakıldıkları zaman asit yağmurlarına neden olan kükürt dioksit üretmez. Biyokütlenin yakılmasıyla, kömürün yakılması sonucu elde edilen külden daha az miktarda kül elde edilir ve bu kül tarımsal amaçlar için toprakta katkı maddesi olarak kullanılabilir. Ayrıca, kentsel katı atıkların enerji üretimi için değerlendirilmesi belediyelerdeki atık yönetim problemini azaltmaktadır (Demirbaş, 2001).

Bu çalışmada tarımsal ürünlerin hasadı ile sanayide işlenmesi sırasında oluşan; sap, saman, kavuz, yaprak, kabuk, koçan ve kepek gibi atıkların briket ve pelet olarak değerlendirilme yöntemleri araştırılmış ve genel bilgiler verilmiştir.

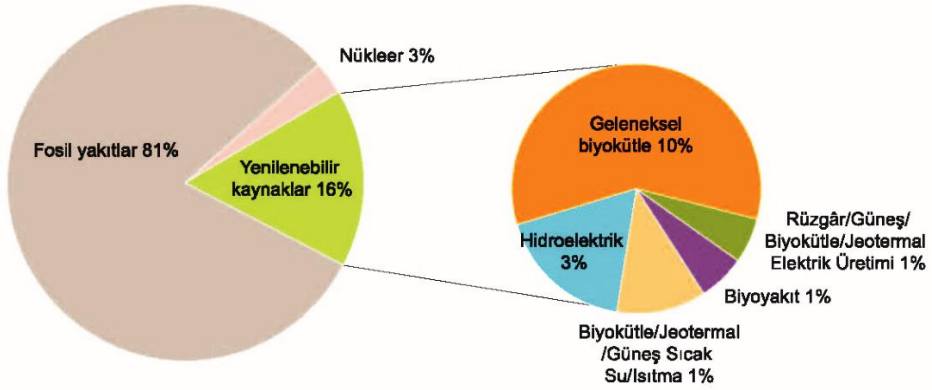
2. Dünyada Biyokütle Enerjisi

Enerjiye olan ihtiyaç ve fosil yakıt tüketim değerleri arttıkça, temiz ve hemen kullanılabilir enerji kaynakları konusunda sayıları hızla artan çok ciddi çalışmalar ve araştırmalar yapılmaktadır. Birincil enerji talebi referans senaryosuna göre (Şekil 1), kömür, petrol ve doğalgazın 2030 yılına kadar etkinliğini koruyacak, biyokütle ise önemli bir yenilenebilir kaynak olacaktır (IEA, 2007).



Şekil 1. Dünya birincil enerji talebi, referans senaryo (IEA, 2007).

Dünyada enerji tüketimine bakıldığında yenilenebilir enerjinin dünya enerji tüketimi içindeki payı Şekil 2’de verilmiştir (REN21, 2011).



Şekil 2. Yenilenebilir enerjinin dünya enerji tüketimi içindeki payı (REN21, 2011).

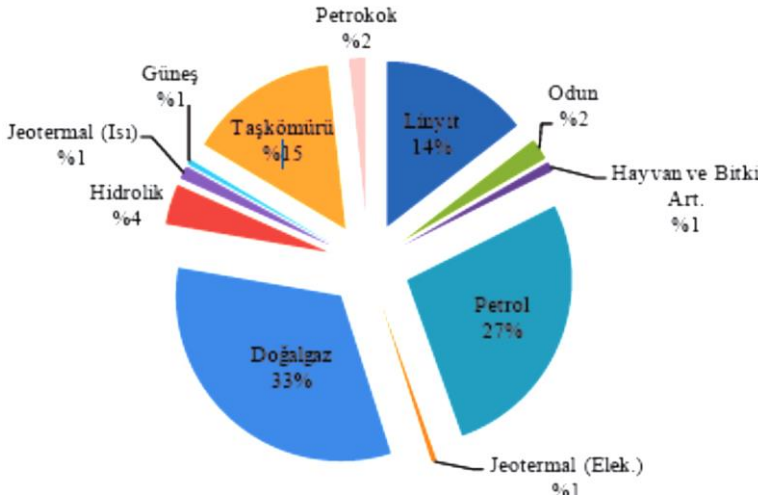
Son yıllardaki yenilenebilir enerji, özellikle biyokütle enerjisi yatırımlarının ve kullanım oranlarının yükselmesi, enerji verimlilik uygulamaları içerisinde ve enerji kaynağının değiştirilmek istenmesi kapsamındadır.

Dünya birincil enerji tüketiminin 2020 yılında 11.4-15.4 milyar TEP arasında olması beklenmektedir. 2020 yılında dünya genelinde yenilenebilir kaynaklardan yapılacak üretim 2.3-3.3 milyar TEP sınırlarında bulunacaktır. 2000’li yıllarda dünya enerji bütçesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji talebi içindeki payı minimum %3-4, maksimum %8-12 dolayında

olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı açısından ise, modern biyokütle enerjisinin yenilenebilir enerji kaynaklarının toplamının %45'i oranında önemli bir yer tutacağı öngörülmektedir. Bu da modern biyokütle kullanımı ile sağlanacak enerjinin jeotermal enerjinin 6.4, rüzgar enerjisinin 2.6-3, güneş enerjisinin 1.6-2.2 katı olabileceği anlamına gelmektedir (Koçar ve Eryaşar, 2004).

3. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi

Büyüyen ekonomisi ile Türkiye, kendi bölgesinde önemli derecede enerji tüketir hale gelmiştir. Birincil enerji tüketimi yıllık ortalama %1.6 oranında bir artışla 2009 yılı sonu itibariyle 12.15 Milyar TEP (ton eşdeğer petrol) olmuştur. Türkiye birincil enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımına bakıldığında (Şekil 3) Türkiye 2011 yılı enerji tüketiminde, petrol ve doğalgaz %60’lık paya sahiptir. Bu kaynaklarda %90’ın üzerinde dışa bağımlılık olduğu görülmektedir. Yerli ve sürdürülebilir kaynaklarımızın modern teknolojilerde etkin kullanımı dışa bağımlılığı azaltacaktır.



Şekil 3. Türkiye’de enerji tüketiminin kaynaklar bazındaki dağılımı (Koç, 2013).

4. Türkiye’ nin Tarımsal Atık Potansiyeli

Türkiye’nin toplam tarımsal alanı, yaklaşık 38.5 milyon hektardır. Bu tarımı yapılan alanların %40.2’si ekili alan, %11’i nadas alanı ve %10.4’ü meyve, sebze, zeytin ve bağ alanıdır (TÜİK, 2013).

Türkiye’deki tarla ürünlerinin yıllık toplam üretimi ve atık miktarları Çizelge 1’de verilmiştir. Toplam ısı değeri yaklaşık olarak 228 PJ’dur. Toplam ısı değeri içerisinde payı en fazla olan temel ürünler sırasıyla mısır %33.4, buğday %27.6 ve pamuk %18.1’dir. Çizelge 2’de ise Türkiye’deki bahçe

bitkilerinin yıllık toplam üretimi ve atık miktarları verilmiştir. Bunun toplam ısı değeri ise yaklaşık olarak 75 PJ'dür. En büyük ısı değere sahip ürünler fındık %55.8 ve zeytin %25.9'dur (Başçetinçelik ve ark., 2005; Karaca, 2009).

Çizelge 1. Türkiye' deki toplam tarla ürünleri üretimi ve atık miktarları

Ürünler	Atıklar	Üretim (ton)	Alan (ha)	Kullanılabilir Atık (ton)	Toplam Isıl Değer (GJ)
Buğday	Saman	22 439 042	9 424 785	3 514 486	62 909 300
Arpa	Saman	8 327 457	3 732 992	1 344 452	23 527 908
Çavdar	Saman	253 243	145 907	53 706	939 855
Yulaf	Saman	322 830	150 459	48 185	838 425
Mısır	Sap	2 209 601	565 109	2 982 155	55 169 873
	Saman			1 144 384	21 056 667
Pirinç	Saman	331 563	59 879	125 719	2 099 510
	Kabuk			62 198	807 327
Tütün	Sap	181 382	222 691	246 467	3 968 113
Pamuk	Sap	2 292 968	680 177	1 512 169	27 521 470
	Çırcır atığı			585 776	9 167 391
Ayçiçeği	Sap	836 269	545 963	1 355 472	19 247 709
Yerfıstığı	Saman	55 241	25 167		
	Kabuk			22 910	475 155
Soya	Saman	28 795	15 064	13 123	254 595

Çizelge 2. Türkiye' deki toplam bahçe bitkileri üretimi ve atık miktarları

Ürünler	Atıklar	Üretim (ton)	Ağaç Sayısı	Kullanılabilir Atık (ton)	Toplam Isıl Değer (GJ)
Kayısı	Çekirdek	467 903	11 288 357		
	Budama			69 571	1 342 719
Vişne	Çekirdek	114 466	4 446 680		
	Budama			17 120	325 279
Zeytin	Pirina	1 496 630	90 208 994	746 834	15 451 997
	Budama			220 627	3 993 345
Antepfıstığı	Kabuk	42 926	29 600 005	4 202	80 932
	Budama			167 688	3 186 080
Ceviz	Kabuk	115 698	3 737 868	60 633	1 223 584
	Budama			25 240	479 563
Badem	Kabuk	46 701	3 361 622	23 205	449 716
	Budama			22 800	419 521
Fındık	Kabuk	652 803	286 697 887	453 150	8 745 790
	Budama			1 742 389	33 105 388
Limon	Kabuk	475 159	5 529 038		
	Budama			70 772	1 245 582
Portakal	Kabuk	1 180 851	11 884 275		
	Budama			190 148	3 346 612
Mandarin	Kabuk	592 884	8 619 163		
	Budama			82 744	1 456 294
Greyfurt	Kabuk	126 285	894 293		
	Budama			11 447	201 6

5. Briket ve Briketleme Teknolojileri

Briketleme, yeterli ölçüde parçalanmış materyalin 25 mm çaptan daha büyük şekillerde sıkıştırılması işlemidir. Biyokütlenin briketlenmesi ile yoğunluğu 100-200 kg/m³'den 1 200 kg/m³'e kadar çıkarılmaktadır (Grover ve Mishra, 1996; Bilgin 2008).

Briketleme işlemi ile; biyokütle karakteristikleri iyileştirilmekte, hacimsel ısı değeri artmakta, taşıma maliyetleri düşmekte, depolama masrafları azalmakta, büyük sobalarda kolaylıkla yakılabilmekte, yanma karakteristikleri düzelmekte, atmosfere salınan partikül emisyonları azalmakta ve aynı boyut ve şekilde iyi bir yakıt elde edilmektedir. Günümüzde biyokütlenin briketlenmesi amacıyla helezon, piston ve hidrolik tip pres teknolojileri kullanılmaktadır (Bilgin, 2008).

Pistonlu presler (Şekil 4b), mekanik ya da hidrolik olarak çalıştırılabilir ve iki parçalı bir kalıptan meydana gelir. Bu kalıplardan üniform briketler üretilmekte olup; basınç ve ısı uygulaması partiküler haldeki materyalin, içinde bulunduğu kalıbın şeklini alacak biçimde akmasına ve sıkışmasına neden olmaktadır (Uçar, 2001).

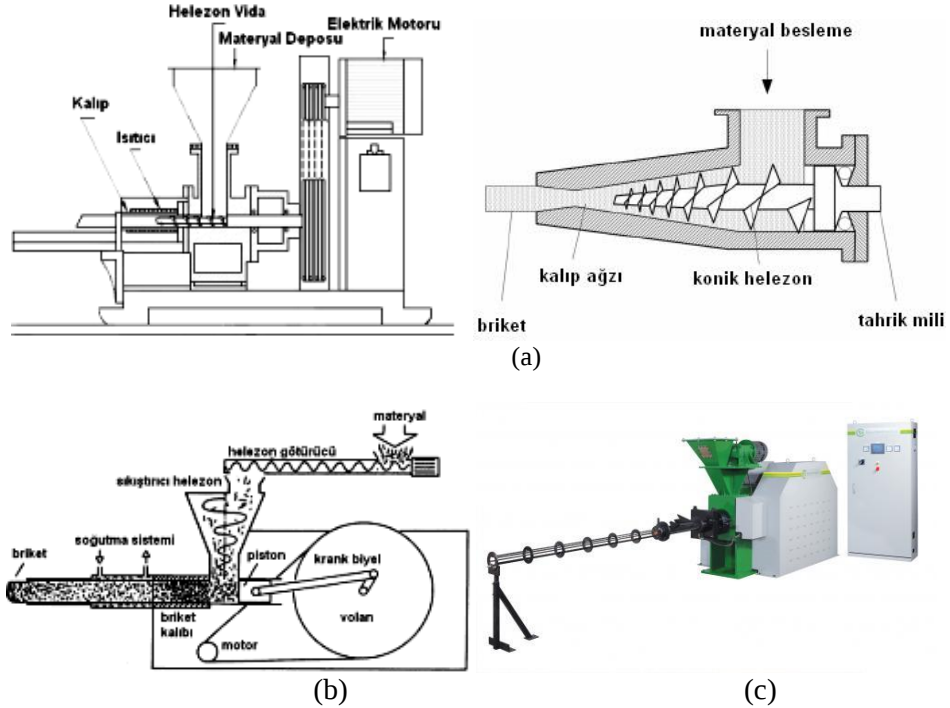
Helezon preslerde (Şekil 4a), materyalin kalıp içerisinde sürekli olarak plastik akışının sağlandığı bir vida kuvveti uygulanmaktadır. Üretilen briketler içerisinden geçtiği kalıbın yuvarlak olup olmamasına göre değişik biçimlerde oluşmaktadır. Bu tür makinalarda ıslak ve kuru ekstrüzyon teknikleri kullanılmakta olup, her iki durumda da parçacıklarla kalıp duvarları arasındaki sürtünme özellikleri önemli rol oynamaktadır (Uçar, 2001).

Hidrolik tip briketleme (Şekil 4c) makinelerinde, elektrik motorundan alınan hareket hidrolik sistem aracılığı ile yüksek basınçta pistonla iletildiğinden mekanik pistonlu makinelerden farklıdır. Makine kompakt yapıda olup hafiftir. Makine kapasitesi 45-135 kg/h arasındadır ve üretilen briketlerin yoğunluğu 1000 kg/m³'den daha azdır. Hidrolik briketleme makineleri kullanımlarının kolay olması, bakım masraflarının ve enerji tüketimlerinin düşük olması nedeniyle avantajlı olmasına rağmen ürün yoğunluğu ile üretim kapasitesinin düşük ve üretilen briketlerin kırılgan yapıda olmaları nedeniyle dezavantajlıdır (Granada, 2002).

Pistonlu ve helezon tip preslerin karşılaştırılması yapıldığında; helezon preslerden elde edilen briketlerin Çizelge 3'te de görüldüğü gibi yanma performanslarının daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Bunun başlıca nedeni, vidalı presten çıkan briketlerin ortasındaki boşluğun yeterli hava sirkülasyonunu sağladığından yanmanın iyi olması; buna karşılık pistonlu presten çıkan briketlerin homojen olmaması yüzünden yanmanın olumsuz etkilenmesidir.

Çizelge 3. Pistonlu ve helezon pres teknolojilerinin karşılaştırılması (Uçar, 2001; Fidan ve ark., 2008).

Kriterler	Pistonlu Pres	Helezon Pres
Materyalin optimum nem içeriği	% 10-15	% 8-9
Temas yüzeylerindeki aşınma	Piston ve kalıpta az aşınma	Aşınma fazla
Ürünün makinadan çıkışı	Her sıkışmada	Sürekli
Güç tüketimi	50 kW/h	60 kW/h
Briket yoğunluğu	1-1.2 g/cm ³	1-1.4 g/cm ³
Makine bakımı	Fazla	Az
Briketlerin yanma performansı	Çok iyi değil	Çok iyi
Odun kömürüne dönüşümü	Olanaksız	Olanaklı
Briketlerin homojenliği	Homojen değil	Homojen
Gaz haline dönüşüm uygunluğu	Uygun değil	Uygun



Şekil 4. Helezon (a) ve piston presli (b) ve hidrolik (c) briketleme makinası

6. Pelet ve Peletleme Teknolojileri

Pelet, hayvan yemine benzeyen, küçük, silindirik bir forma sahiptir. Biyokütle peletleri genellikle 6-12 mm çapında ve 10-30 mm uzunluğundadır. Biyokütle materyalinin basınç altında daha küçük boyutlara (yaklaşık 30 mm)

getirilmesine peletleme denilmektedir (Öztürk, 2012). Pelet odun talaşı, odun yongaları, ağaç kabuğu, tarımsal ürünler, ekinlerin sapları, fındık, badem, ceviz kabukları hatta artık kağıt gibi maddelerden üretilebilmektedir.

Peletleme işlemi ile materyalin yoğunluğu artmakta, taşıma, depolama ve nakliye masrafları azalmakta, boyut ve şekilde homojenlik sağlanmakta, ısı amaçlı kullanımlarda yakma sistemlerine otomatik olarak beslenebilmekte ve böylelikle materyalin daha etkin bir şekilde kullanımı sağlanmaktadır (Werther, 2000; Mani, 2003; Holm, 2006; Nilsson, 2011; Theerarattananoon, 2011; Celma, 2012).

Günümüzde peletleme teknolojileri olarak düz ve çember kalıplı presler kullanılmaktadır (Şekil 5). Düz kalıp preste sıralı delikli disk üzerinde bir, iki ya da daha fazla sıkıştırma silindiri (daha çok 2 silindir) yaklaşık olarak 2-3 m/s hızla dönmektedir. Diskler vasıtasıyla materyal kalıp deliklerinde sıkıştırılmakta ve kalıbın şeklini alarak peletlenmiş olarak çıkmaktadır. Çember kalıplı preslerde ise, dönen delikli çemberin iç çevresine bastıran sıkıştırma silindirleri (normalde 2 veya 3 adet) sürekli olarak dönmektedir. Materyal kalıp deliklerinde sürekli olarak sıkışarak peletlenmiş olarak kalıptan çıkmaktadır (Öztürk, 2012).



Şekil 5. Düz kalıplı (a) ve çember kalıplı (b) peletleme teknolojisi

7. Sonuç

Tarımsal faaliyetler sonucu açığa çıkan tarımsal atık/artıkların briket ve pelet halinde değerlendirilmesiyle çevreyi kirleten bir çöp olmaktan çıkıp bir hammaddeye dönüşmesi mümkündür. Tarımsal üretim atıklarının çöp sınıfından çıkması ve değerli bir hammadde konumuna gelmesi ise üreticiye ek gelir kaynağı olarak yansımaktadır. Böylece tarımsal atık/artıkların enerjiye dönüştürülmesi sağlanmış olacaktır. Bu çalışma genel olarak tarımsal atık/artıkların daha gerçekçi değerlendirilmesi bilinci ve çalışmasını başlatması açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Ayrıca biyokütlenin daha farklı amaçlar için kullanılması konularında başka araştırmalara da başlangıç teşkil edecektir. Bu şekilde yıllık üretimi toplam 50 milyon tonu geçen, Türkiye genelinde veya bazı bölgelere özel olarak üretilen potansiyel yıllık bitki artıkları daha optimum bir şekilde değerlendirilebilecektir. Genel olarak ülkemizde yüksek potansiyeli olan ve gereği gibi değerlendirilemeyen biyokütlenin yakıt briketi olarak değerlendirilmesi, ülkemizin enerji problemine olumlu yönde kısmen fayda sağlayacaktır. Sürdürülebilir bir enerji üretme metodunun gelişmesini sağlayacaktır. Kırsal kesime yakıt briketini tanıtmak ve kabul ettirmekle, kaçak orman kesimleri ciddi oranlarda azaltılarak ormanlarımızın korunması

sağlanmış olunabilir. Yakıt briketi üretiminin rasyonel hale getirilmesi ile bazı bölgelerimizde değişik kapasitelerde çalışan tesisler kurulabilir, bu ise kuruldukları yerlere yeni bir iş ve istihdam kaynağı oluşturarak ekonomiye katkı sağlayabilir.

