

TÜRKİYE'DE GIDA ENDÜSTRİSİ KAYNAKLI BİYOKÜTLE VE BİYORYAKIT POTANSİYELİ

Ebru Deniz*, Gülen Yeşilören, Necla Özdemir, Aslı İşçi

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş tarihi / Received: 15.05.2014
Kabul tarihi / Accepted: 15.09.2014

Özet

Gelişen teknoloji ve hızlı nüfus artışının doğal bir sonucu olarak fosil yakıt kaynaklarının giderek azalması; yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı arttırmıştır. Son yıllarda mevcut enerji kaynaklarına alternatif olarak, ülkelerin sürdürülebilir kalkınmasına olan katkısı sebebiyle biyokütleden elde edilecek enerjiye (biyoryakıt) duyulan ilgi artmıştır. Gıda endüstrisi atıkları oldukça değerli biyokütle kaynaklarıdır. Bu makalede Türkiye'deki meyve suyu, bitkisel yağ ve et endüstrisi üretim faaliyetleri sırasında ortaya çıkan atık potansiyeli ve bu atıklardan üretilebilecek teorik biyoryakıt (biyogaz, bioetanol ve biyodizel) miktarları hesaplanmıştır. Bir yılda üretilen meyve suyu, bitkisel yağ ve et endüstrisi atık miktarları sırasıyla 209.9 bin ton, 111.3 bin ton ve 118 milyon tondur. Bu atıklardan 6.9 bin ton bioetanol, 33.5 bin ton biyodizel ve 25.3 milyar m³ biyogaz elde edilebilir.

Anahtar kelimeler: Meyve suyu endüstrisi atıkları, bitkisel atık yağlar, et endüstrisi atıkları, biyogaz, bioetanol, biyodizel

BIOMASS AND BIOFUEL POTENTIAL OF FOOD INDUSTRY IN TURKEY

Abstract

Progressive decrease in fossil fuel resources as a natural consequence of rapid population growth and developing technology has increased the need for renewable and sustainable energy resources. In recent years, interest in energy obtained from biomass (i.e. biofuel) has increased as an alternative to existing energy sources due to its contribution to sustainable development. Food industry wastes are valuable sources of biomass. In this study, the amount of food waste generated in fruit juice, vegetable oil and meat industry as well as biofuel (biogas, bioethanol, biodiesel) potentials that can be produced from these wastes were estimated for Turkey. The amount of wastes generated from fruit juice, vegetable oil and meat industry are 209.9 thousands tons, 111.3 thousands tons and 118 million tons respectively. From these wastes 6.9 thousands tons bioethanol, 33.5 thousands tons biodiesel and 25.3 billion m³ biogas can be generated.

Keywords: Keywords: Fruit juice industry wastes, vegetable waste oil, meat industry wastes, biogas, bioethanol, biodiesel

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

edeniz@ankara.edu.tr,

(+90) 312 203 3300/3600 - 3601,

(+90) 312 317 8711

GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması, sanayi ve teknolojinin gelişmesi ve refah düzeyinin yükselmesine bağlı olarak enerjiye olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Mevcut enerji arzının talebi karşılayamamasından dolayı enerji fiyatları her geçen gün yükselmektedir (1, 2). Bugün, dünyada kullanılan enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan temin edilmektedir (3). Fosil yakıtların kullanımı; küresel ısınma, hava kirliliği, asit yağmurları, ozon tabakasının incelmeye, ormanların yok olması ve radyoaktif madde emisyonu gibi çevre sorunlarına yol açabilmektedir (4). Enerjiyi kesintisiz, güvenilir, ucuz, temiz ve çeşitlendirilmiş kaynaklardan sağlayabilmek ve verimli kullanmak oldukça önemlidir (5). Bu nedenle alternatif enerji kaynağı arayışları yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmesine yol açmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle (%63) önemli bir yer tutmaktadır (3). Biyokütle, genel anlamda yakıt veya endüstriyel üretim için kullanılacak biyolojik malzemeyi ifade eder (6). Başka bir deyişle biyokütle; biyoyakıt elde etmek için kullanılan, yaşayan organizmalardan elde edilen, depolanabilir, taşınabilir, dönüştürülebilir, ekonomik ve fosilleşmemiş organik madde kaynaklarıdır (7). Temelde biyoetanol, biyodizel ve biyogaz olmak üzere üç farklı biyoyakıt türü mevcuttur. Biyoetanol, fermente olabilen şekerlerin mayalar tarafından alkole dönüştürülmesi ile elde edilen bir üründür (8). Biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir yağ stoklarından elde edilen uzun zincirli yağ asitlerinin monoalkil esterleri (9), biyogaz ise organik maddelerin anaerobik fermantasyonu sonucu oluşan gazların yanıcı karışımı (%55-70 CH₄ ve %30-45 CO₂) olarak tanımlanır (10).