Kaynaklar

- Al-Widyan, G. Tashtoush, M. Hamasha., 2006. Combustion and emissions of pulverized olive cake in tube furnace ,Energy Conversion and Management, Volume 47, Issues 11-12, pp 1588-1596.
- Anonim 1. 2014. <<http://www.enerji.gov.tr>>, (Erişim: 20.03.2014).
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H. H., Karaca, C., Kacıra, M., Ekinci, K., Kaya, D., Baban, A., 2005. Interim Report of Exploitation of Agricultural Residues in Turkey. LIFE 03 TCY/ TR /000061.
- Bilgin, S., 2008. Sera Bitkisel Biyokütle Atıklarının Briketlenmesi, Briket Özelliklerinin ve Yanma Sonu Gaz Emisyonlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Antalya.
- Celma, A. R., Cuadros, F., Rodriguez, F. L., 2012. Characterization of Pellets from Industrial Tomato Residues, Food and Bioproducts Processing, 90, 700-6.
- Demirbaş, A., 2001. Biomass Resource Facilities and Biomass Conversion Processing for Fuels and Chemicals, Energy Conversion and Management, 42, 1357-1378.
- Fidan, M. S., Bozali, N., Ertaş, M., Alma, M. H., Bölek. Y., 2008. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık, s. 221-230, İstanbul.
- Görez, T., Alkan, A., 2005. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli, Yeksem III.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu.
- Granada, E., González, L. M. L., Míguez, J. L., Moran, J., 2002. Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study. Renewable Energy, 27: 561-573.
- Grover, P. D., Mishra, S. K., 1996. Biomass briquetting: Technology and practices. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok, 43 pp.
- Holm, J. K., Henriksen, U. B., Hustad, J. E., Sorensen. L. H., 2006. Toward An Understanding of Controlling Parameters in Softwood and Hardwood Pellet Production, Energy and Fuel, 20, 2686-94.
- International Energy Agency. 2007. World Energy Outlook, s. 76.
- Karaca, C., 2009. Çukurova Bölgesindeki Tarıma Dayalı Sanayi Atıklarının Enerjiye Dönüşüm Olanaklarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Adana.
- Koç, E., Şenel, M. C., 2013. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme, Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 639, s. 32-44.
- Mani, S., Tabil, L. G., Sokhansanj, S., 2003. An Overview of Compaction of Biomass Grinds, Powder Handling and Process, 15, 160-8.
- Nilsson, D., Bernesson, S., Hansson. P. A., 2011. Pellet Production from Agricultural Raw Materials – A Systems Study, Biomass and Bioenergy, 35, 679-89, 2011.
- Özdemir, İ.A. 2001. Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Pirinanın Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği A.B.D.
- Öztürk, H.H. 2012. Enerji Bitkileri ve Biyoyakıt Üretimi, Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul. ss. 272.
- Renewable Energy Policy Network (REN21). 2011. Renewable Interactive Map Country Profile: Turkey.

- Şenpınar, A., M.T. 2006. Genççoğlu Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkileri Açısından Karşılaştırılması Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.
- Theerarattananoon, K., F. Xu, J. Wilson, R. Ballard, L. Mckinney, S. Staggenborg, P. Vadlani, Z.J. Pei, D. Wang. 2011. Physical Properties of Pellets Made from Sorghum Stalk, Corn Stover, Wheat Straw, And Big Bluestem, Industrial Crops and Products, 33(2), 325-32.
- Türe, S. 2001. Biyokütle Enerjisi, Tübitak Matbaası, Ankara.
- Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Makine Mühendisleri Odası. 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Oda Raporu, Ankara, s. 13-20.
- Uçar, T. ve H. Yumak. 2001. Biyokütle Yakacakların Briketlenmesinde Kullanılan Teknolojiler, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 12-13 Ekim 2001, s:221-229, Kayseri.
- Werther, J., M. Saenger, E.U. Hartge, T. Ogada, Z. Siagi. 2000. Combustion of Agricultural Residues, Progress in Energy and Combustion Science, 26, 1-27.

TARIMSAL KÖKENLİ HAMMADDELERİN YAKACAK PELET ÜRETİMİ VE KULLANIMINDA KARŞILAŞILAN TEKNİK PROBLEMLER

Eyup Başer^{1*}

Mustafa Acaroğlu²

¹Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Karatay-Konya

²Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Kampüs - Konya

*e-posta: ebaser32@gmail.com Tel: 05354831227

Özet: Gittikçe artan enerji giderleri tüm dünyada ülkelerinin ekonomilerini sarsmaya ve fosil yakıtlara alternatif, yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir arayış ve değişim fikri devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynağı biyoyakıtlar, petrol ve kömür ve doğalgaza olan ithal bağımlılığını azaltmak, sera gazı emisyonlarını düşürmek ve kırsal bölgelerin ekonomisini geliştirmek gibi bir potansiyele sahiptir. Biyokütle hammaddeleri kullanılarak alternatif ve çevreci yakacak pelet üretimi ve kullanımı bu uygulamalardan birisidir. Ancak, pelet üretimi ve kullanımı dünyada yaygınlaştıkça bazı teknik problemlerin de ortaya çıktığı görülmektedir. Tarımsal atıklardan yapılan pelet ile orman atıklarından yapılan peletlerin bileşimi, üretimi (nem, enerji ihtiyacı, teknoloji vb.) ile yanma esnasında (emisyonlar, toz, gaz, aerosol, cüruf, kül, kirlenme, korozyon ve kalite gibi) önemli farklılıklarının olduğu tespit edilmiştir. Biyokütle yakıtları ile fosil yakıtların birlikte yakılması da teknik ve ekonomik olarak ilgi çekmektedir. Bu çalışmada tarımsal hammaddelerin pelete dönüştürülmesi (özellikle sap saman), kullanımı, hammadde ve üretim maliyetleri gibi teknik konularda karşılaşılan problemler ileri ülkelerin çalışmaları ve literatür ışığında irdelenmiş ve öne çıkan bazı öneriler gündeme taşınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, biyokütle, pelet

TECHNICAL PROBLEMS RELATED TO PELLETIZATION AND UTILIZATION OF FUEL PELLETS MADE FROM AGRICULTURAL RESIDUES

Abstract: Increased energy costs are shaking all countries economies in the world and continue a changing idea and request towards renewable energy source alternatives to fossil fuels. Renewable energy sources as biofuels has such potential to reduce foreign imports dependence on oil, coal and natural gas, to reduce greenhouse gas emissions and improve the rural economy. To use and produce of fuel pellets made from alternative and environmentally friendly biomass feedstock is one of these applications. However, some technical problems are seen during the pellet production and usage around the world-wide. There have been determined significant differences between pellets made from agricultural wastes or forest wastes composition and during production (moisture, energy requirements, technology etc.) and combustion (emissions, dust, gas, aerosol, slagging, ash, fouling, corrosion and quality etc.). Another technical and economic interest is also Co-combustion of biomass fuels with fossil fuels. In this study the conversion of agricultural raw materials to pellet (especially straw), and encountered technical issues such as the usage of pellets, raw materials and production costs problems were reviewed in the context of the advanced countries studies and literature and moved some forwarded suggestions to agenda.

Keywords: Renewable energy, biomass, pellet

1. Giriş

Dünyadaki biyoenerji potansiyeli ile ilgili olarak yapılan uzun vadeli hesaplamalarda potansiyelin devasa boyutlarda olduğu ifade edilmektedir. 2050 yılına kadar hesap edilen miktarın 3-10.75 Milyar Petrol Eşdeğeri Enerji (TOE)/yıl kadardır. Dünyada orman atıklarının yıllık toplamı 0.4 Milyar TOE/yıl olurken tarımsal atıkların yıllık toplamı 0.8 Milyar TOE/yıldır (Grassi, 2012). Tarım ve orman atık biokütlesinin enerji üretimi alanında değerlendirilmesinin önündeki en büyük zorluk, bu hammaddelerin toplanması ve kullanıma hazır hale getirilmesi aşamasında yaşanmaktadır. Azımsanamaz boyuttaki mevcut dünya biyokütle potansiyeli, hükümet ve endüstri otoriteleri tarafından bilinmekle beraber bu kaynakların pratik kullanımının önündeki bazı engel ve problemler devam etmektedir.

Kaynaklardan yararlanmanın en basit yolu, bunlarının standardize edilmiş katı yakacaklara (pelet ve briket gibi) dönüştürülerek ısı, elektrik ve taşımacılıkta kullanılmaya hazır, cazip, biyoteknolojik ürünlere dönüştürülmesidir. Bugün dünyada bu konuda hâlihazırda bilinen ve uluslararası ticarete de konu olan şey peletleme ve pelet üretimidir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada tarımsal hammaddelerin pelete dönüştürülmesi ve kullanımı esnasında karşılaşılan problemler ile hammadde ve üretim maliyetleri gibi teknik konular ileri ülkelerin çalışmaları ve literatür ışığında ele alınarak irdelenmiş, konu ile ilgili tavsiye edilen bazı öneriler paylaşılmıştır.

3. Tarımsal Atıklardan Üretilen Peletlerin Genel Özellikleri

Tarımsal atık peletleri (TAP), %14 nem seviyesinde peletlenebilen, düşük nem (% 10) seviyesinde depolanabilen, hacmi küçültülmüş, yüksek enerji ve etkin yanma kapasitesine sahip ürünlerdir. Peletleme veya sıkılaştırma, tarımsal atıklara kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Çünkü orijinal hammadde gevşek yapılı (yaklaşık 150 kg/m^3) olup (Çizelge 1.) 6-10 mm' lik bir pelet çapı ile sıkıştırıldığında yaklaşık $0.7\text{-}0.8 \text{ ton/m}^3$ yoğunluğa erişir. Hacim ve su muhtevası düşen hammaddenin biyokütle yoğunluğu artarken enerji değeri yükselmektedir. Bu durum gerek büyük ölçekli yakacak pelet üretimi ve kullanımı sırasında ve gerekse peletin taşıma, depolama ve yakma masraflarının düşmesini sağlamaktadır.

Cizelge 1. Odun ve Saman peleti ve üretildikleri hammaddede özellikleri

Hammaddeler	Yoğunluk (kg/m ³)	Nem %	En Düşük Isı Değ. (MJ/kg)	Kül (% K.M.)	Enerji Yoğunluğu GJ/m ³
Saman (kıyılmış)	50	10-20	14.5	5	0.7
Saman (büyük balya)	130	10-18	14.5	5	1.9
Saman Peleti	600	<10	15.0	5	9
Odun (kıyılmış)	250	10-50	11-17	0.5	4.3
Hızır Tozu	200	20-50	12-17	0.5	3.4
Odun Peleti	650	<10	17.5	0.5	11.4
Kömür	850	10-15	24	12	20.4

Kaynak: Schultz G (2001). Değerler farklı kaynaklarda elde edilmiş ortalamalardır.

En düşük ısı değerler, farklı nem içeriklerine göre. Enerji Yoğunluğu, K.M. esasına göre.

Günümüz pelet teknolojilerinde %25-30 nemli bitkisel hammaddelerin bile peletlenebildiği bilinmektedir. Hatta %60-70 civarında nemli hayvan dışkısı ve tatlı sorgum sapları gibi daha yaş biyokütlenin bile işlendiği peletleme presleri mevcuttur. Ancak, bu peletleme sisteminde süreyi uzatan devir daimler söz konusu olduğundan üretim kapasitesi ve zaman kaybı yanında makine aksamında tıkanmaya sebep olmaktadır. Hasat döneminde bitkiler genellikle %50 civarında nemli olup, o halde bulunduğu yerde bırakılsa bile çürüyüp çevreye zararlı sera gazları salarlar. Hâlbuki bu hammaddeler yakacak pelet formuna çevrilir ise yaklaşık 600 Kcal/kg'lık bir enerji harcamasıyla 2000-4000 Kcal/kg değerinde pelet üretilebilmektedir (Grassi, 2012).

Piyasaya sunulan peletlerin fiziki ve kimyasal özelliklerinin homojen olması gereği vardır. Bu üretimin temel prensibi olup, bunun için yeni teknolojik sistemlerde hammaddeler saf veya karışımlar halinde homojenize edildikten sonra üretimi gerçekleştirir.

Pelet ve peletleme sistemlerinin özellikleri:

- Bir ton pelet üretmek için maksimum 100 Kw/h enerji kullanılmaktadır.
- Mevcut kapasiteler, 0.8-1.0 ton pelet/saat arasındadır (farklı konfigürasyonlarda).
- Yakacak peletler her türlü karışımdan ve yüksek yoğunlukta üretilmektedir (1,34 gr/cm³).
- TAP karışımları (%50 kömür tozu+% 50 biyokütle); (%25-50 hayvan dışkısı + %75-50 biyokütle) şeklinde olabilmektedir.
- Pelet yoğunlukları 750-800 kg/m³ arasındadır.

4. Pelet Üretimi ve Yakma ile İlgili Karşılaşılan Problemler

Dünyada her ülkenin sahip olduğu orman varlığı değişken olup, kimi ülkeler hemen hiç orman varlığına sahip değilken, bazılarının tarımsal atık miktarları hayli yüksek seviyelerdedir. Fakat pelet üretiminde kullanılabilecek çoğu hammaddenin özellikleri bilinmediğinden kullanımları kısıtlanmaktadır. Hâlbuki tarımsal atık özelliklerinin detaylı bilinmesi, pelet üretimi ve kullanımı sırasında karşılaşılan problemleri önlemek için hayati seviyededir. Batı

lkelerinde pelet üretiminde orman atıkları yanında tarımsal atıklardan daha çok sap-saman atıkları ön plana çıktığı görülmektedir.

Sap-saman kurutmaya tabi tutulmadan %20 nem oranı ile pelet üretilmekte ancak, orman atığı peletlere göre enerji değeri daha düşüktür. Ayrıca, sap-samanın bünyesindeki silisyum peletleme esnasında pelet makinelerinin merdane ve peletleme haznelere sıvanıp yapışmakta ve müteakip üretimleri zora sokmaktadır. Eğer peletler, partikül büyüklüğü, nem içeriği, pelet yoğunluğu gibi peletleme esnasında tamamıyla kontrol edilebilir faktörler bakımından homojenize edilebilirse tam otomatik üretim sistemleri ve yakma sistemlerinde karşılaşılabilecek muhtemel problemler kolayca çözülebilmektedir (Pastre, 2003).

Yakma kazanı üreticileri, ülkesel ve bölgesel emisyon standartları yetersizliği ile gerek makine ve gerekse pelet rimi ile yakma konusunda yetişmiş eleman eksikliğinden şikayet etmektedirler. Bu durum istihdam artırıcı özellikteki meslek edindirme kursları ile çözülebilir. Ülkemiz ve birçok ülkede biyokütle yakıtlarının rimi ve yakılması ile ilgili henüz ya bir standart yoktur ya da yetersizdir. Ayrıca, pelet kullancılarının karşılaştığı problemler arasında pelet nem içeriklerinin farklı olması, pelet enerji değeri ve formunun değişken olmasına yol açmaktadır. Hem üreticiler hem de tüketiciler yönünden depolama ile ilgili olarak bitkisel hammaddelerin hasat sürelerinin kısa olması ve mevsim ve coğrafik değişimlerin olması da diğer bir olumsuzluktur.

Tarımsal ve orman atık peletlerinin birbirinden en önemli farkı, orman atığı peletlerin kolayca ufalanıp kırılarak döküntü oluşturması, tarımsal (sap-saman gibi) peletlerin ise enerji seviyelerinin nispeten düşük olmasıdır. Tarımsal atık peletlerinin diğer en önemli sıkıntısı da yakma aşamasında meydana gelmektedir. Özellikle emisyonlarla ilgili olan (toz, gaz ve aerosol), külde topaklaşma (cruflaşma, tıkanma) ile yakma kazanlarında korozyon bunlar arasında sayılabilir. Diğer bir husus da yakıt kompozisyonu ile ilgili olanlar arasında sayılabilecek olan yüksek kül miktarı, kl kalitesi, alkali ve halojenlerin varlığı ve kl oluşumu ile ilgili problemlerdir (izelge 2). Ancak tüm bu problemlerin esas kaynağı sadece tarımsal hammaddelerin karakteristiğine bağlı olmayıp yakma kazanlarının dizaynı ve uygunluğu yanında hatalı kazan yakma tekniği ve yakıcılarla ilgili olanlardır.

Çizelge 2. Peletlerin fiziksel ve kimyasal parametreleri ile üretim ve yakma üzerine etkileri

Parametreler	Etkileri
Fiziksel Özellikler	
Kütle Yoğunluğu (bulk density)	Taşıma ve depolama masrafları ile lojistik planlamayı etkiler
Birim Yoğunluk (unit density)	Yanma özelliklerini (özellik ısı iletkenliği ve gazlaştırma oranı) etkiler
Tane boyutunun dağılımı (particle size distribution)	Kuruma özelliği, toz oluşumu, dökülebilirlik, yakıtın taşınma güvenliği gibi hususları etkiler
Tozlanma eğilimi (Share of fines)	Kütle yoğunluğunu, taşıma kayıplarını ve toz oluşumunu etkiler
Dayanıklılık (durability)	Aktarma sırasında kalite değişimleri, parçalanma, yakıt kayıpları
Kimyasal Özellikler	
Su İçeriği (Water content)	Depolanabilirlik, kalorifik değer, kayıplar ve kendinden alev almayı etkiler
Isıl Değer (Calorific value)	Yakıt kullanımı ve Yakma kazanı dizaynını etkiler
Element İçeriği	
Cl	Emisyon, dioxin/furan emisyonu, kazanlarda korozyonu etkiler
N	NOx, HCN ve N2O emisyonlarını
S	SOx emisyonu etkiler ve korozyonu azaltır
K	Kazanlarda korozyona sebep olur, kül erğime noktasını, aerosol oluşumunu ve düşürür, külü bitki besini (gübre) olarak kullanılabilir.
Mg, Ca	Kül erğime noktasını yükseltir, külü bitki besini (gübre) olarak kullanılabilir.
P	Külü bitki besini (gübre) olarak kullanılabilir.
Ağır Metaller (Heavy metals)	Emisyon kirliliği yapar, aerosol oluşturalar ve kül içinde kullanılır veya atık olur
Kül içeriği (Ash content)	Emisyonda partikül oluşturur, külolark kullanımı veya atık olarak maliyettir.
Külün yumuşatma etkisi (Ash softening behaviour)	Operasyonel güvenlik ve kirlenici emisyonların seviyesini etkiler
Mantar sporları (Fungi spores)	Hammaddeler bulaşık bu sporlar, yakıtın üretimi ve kullanımında sağlık riski yaratabilir.

Kaynak: Viak, A. (2000).

Tarımsal atıklar ile orman atıklarının bileşimleri karşılaştırıldığında, tarımsal alanlarda bitkilerde verim artışı için kullanılan gübreleme ve pestisit / herbisitler tarımsal atıklarında azot (N), sülfür (S), klor (Cl) ve potasyum (P) içeriklerinin yüksek tespit edilmektedir. Bunların olumlu ve olumsuz yönleri Çizelge 2' de verilmiştir. Diğer bir husus ise orman atıkları ile kıyaslandığında tarımsal üretimle elde edilen bitki atıklarının bünyesinde artan elementler yanma esnasında emisyonlardaki NOx, SOx ve HCl miktarı ve baca kirliliğine doğrudan yansımaktadır. Bitki bünyesinde potasyumun (K) artması da hem emisyon partikül oranını hem de cüruflaşmayı olumsuz etkileyerek kül hacmini sap-samanda %5 odun peletlerinde ise %0.5 oranında artırmaktadır. Bundan başka bitkisel hammaddelerdeki yüksek klor (Cl) içeriği de hem yakma kazanlarının yüzeyinde korozyona hem de yanma esnasında dioksin oluşumuna neden olmaktadır (Çizelge 2).

Bu problemler bazı tarımsal yöntemlerle (tarlada iken sap-samanın yağmur veya suni olarak ıslanması) veya yakma sırasında bazı yöntemler (hava-girişi

sağlama, baca gazı temizliği) ve uygulamalar ile azaltabilmektedir. Bunun yanında yakıt hazırlama safhasında cüruflaşmayı önleyebilen bazı özel anti-cüruf maddeler (kaolin gibi), topaklaşmayı önlemek için de kalsiyum (Ca) ilave edilebilmekte veya yanma ve kül problemini iyileştirmek için peletleme esnasında bitkisel pelet hammadde içerisine hızar bıçkı tozu karıştırılması önerilmektedir. Büyük ölçekli, ızgaralı ve akışkan yataklı yakma kazanlarında yüksek kül oranı ve düşük ergime sıcaklığı problemi, sap-saman peletleri kullanımı durumunda daha iyi sonuç vermektedir. Aslında bu durumlarda tarımsal atıklar ile fosil yakıtların kısmen karıştırılarak yakılması teknik ve ekonomik olarak ilginç sonuçlar vermektedir (Pastre, 2003).

Çizelge 3. Yakma problemlerine muhtelif çözüm önerileri

PARAMETRELER	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ
EMİSYON	
CO₂	Sap-saman ve bitkisel atıklar CO ₂ nötr kabul edilmektedir. Bitkiler fotosentez esnasında bunu geri kullanırlar.
CO, HC, PAH, katran, kurum	Tam yanmayı sağlamak için, uygun yanma süresi ve yeterli oksijen sağlanmalı (PAH-polycyclic aromatic hydrocarbon)
Toz	Yakma kazanlarında baca gazı temizleme sistemleri olmalı
NO_x	- Düşük N içeriği için yakıt içeriğine dikkat (uygun yakıt karışımları hazırlanabilir) - Birincil tedbirler: Hava-Yakıt ayarlarının iyi yapılması - İkincil tedbirler: Azot'ca zengin yakıtlar için (saman gibi) SBNCR**, SCR** (NO _x emisyon düşürme teknolojileri) kullanımı
SO_x	- Eğer tarımsal yakıt, K.M. bazında S oranı >0.2 ise ve azaltma imkanı varsa: Etkili uçucu kül çökeltme yapmak; Ca (OH) ² ile kuru emilim; baca gazı temizleyicisi kullanmak
HCl	Eğer tarımsal yakıt, K.M. bazında S oranı >0.1 ise ve azaltma imkanı varsa: Etkili uçucu kül çökeltme yapmak; Ca (OH) ² ile kuru emilim; baca gazı temizleyicisi kullanmak
PCDD/F***	Eğer tarımsal yakıt, K.M. bazında S oranı >0.3 ise ve azaltma imkanı varsa: sıcaklık <200 °C ise düşük hava girişinde tam yanmayı sağlama için etkili uçucu kül çöktürme yapılmalı. Aktif karbon ile kuru emilim sağlanmalı.
YAKMA KAZANINDA BİRİKMELER	
CÜRUF LAŞMA	- Daha düşük Silisyum (Si) içeriği sağlamak. (bitkisel atıkların hızar talaşı ile karıştırılarak hazırlanması?). - Daha düşük Potasyum (K) içeriği sağlamak. (etkili hammaddeyi ayrıştırma veya bitkisel atıkların hızar talaşı ile karıştırılması?). - Yanma sıcaklığının düşük tutulması. - Silikat oluşumunu engelleyen mekanik sistemler?
KİRLENME	- Daha düşük Silisyum (Si) içeriği sağlamak. (bitkisel atıkların hızar talaşı ile karıştırılması?) - Yanma sıcaklığının düşük tutulması - Mekanik temizleme sistemleri? (Üfleyiciler).
KOROZYON (PASLANMA)	
K, Cl	-Yakıt hazırlığı, etkili hammaddeyi ayrıştırma. -Yanma esnasında kalsiyum (Ca) eklemek - Yanma sıcaklığının düşük tutulması. - Karışım yakıtları kullanmak (biyokütle + torf / linyit / kömür)

Kaynak: Obernberger - Thermochemical Biomass Conversion Chapter 4.

SCR*: Selective catalytic reduction (Selektif katalitik indirgeme).

SBNCR**: Selective non catalytic reduction, (Selektif olmayan katalitik indirgeme).

PCDD/F***: Polychlorinated dibenzo -p dioxin ve Furanlar. PAH- Polycyclic Aromatic Hydrocarbon.

5. Sonuç

Tarımsal atık peletlerde görülen kül, N, K, ve Cl yüksekliği gibi negatif özelliklerin çevre üzerine etkileri dikkate alındığında, bunları da çok son yıllarda gelişen yakma teknolojileri ile birlikte baca gazı temizleme ve iyi düzenlenmiş kontrol sistemlerine sahip büyük hacimli yakma kazanlarında kullanılması; orman atıklarından üretilen peletlerin ise binaların ısıtılması yanında daha çok küçük hacimli ısı kazanlarda kullanılması tavsiye edilmektedir. Tarımsal kökenli peletler, ekonomik cepheden bakıldığında eğer kaliteli üretilir ve gelişmiş yakma kazanları kullanıldığı takdirde küçük ölçekli kullanımlar için de ideal bir biyokütle yakıtıdır. Ülkemizin modern biyokütle yakıtlar bakımından henüz daha yolun başında olduğu düşünülürse zayıf edilen tarımsal atıkların değerlendirilmesi, yeni istihdam alanlarına, ekonomiye katma değer sağlamaya ve konu ile yakından ilgilenen bilim ve endüstriyel yatırımcılara önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Grassi, G., Salimbeni, A., Maltagliati, M., Capaccioli, S., 2012. Large scale supply and international trading of refined biomass. 20th European Biomass Conference and Exhibition, 18-22 June 2012, Milan Italy.
- Obernberger, I., Thek, G., 2002. The current state of the Austrian pellet boiler technology, p 45-47. Proceedings of the First World Conference on Pellets, organised by the Sweden Bioenergy Association, Stockholm Sweden 2/04/2002.
- Obernberger, I., Thermochemical Biomass Conversion. Chapter 4: Combustion principles and emissions. <http://www.wtb.tue.nl/woc/ptc/education/4S600/>.
- Pastre, O., 2003. Analysis of the technical obstacles related to the production and utilization of fuel pellets made from agricultural residues Pellets for Europe. EUBIA. www.pelletcentre.info/resources/1093.pdf. (Erişim tarihi 07.02.2014).
- Schultz, G., 2001. Energi E2, Securing of supply in short and longer term of wood and straw. http://www.shortrotationcrops.com/PDFs/IE_A_Gert_Schultz.pdf.
- Viak, A., 2000. State of the art, technologies, activities, mark ets. AEBIOM, Wood pellets in Europe - FastBränslePannor, Lambelet Heizungssysteme, Technische Universität München, Umdasch AG, Whitfield GmbH, UMBERA. Part of the Thermie B project.

ZEYTİN KÜSPESİNİN KATALİTİK PİROLİZİNE AİT KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ

Sibel Başakçılardan Kabakcı

Şeyma Hacıbektaşoğlu

Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü,
77100, Yalova

e-mail: sibel.kabakci@yalova.edu.tr, seyma.hacibektasoglu@hotmail.com

Özet: Bu çalışma, zeytin küspesinin katalizörlü ve katalizörsüz pirolizinin kinetiğini araştırmayı amaçlamaktadır. Katalizörlü ve katalizörsüz deneyler için piroliz profili ve kinetik parametreleri (aktivasyon enerjisi ve frekans faktörü) üç farklı ısıtma hızına göre (10, 30, 40 °C dk⁻¹) elde edilmiştir. TGA sonuçlarına göre zeytin küspesinin pirolizi, hemiselüloz ve selüloz bileşenlerinin degradasyonunu içeren tek bir aşamayı kapsayan bozunma olarak değerlendirilebilir. Ligninin bozunması holoselüloza göre daha geniş sıcaklık aralığında (>400 °C) gerçekleşmiştir. Çalışmada ZSM-5 zeoliti, katalitik piroliz deneylerinde kullanılmış ve aktivasyon enerjisini düşürücü etkiye sahip olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zeytin küspesi, piroliz profili, katalitik piroliz, ZSM-5 zeolit

KINETIC STUDY OF CATALYTIC PYROLYSIS OF OLIVE POMACE

Abstract: The present study aims to investigate the kinetics of catalytic and non-catalytic pyrolysis of olive pomace. The pyrolysis profile and kinetic parameters (activation energy and frequency factor) for the catalytic and non-catalytic pyrolysis were obtained for the respective heating rates (10, 30 and 40 °C min⁻¹). Olive pomace was pyrolyzed in one step, which was a combination of two stages, namely hemicellulose decomposition and cellulose decomposition. Lignin decomposition was observed in a broad range of temperature, which was above 400 °C. ZSM-5 was found to be a good catalyst to decrease the activation energy.

Keywords: Olive pomace, pyrolysis profile, catalytic pyrolysis, ZSM-5 zeolite

1. Giriş

Endüstriyellemeye paralel olarak artan CO₂ salınımı, çevre dostu politikaların benimsenmesini zorunlu kılmıştır. Ayrıca, fosil kaynaklı yakıtların talebi karşılayamaması, daha ekonomik enerji üretimi arayışı ve çevresel sorumluluk bilincinin de devreye girmesiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim kaçınılmaz olmuştur (Thangalazhy-Gopakumar ve ark., 2011; Garcia-Maraver ve ark., 2013; Ounas ve ark., 2011).

Biyokütle, yenilenebilir enerji kaynakları arasında karbon nötr olarak ele alındığından, biyokütle kaynaklı atık ve hammaddelerin enerji üretiminde kullanılması önemli bir araştırma konusudur. Gelişmekte olan ülkelerde, enerji ihtiyacının yaklaşık %38-43'ü biyokütleden karşılandığından, özellikle lignosellülozik içerikli biyokütle kaynaklarının termal yöntemlerle işlenmesi ve bunlardan yakıt türevlerinin eldesi kimya sanayi için sürdürülebilir bir seçenek

sunmaktadır (Demiral ve Şensöz, 2008; Balat ve ark., 2009). Zirai atıklar, enerji bitkileri, endüstriyel atıklar, odun ve odun türevlerinin artıkları, evsel katı atıklar, gıda işleme prosesi atıkları birincil biyokütle kaynakları arasındadır (Balat ve ark., 2009). Bu kaynaklardan biri de hem biyokütle kaynaklı hem de endüstriyel atık olma özelliğine sahip, zeytin küspesi olarak da adlandırılan zeytinyağı üretimi katı atığıdır. Ortalama 18 MJ/kg'lık yüksek kalorifik değeriyle zeytin küspesi; yakma, gazlaştırma ve piroliz gibi termokimyasal metotlarla biyoyakıt türevlerine dönüştürülebilir (Jauhainen ve ark., 2004; Başakçılardan-Kabakçı ve Aydemir, 2013).

Akdeniz Ülkeleri dünya zeytin üretiminin yaklaşık %98'ini sağlamaktadır. Uluslararası Zeytinyağı Konseyi'nden (IOOC) elde edilen istatistiksel bilgiye göre Türkiye'nin 2013 yılı için yıllık zeytinyağı üretimi %2.1'lik artışla 195.000 tondur (International Olive Oil Council, 2013). Bundan dolayı, zeytinyağı atıklarının bertarafı, çevre ve enerji yönetimi açısından yüksek öneme sahiptir. Zeytin küspesinin bir kısmı zeytinyağı üretim işletmelerinde yakılarak sistem içinde yakıt olarak kullanılırken, büyük bir kısmı boş arazilere dökülmekte ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Geleneksel zeytinyağı üretim prosesi şu aşamaları kapsamaktadır: (1) zeytin ve yapraklarının titreşimli elek ve hava fanyıyla ayrıştırılması, (2) zeytinlerin taş değirmenle dövülmesi, (3) zeytin ezmesinin yağ verimini artırmak için karıştırılması ve yağın ezmeden uzaklaştırılmasıdır. Zeytinyağının eldesinden arta kalan kalıntı zeytin küspesi olarak adlandırılır. En son aşama olarak ise, zeytin küspesi sıcak su ile karıştırılarak tekrar sıkıştırılır. Böylece, zeytin küspesinde kalan zeytinyağı, yağ-su emülsiyonundan ayrılır ve zeytin küspesi kurutulur (Başakçılardan-Kabakçı ve Aydemir, 2013).

Piroliz, yakma işleminden farklı olarak oksitleyici bir ortam yokluğunda gerçekleşen bir termokimyasal dönüşüm prosesidir, gazlaştırma ve yakmanın ilk aşaması olarak kabul edilir. Karbonca zengin katı kalıntı (char), sıvı piroliz yağı ve gaz ürün; biyokütle pirolizinden elde edilen farklı fraksiyonlardır. Bu ürünlerin miktarları ve oranları; ısıtma hızı, piroliz sıcaklığı, biyokütle kompozisyonu, katalizör etkisi, biyokütle/katalizör oranı gibi piroliz parametrelerine bağlı olarak değişiklik gösterir (Balat ve ark., 2009; Bulushev ve Ross, 2011; Bu ve ark., 2012). Biyokütle türleri farklı oranlarda selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriğine sahip oldukları için, biyokütle pirolizinin ürün çıktısının hammaddeye bağlı olduğu söylenebilir. Bu nedenle, her biyokütle için istenen etkiyi sağlayacak katalizörü bulmak, piroliz prosesini optimize etmek ve enerji tüketimini minimize etmek açısından önemlidir (Chattopadhyay ve ark., 2009). Ayrıca, katalitik pirolizin termal pirolize kıyasla uygun katalizör/biyokütle eşleşmesiyle ürün dağılımını daha homojen bir yapıya indirgediği görülmüştür. Yapılan çalışmalarda farklı biyokütle kaynakları ve atıklar katalizör varlığında piroliz işlemine tabi tutulmuş ve katalizörün piroliz prosesine olan etkisi araştırılmıştır (Thangalazhy-Gopakumar ve ark., 2011; Zhou ve ark., 2013; Pütün ve ark., 2008; Foster ve ark., 2012; Zabeti ve ark., 2012; Mansur ve ark., 2013; Yu ve ark., 2012).

Biyokütlenin katalitik pirolizinde çalışılan katalizörler arasında yer alan zeolitler, biyo-yağ içeriğindeki oksijenli bileşiklerin oranını azaltma açısından oldukça etkili bulunmuştur. Zeolitlerin asitliği, yapısındaki Si/Al oranına bağlı olarak değişir (Mihalcik ve ark., 2011). Yapılan çalışmalar ZSM-5' in katalizör olarak kullanılmasının biyo-yağ içeriğinde aromatik hidrokarbon içeriğini zenginleştirip içeriğindeki oksijenli bileşikleri azaltarak biyo-yağın yakıt özelliklerini geliştirdiğini ortaya koymuştur. ZSM-5'in aromatik hidrokarbonların oluşumunu artırmasındaki sebep; yapısındaki yüksek Al içeriğine bağlı yüksek Brönsted asit merkezlerinin sayısıdır (Thangalazhy-Gopakumar ve ark., 2011; Foster ve ark., 2012; Mihalcik ve ark., 2011; French ve Czernik, 2010; İsa ve ark., 2012; Başkan, 2010). Asit merkezlerinin zeolit gözenekleri içindeki dağılımı kok oluşturunucu reaksiyonları engellemek açısından önemlidir. Si/Al oranını düşürülmesi asit merkezlerinin birbirine yaklaşmasına neden olur. Bundan dolayı, aromatik hidrokarbonların kok bileşenlerine dönüşümü artar. ZSM-5 kullanılarak yapılan katalitik pirolizde Si/Al oranı uygun olmalıdır (Foster ve ark., 2012).

Thangalazhy-Gopakumar ve ark. (2011) ZSM-5'in çam kerestesi pirolizine olan etkisini He ortamında incelenmiştir. İlk ağırlık kaybı dehidrasyon sonucu gerçekleşmiş olup, 250-400 °C arasında hızlı bir termal degradasyon saptanmıştır. Bu da katalizörün daha düşük sıcaklıkta devolatilizasyon sağladığını gösterir. Ounas ve ark. (2011) zeytin atığı ve şeker kamışı posasının azot ortamında termal olarak kinetik çalışmasını farklı ısıtma hızlarında yapmıştır. 10 K.min⁻¹ ısıtma hızında, hemiselülozun 433-513 K, selülozun 513-633 K sıcaklık aralığında bozunduğunu, ligninin ise daha geniş bir sıcaklık aralığında (433-900 K) pirolize uğradığını saptamıştır. Başakçılardan-Kabakcı ve Aydemir (2013)' in üç farklı ısıtma hızı kullanılarak zeytin küspesi ve ATY (atıktan türetilmiş yakıt) karışımı ile yaptığı termal piroliz çalışmasında ise, zeytin küspesinin pirolizi her ısıtma hızında tek aşamada gerçekleşmiştir. TGA sonuçlarına göre hemiselülozun bozunması, selülozun bozunmasıyla iç içe geçmiştir.

Literatürde, piroliz için farklı biyokütle kaynaklı hammaddelerin kullanıldığı (odunsu biyokütle, akça ağaç, çam kerestesi, kağıt hamuru işleme atıkları, pirinç kabuğu, testere talaşı, şeker kamışı posası, sarıçam) ve ZSM-5'in katalizör olarak etkisinin incelendiği birçok çalışma mevcuttur (Thangalazhy-Gopakumar ve ark., 2011; Foster ve ark., 2012; Yu ve ark., 2012; Mihalcik ve ark., 2011; İsa ve ark., 2012). Mevcut çalışmada, ZSM-5' in zeytin küspesinin pirolizine olan etkisini anlamak için termal analiz ile kinetik bir ön çalışma yapılmıştır. Termogravimetrik analiz (TGA), sıcaklık ve zamana bağlı olarak ağırlık kaybının verilerini sunarak katalizörün zeytin küspesinin bozunma reaksiyonlarına olan etkisini değerlendirmeye olanak sağlar (Jauhiainen ve ark., 2004; Chattopadhyay ve ark., 2009).

Bu çalışmanın amacı; (1) ZSM-5'in zeytin küspesi pirolizine olan etkisinin araştırılması ve (2) zeytin küspesinin ZSM-5 ile katalitik pirolizinin kinetik parametrelerinin hesaplanmasıdır.

2. Materyal ve Yöntem

Güney Marmara Bölgesi'nde bulunan Körfez Yağ Fabrikası'ndan elde edilen zeytin küspesi örnekleri, nemi uzaklaştırmak için 24 saat boyunca 104 ± 3 °C' de fırında kurutulmuş, öğütülmüş ve RETSCH AS 200 titreşimli elek kullanılarak 60 mesh (250 μ m) büyüklükten geçecek şekilde elenmiştir.

Örneklerin kalorifik değerleri ASTM D 5865 yöntemi esas alınmak suretiyle, IKA C5000 kalorimetri cihazı adyabatik modda kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, kül içeriği ASTM E 1755-01 metoduna göre 575 °C' de kül fırında belirlenmiştir. Zeytin küspesinin elementel kompozisyonu LECO 628 S elementel analizör kullanılarak belirlenmiş olup Çizelge 1'de özetlenmiştir. Başkan (2010)'ın yaptığı bir çalışmada zeytin küspesinin selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriği sırasıyla 323-557, 140-249, 273-416 g.kg⁻¹ küspe olarak verilmiş olup, bu çalışmada referans değer olarak kabul edilmiştir. Katalitik piroliz deneylerinde ticari ZSM-5 zeoliti kullanılmıştır. Deneylerden önce katalizör kül fırında 550 °C' de iki saat süresince kalsine edilmiştir. Zeytin küspesinin katalitik piroliz karakteristiği Exstar SII TG/DTA 6300 termogravimetrik analizör kullanılarak incelenmiştir. Deneyler, atmosferik basınç ve 20- 800 °C sıcaklık aralığında azot ortamında gerçekleştirilmiştir. Zeytin küspesinin katalitik pirolizinin kinetik verilerini hesaplamak ve karşılaştırmak için 10, 30 ve 40 °C.dk⁻¹ olmak üzere üç farklı ısıtma hızında çalışılmıştır. Ayrıca, zeytin küspesi ve ZSM-5 örnekleri, katalitik etkinin gözlenmesi için 25-25 (ağ, % kb), 25-50 (ağ, % kb) ve 25-75 (ağ, % kb) oranlarında karıştırılmıştır. Aynı koşullar göz önünde bulundurularak, ZSM-5'in termal davranışı ve zeytin küspesinin termal pirolizi de tüm sistemi değerlendirmek adına incelenmiştir.