Biyokütle kaynakları, genellikle bitkiler ve organik atıklar olarak sınıflandırılabilir. Biyoyakıt üretiminde kullanılan bitkisel hammaddeler; tarım ürünleri (yağlı tohumlu, şekerli ve nişastalı bitkiler), otlar (dallı darı, fil otu), ve odunsu (kavak, söğüt vb.) bitkilerdir. Tarımsal (mısır, buğday, arpa samanı), kentsel ve hayvansal atıklar ile gıda endüstrisi atıkları ise atık kaynaklı biyokütle için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır (11-13).

Gıda sektörü, tüm dünyada önemli miktarda katı organik atık ve kirliliğe sebep olmaktadır. Bu atıklar yapı bakımından zararlı değildir ancak organik madde, askıda katı madde, azot ve fosfor bileşikleri ile patojen mikroorganizmalar yönünden zengindir. Bir atığın zararlı atık olarak kabul edilebilmesi için dört kriterden birisini göstermesi gerekmektedir. Bu dört kriter; tutuşabilirlik, koroziflik, reaktiflik, ve zehirliliktir. Bu kriterlerin tespiti için bir takım standart analizler belirlenmiştir (14, 15). Düzgün bir şekilde yönetilmedikleri takdirde çevreye (örneğin yüzey ve yeraltı suları), insan

ve hayvan sağlığına tehdit oluşturabilirler (16).

Biyoyakıt üretiminde gıda olarak tüketilen tarım ürünlerinin yerine organik madde içeren atıkların kullanılması hem etkin atık yönetimi hem de gıda fiyatlarını etkilememesi açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında belirlenen gıda endüstrilerinde (meyve suyu, bitkisel yağ ve et), üretim faaliyetleri sırasında ortaya çıkan atık potansiyeli ve bu atıklardan üretilebilecek teorik biyoyakıt (biyogaz, biyoetanol ve biyodizel) miktarları hesaplanmıştır.

MEYVE SUYU ENDÜSTRİSİ ATIKLARI VE BİYOYAKIT POTANSİYELİ

Meyve suyu üretiminden çıkan posa oldukça değerlidir. Ancak bu posanın mikrobiyel bozulmaya olan yatkınlığı proses sonunda derhal değerlendirilmesini veya uzaklaştırılmasını zorunlu kılmaktadır (17). Kimyasal bileşimi bakımından oldukça zengin olan posanın hayvan beslenmesinde kullanılanlar hariç önemli bir kısmı, kurutma ve depolama maliyeti yüksek olduğundan atık olmaktadır. Meyve suyu endüstrisi atıklarının biyoproseslerde substrat olarak kullanımı, atıklardan doğan kirlilik probleminin çözümü için önemli bir alternatiftir.

Meyve posalarının biyoetanol üretiminde kullanılmasıyla ilgili yapılan çalışmalar daha çok elma, üzüm ve portakal üzerine yoğunlaşmıştır (Çizelge 1). Elma, üzüm ve portakal suyu üretiminden sırasıyla ortalama %18, %28, %55 posa çıkmaktadır (18) Elma posası yüksek miktarda polisakkarit içermesinin yanında fruktoz, glukoz, sakkaroz gibi fermente edilebilir şekerleri de içerir (19). Hang vd. (1986) tarafından yapılan çalışmada elma posasına katı faz fermantasyonu uygulanarak etanol üretimi denenmiş ve etanol verimi ortalama 36 g etanol/kg atık olarak bulunmuştur. Üzüm posası ise üzüm suyu ve şarap üretiminin ilk basamağında elde edilen, kabuk, mayşe, çekirdek ve saptan oluşan bir atıktır. Selüloz, hemiselüloz, pektin gibi polisakkaritlerce zengindir ve bunlar ön işlemlerle fermente edilebilir şekerlere dönüştürülebilir (20). Katı faz fermantasyonu ile üzüm posasından etanol üretilen bir çalışmada verim 50 mg etanol/g atık olarak hesaplanmıştır (21). Sitrus meyvelerinin meyve suyuna işlenmesinden sonra ayrılan posanın büyük bir kısmını kabuk oluşturur. Selüloz ve pektince zengin olan kabuk ön işlemler yardımıyla biyoproseslerde kullanılabilir. Portakal posasının biyoetanol üretiminde kullanımında; öncelikle mayanın üremesini inhibe eden d-limonenin kabuktan uzaklaştırılması gerekmektedir (22). Bir ton sitrus meyve atığından 39.64 L (31.27 kg) etanol üretilmesi mümkündür (21). Kayısı ve şeftalinin meyve suyuna işlenmesinde çekirdek dışında %13-15 oranında posa ayrılmaktadır ve bu posa şeker, selüloz ve pektince zengin bir