Çizelge 1. Zeytin küspesinin karakteristik özellikleri

Özellikler		Zeytin Küspesi
Kalorifik Değer (kJ/kg)		20.300
Elementel Analiz (wt. %)	Karbon	48.7
	Hidrojen	7.1
	Azot	2.9
Kısa Analiz (wt. %)	Uçucu Madde	67.2
	Nem	2.5
	Kül	3

3. Bulgular ve Tartışma

Zeytin Küspesi Piroliz Sonuçları

Şekil 1'de zeytin küspesinin DTG ve TG profilleri görülmektedir. Profillerde; sistemden nem uzaklaştırılmasından kaynaklanan <110 °C'de gözlenen ilk pik ve selüloz fraksiyonunun degradasyonundan kaynaklanan ikinci pik olmak üzere iki belirgin pik göze çarpmaktadır. İkinci pikin hemiselüloz ve selüloz degradasyon basamaklarının kesişmesiyle oluştuğu belirgindir. Hemiselülozun 200-300 °C'de, selülozun 350-400 °C'de bozulduğu

gözlenmiş olup, lignin degradasyonunun ise 280-500 °C sıcaklık aralığına yayıldığı söylenebilir. 10 °C dk⁻¹ sabit ısıtma hızı koşullarında, 60.2 °C’de gözlenen ilk pik %5.6 ağırlık kaybına karşılık gelmektedir. Aynı ısıtma hızında ikinci pik ise 330 °C’ de gözlenmiş ve %67.2’lik bir ağırlık kaybına neden olmuştur. Isıtma hızı 30 °C dk⁻¹ ve 40 °C dk⁻¹ seviyelerine yükseltildiğinde, %7’lik ağırlık kaybının sistemden nem uzaklaştırılmasından dolayı gerçekleştiği, sırasıyla %69.5 ve %70’lik ağırlık kayıplarının ise selüloz bozunmasının sonucu gerçekleştiği söylenebilir. Bu durumda, ısıtma hızının artırılmasının pik sıcaklıklarının yükselmesine sebebiyet verdiği söylenebilir.

Zeytin Küspesinin ZSM-5 ile Katalitik Pirolizinin Kinetiği

Zeytin küspesinin termogravimetrik analizinden elde edilen veriler kullanılarak (aktivasyon enerjisi ve frekans faktörü) sistemin kinetik parametreleri Coats-Redfern yöntemiyle hesaplanmıştır. A bileşeninin B bileşenine olan termal bozunması için, reaksiyona giren A bileşeninin dönüşümü veya fraksiyonu aşağıdaki formülasyon ile verilir:

$$x = \frac{m_0 - m}{m_0 - m_f} \quad (1)$$

m, verilen bir t zamanında madde ağırlığı, m₀ ve m_f ise reaksiyon başlangıcında ve sonunda maddenin ağırlığıdır. Dönüşüm hızı aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$\frac{dx}{dt} = k(T) \cdot f(x) \quad (2)$$

f(x) ve k(T) dönüşüm ve hız sabitleridir. Termogravimetrik analizde, sıcaklık değişiminin sabit hızı, (β), β = dT / dt şeklinde ifade edilir. β ifadesi eşitlik (2)’ye yerleştirilerek eşitlik (3) elde edilir.

$$\frac{dx}{dt} = \beta \cdot \frac{dx}{dT} \quad (3)$$

Reaksiyon hız sabitinin Arrhenius denklemi ile verilen sıcaklığa bağlı olarak değişim ifadesi, (k(T) = A.e^{-E/RT}), aşağıdaki eşitliği elde etmek için eşitlik (3)’e yerleştirilir. A(frekans faktörü) ve E (aktivasyon enerjisi) Arrhenius parametreleridir.

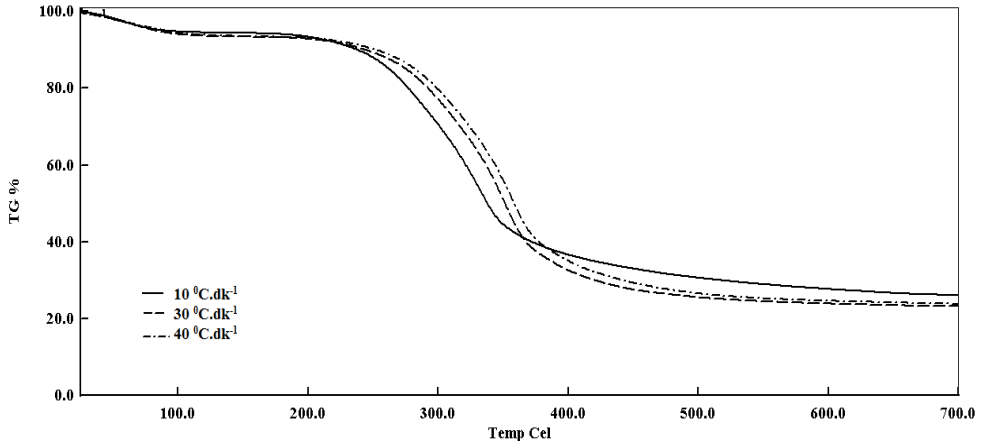
$$\frac{dx}{dt} = \frac{A}{\beta} \cdot e^{(-E/RT)} \cdot f(x) \quad (4)$$

Coats ve Redfern integral bir yöntem geliştirmiş ve eşitlik (4) için bir yaklaşım elde etmek amacıyla asimptotik seri kullanan sadeleştirilmiş matematiksel bir ifade türetmiştir.

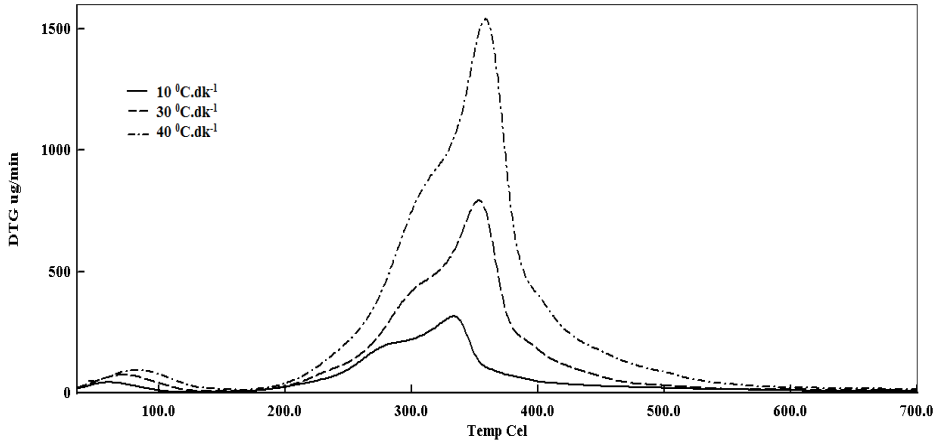
$$\ln\left(\frac{g(x)}{T^2}\right) = \ln\left[\frac{A.R}{\beta.E}\left(1 - \frac{2.R.T}{E}\right)\right] - \frac{E}{RT} \quad (5)$$

Eşitlik (4) ve (5)'teki $f(x)$ ve $g(x)$ fonksiyonları farklı reaksiyon modelleri için tanımlanmıştır ve literatürde kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır. $\left(1 - 2.R.T/E\right)$ teriminin sabit kabul edilip, değerinin bire yakın olmasından dolayı, $\ln(g(x)/T^2)$ 'e karşı $(1/T)$ grafiği düz bir çizgi halindedir. Grafiğin eğimi aktivasyon enerjisini, kayımı ise frekans faktörünü vermektedir. Eğer reaksiyon derecesi iyi bir şekilde tahmin edilirse grafik, maksimum korrelasyon katsayısıyla düz bir çizgi verir. Mevcut çalışmada, piroliz reaksiyonunun birinci dereceden olduğu varsayılmıştır.

Örneklerin TG ve DTG profillerine bakıldığında, katalizör eklenmesinin bozunma reaksiyonlarının pik sıcaklıklarını değiştirmedeği görülmüştür. Yalnızca bozunmadan kaynaklanan ağırlık kaybı değişmiştir. Ancak, ZSM-5 katalizörünün bozunma üzerindeki etkisi kinetik parametrelerde açıkça görülmektedir. Çizelge 2, Coats-Redfern yöntemiyle hesaplanan kinetik parametreleri göstermektedir. Korrelasyon sabitleri, varsayılan birinci dereceden reaksiyon modelinin deneysel verilerle uyumluluk içerisinde olduğunu göstermiştir. Zeytin küspesinin katalitik pirolizi dehidrasyon basamağı haricinde iki aşamadan oluşmaktadır ve tüm aşamalar farklı kinetik parametreler sunmaktadır. Aynı ısıtma hızı koşullarında, sisteme katalizör eklenmesi aktivasyon enerjisini düşürmüş ve frekans faktörünü değiştirmiştir. ZSM-5 katalizörü belirgin bir biçimde reaksiyon hızını artırmıştır. 40 °C dk⁻¹ ısıtma hızında hemiselüloz bozunmasından kaynaklanan tümsek pik (aşama 1) DTG profillerinde görünmemektedir.



Şekil 1. Zeytin küspesi pirolizinin farklı ısıtma hızlarında TG profilleri



Şekil 2. Zeytin küspesi pirolizinin farklı ısıtma hızlarında DTG profilleri

Çizelge 2. Zeytin küspesi pirolizinin kinetik parametreleri

Örnek	Isıtma hızı (°C.dk ⁻¹)	Aşama	E (kJ.mol ⁻¹)	Frekans Faktörü (dk ⁻¹)	R ²
Zeytin Küspesi	10	S _I	29.3	18.97	0.989
		S _{II}	47.3	1613.4	0.997
	30	S _I	30.5	70.23	0.992
		S _{II}	42.8	1402.57	0.999
	40	S _I	29.4	60.11	0.981
		S _{II}	54.3	20900	0.993
Zeytin Küspesi:ZSM-5 (0.25:0.25)	10	S _I	23.2	5.24	0.973
		S _{II}	45.5	1248	0.992
	30	S _I	15.1	1.368	0.973
		S _{II}	44.3	2125	0.989
	40	S _I	11.5	0.559	0.977
		S _{II}	44.6	2665	0.988
Zeytin Küspesi:ZSM-5 (0.25:0.50)	10	S _I	12.9	0.433	0.993
		S _{II}	33.7	107.4	0.980
	30	S _I	9	0.085	0.999
		S _{II}	35.6	111.8	0.984
	40	S _I	34.3	253.61	0.987
		S _{II}	34.3	253.61	0.987
Zeytin Küspesi:ZSM-5 (0.25:0.75)	10	S _I	20.1	3.08	0.994
		S _{II}	37.5	236.6	0.989
	30	S _I	10.6	0.63	0.987
		S _{II}	36.5	511.95	0.982
	40	S _I	26	46.7	0.978
		S _{II}	26	46.7	0.978

Kaynaklar

- Balat, M., Balat, M., Kırtay, E., Balat, H., 2009. Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: Pyrolysis systems, *Energy Conversion and Management*, 50, 3147-3157.
- Başakçılardan-Kabakcı, S., Aydemir, H., 2013. Pyrolysis of olive pomace and copyrolysis of olive pomace with refuse derived fuel, *Environmental Progress&Sustainable Energy*.
- Başkan, A. E., 2010. Zeytinyağı işletmelerinin atıkları değerlendirme yolları , T.C. Güney Marmara Kalkınma Ajansı Raporu, 1-41.
- Bu, Q., Lei, H., Ren, S., Wang, L., Zhang, Q., Tang, J., Ruan, R., 2012. Production of phenols and biofuels by catalytic microwave pyrolysis of lignocellulosic biomass, *Bioresource Technology*, 108, 274–279.
- Bulushev, D. A., Ross, J. R. H., 2011. Catalysis for conversion of biomass via pyrolysis and gasification: A review, *Catalysis Today*, 171, 1-13.
- Chattopadhyay, J., Kim, C., Kim, R., Pak, D., 2009. Thermogravimetric study on pyrolysis of biomass with Cu/Al₂O₃ catalysts, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 15, 72-76.
- Demiral, İ., Şensöz, S., 2008. The effects of different catalysts on the pyrolysis of industrial wastes (olive and hazelnut bagasse), *Bioresource Technology*, 99, 8002–8007.
- Foster, A. J., Jae, J., Cheng, Y., Huber, G. W., Labo, R. F., 2012. Optimizing the aromatic yield and distribution from catalytic fast pyrolysis of biomass over ZSM-5, *Applied Catalysis A: General*, 423-424, 154-161.
- French, R., Czernik, S., 2010. Catalytic pyrolysis of biomass for biofuels production, *Fuel Processing Technology*, 91, 25-32.
- Garcia-Maraver, A., Salvachúa, D., Martínez, M. J., Diaz, L. F., Zamorano, M., 2013. Analysis of relation between the cellulose, hemicellulose, and lignin content and the thermal behavior of residual biomass from olive trees, *Waste Management*, 33, 2245-2249.
- Iisa, K., Stanton, A. R., Czernik, S., 2012. Production of hydrocarbon fuels from biomass by catalytic fast pyrolysis, *National Renewable Energy Laboratory, WREF*, 0736.
- International Olive Oil Council. 2013. World Olive Oil Figures. Olive Oil Production. <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/131-world-olive-oil-figures> (Erişim: 28.12.2013).
- Jauhiainen, J., Conesa, J. A., Font, R., Martín-Gullón, I., 2004. Kinetics of the pyrolysis and combustion of olive oil solid waste, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 72, 9-15.
- Mansur, D., Yoshikawa, T., Norinaga, K., Hayashi, J., Tago, T., Masuda, T., 2013. Production of ketones from pyrolytic acid of woody biomass pyrolysis over an iron-oxide catalyst, *Fuel*, 103, 130-134.
- Mihalcik, D. J., Mullen, C. A., Boateng, A. A., 2011. Screening acidic zeolites for catalytic fast pyrolysis of biomass and its components, *Journal and Analytical and Applied Pyrolysis*, 92, 224-232.
- Ounas, A., Aboulkas, A., El harfi, K., Bacaoui, A., Yaacoubi, A., 2011. Pyrolysis of olive residue and sugar cane bagasse: Non-isothermal thermogravimetric kinetic analysis, *Bioresource Technology*, 102, 11234-11238.
- Pütün, E., Ateş, F., Pütün, A.E., 2008. Catalytic pyrolysis of biomass in inert and steam atmospheres, *Fuel*, 87, 815-824.

- Thangalazhy-Gopakumar, S., Adhikari, S., Gupta, R.B., Tu, M., Taylor, S., 2011. Production of hydrogen fuels from biomass using catalytic pyrolysis under helium and hydrogen environments, *Bioresource Technology*, 102, 6742-6749.
- Yu, Y., Li, X., Su, L., Zhang, Y., Wang, Y., Zhang, H., 2012. The role of shape selectivity in catalytic fast pyrolysis of lignin with zeolite catalysts, *Applied Catalysis A: General*, 447-448, 115-123.
- Zhou, L., Yang, H., Wu, H., Wang, M., Cheng, D., 2013. Catalytic pyrolysis of rice husk by mixing zinc oxide: Characterization of bio-oil and its rheological behavior, *Fuel Processing Technology*, 106, 385-391.
- Zabeti, M., Nguyen, T. S., Lefferts, L., Heeres, H. J., Seshan, K., 2012. In situ catalytic pyrolysis of lignocellulose using alkali-modified amorphous silica alumina, *Bioresource Technology*, 118, 374-381.

BIYOKÖMÜRÜN TERMOKİMYASAL ENERJİ DÖNÜŞTÜRME SİSTEMLERİNDE KULLANILMASI

Hayati Olgun Babak Keivani Özben Ersöz Günnur Koçar

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Bornova, İzmir

Özet: Biyokütlenin, biyokömür haline getirilerek yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi ve termokimyasal proseslerde kullanılması son 5 yıl içerisinde çok büyük önem kazanmıştır. Biyokömür üretimi, bir termal dönüşüm sistemi olup oksijensiz ortamda biyokütlenin 200-350 °C sıcaklığa kadar ısıtılması ile gerçekleşmektedir. Biyokömürleşme prosesinde, biyokütle içerisindeki nemin önemli bir kısmı bir miktar uçucu madde ile birlikte uzaklaştırılmaktadır. Böylece biyokömür haline getirilmiş biyokütlenin enerji yoğunluğu ve ısıl değeri artmakta, uzun süre bozulmadan depolanabilmekte ve daha ekonomik olarak taşınabilmektedir. Biyokömürün diğer bir önemli özelliği ise kömür gibi kolay nem almaması ve kolayca öğütülebilmesidir. Bu özellikleri nedeniyle biyokömür, pulverize kömür yakma santrallerinde ve çimento değirmenlerinde kömürle birlikte yakılabilmekte, küçük ve orta boyutlu biyokütle ve pelet yakıcılarında yakıt olarak kullanılmaktadır. Ayrıca; pulverize kömür ile çalışan sürüklemeli akış gazlaştırıcılarında kullanılabilmektedir. Bu çalışmada; endüstriyel ölçeklerdeki biyokömür (torrefaction) ve üretim sistemleri kısaca tanıtılacak yakma ve gazlaştırma sistemlerinde ana ya da ilave yakıt olarak kullanım imkânları tartışılacaktır. Bu çalışmada ayrıca, TÜBİTAK ARDEB 1003 kapsamında 15 Mart 2014 tarihi itibarıyla başlayan “Dolaşımli Akışkan Yatak Yakma Sisteminde Linyit ve Biyokömürün Oksijence Zengin Ortamda Yakılması” projesi tanıtılacaktır. Proje kapsamında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünde farklı yakıtlara uygun bir biyokömür üretim sistemi geliştirilecektir.

Anahtar kelimeler: Biyokütle, torrefaction, biyokömür, yakma, gazlaştırma, enerji üretimi

BIO COAL PRODUCTION AND UTILISATION FOR THERMOCHEMICAL ENERGY CONVERSION SYSTEMS

Abstract: In last five years, there is significant increase of interest in torrefaction technologies as a pre-treatment technology for solid biomass. Torrefaction is a thermal conversion method of biomass. The biomass is heated to a temperature of approximately 200-350 °C in an atmosphere with low oxygen concentrations. The most of the moisture is removed as well as a fraction of the volatile matter of the dry biomass. At the end of the torrefaction process, a solid uniform product with lower moisture content and higher energy content than raw biomass is produced. The fuel characteristic of the torrefied biomass is increased. The final torrefied biomass has better transportation and compatible properties to coal such as heating value, grindability, bulk energy density, and hydrophobicity. Torrefied biomass can be used for various applications such as co-firing with coal in pulverised coal fired power plants and cement kilns, coke and steel industry, small to medium scale dedicated biomass and pellet burners, entrained flow gasifiers that normally operate on pulverized coal and fixed and fluidised bed gasifiers. This paper presents the torrefaction and reactor technology,

which is used for improving raw biomass properties. In addition, the TUBITAK 1003 ARDEB project will be introduced. The main aim of this project is oxy combustion of coal and biocoal in circulating fluidised bed combustion system. In this project, the Solar Energy Institute of Ege University will develop a biocoal production system for different type of fuel.

Key words: Biomass, torrefaction, biocoal, combustion, gasification, energy production

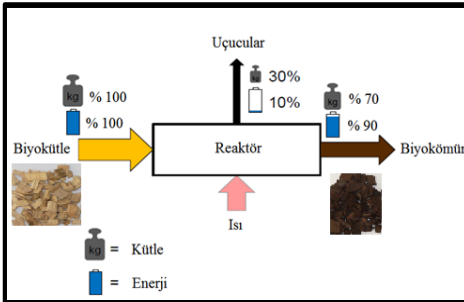
1. Giriş

Biyokütlenin yakıt olarak kullanıldığı termik santrallerde en önemli sorunlardan bir tanesi, biyokütlenin homojen ve sürekli bir şekilde reaktöre beslenememesidir. Özellikle helezonlu besleme sistemine sahip yakma ve gazlaştırma sistemlerinde bünyesel yapısı gereği biyokütle, sıcaklığın ve basıncın etkisi ile sıkışarak biriketlenmekte ve helezonu tıkamaktadır (Dai ve Grace, 2014). Bu durum proseste işletme koşullarının bozulmasına neden olmaktadır. Yakıtın pnömatik olarak beslendiği sistemlerde ise heterojen parçacık boyut dağılımı basınç kayıplarını artırmaktadır. Orman ya da zirai kökenli atık biyokütlenin yakma ve gazlaştırma sistemlerinde verimli kullanılabilmesi yakıt özelliklerine (yakıt nemi ve boyut dağılımı) çok bağlıdır (Kumar ve ark., 2009). Akışkan yatak (fluidised bed) yakma ve gazlaştırma sistemlerinde yakıt boyutunun 10 mm'yi geçmemesi, pulverize yakma sistemlerinde ve sürüklemeli akış gazlaştırma (entrained flow) sistemlerinde ise 50-100 mikron arasında olması tercih edilmektedir. Ayrıca, düzenli ve kontrollü bir yakma/gazlaştırma için biyokütle nem içeriğinin de belirli bir aralık içerisinde kalması arzulanmaktadır. Bu istenen yakıt özelliklerini kömürde sağlamak nispeten kolay iken biyokütlerde sağlamak teknik ve ekonomik açıdan daha zor olmaktadır. Ayrıca, kömürle birlikte yakma veya gazlaştırma sistemlerinde biyokütle katkısı, biyokütlenin yakıt özelliği nedeniyle % 10' lar civarında kalmaktadır (Fernando, 2012). Biyokütle torrefaction yöntemi ile biyokömür haline getirildiğinde kömür gibi kuru ve öğütülebilir bir yapıya kavuşmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle biyokömür, pulverize kömür santrallerinde ve çimento değirmenlerinde kömürle birlikte yakılabilmekte, küçük ve orta boyutlu biyokütle ve pelet yakıcılarında yakıt olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, pulverize kömür ile çalışan sürüklemeli akış ve sabit/akışkan yatak gazlaştırıcılarda ilave yakıt olarak kullanılabilmektedir. Biyokütle yakıt özelliklerinin biyokömürleştirme yöntemi ile (torrefaction) iyileştirilmesi uygulamaları son 5 yıl içerisinde artan bir önem kazanmaya başlamıştır. Proses sonucu biyokömür haline getirilen biyokütlenin enerji yoğunluğu ve ısı değeri artmakta, bozulmadan uzun süre depolanabilmekte ve ekonomik olarak taşınabilmektedir (Koppejan ve ark., 2012). Biyokömürün diğer bir önemli özelliği ise kömür gibi kolay nem almaması ve öğütülebilmesidir. Torrefaction prosesinde biyokütle, yaklaşık 250-350 °C sıcaklığa kadar oksijensiz veya çok düşük oksijen konsantrasyonunda ısıtılır ve bünyesindeki nem ve uçucu madde bileşenlerinin bir kısmı uzaklaştırılır. İdeal olarak, uzaklaşan uçucuların enerji eş değeri proses için gerekli enerji ihtiyacına eşit olmalıdır. Biyokömür üretim (torrefaction) prosesindeki amaç, nem almama

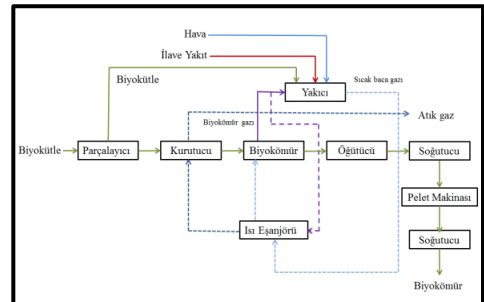
özelliğine sahip biyokömür üretmek ve bu biyokömürü pelet veya briket haline getirerek dış ortam koşullarına dayanacak şekilde depolayabilmektir. Üretici açısından biyokömürün ekonomisi, düşük maliyetli hammadde tedarikine çok bağlıdır. Günümüzde ticari olarak biyokömür üretimi önemli ölçüde temiz biyokütle kaynağına (odun esaslı) bağlıdır. Bunun da en büyük nedeni, fiyatının düşük ve daha kolay temin edilebilir olmasıdır. Bununla birlikte diğer tarımsal ve hayvansal atıklardan da biyokömür üretimi yapılabilmektedir (Koppejan ve ark., 2012). Ancak bu atıklardan üretilen biyokömürün ticari yakma/gazlaştırma sistemlerinde kullanımı daha sınırlıdır.

2. Biyokömür Prosesi

Şekil 1’de bir biyokömür üretim sisteminde enerji ve kütle dengesi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi prosese giren kütlelerin %30’u, enerjinin ise %10’u çıkışta kaybolmaktadır. Buna karşılık kg başına enerji yoğunluğu artmaktadır. Torrefaction işlemi sonucunda elde edilen ürünün/yakıtın tipik bazı özellikleri şunlardır: kırılmandır, öğütme direnci %70-90 oranında daha düşüktür, nem oranı ~%3’tür, su buharı (nem) ve uçucuların bir kısmı yakıttan uzaklaştırılmıştır, kütlesi orijinal kütleyle göre %20-30 oranında azalmıştır, yakıt proses öncesindeki enerjisinin %90’ını muhafaza eder, enerji yoğunluğu giriş yakıtına göre %30-40 oranında daha yüksektir. Biyokömürleşme ile yakıt nem tutma (hydrophilic) özelliğini kaybederek nem almaz (hydrophobic) hale dönüşür. Hafif uçucu maddelerin biyokütleden uzaklaşması ile biyokömür daha az oksijen içerir. Biyokömürün ısı değeri 19 MJ/kg değerlerinden 21-23 MJ/kg değerlerine ulaşır, hatta komple bir devolatization ile yani mangal kömürüne dönüşmesi durumunda ise 30 MJ/kg değerlerine ulaşabilir. Ancak, bu avantajlarına rağmen biyokömür üretim teknolojilerinin gelişmesindeki en önemli teknik problem: procesten çıkan gazın kullanımı ve kirliliği, kapasitenin istenildiği gibi artırılmaması, ürün kalitesinin tutarlılığı, ısı entegrasyonunun zorluğu, farklı yakıtlara uygulanabilirlik olarak verilmektedir. Uygulanan sistemlere göre, reaktör tasarımında çeşitli farklılıklar olmakla birlikte, temel olarak biyokömür kurutma, biyokömür üretme, soğutma, peletleme ve ısı entegrasyonundan oluşan biyokömür üretim sistemi Şekil 2’de verilmiştir (Batidzirai ve ark., 2013).



Şekil 1. Biyokömür prosesinde enerji ve kütle dengesi



Şekil 2. Tipik bir Biyokömür üretim şeması

Şekil 2’den de görüldüğü gibi biyokömür üretim tesisinde biyokütle önce kurutmaya tabi tutulmaktadır. Burada yüksek nemli biyokütle %10-15 nem içeriğine kadar kurutulmaktadır, Kurutucudan çıkan biyokütle biyokömür üretim sistemine (torrefaction) girmekte ve burada biyokütleyle bağlı olarak 250-350 °C sıcaklık aralığına kadar oksijensiz ortamda ısıtılmakta ve biyokömür üretilmektedir. Bu esnada uçucularının bir kısmı geri kalan su buharı ile biyokütleden uzaklaştırılmaktadır. Üretilen biyokömür, daha sonra hızlı bir soğutma sisteminden geçirilerek ortam sıcaklığına kadar soğutulmaktadır. Bu esnada da biyokömürün dış atmosferle temas etmemesi gerekmektedir.

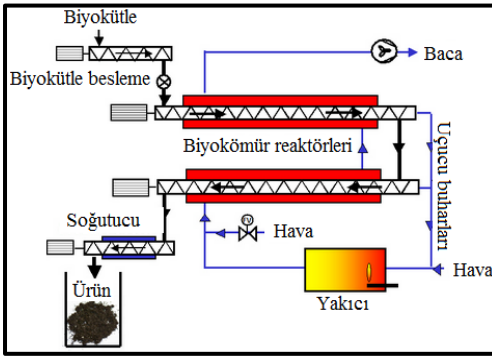
Kurutma ve biyokömür üretim prosesi için gerekli enerji çeşitli yollar ile sağlanabilmektedir. Isı transferi açısından biyokütle parçacıkları ile yanma gazları arasında direkt ısı değişiminin sağlanması oldukça etkin bir yöntem olup harici bir ısı değiştiricisi gerektirmez. Ancak bu yöntemin sakıncası yanma gazları içerisinde bulunacak oksijenden dolayı bir miktar karbon kaybı yaşanmasıdır. Bu nedenle direkt yöntem sadece kurutma prosesi için uygun bir yöntem iken biyokömür prosesinde endirekt yöntem tercih edilmektedir (Koppejan ve ark., 2012).

Kurutma prosesi için gerekli ısının biyokömür prosesinden gelen gazlardan (uçucu madde ihtiva eden-uçucu gaz) sağlanması yöntemi, arada bulunacak ısı dönüştürücüsüyle ısı kaybı yaratılması durumunda bile verimli bir seçenektir. Böylece, reaktör içerisinde oksijen miktarı artışı önlenmektedir. Ancak bu metotta dikkat edilmesi gereken husus biyokömür gazının içerisinde bulunan katran buharlarının yoğunlaşarak boru cidarlarına yapışmamasını sağlamaktır. Bunun için gazın yeterli sıcaklıkta tutulması uygun bir yöntemdir. Biyokömür gazının direkt olarak dolaştırılması ise, organik hidrokarbonlar (fenol, furfural) ve asitlerin (formik asit, asetik asit) konsantrasyonunu artırılabilir, bu da daha çok katran oluşumu ile sonuçlanabilir. Dolayısı ile gaz akımındaki katranların belirli zamanlarda test edilerek gaz içerisinden uzaklaştırılması dikkate alınması gereken bir durumdur.

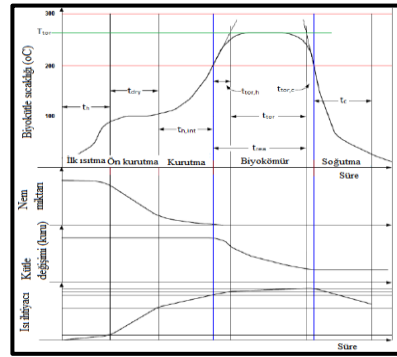
Bir diğer yöntem ise, biyokömür üretim gazlarının bir yakıcıda yakılarak elde edilen süperkritik buharın proses ısısı olarak kullanılmasıdır. Direkt kullanılması durumunda buharın taşıdığı ısı endirekt ısıtmalı sistemlere göre çok daha verimli bir şekilde biyokütleyle aktarılabilmektedir. Ancak bu durumda çıkan gaz akışındaki buharın bulunması ve bu buharın bir kısmının reaktördeki biyokütleyle karışması çözülmesi gereken önemli bir problem olmaktadır. Bu da tasarımın kompleksliğine neden olacaktır. Buharın endirekt olarak kullanılması durumunda ise, yanma gazlarında olduğu gibi ısı aktarımının yapıldığı reaktör duvarlarında sıcak noktaların ve charın oluşma riskini artırmaktadır (Koppejan ve ark., 2012).

Ekonomik ve verimli olması bakımından uçucu gazların hem kurutma hem de biyokömür üretimi için gerekli yeterli enerjiyi sağlayabilmesi için biyokömür üretim tesisinin doğru bir şekilde tasarlanması ve çalıştırılması gerekmektedir. Bununla birlikte, biyokütlenin nem içeriğine ve biyokömürleşme derecesine çok kuvvetli bir şekilde bağlıdır. Biyokütle, biyokömür reaktörüne girmeden önce kurutulmalıdır. Çünkü reaktöre biyokütle ile giren nem, süreç sürecince uçucu

madde gazına da karışacağından bu gazların yakılması adyabatik alev sıcaklığının düşmesine neden olacaktır. Şekil 3'te BTG tarafından önerilen bir biyokömür üretim sistemi şematik olarak verilmiştir [BTG, 2014]. Bu sistemde kurutucu ve biyokömür reaktörü olmak üzere iki reaktör bulunmaktadır. Kurutucu ve biyokömür reaktöründen gelen uçucu gazlar ilave bir yakıt ile bir yakıcıda yakılmakta, oluşan yanma gazları ile de reaktörler endirekt olarak ısıtılmaktadır. Genellikle ticari biyokömür üretim sistemleri bu prensiple çalışmakta olup reaktör tasarımları farklı olabilmektedir. Şekil 4'te biyokömür prosesinde gerçekleşen sıcaklık dağılımı verilmiştir (Schorr ve ark., 2012). Şekilden de görüldüğü gibi biyokömürleşme prosesinde; önce ilk ısıtma, ön kurutma, kurutma, biyokömür ve soğutma adımları gerçekleşmektedir.



Şekil 3. Örnek bir biyokömür üretim sistemi



Ayrıca, vidalı pnömatik taşıyıcılarda tıkanmalara neden olur: Bu da ayrı bir problemdir. Nemli biyoküteller, örneğin hayvan gübresi veya çamurlar direkt olarak biyokömür üretimi için çok uygun değildir. Bu tip atıkların, biyokömür prosesinden önce neminin %75'lerden %15-40'lara kadar düşürülmesi gerekmektedir. Bu da kurutma için ilave bir maliyet veya yeni bir proses yaklaşımı getirecektir. ECN (Hollanda), TorWASH olarak adlandırdıkları yeni bir teknoloji ile bu tür biyokütellerin biyokömürü üzerine çalışma yapmaktadırlar (Koppejan ve ark., 2012). Bu proses çok nemli biyoküteller için uygun bir yöntem olmasına rağmen, bu teknoloji halen geliştirme safhasında olup teknik ve ekonomik olarak henüz uygun bir çözüm değildir. Biyokütlenin bir enerji taşıyıcısı olarak biyokömür olarak kullanılması bu biyokütleyi farklı proseslerde kullanan (yani kâğıt MDF ve fiber sanayi) sanayi ihtiyaçları ile kıyaslandığında oldukça pahalı bir yöntem olarak görülebilir. Boya ihtiva eden kullanılmış biyokütellerin biyokömür üretiminde kullanılması durumunda proses sonucunda ağır metal emisyonları açığa çıkmaktadır. Bu da ilave gaz arıtma sistemi ihtiyacı demektir. Teknolojik problemlerle beraber bu tür çevresel kısıtlar da, bu yakıtların biyokömür üretim sistemlerinde kullanılmasının önündeki engellerden birisidir. Çok farklı özellikteki biyokütle malzemesi (bunların içerisinde odunsu, otsu, meyveli ve sucul biyoküteller de dâhil) için, çok geniş bir sınıflandırma (ISO Teknik Komite 238) ve özel bir matris (ISO 17225-1 Standart) sistemi geliştirilmiştir. Ayrıca ISO/TC 238 kapsamında, biyokömür ürünleri için özel test metotları ve kalite standartları geliştirilmektedir.

Ürünün istenilen özellikleri: Biyokömürün ticari değeri olabilmesi için verilen standartlara uygun olarak üretilmesi büyük önem taşımaktadır. Biyokömür üretimi ile yüksek kaliteli bir yakıt üretimi amaçlanır. Bu yakıtın karakteristik özellikleri kömür ile benzer özellik taşımaktadır. Çizelge 1'de çeşitli yakıtların özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Biyokömürün ısı değeri, nemin ve bazı organik bileşiklerin uzaklaşması ile artmaktadır. Mangal kömürü ile biyokömür arasındaki fark ise uçucu madde miktarı ile ilgilidir. Biyokömür üretiminde, uçucu maddeler mümkün olduğu kadar yakıt içerisinde kalacak şekilde korunmaktadır.

Çizelge 1. Biyokütle kömür yakma sistemleri için yakıt özellikleri (Kleinschmidt, 2010).

	Odun	Odun peleti	Biyokömür peleti	Mangal kömürü	Kömür
Nem miktarı (% Ağ.)	30-45	7-10	1-5	1-5	10-15
Alt ısı değeri (MJ/Kg)	9-12	15-18	20-24	30-32	23-28
Uçucu madde (% kb)	70-75	70-75	55-65	10-12	15-30
Sabit karbon (kb)	20-25	20-25	28-35	85-87	50-55
Yığın yoğunluğu (kg/l)	0,2-0,25	0,55-0,75	0,75-0,85	0,20	0,8-0,85
Enerji yoğunluğu (GJ/m³)	2,0-3,0	7,5-10,4	15,0-18,7	6-6,4	18,4-23,8
Toz	Orta	Sınırlı	Sınırlı	Yüksek	Sınırlı
Su tutma özelliği	Nem alır	Nem alır	Nem almaz	Nem almaz	Nem almaz
Biyolojik bozulma	Var	Var	Yok	Yok	Yok
Ufalanma	Zayıf	Zayıf	İyi	İyi	İyi
Yükleme boşaltma	Özel	Özel	İyi	İyi	İyi
Kalite değişkenliği	Yüksek	Sınırlı	Sınırlı	Sınırlı	Sınırlı

Çizelge 1’de görüldüğü gibi, biyokömür üretimi ile biyokütlenin ısı değeri önemli ölçüde artmaktadır. Biyokömür ticari uygulamalarda taşıma, nakliye, yükleme, boşaltma, depolama açısından pelet haline getirilmektedir. Bu da enerji yoğunluğunun önemli ölçüde artmasına neden olmaktadır. Bu da nakliyede (hem kamyon hem de gemi ile) ve depolamada önemli bir maliyet avantajı getirmektedir. Peletleme prosesi, daha az toz emisyonlarına neden olduğu için biyokömür peleti, pnömatik olarak da kolaylıkla depolama alanlarına, pulverize kömür sahalarına veya çekiçli kırıcılara kolayca transfer edilebilmekte, nem ve bozulmaya karşı odun parçaları ve pulverize kömüre göre daha dayanıklı olmaktadır. Biyokömür peleti için yeterli güvenlikte veri olmamasına rağmen, bu peletlerin enerji yoğunluğunun 15-18 GJ/m³ seviyelerine çıktığı tahmin edilmektedir. Bu değer normal peletlerde 8-10 GJ/m³ civarındadır. Peletlenmiş biyokömür daha az hacim içerdiğinden taşınması, doldurulup boşaltılması, nakliyesinin daha kolay olacağı bir gerçektir. Ayrıca, peletlenmiş biyokömürün enerji yoğunluğu da yüksek olacağından odun peleti ile karşılaştırıldığında aynı enerji üretimi için daha az bir kütleye ihtiyaç duyulacaktır. Bu iki durumda da, güç santralleri için depolama ve işlemede önemli bir maliyet avantajı sunacaktır. Diğer bir önemli faktör de, biyokömürün su geçirmeme özelliğidir. Bu özellik biyokömürün çürüme ve bozulmaya karşı daha dayanıklı olmasını sağlar. Biyokömür kırılıgandır. Orijinal odunsu biyokütle ile karşılaştırıldığında, biyokömürde %50-85 oranında daha az bir enerji tüketimi ile öğütülebilirlik gerçekleşebilmektedir.

3. Torrefaction Reaktörleri

Farklı uygulamalar için geliştirilmiş birçok teknoloji biyokömür uygulamaları için de modifiye edilmiştir. Saman gibi çok küçük partiküllü biyokütle için uygun olan sistemlerin yanı sıra daha büyük partiküllü biyokütleler için de uygun olan sistemler vardır. Teknoloji seçiminde yakıtın karakteristik özelliklerinin önemli bir etkisi vardır. Birçok biyokütle, biyokömür üretim sistemine girmeden önce bir ön işleme (parça küçültme, kabuk soyma, eleme, vs. gibi) tabi tutulurlar. Tüm bu ön işlemler, işletme gideri kadar ilk yatırım maliyeti üzerine de etki etmektedir. Ticari olarak en çok kullanılan biyokömür üretim sistemleri; döner tamburlu reaktör (rotary drum), helezon tip reaktör, çok katmanlı fırın tip reaktör (multiple hearth furnace), torbed reaktör, kompakt sabit yatak reaktör, bantlı sistem, mikrodalga sistem ve akışkan yataktır.

Döner Tamburlu Reaktör (Rotating Drum):

Döner tamburlu biyokömür üretim sistemi sürekli çalışan (dönen) bir sistem olup, birçok uygulama için kanıtlanmış bir teknolojidir. Reaktör içerisindeki biyokütle, direkt ya da endirekt yolla ısıtılır. Proses; sıcaklık, dönme hızı, reaktör geometrisi ile kontrol edilir. Tamburun dönmesi, yatak içerisindeki partiküllerin daha iyi karışmasına ve daha iyi ısı transferine neden olur. Buna karşılık, duvarlarda oluşan sürtünme küçük partiküllerin artmasına yani biyokütlenin parçalanmasına da neden olur. Döner tamburlu sistemlerde

kapasite büyütme sıkıntısı vardır. Dolayısı ile daha büyük kapasiteler için modüler sistemler gerektirir (Şekil 5).

Helezon Tip Reaktör:

Helezonlu reaktör sisteminde biyokömür üretimi sürekli bir sistem olup, burada tek ya da ikili helezon ile biyokütle reaktör içerisinde taşınmaktadır. Helezonlu sistemler hem yatay hem de dikey uygulamalar için kanıtlanmış sistemlerdir. Isı transferi, helezon borusunun dışındaki boru ile indirekt olarak gerçekleştirilir. Endirekt ısıtmanın en büyük dezavantajı, sıcak yüzeylerin oluşması ve burada karbon birikmesidir. Yatakta kalma süresi reaktörün boyuna ve dönme sayısına bağlıdır. Ucuz ve basit bir sistem olup boyut büyütme sınırlı olmaktadır (Şekil 6).

Çok Katmanlı Fırın Tip Reaktör (Multiple Hearth Furnace):

Sürekli beslemeli bir reaktör olup, birçok uygulama için kanıtlanmış bir teknolojidir. Her bir katman 220 °C' den 300 °C sıcaklığa kadar farklı sıcaklık değerlerine sahiptir. Biyokütle en üst katmana girer, burada kurutma başlar, daha sonra mekanik bir sistemle alt katmana düşer, burada sıcaklık daha yüksektir. Her bir katman bağımsız ve direkt olarak gaz brülörü veya buhar ile ısıtılır. Bu teknoloji çok geniş bir boyut aralığına sahip, çok çeşitli biyoküteller için (saman, odun parçaları vs.) uygun bir teknolojidir. En üst tabakadan biyokömür çıkışına (en alt tabaka) kadar geçen süre, yaklaşık 30 dakikadır (Şekil 7).

Torbed reaktör:

Torbed reaktör, yakma sistemleri dâhil çok farklı uygulamalar için kanıtlanmış bir teknolojidir. 5-7 m çapa kadar kesikli veya sürekli beslemeli olarak tasarlanabilmektedir. Torbed reaktörde, ısı taşıyan medya, yüksek hızda aşağıdan yukarıya doğru gönderilir (50-80 m/s). Reaktör içerisindeki biyokütle parçacıklarının sabit ve açılı kanatlar vasıtasıyla dikey ve yatay yönde hareket etmelerine neden olur. Böylece çok iyi bir ısı transferi ile 80-100 saniye içerisinde biyokömürleşme sağlanır. Bu da daha küçük reaktör hacmi imkânı sağlar. Ancak bu teknoloji parçacık boyutuna çok bağlıdır (Şekil 8).

Kompakt sabit yatak reaktör:

Sürekli beslemeli bir reaktör olup, kapalı bir reaktör hacmine biyokütlenin üstten gönderilerek aşağıya doğru hareket etmesi sağlanır. Isı taşıyıcı gaz ise reaktöre alttan girerek yukarıya doğru hareket eder. Reaktörde hareketli parça olmaması büyük avantajdır. Reaktörün altından biyokömür alınarak soğutmaya gönderilir. Proses sıcaklığı 300 °C ve reaktörde kalma süresi 30-40 dakikadır (Şekil 9).

Bantlı Sistem:

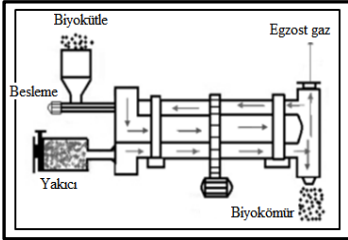
Biyokütle kurutma için çok iyi bilinen bir teknolojidir. Biyokütle parçacıkları hareketli bir bant üzerinden geçirilirken, sıcak gazlar ile direkt temasa geçerek kurutma ve biyokömürleşme gerçekleşir. Birden fazla bant kullanılarak, biyokütle materyaller bu bantlardan geçirilir. Çok iyi bir karışım sağlanarak homojen bir ürün üretilir. Bant hızı değiştirilerek biyokütlenin yatakta kalma zamanı ayarlanır. En büyük dezavantajı katran ve küçük parçacıklardan dolayı bant yüzeylerinde ve boşluklarda birikme/tıkanma

olmasıdır. Çok düşük yoğunluktaki biyokütle için uygun bir teknoloji değildir. Sıcaklık kontrolü de zordur. İlk yatırım bedeli düşük olmasına rağmen büyük yüzey alanlarına ihtiyaç duyar ve boyut büyütme potansiyeli sınırlıdır (Şekil 10).

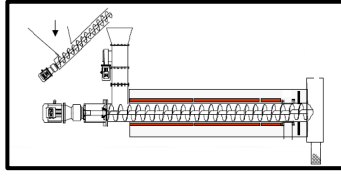
Akışkan yatak: Kanıtlanmış teknoloji olup, çok iyi bir ısı entegrasyonuna sahiptir. Isı transfer özelliği oldukça gelişmiştir, kapasite artırımı kolaydır, yüksek ısıtma hızlarına sahiptir (Şekil 11).

Mikrodalga reaktörü:

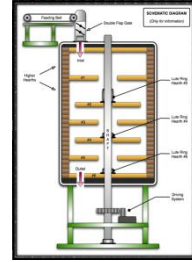
Biyokütleden biyokömür üretimi için denenmiş alternatif bir teknolojidir. En büyük dezavantajı, mikrodalga için yüksek elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmasıdır.



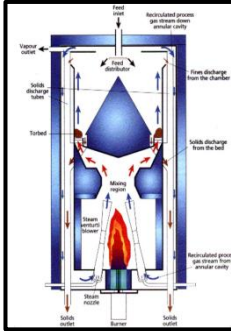
Şekil 5. Döner tamburlu reaktör



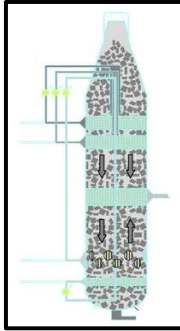
Şekil 6. Helezon reaktör



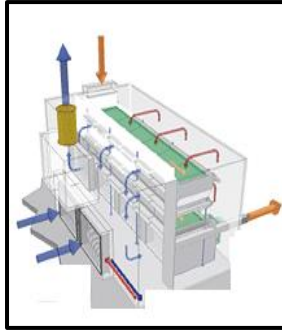
Şekil 7. Çok katmanlı reaktör



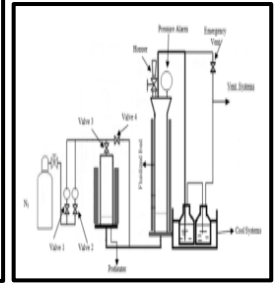
Şekil 8. Torbed reaktör



Şekil 9. Sabit yatak



Şekil 10. Bantlı kurutucu



Şekil 11. Akışkan yatak

Çizelge 2’de, bu biyokömürleşme sisteminde kullanılan bazı teknolojiler karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 3’te ise, ticari olarak biyokömür üreten firmalar ve kullandıkları teknolojileri verilmiştir.

Çizelge 2. Biyokömür üretim sistemlerinin karşılaştırılması

Teknoloji	Endirekt Isıtma	Direkt ısıtma	Kamıtlanmış Teknoloji	Kapasite Büyütme	Yüksek Isı transferi	Sıcaklık Kontrolü	Küçük Partiküllere uygunluk	Büyük Partiküllere uygunluk
Döner fırın	X	X	X					X
Sabit yatak		X			X			X
Helezon reaktör	X		X					X
Çok katmanlı		XX	X	X	X	X	X	X
Akışkan yatak		X	X	X	X		X	
Mikrodalga	X	X			X	X		X

Çizelge 3. Ticari biyokömür üreten firmalar

Reaktör teknolojisi	Firmalar
Döner tamburlu reaktör	CDS (UK), Torr-Coal (NL), BIO3D (FR), EBES AG (AT), 4 Energy Invest (BE), BioEndev/ETPC (SWE), Atmosclear S.A. (CH), Andritz, EarthCare Products (USA)
Vidalı (screw) reaktör	BTG (NL), Biolake (NL), FoxCoal (NL), Agri-Tech Producers (USA)
Herreshoff oven/Multiple Hearth Furnace (MHP)	CMI-NESA (BE), Wyssmont (USA)
Torbed Reactor	Topell (NL)
Mikrodalga reaktör	Rotawave (UK)
Kompact moving bed reaktör	Andritz/ECN (NL), Thermya (FR), Buhler (D)
Belt Dryer	Stramproy (NL), Agri-Tech Producers (USA)
Sabit Yatak reaktör	New Earth Eco Technology (USA)

4. Biyokömürün Kullanım Alanları

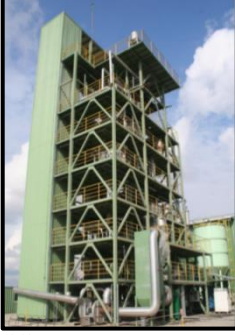
Biyokömür, yakıt olarak birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bunlardan başlıcaları; pulverize kömür yakan santrallerde kömür ile birlikte yakılması, çimento fırınlarında yakıt olarak kullanılması, pulverize kömür ile çalışan sürüklemeli akış gazlaştırma sistemlerinde kömür ile birlikte gazlaştırılması, özel tasarımı biyokömür peleti yakan yakıcılarda kullanılmasıdır. Biyokömürün yukarıda da belirtildiği gibi, birçok uygulaması olmakla birlikte yapılan çalışmalar hala sınırlı düzeyde kalmıştır. Yakıtların yanmasına birçok faktör etki etmektedir. Bunlar; ısı değeri, nem ve kül miktarı, reaktivite ve parçacık boyutudur. Biyokömürün ısı değeri hemen hemen kömüre yakın olup aynı zamanda oldukça kuru bir yakıttır (% 5 veya daha az nem). Kömüre kıyasla daha az kül (% 0.7-5 kb) içerir ve daha yüksek bir reaktiviteye sahiptir. Kömürle birlikte, biyokütle yakılması durumunda % 10-15 olan biyokütle oranı, biyokömürde % 50' lere çıkabilmektedir (<http://mydocs.epri.com>). Biyokömür, kazan içerisindeki sıcaklık profili değişimini çok az etkilemektedir. Proses kontrol sistemlerinin yardımıyla da, kazan veriminde bir bozulma olmadan işletme optimize edilebilmektedir. Biyokömürün yanma davranışlarının belirlenmesine yönelik deneysel veri içeren sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Vakkilainen, 2011). Kömüre dayalı mevcut eski sistemler tamamen pulverize yakıtı uygun tasarlanmış sistemler olup, nemli ve heterojen boyut dağılımına sahip biyokütle kullanımına uygun değildir. Bu sistemlerin biyokütleyle de

uygun şekilde modifiye edilmeleri de çok zordur. Bu tür sistemlerde temiz biyokütleden üretilen biyokömürün, kömür ile birlikte emisyon limitlerinin içinde yakılması (co-firing) daha kolaydır. Atıktan (atık odun, yol kenarlarındaki çimen vs. gibi kirli yakıtlardan) üretilen biyokömürün kömür ile birlikte yakılmasında da, curuflaşma, birikme, korozyon gibi atık biyokütleden gelecek sorunlar devam edecektir. Genelde enerji üreticileri bu problemler nedeniyle temiz odun yakıtından üretilen biyokömürü tercih etmektedir. Biyokömür; düşük nem miktarı, çok iyi öğütülebilme özelliği, uygun C/H/O oranlarıyla aynı zamanda çok iyi bir gazlaştırma yakıtı olma özelliğine de sahiptir. Biyokütle, gazlaştırma sistemlerinde iyi bir işletme için, farklı boyut ve nem içeriği nedeni ile sıkıntılı bir yakıt olabilmektedir. Fakat, ekonomik olarak üretilmesi durumunda pelet haline getirilmiş biyokömür, uygun fiziksel ve kimyasal özellikleri ile gazlaştırma sistemlerinde bu problemlerin önlenmesini sağlayabilecektir. Gazlaştırma sonucu oluşan gaz, normal biyokütleyle göre daha yüksek H_2 ve CO içerecektir. Bu durum gazın ısı değerini ve sistem verimini artırmaktadır. Ayrıca, gaz içerisinde katran miktarının da, normal biyokütle gazlaştırmasına göre daha az olması beklenmektedir. Biyokömür özellikle sürüklemeli akış (entrained flow) gazlaştırma sistemleri için öğütülebilir özelliği nedeni ile de çok önemli bir yakıttır. Bu kapsamda birçok Ar-Ge çalışması yapılmaktadır.

5. Oksi Yanma Projesi

Kömür yakan enerji üretim sistemlerinde yanma verimini yükseltmeyi ve açığa çıkan CO₂ ve diğer emisyonları düşürmeyi sağlayabilecek teknolojilerden biri, yanmanın oksijence zengin ortamda (oksi yanma; oxy-combustion) gerçekleştirilmesidir. Yanma daha yüksek oksijen oranlarına sahip hava ile yapıldığından, yanma verimleri daha yüksek olmaktadır. Bunun yanı sıra, baca gazı belli oranlarda yakıcıya geri döndürülmesi ile emisyonların kontrolünde de bir avantaj sağlanabilmektedir. Bir diğer teknoloji de, kömüre benzer özellikler gösteren biyokömür ile kömürün birlikte yakılmasıdır. Bu kapsamda, 15 Mart 2014 tarihi itibarı ile yürütmeye başlanan “Dolaşımli Akışkan Yatak Yakma Sisteminde Linyit ve Biyokömürün Oksijence Zengin Ortamda Yakılması - OKSİYANMA” isimli Tübitak 1003 projesinde, hava ve oksijence zengin karışımda kömür ve biyokömürün oksi yanma koşullarının parametrik incelenmesi amaçlanmıştır. Biyokömür üretimi, oksi-yanma ve gaz temizlemeyi içeren projenin ilk bölümünde, iki farklı biyokütle kaynağından biyokömür üretilmektedir. Proje kapsamında düşünülen biyokömür üretim sistemi şematik olarak Şekil 15’ te verilmiştir. İkinci bölümde, kömür ve kömür/biyokömür karışımı, 2007-2012 tarihleri arasında yürütölen TÜBİTAK 1007 projesi (Biyokütle ve Biyokütle/Kömür Karışımlarının Dolaşımli Akışkan Yatakta Yakma Teknolojilerinin Geliştirilmesi) kapsamında kurulmuş dolaşımli akışkan yatak yakma sisteminde yakılacak ve işletme parametrelerinin yanma verimine ve emisyonlara etkisi incelenecektir. Bu sistemler, Şekil 13 ve 14’ te gösterilmiştir. Projenin son bölümünde ise, ortaya çıkacak yanma gazları

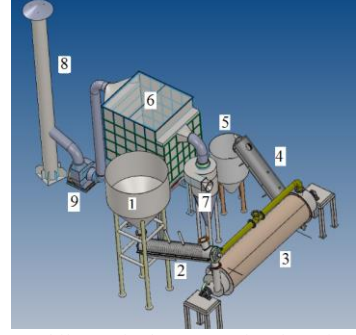
temizlenecektir. Oksijence zengin ortamda gerçekleşen yanma sırasında ortaya çıkan yanma gazlarının hacmi, hava ile yapılan yakmaya göre % 75' e varan oranlarda daha düşük olabilmektedir. Yanma gazlarındaki azalmaya bağlı olarak, ısı kaybı da azalmaktadır. Ayrıca, sisteme beslenen ve ısıtılması gereken azot miktarı azaldığı için yüksek alev sıcaklıklarına ulaşılmaktadır. Ortaya çıkan yanma gazları büyük oranda CO₂ ve su buharından oluşacağı için baca gazlarındaki CO₂' i tutmak daha kolay olacaktır. Yakma sistemine beslenen azot miktarının azalmasından dolayı termal olarak oluşan NO_x emisyonları da daha az olacaktır. Akışkan yatak-oksi yakma teknolojisinde, kireç taşı kullanılarak yanma sırasında SO₂ tutularak emisyonlar düşürülmektedir.



Şekil 13. Pilot DAY sistemi
750 kWth)



Şekil 14. Lab DAY sistemi
(30 kWth)



Şekil 15. Biyokömür üretim sistemi
şematik

6. Sonuç

Termal yakma ve gazlaştırma sistemlerinde kömür ve biyokütlenin birlikte kullanılmasında, biyokütlenin biyokömür haline getirilerek değerlendirilmesi büyük avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada biyokömür ve biyokömür üretim prosesleri tanıtılmış ve biyokömürün kullanım imkânları tartışılmıştır. Ekonomik olarak temiz biyokütle kaynaklarından biyokömür üretilebilmesi durumunda, bu yakıtın ciddi bir ekonomik değeri olacaktır. Türkiye'de TÜBİTAK 1003 projesi kapsamında desteklenen bir proje ile Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde kurulacak olan biyokömür üretim tesisi ile uygun işletme parametrelerinde biyokömür üretimi geliştirilecek ve akışkan yatak yakma sisteminde kömür ile birlikte yanma davranışları incelenecektir. Projenin Ar-Ge anlamında önemli bir boşluğu doldurması beklenmektedir.

Kaynaklar

- Kumar, A., Jones, D. D., Hanna, A. M., 2009. Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the Current Status of the Technology, *Energies*, 2, 556-581.
- Batidzirai, B., Mignot, A. P. R., Schakel, W. B., Junginger, H. M., Faaij, A. P. C., 2013. Biomass torrefaction technology: Techno-economic status and future prospects, *Energy* 62, pp. 196-214.
- BTG, 2014. BTG Torrefaction Proses, http://www.btgworld.com/en/rtd/technologies/torrefaction_ (Erişim: Ocak, 2014).

- Schorr, C., Mainonen, M., Nurminen, F., 2012. Torrefaction of Biomass, www.niktech.fi
- Esa, V., 2011. Conversion of biomass to solids torrefaction & pellets & bio-oil, University of Jyväskylä, Optimization of Bioenergy Use, https://koppa.jyu.fi/en/courses/129784/lecture/lecture/Conversion_of_Biomass_to_solids_2012_Vakkilainen.pdf, (Erişim: Aralık 2013).
- Koppejan, J., Sokhansanj, S., Melin, S., Madrali, S., 2012. Status Overview of Torrefaction Technology, IEA Bioenergy Task 32 Final Report.
- Dai, J., Grace, R. J., 2014. Biomass Granular Feeding for Gasification and Combustion, http://www.biocap.ca/images/pdfs/conferencePosters/Dai_J_P1.pdf. (Erişim: Ocak 2014).
- Kleinschmidt, 2010, Overview of International Developments in Torrefaction, Kema Netherland BV, www.kema.com.
- Fernando, R., 2012. Cofiring high ratios of biomass with coal, IEA Clean Coal Centre, No 12/2, <http://www.iea-coal.org.uk/documents/82864/8366/Cofiring-high-ratios-of-biomass-with-coal,-CCC/194>. (Erişim: Ocak 2014)
- TÜBİTAK MAM, ODTÜ, Gama, YGM, OGM, 2012, Biyokütle ve biyokütle/kömür karışımlarının akışkan yatakta yakma teknolojilerinin geliştirilmesi, TARAL 1007, 2007-2012.
- Junsatien, W., Soponpongpiat, N., Phetsong, S., 2013. Torrefaction Reactors, J Sci Technol MSU, Vol 32, No1, January-February 2013, pp 84-91.
- http://mydocs.epri.com/docs/publicmeetingmaterials/1104/73NXUF94JP6/E236228_10_Overview_of_European_Torrefaction_Landscape_Meijer_Apr11.pdf

Teşekkür: Bu alışma, TÜBİTAK ARDEB 1003 Kapsamında desteklenen 213M527 nolu “Dolaşımlı Akışkan Yatak Yakma Sisteminde Linyit ve Biyokömürün Oksijence Zengin Ortamda Yakılması (OKSİYANMA)” projesi kapsamında hazırlanmış olup TÜBİTAK ARDEB’e desteklerinden dolayı çok teşekkür ederiz.

FARKLI KETEN (*Linum usitatissimum* L.) ÇEŞİTLERİNİN BAZI TARIMSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Serkan Yılmaz

Arslan Uzun

Mehmet Erdoğan

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

İletişim: serkanyzm@hotmail.com

Özet: Bu araştırma değişik kaynaklardan sağlanmış olan 10 adet keten çeşiti kullanarak, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak değerlendirilmiştir. Araştırma 2012 yılı Ekim ayında Samsun sahil şartlarında Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Deneme Alanında kurulmuştur. Araştırmada dekara tohum verimi, 1000 Tane Ağırlığı, Bitki Boyu, Yan Dal Sayısı, Teknik Sap Uzunluğu, Kapsül Sayısı ve Kapsülde Tohum Sayısı gibi özellikler incelenmiştir.

Araştırma sonucunda incelenen özellikler bakımından dekara tohum verimi hariç diğer tüm özellikler bakımından çeşitler arasında $p < 0.01$ düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir. Varyans analiz sonucuna göre incelenen özellikler bakımından ortalama olarak bitki boyu 92.94 cm, yan dal sayısı 0.42 adet, teknik sap uzunluğu 69.42 cm, bitkide kapsül sayısı 19.55 adet, kapsül başına tohum sayısı 6.62 adet 1000 tane ağırlığı 7.07 g, ve dekara tohum verimi 153.38 kg/da olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Keten (*Linum usitatissimum* L.), verim, teknik sap uzunluğu

AN INVESTIGATION ON SOME AGRICULTURAL PROPERTIES OF DIFFERENT LINSEED (*Linum usitatissimum* L.) CULTIVARS

Abstract: This research was evaluated according to Completely Randomized Experimental Design with four replications, using a total of 10 linseed cultivars derived from several sources. This research was conducted in the experiment area of Black Sea Agricultural Research Institute under Samsun coastal conditions in October 2012. Some properties such as seed yield per decare, 1000 seed weight, plant height, number of branches per plant, first branching height, capsule number and seed number per capsule were examined.

It was found that there were differences between all of the cultivars at $p < 0.01$ level with respect to whole properties, except for yield per decare. As a result of variance analysis, properties examined such as plant height, number of branches per plant, first branching height, capsule number per plant, seed number per capsule, 1000 seed weight and seed yield per decare were determined as 92.94 cm, 0.42, 69.42 cm, 19.55, 6.62, 7.07 g, 153.38 kg/da; respectively.

Key Words: Linseed (*Linum usitatissimum* L.), yield, first branching height

1.Giriş

İnsan beslenmesi bakımından temel gıda maddelerinden biri olan yağlar, bitkisel ve hayvansal kaynaklardan sağlanmaktadır. Bugün dünyadaki bitkisel yağ üretimi; Soya fasulyesi, ayçiçeği, pamuk çiğidi, kolza, zeytinyağı, palmiye yağı kısmen de olsa mısır bitkisinden ve son yıllarda keten bitkisinden

sağlanmaktadır (Kurt, 2002). Ülkemizin bitkisel yağ sanayimizin ham madde ihtiyacı yurt dışından ithalat yolu ile karşılanmaktadır. Türkiye'nin bitkisel yağ açığı incelendiğinde, son 10 yıl ortalamasına göre yağ tüketiminin % 70'inin ithal tohum ve ithal ham yağdan karşılandığı gözlenmektedir. Yağ açığının 1.6 milyon ton olduğu 2011 yılında 2.3 milyon ton yağlı tohum 1.05 milyon ton ham yağ ithalatına toplam 2.70 milyar dolar döviz ödenmiştir. Ülkemizde Toplam 3.227.588 ton yağlı tohum üretilmiş olup, Keten bunların içerisinde 153.501 ton üretim ile diğer bitkiler içerisinde yer almıştır. Keten yağının doymamış yağ asiti içeriğinin yüksek olmasından dolayı yemeklik olarak tüketimi uygun değildir ama sağlık açısından tohumunu tüketmek çok faydalıdır. Dünyada Keten 2 milyon 339 bin ha alanda ekimi yapılan yağ amacıyla üretilen keten bitkisinden elde edilen yağ miktarı 579 bin ton civarındadır. (FAO, 2009). Ülkemizde ekim alanı 20 ha civarında olan keten üretimi kısmen tohumu kısmende lif elde etmek amacıyla üretimi yapılmaktadır. Keten yağı şu anda yemeklik yağ olarak tüketilmesede, endüstriyel yağ amaçlı olarak boya ve vernik sanayinde tüketilmektedir. Ketenin sanayi alanındaki kullanım alanlarına bakıldığında; kumaş üretiminde ve yemeklik olmayan endüstriyel yağ üretiminde kullanılmakta olup; tarih boyunca gemi yelkeni, çadır bezi, hortum yapımında, gaz maskesi, gemi halatı, muşamba üretimi, boya, sert kontra plak, kağıt, cila ve vernik sanayinde, yağ püresi ve reçine üretiminde kullanıldığı çeşitli araştırmacılar (Carter, 1993; Delorit ve ark., 1984; Schuster, 1992; Kurt, 1996b) tarafından bildirilmiştir. Bugün giderek artan nadas alanlarımızda alternatif yağ bitkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bugün ülkemizde kolza, aspir gibi kışlık olarak üretiminin yapıldığı bitkiler sayesinde kısmen de olsa yağ açığımız kapatılmaktadır. Bazı yağ bitkilerinin kışlık olarak yetişemediği şartlarda yetişebilen atıl kapasite ile çalışan fabrikalarımıza da ham madde sağlayabilmesi açısından, keten (*Linum usitatissimum* L.) bitkisinin de alternatif bir yemeklik yağ bitkisi olarak çok yakın gelecekte tarımsal üretimimizdeki yerini alacağı ümidindeyiz. Bu araştırma ile Samsun ilinde kışlık olarak ekimi yapılan bazı keten çeşitlerinin verim ve verim unsurlarına bakılarak ileride yapılacak olan araştırmalar için bilgi sağlayacağını ümit etmekteyiz.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Denemenin kurulduğu Samsun ili, uzun yıllar yağış ortalamasına göre serin yarı rutubetli, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Yağışın çoğu kış aylarında olup, ilkbahar ve yaz ayları daha az yağışlıdır (Anon., 2012). Deneme yerinin Gelemen lokasyonunun toprak özelliği; 0-30 cm derinliğindeki toprak yapısı kumlu-killi-tınlı yapıda olduğu, pH'sının nötr, tuz içeriğinin çok az, kireçsiz, organik madde miktarı ve N içeriği orta, P ve K bakımından zengin olduğu belirlenmiştir (Anon., 2005). Deneme alanının Çarşamba lokasyonunun toprakları killi-tınlı karaktere sahip olup, reaksiyon bakımından hafif alkali bir

karakter göstermektedir. Toplam tuz ve alınabilir fosfor miktarı az olup, bitki besin elementlerinden, potasyum ve kireç bakımından zengin, organik madde bakımından az düzeydedir (Anon., 2011).

Bu araştırmada bitki materyali olarak; 1 adet yerli tescilli (Sarı-85) keten çeşidi ve 9 adet yabancı orijinli keten (Antares, Flanders, Midin, Nareum, Avangard, McGregor, Olin, Norman, Lirina) çeşitleri kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Araştırma Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Gelemen deneme istasyonlarında 2012 yılı Ekim ayında Tesadüf Blokları Deneme Deseninde 4 tekerrürlü olara yürütülmüştür. Denemede parsel uzunluğu 5 m ve parsel genişliğide 1.60 m olarak ekimler yapılmıştır. Denemede sıra arası mesafe 20 cm olarak ve m²'de 750 bitki olacak şekilde ekim yapılmıştır.

Denemede 10 kg N hesabı ile Kalsiyum amonyum nitrat gübresi yarısı ekimle birlikte kalan yarısını da bitki boyunun 10-15 cm olduğu dönemde uygulanmıştır. Dekara 4.5 kg P (P₂O₅) ve 8 kg K (K₂O) ekim esnasında uygulanmıştır. Deneme yabancı otlarla çapa ve elle mücadele edilmiştir. Hasat kapsüllerin altın sarısı rengi ve kapsüllerdeki tohumların sallandığı dönemde yapılmıştır. Verilerin analizi jump istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitki Boyu

Bitki boyu bakımından yapılan analiz sonucuna göre genotipler arasında farklılık (p<0.01 düzeyinde) tespit edilmiş olup, ortalama bitki boyu 92.94 cm olup en fazla bitki boyu 103.55 cm ile Antares çeşidinden elde edilirken, en az bitki boyu 81.14 cm ile Flanders çeşidinden elde edilmiştir. Ülkemizin tescilli çeşidi olan Sarı-85 keten çeşidinin boyu ise 82.68 cm olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Elde edilen bu değerler Kurt (1996a)'un bulguları (71-104 cm) ile kısmen benzerlik göstermektedir. Uzun (1992), Jain ve ark. (1989), Diri (1996), Yıldırım (1998) ve Akçalıcı ve ark. (2003)'ün belirledikleri değerler (34.6-79.67 cm) ile uyumlu olmadıkları gözlemlenmiştir. Çünkü bu denemedeki materyaller kışlık olarak ekilmişlerdir. Denemede bitki boyu değerlerinin yüksek çıkmasının sebebi sık ekim ve vejetasyon dönemindeki aldığı düzenli yağışlardan kaynaklanmaktadır. Kurt ve ark. (2006)'nın yaptığı araştırma sonucuna göre ortalama bitki boyu değerlerinin 97.08 cm ile 78.50 cm arasında değiştiğini bu değerlerin deneme değerleri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 1. Farklı keten genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin analiz sonucu

Çeşitler	Bitki Boyu (cm)	Teknik Sap Uzunluğu (cm)	Yan Dal Sayısı (adet)	Bitkide Kapsül Sayısı (adet)	Kapsülde Tane Sayısı (adet)	1000 Tane Ağırlığı (g)	Verim (kg/da)
Sarı 85	82.68 f	60.15 d	0.58 ac	27.35 ab	6.46 cd	6.07 c	184.35 a
Flanders	81.14 f	64.23 cd	0.52 ac	16.83 cd	7.23 ab	7.80 a	167.75 ab
Midin	95.16 cd	74.23 b	0.73 a	17.67 cd	6.73 bd	6.46 bc	166.67 ab
Nareum	96.05 bc	73.40 b	0.25 d	18.50 cd	6.85 bc	6.73 ac	163.63 ac
Avangard	89.38 e	60.55 d	0.24 d	29.31 a	5.30 e	7.23 ab	160.88 ac
Mcgroger	92.78 d	70.16 bc	0.39 cd	11.23 d	6.53 cd	5.30 d	147.28
Olin	98.64 b	70.47 bc	0.23 d	20.45 c	6.90 bc	6.53 ac	146.28
Norman	91.97 de	64.04 cd	0.63 ab	20.75 bc	6.03 d	6.85 ac	138.28
Lirina	93.13 cd	75.58 b	0.28 d	16.28 cd	7.80 a	6.03 d	137.47 cd
Antares	103.55 a	87.38 a	0.43 bd	17.63 cd	6.07 d	6.90 ac	130.63 d
Ortalama	92.94	69.42	0.42	19.55	6.62	7.07	153.38
Prob	**	**	**	**	**	**	*
CV (%)	2.18	6.99	29.04	19.85	6.8	3.96	11.31
LSD	2.97	7.72	0.22	6.35	0.72	0.41	25.38

**p<0,01 düzeyinde istatistiki olarak önemli, * p<0.05 düzeyinde istatistiki olarak önemli

3.2. Teknik Sap Uzunluğu

Liflik kalitesi için önemli bir özellik olan teknik sap uzunluğu bakımından yapılan analiz sonucuna göre çeşitler arasında ($p<0.01$ düzeyinde) farklılık tespit edilmiş olup çeşitler arasında çok önemli farklılık belirlenmiştir. Çeşitler arasında en fazla teknik sap uzunluğu değeri Antares çeşidi verirken (87.38 cm), en az teknik sap uzunluğu Sarı-85 çeşidinden (60.15 cm) elde edilmiştir. Elde edilen değişim aralığı Kurt (1996a)'un buldukları değerler (Sırasıyla 39.97-42.11cm ve 36.8-73.7 cm) ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada en az teknik sap uzunluğuna sahip olan Sarı-85 keten çeşidinde de sık ekim normunda liflik özellik gösterdiği, Eripek (1995)'nin belirttiği liflik bitkininin sahip olacağı boyutlarda olacağını belirtmiştir. Ayrıca Karadeniz bölgesinde sahil kesiminde liflik için yapılacak üretim çalışmalarında daha sık ekim normunun tercih edilmesi halinde daha da kaliteli lif elde edilebileceği tahmin edilmektedir.

3.3. Yan Dal Sayısı

Yan dal sayısı bakımından yapılan analiz sonucuna göre çeşitlerin ortalama yan dal sayısı 0.42 adet/bitki olarak tespit edilmiştir. Yapılan varyans sonucuna göre çeşitler arasında ($p<0.01$ düzeyinde) farklılık belirlenmiştir. En fazla yan dal sayısı 0.73 adet/bitki ile Midin çeşidinden elde edilirken, en az yan dal sayısı 0.28 adet/bitki ile Lirina çeşidinden elde edilmiştir. Yılmaz ve ark. (2013)'nın yürüttüğü araştırma sonucuna göre; ortalama yan dal sayılarının 0.10-3.01 adet/bitki arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Keten bitkisi sık ekildiğinde dallanma özelliğini göstermemektedir. Çünkü sık ekilen bitkilerin yan dal çıkarma alanı kısıtlı olduğu için bitkiler boyuna uzamaktadırlar.

3.4. Bitkide Kapsül Sayısı

Bitkide kapsül sayısı bakımından yapılan varyans analiz sonucuna göre çeşitlerin ortalaması 19.55 adet/bitki olarak tespit edilmiş olup, çeşitlerin ortalamaları arasında $p<0.01$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Çeşitlerin bitkide kapsül sayıları 17.63 adet/bitki ile 29.31 adet/bitki arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler Yılmaz ve ark. (2013)'nın yaptıkları araştırma sonuçları ile kısmen uyuyurken (6.89-57.96 adet/bitki), Yılmaz (2002) ve Kurt (1996a)'un (20.00-52.41 adet), Can (1999)'ın (42.80-78.70 adet) bulduğu değer aralıkları ile uyuşmamaktadır.

3.5. Kapsülde tane sayısı

Çizelge 1 incelendiğinde yapılan varyans analiz sonucuna göre kapsülde tane sayısı bakımından genotipler arasında farklılık ($p<0.01$ düzeyinde) belirlenmiştir. Çeşitlerin ortalamasının 6.62 adet/bitki olduğu çalışmada, en fazla kapsülde tane sayısı 7.80 adet ile Lirina çeşidinden elde edilirken, en az 6.46 adet ile Sarı-85 keten çeşidinden elde edilmiştir. Bu veriler Kurt (1996b) ve Yıldırım (1998)'in bulguları (3.9-9.6 adet/bitki) ile benzer sonuçları gösterdiği belirlenmiştir.

3.6. 1000 tane ağırlığı

Çizelge 1 incelendiğinde yapılan varyans analiz sonucuna göre bin tane ağırlığı bakımından genotipler arasında farklılık ($p<0.01$ düzeyinde) belirlenmiştir. Çeşitlerin ortalamasının 7.07 g olduğu çalışmada en yüksek 1000 tane ağırlığı 7.80 g ile Flanders çeşidinden elde edilirken, en az 1000 tane ağırlığı 6.07 g ile Sarı-85 çeşidinden elde edilmiştir. Yılmaz ve ark. (2013)'nın yaptığı araştırma sonucuna göre farklı genotipler arasındaki 1000 tane ağırlığının (4.29-7.99 g) arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Yılmaz (2002) ve Can (1999)'ın yaptıkları araştırma sonuçlarına göre ise ortalama 1000 tane ağırlığı değerlerinin 5.12-11.41 g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Araştırmacıların belirledikleri bu değerler ile bu araştırma sonucundan elde edilen değerler birbirine benzerlik göstermektedir.

3.7. Tohum verimi

Tohum verimi bakımında yapılan varyans analiz sonucuna göre çizelge 1 incelendiğinde çeşitlerin ortalama tohum verimi 153.38 kg/da olarak belirlenmiş olup, en fazla tohum verimi 184.35 kg/da ile Sarı-85, en az tohum verimi ise 130.63 kg/da ile Antares çeşidinden elde edilmiştir. Yadav ve ark. (1990) ve Yıldırım (1998)'in yaptıkları araştırma sonucuna göre tespit ettikleri (40-163 kg/da) tohum verimi ile bu araştırmadan elde edilen değerler uyuşmaktadır. Bu çalışmada ekilen çeşitlerin ekim sıklığı liflik ekim normunda olduğu ve

vejetasyon süresi uzun olduğu için dekara tohum verimleri araştırmacılarının buldukları değerlerden biraz daha fazla çıkmıştır.

İncekara ve ark. (1983), tane verimine; genetik ve çevre koşullarının etki ettiğini, tane verimi üzerine çevre etkisinin değişkenlik katsayısının %28.79; kalıtımın değişkenlik katsayısının da %9.37 olduğunu tespit etmişlerdir. Nitekim Reddai ve Singh (1994) ve Diri (1996)'nın yaptığı çalışmalar buna örnek gösterilebilir. Bu çalışmalarda gösteriyorki tane verimine etki eden birçok faktör bulunmaktadır.

4. Sonuç

Ketende liflik karakter olarak incelenen teknik sap uzunluğu bakımından en fazla değeri Antares çeşidi verirken (87.38 cm), Samsun sahil şartlarında kışlık ekimlerde en az teknik sap uzunluğuna sahip Sarı-85 çeşidinin (60.15 cm) de liflik özellik gösterdiği ve Eripek, (1995)'nin ifadeleri ile uyduğu anlaşılmaktadır. Keten bitkisinin farklı kullanım alanlarının olması, (sağlık, boya sanayi, enerji bitkisi vs.) nadas alanlarında kullanılabilmesi ve tarımın kolay yapılabilmesi sebebiyle farklı çeşitlerinin, farklı bölgelerde denenerek çeşitlerinin verim ve verim unsurunu etkileyen özellikleri değerlendirme açısından bu araştırmaların yapılmasının ülkemiz ekonomisine katlı sağlayacağı kanaatindeyiz.

Kaynaklar

- Akçalıcan, R.R., Yüce, S., Aykut F., Furan, M.A., 2003. Ketende bazı agronomik özellikler arası ilişkiler. Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi 13-17 Ekim 2003 Diyarbakır.
- Anonim, 2005. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak Analiz Sonuçları, T.S.K.A. Enstitüsü Toprak Bölümü Laboratuvarı, Samsun.
- Anonim, 2011. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak Analiz Sonuçları, T.S.K.A. Enstitüsü Toprak Bölümü Laboratuvarı, Samsun.
- Anonim, 2012. www.samsunmeteoroloji.gov.tr
- Bozoğlu, H., Gülümser, A., 1998. Kuru fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) bazı tarımsal özelliklerin genotip çevre interaksyonları ve stabiliteilerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Turk J. Agri. For. (2000), 24: 211-220.
- Carter, J.F. 1993. Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. Cereal Food World.,38(10),753-759.
- Can, Akçalı, R., 1999. Bazı keten genotiplerinin agronomik ve kalite özellikleri üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), İzmir.
- Delorit, R.J., Greub, L.J., Ahlgren, H.L., 1984. Crop production prentice-Hall, Inc.
- Diri, U.Ö., 1996. Tohumluk miktarı ve azotlu gübre dozlarının ketenin (*Linum usitatissimum* L.) verim ve verim öğelerine etkisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Eripek, S., 1995. Anadolu Üniversitesi Tarla Bitkileri Kitabı, Yayın No:1357.
- FAO, 2009. FAO Statistical Database, www.fao.org.
- Gubbels, G.H., 1978. İnteraction of cultivar and seeding rate on various agronomic characteristics of flax. Canadian Journal of Plant Science, 58: 303-309.

- İncekara, F., Schuster, W., Tuğay, M.E., 1983. Çeşitli yağ bitkilerinin kimi nicelik özelliklerinin kalıtsal yapıya ve çevreye bağlı değişimi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 473, İzmir.
- Jain, V.K., Chauhan, Y.S., Khandekar, M.P., Sharma, R.P., Yadav, M.S., 1989. Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.). Indian Journal of Agronomy, 34(1): 122 – 124.
- Kurt, O., 1996a. Bazı keten çeşitlerinin (*Linum usitatissimum* L.) tohum verimi ve verim unsurları ile bazı tarımsal karakterleri üzerinde bir araştırma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 11(1):87-92.
- Kurt, O., 1996b. Ketenin (*Linum usitatissimum* L.) üretimi ve kullanım alanları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(1): 189-194.
- Kurt, O., 1996c. Bitki gelişmesini düzenleyici bazı kimyasal maddelerin uygulama zamanlarının keten bitkisinde (*Linum usitatissimum* L.) tohum verimi ve verim unsurlarına etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(3): 87-97.
- Kurt, O., 2002. Tarla Bitkileri Yetiştirme Tekniği. OMÜ Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, No: 44, Samsun.
- Kurt, O., Doğan, H., Demir, A., 2006. Samsun ekolojik koşullarına uygun kışlık keten çeşitlerinin belirlenmesi üzerinde bir araştırma. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1): 1-5.
- Readdaih, M., Singh, N.P., 1994. Response of linseed (*Linum usitatissimum* L.) to nitrogen and applications. Field Crop Abstracts, 47: 6662.
- Schuster, W., 1992. Olflagen in Europe, DLG- Verglas – Gmbh, Eschborner Landstrabe, Germany, 122: 102 -107.
- Tarman, M.C., 1944. Türkiye’de Ketenlerin Morfolojik ve Teknolojik Vasıfları ve Bunların Faydalanma İmkanları. Ankara Yük. Zir. Enst Rektörlüğü Yayınları, Sayı:145, Ankara.
- Uzun, Z., 1992. Ketende ekim zamanı ve ekim sıklığının verim ve verim öğelerine etkisi. A.Ü. Z. F. Tarla Bitkileri Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yadav, L.N., Jain, A.K., Singh, P.P., Vyas, M.D., 1990. Response of linseed to nitrogen and phosphorus app. Indian Journal of Agronomy, 35(4): 427-428.
- Yıldırım, M.U., 1998. Yabancı kökenli keten (*Linum usitatissimum* L.) çeşit ve populasyonlarının bazı bitkisel özellikleri. A.Ü.Z.F. Tarla Bitkileri Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yılmaz, S., 2002. Bitki büyüme düzenleyicisi ve azot uygulamasının keten (*Linum usitatissimum* L.)’in verim ve verim unsurları ile bazı tarımsal ve teknolojik özelliklerine etkileri üzerinde bir araştırma. O.M.Ü. T.B.B, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Yılmaz, S., Uzun, A., Erdoğan, M., 2013. Farklı keten genotiplerinin farklı çevre şartlarında bazı tarımsal özelliklerinin incelenmesi. 10. Tarla Bitkileri Kongresi, Konya.

İŞLENMİŞ ÇAY ATIKLARININ BİYOETANOL ÜRETİMİNDE KULLANIM İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI

Mevlüt Şahin¹ Kadir Aydın² Şahin Gizlenci³ Mustafa Acar³

¹Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, ANKARA

²Çukurova Ün., Mühendislik-Mimarlık Fak., Otomotiv Mühendisliği Bölümü, ADANA

³Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, SAMSUN

İletişim: mevluts@yahoo.com

Özet: Ülkemizde biyoetanol üretimi konusundaki yatırımların artması ile ucuz ve bol hammadde ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarım sektörü büyük miktarda atık oluşturmaktadır ve bu atıkların büyük bir kısmı yakılarak tüketilmektedir. Bölgemizin en önemli tarım ürünlerinden çayın üretiminden önemli miktarda biyokütle ortaya çıkmaktadır. Çay atıkları doğru yöntemlerle yakılmadığı içinde kurum oluşmakta hava ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır.

Çay fabrikasında çayın işlenmesi sonrası ortaya çıkan çay atıkları araştırmanın materyalini oluşturmaktadır. Çay atığı; Çay çöpü (%84 oranında), lif (%13) ve kafein (%3) olmak üzere 3 ayrı atık olarak değerlendirilmiştir.

Bu projenin amacı, Karadeniz Bölgesi'nin iki önemli bitkisel üretim faaliyeti sonucunda ortaya işlenmiş çay atıklarından biyoetanol elde edilme olanaklarını araştırmaktır.

Çay atıkları içerisinde bulunan ADF, NDF, selüloz, hemiselülüz ve lignin miktarları laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir.

Araştırma sonucuna göre 1 ton kuru çay atığından 116,14 litre biyoetanol üretmek mümkün olacaktır.

Anahtar kelimeler: Biyoetanol, çay atığı, selüloz, hemiselülüz, lignin.

INVESTIGATION OF PROCESSED TEA WASTES TO ABILITY OF USING IN BIOETHANOL PRODUCING

Abstract: With the increase of investment for the production of bioethanol in Turkey, cheap and abundant raw material needs have emerged.

Agriculture sector in Turkey produces large amount of waste substance, and most of it is incinerated.

Tea crop is the one of the most important agricultural product in the Black Sea Region and makes plenty of biomass.

Tea waste substance hasn't been burned in correct ways or methods, so it causes air and environmental pollution.

The waste of tea processing factory is research material of this study. Tea waste is grouped into three substances as tea litter (84%), fiber (13%) and caffeine (3%).

The objective of this study is to research on the possibilities of the bioethanol production from waste substance of two significant crops of the Black Sea Region.

The percentages of ADF, NDF, cellulose, hemicelluloses, and lignin contents of tea waste were determined by laboratory analysis.

According to study resultd it is possible to produce 116.14 liter of bioethanol from 1 ton of tea waste.

Key Words: Bioethanol, tea waste, cellulose, hemicellulose, lignin.

1. Giriş

Günümüzde hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve fosil yakıtların aşırı kullanımı sonucu yaşanan çevre sorunları bölgesel ve ülkesel olmaktan çıkmış, küresel bir sorun haline gelmiştir. Bu durum hükümetleri alternatif enerji kaynaklarını araştırmaya ve konu ile ilgili yasal düzenlemeleri yapmaya zorlamıştır. Bu alternatif enerji kaynaklarından biri de biyokütle enerjisidir. İkincil (işlenmiş) biyoyakıtlar sınıfına girmekte olan biyoetanol, kökeni nişasta olan ve tarım ürünlerinden elde edilen oktan sayısı yüksek bir biyoyakıttır. Biyoetanol tarım ürünlerinde var olan nişastanın şekere dönüşümünden sonra uygulanan fermentasyon işlemi sonucu elde edilmektedir.

Ülkemizde biyoetanol üretimi konusundaki yatırımların artması ile ucuz ve bol hammadde ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarım sektörü büyük miktarda atık oluşturmaktadır ve bu atıkların büyük bir kısmı yakılarak tüketilmektedir. Ülkemizde tarımsal üretim sonucunda önemli miktarda biyokütle ortaya çıkmaktadır. Bu ürünleri mısır, pamuk, şeker pancarı, fındık, çay, buğday, ayçiçeği, çeltik ve zeytin olarak sıralamak mümkündür. Bu biyokütlenin bir kısmı hayvan yemi olarak değerlendirilmekte, bir kısmı (fındık zürufu ve çay atıkları gibi) ise kullanılmamakta, ortamdan uzaklaştırılması ek bir masraf gerektirdiği gibi çevre sorunlarına da yol açmaktadır.

Hızlı nüfus artışı, fosil enerji yakıtlarının kısıtlı olması, artan sanayi üretimi insanoğlunu alternatif enerji kaynakları arayışına itmiştir. Bu enerji yakıtlarından biri de biyoetanol olup, üretimi tarım ürünlerine dayanmaktadır. Biyoetanol tarım ürünlerinde var olan nişastanın şekere dönüşümünden sonra uygulanan fermentasyon işlemi sonucu elde edilmektedir. Biyoetanol hava kirliliğini azaltmak ve petrol ürünlerinin tüketimini azaltmak amacıyla benzinle değişik oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. En yaygın uygulamalar E10 ya da E85 diye bilinen sırasıyla %10 ve %85 etanol içeren karışımlardır.

Ülkemizde biyoetanol üretimi konusundaki yatırımların artması ile ucuz ve bol hammadde ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarım sektörü büyük miktarda atık oluşturmaktadır ve bu atıkların bir kısmı hayvan yemi olarak değerlendirilmekte, bir kısmı ısınma amaçlı kullanılmakta, bir kısmı ise kısmı (çay fabrikası atığı) yakılarak ortamdan uzaklaştırılmaktadır.

OECD-FAO verilerine göre 2011 yılı itibariyle dünya biyoyakıt üretimi 127.5 milyar litre olup, bu üretimin 104 milyar litresini biyoetanol, 23.5 milyar litresini ise biyodizel oluşturmaktadır. Diğer bir deyişle dünya biyoyakıt üretiminin %81.6'sını biyoetanol üretimi oluşturmaktadır. ABD 50.5 milyar litre (%48.6) biyoetanol üretimi ile birinci sırada yer almakta, bunu 29 milyar litre (%27.9) ile Brezilya izlemektedir. Avrupa Birliği ise biyoetanol üretiminde ABD ve Brezilyanın ardından üçüncü sırada gelmektedir (OECD-FAO, 2011).

Etanol, içerisinde etil alkol bulunan şeker, şekere dönüştürülebilen selüloz veya nişasta gibi maddelerin fermentasyonu sonucu elde edilen bir alkol olup, renksiz ve zehirli olmayan bir sıvıdır. ABD'de tarım kesiminde %80 etanol ve %20 benzin karışımı olan E80 yakıtı uzun yıllardan beri otomobillerde yakıt

olarak kullanılmaktadır. Şeker kamışının bol bulunduğu Brezilya’da otomobiller çeyrek asırdır etanol ile çalışmaktadır (Acaroğlu, 2003).

Biyometanol ağırlıklı olarak şeker ve nişasta içeren tarımsal ürünlerden elde edilmekle birlikte, ağaç, saman ve evsel atıkları ekonomik olarak biyometanole dönüştürmek mümkündür. Biyokütle materyallerde bulunan selüloz hidroliz, fermentasyon ve damıtma ile biyometanole dönüştürülebilmektedir (Demirbaş, 2009).

Türkiye’nin yıllık benzin tüketimi yaklaşık 4.5 milyon m³’dür. Yüzde 2’lik karışım oranında 90 bin ton, % 5’lik karışımında 225 bin ton biyometanol ihtiyacı söz konusudur.

Lignoselülotik bitkilerden etanol elde edilmesi konusunda Kanada’da çok fazla çalışma yapılmış olup, bu materyallerin iyi bir biyometanol üretim kaynağı olduğu vurgulanmaktadır. Lignoselülotik bitki artıklarından elde edilecek biyometanolün Kanada’nın taşımacılıkta kullandığı yakıtın yarısına eşit düzeyde olacağı tahmin edilmektedir (Mabee ve Saddler, 2010).

Brezilya’nın enerji kaynaklarının %44’ü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmekte olup, bunun %13.5’i şeker kamışından sağlanmaktadır. Bir hektarlık alandaki şeker kamışından elde edilen biyometanol miktarı 6000 litre olup, 10.000 litreye çıkarılması planlanmaktadır (Soccol ve ark., 2010).

Lignoselülotik bitkilerden etanol elde edilmesi konusunda araştırmacılar buğday samanı (Saha ve ark., 2005), mısır sapı (Li ve ark., 2010), mısır silajı (Popiel ve ark., 2008), ağaç (Larsson ve ark., 1999), şeker kamışı artığı (Martin ve ark., 2002), ayçiçeği sapı ve kavuzu (Sharma, 2000; Sharma ve ark., 2004)), arpa kavuzu (Kim ve ark., 2008) ve kanola samanı (Lu ve ark., 2009) gibi çok değişik materyallerle çalışmışlardır. Fındık zürufu konusunda uluslararası çalışmaya rastlanılmamıştır. Buna karşın çok az olmakla birlikte ülkemizde Marmara Üniversitesi (Ceylan, 2004) ve Gazi Üniversitesi (Arslan ve Saraçoğlu, 2010) tarafından bu konuda çalışmalar yapılmış olup, yeterli değildir. Konunun detaylı olarak incelenmesi gereklidir. Bölgenin diğer önemli tarımsal ürünü olan çayın fabrikada işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklardan biyometanol üretimi konusunda herhangi bir çalışma mevcut değildir. Bu çalışma bu konudaki ilk çalışma niteliğindedir.

2. Materyal ve Yöntem

Çay fabrikasında çayın işlenmesi sonrası ortaya çıkan çay atıkları araştırmanın materyalini oluşturmaktadır. Çay atığı; Çay çöpü (%84 oranında), lif (%13) ve kafein (%3) olmak üzere 3 ayrı atık olarak değerlendirilmiştir.

Çay atıkları içerisinde bulunan ADF, NDF, selüloz, hemiselüloz ve lignin miktarları laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir. Konu ile ilgili formüller kullanılarak elde edilen sonuçlara göre çay atıklarından elde edilebilecek biyometanol miktarı belirlenmiştir.

Kuru mısır koçanı üzerine yapılan bir araştırmada içeriğinin %45 oranında selüloz ve %29 oranında da hemiselülozdan oluştuğu, bu içeriğe göre yapılan hesaplamada mevcut dönüşüm teknolojisiyle 1 ton kuru mısır koçanındaki

selülozun biyoetanole dönüşümünden 131 kg=151 Lt biyoetanol, hemiselüloz içeriğinden de 66 kg=76 Lt biyoetanol üretilebileceği, 1 ton kuru mısır koçanından toplam olarak 197 kg=227 Lt biyoetanol üretilebileceği belirlenmiştir. Bu dönüşüm oranları Çizelge 1 ve Çizelge 2’de gösterilmiştir (Badger, 2002).

Çizelge 1. Kuru mısır koçanındaki selüloz içeriğinden biyoetanol dönüşümü

Kuru mısır koçanı miktarı	1 ton (1000 kg)
Selüloz içeriği	× 0.45
Selülozun dönüşüm ve geri kazanım verimi	× 0.76
Etanol stokiyometrik verim	× 0.51
Glikoz fermentasyon verimliliği	× 0.75
Glikozdan etanole dönüşüm miktarı	131 kg etanol = 151 Lt

Çizelge 2. Kuru mısır koçanındaki hemiselüloz içeriğinden biyoetanol dönüşümü

Kuru mısır koçanı miktarı	1 ton (1000 kg)
Hemiselüloz içeriği	× 0.29
Hemiselülozun dönüşüm ve geri kazanım verimi	× 0.90
Etanol stokiyometrik verim	× 0.51
Ksiloz fermentasyon verimliliği	× 0.50
Ksilozdan etanole dönüşüm miktarı	66 kg etanol = 76 Lt

Bu çalışmada da bitkisel atıklarının biyoetanole dönüşümünde biyokütlenin laboratuvarda ölçümü yapılan içeriğindeki selüloz ve hemiselüloz oranlarına göre Badger tarafından önerilen dönüşüm verimleri kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çay atıkları içerisinde bulunan selüloz, hemiselüloz ve lignin miktarları laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3’te verilmiştir. Laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen veriler, Badger tarafından önerilen dönüşüm verimleri kullanılarak söz konusu atıklardan elde edilebilecek biyoetanol miktarları hesaplanarak ölçümü yapılan bitkisel atıklardan üretilebilecek biyoetanol miktarları Çizelge 4’te gösterilmiştir. Karadeniz Bölgesinde bulunan çay fabrikalarından elde edilen çay atıklarının % oranları ise Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 3. Bitkisel atıklara ait laboratuvar analizleri

Atık Türü	% ADF	% NDF	Hemiselüloz (%)	Selüloz (%)	Lignin (%)
Çay Çözü	39.8659503	53.264984	13.39903402	23.5360762	16.329874
Lif	49.5396047	57.805347	8.265742514	29.3520627	20.187542
Kafein	41.4340737	46.701130	5.267056727	18.3752774	23.058796
Fındık Çotanağı	46.6417009	55.868683	9.226982039	22.9776988	23.664002

Çizelge 4. Çay atığı ve fındık çotanağı etanol miktarları

Hammadde Adı	1 Ton Hammaddeden Üretililecek
Çay Çözü	115.31
Lif	121.27
Kafein	76.17
Fındık Çotanağı	102.29

Çizelge 5. Çay fabrikalarından elde edilen çay atıklarının % oranları

Çay çöprü	% 84
Lif	% 13
Kafein	% 3
Toplam	100

Çay atıkları içinde çay çöprü ve lif beraber karışım halinde depolanmaktadır. Bu iki materyali ayrı ayrı işleme imkânı yoktur. Ancak kafein isimli toz atık ayrı işlenip değerlendirilebilir. Her üçü bir arada değerlendirildiği zaman 1 ton kuru çay atığından 114.91 litre biyoetanol elde edilebilecektir. Kafein ayrılarak çay çöprü ve lif birlikte değerlendirildiğinde ise 1 ton kuru çay atığından 116.14 litre biyoetanol üretilebilecektir. Karadeniz Bölgesinin diğer önemli bitkisel atığı olan 1 ton kuru fındık çotanağından da 102.29 litre biyoetanol üretmek mümkün olacaktır.

Ülkemizde ekonomik değeri olmayan biyokütleden biyoetanol üretilmesi ve üretilen bu biyoetanölün de benzine Oktan arttırıcı olarak katılması hem ülkemizin petrole bağımlılığını bir nebze de olsa azaltacak hem de ülkemizin döviz çıktısı azalacaktır. Böylelikle bitkisel atıkların hem depolama sorunları ortadan kalkacak hem de ekonomiye kaynak girişi sağlayacaktır. Ülkemizde selülozik etanol üretimi ile ilgili bilimsel çalışmalara daha fazla destek verilmesi ve kaynak sağlanması daha ekonomik üretim proseslerinin geliştirilmesini sağlayacak ve diğer biyoetanol üretim teknolojileri ile rekabet edebilir hale gelecektir.

Kaynaklar

- Acaroğlu, M., 2003. Alternatif enerji kaynakları, ISBN:975-6574-25-9, 209 s.
- Arslan, Y., Saraçoğlu, N.E., 2010. Effects of pretreatment methods for hazelnut shell hydrolysate fermentation with *Pichia Stipitis* to ethanol. *Bioresource Technology*, 101(22): 8664-8670.
- Badger, P.C., 2002. Ethanol From Cellulose: A General Review, In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA., 17-21.
- Ceylan S., Kazan D., Ünal S., Sayar A., 2004. Karadeniz Bölgesi fındık zürufunun etanol üretimi için kaynak olarak kullanılması. *Biyoenerji Sempozyumu*, 20-23 Ekim 2004, İzmir, Türkiye.
- Demirbaş, A., 2009. Biofuels from agricultural biomass. *Energy Sourcess*, Part A, 31: 1573-1582.
- OECD-FAO, 2011. *Agricultural Outlook 2011-2020*.
- Kim, T.H., Taylor, F., Hicks, K.B., 2008. Bioethanol production from barley hull using SAA (soaking in aqueous ammonia) pretreatment. *Bioresource Technology*, 99(13): 5694-5702.
- Larsson, S., Palmqvist, E., Hagerdal, B.H., Tengborg, C., Stenberg, K., Zacchi, G., Nilvevrant, N.O., 1999. The generetaion of fermentation inhibitors during dilute acid hydrolysis of soft wood. *Enzyme Microb. Technol.*, 24: 151-159.
- Li, X, Kim. T.H., Nghiem N.P., 2010. Bioethanol production from corn stover using aqueous ammonia pretreatment and two-phase simultaneous saccharification and fermentation (TPSSF). *Bioresource Technology*, 101 (15): 5910-5916.

- Lu, X., Zhang, Y., Angelidaki, I., 2009. Optimization of H₂SO₄-catalyzed hydrothermal pretreatment of rapeseed straw for bioconversion to ethanol: Focusing on pretreatment at high solids content. *Bioresource Technology*, 100(12): 3048-3053.
- Mabee, W.E., Saddler, J.N., 2010. Biorthanol from lignocellulosics: Status and perspective in Canada. *Bioresource Technology*, 101 (13): 4806-4813.
- Martin, C., Galbe, M., Wahlbom, C.F., Hagerdal, B.H., Jonsson, L.J., 2002. Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme Microb. Technol.*, 31: 274-282.
- Popiel, P.O., Lisiecki, P., Nielsen, J.B.H., Thomsen, A.B., 2008. Ethanol production from maize silage as lignocellulosic biomass in anaerobically digested and wet-oxidized manure. *Bioresource Technology*, 99(13): 5327-5334.
- Saha, B.C., Iten, L.B., Cotta, M.A., Wu, Y.V., 2005. Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification and fermentation of wheat straw to ethanol. *Proc. Biochem.*, 40: 3693-3700.
- Sharma, S.K., 2000. Saccharification and bioethanol production from sunflower stalks and hull. PhD thesis. Department of Microbiology, Punjab Agriculturew University, Ludhiana, India.
- Sharma, S.K., Kalra, K.L., Kocher, S., 2004. Fermentation of enzymatic hydrolysate of sunflower hulls for ethanol production and its scale-up. *Biomass Bioenergy*, 27: 399-402.
- Soccol, C. R., Vandenberghe, L. P. D. S., Medeiros A. B. P., Karp, S. G., Buckeridge, M., Ramos, L. P., Paula, A., 2010. "Bioethanol from lignocelluloses: status and perspectives in Brazil," *Bioresource Technology*, vol. 101, no. 13, pp. 4820-4825.

aves

www.avesas.com.tr



LABORATUAR CİHAZLARI TİC. A.Ş.

www.kutaygroup.com



www.egebiyoteknoloji.com



MEDİKAL GALERİ
A.Ş.

www.medikalgalerias.com



Tel: (0362) 231 35 76



DB
Tarımsal
Enerji

www.dbtarimsalenerji.com.tr