posadır (23). Nar suyu üretiminden ise %55 oranında posa ayrılır. Kabuk, nar çekirdekleri (aril) ve bazı organik maddelerden oluşan nar posası diyet lifi bakımından oldukça zengindir (24). Vişne suyu üretiminden ayrılan vişne posasının ise büyük bir kısmı çekirdek olmak üzere mayşe ve saptan oluşur ve şeker miktarı yüksektir.

Türkiye'nin Meyve Suyu Sanayisi Atık Durumu ve Atık Potansiyeli

Türkiye yılda 16.3 milyon ton meyve üretmekte ve dünya meyve üretiminde 6. sırayı alarak toplam

%70, %65, %80 nem içeriğine sahip olduğu varsayılmıştır. Kayısı, şeftali, vişne ve nar suyu üretiminden ayrılan posanın etanol üretimi amacıyla kullanılmasına ilişkin bir çalışmaya rastlanmadığından bu posaların kimyasal bileşimleri dikkate alınarak ortalama bir etanol verimi (25 g etanol/kg atık) kabul edilmiştir. Veriler ışığında 2010 yılında meyve suyu ve şarap üretiminden ayrılan posalar kullanılarak yaklaşık 7 bin ton (8.8 milyon L) biyoetanol üretilebileceği hesaplanmıştır

Çizelge 1. Türkiye’de 2010 yılı meyve üretimi ve potansiyel posa miktarı

Meyve	Üretim ¹	Meyve suyuna işlenen ¹	Randıman ²	Posa ³	Posa miktarı ⁴
Üzüm	4255	17.2	70-75	28	4.8
Elma	2600	376	80-85	18	67.7
Portakal	1710	53.8	40-50	55	29.6
Şeftali	539	95	60-70	14	13.3
Kayısı	476	36.5	65-70	14	5.1
Nar	208	78.7	35-55	55	43.3
Vişne	195	73.5	70-75	28	20.6

¹2010 yılı verileri, bin ton, ²Meyvelerin meyve suyu işleme randımanları (%) (18,23)

³Posa miktarı randımandan yola çıkılarak ortalama olarak hesaplanmıştır (%)

⁴2010 yılı meyve suyu üretiminden ayrılan potansiyel posa miktarı (bin ton)

üretim %3’ünü karşılamaktadır. Meyve suyu sanayisinin işlediği başlıca 7 meyve elma, vişne, kayısı, şeftali, portakal, nar ve üzumdür. Bu meyvelerin 2010 yılı üretim miktarları toplam 9.9 milyon ton ve meyve suyuna işlenen miktarları yaklaşık 731 bin tondur (Çizelge 1) (25). Meyve suyu sanayisine ek olarak ülkemizde üretilen üzümün %2’si şaraba işlenmektedir. Temelde şarap ve üzüm suyu üretiminden çıkan posa içeriği aynıdır (20). Türkiye’de, meyve suyu sektöründe üretilen toplam posa miktarı, meyve suyu prosesi sırasındaki randımanlar kullanılarak ve şarap sanayinden çıkan üzüm posası miktarı (25,5 bin ton) da dâhil edilerek yaklaşık 210 bin ton olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2)

Biyoyakıt Potansiyeli

Meyve suyu posalarından elde edilebilecek biyoetanol miktarları Çizelge 2’de verilmiştir. Hesaplamalarda elma, üzüm, portakal için literatürden bulunan etanol verimleri kullanılmıştır (21, 26). Bu değerler kullanılırken literatür verileri dikkate alınarak elma, üzüm ve portakal suyu üretiminden çıkan posaların sırasıyla yaklaşık

BİTKİSEL ATIK YAĞLAR VE BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

Biyodizel, günümüzde en çok araştırılan biyoyakıtlardan biridir. Üretimi diğer biyoyakıtlara oranla kolay olmasına rağmen, biyodizel endüstrisinin gelişmesinde hammadde tedariği sorun teşkil etmektedir. Yapılan çalışmalar, yağ maliyetinin %75’in üzerinde olabildiğini göstermiştir. Enerji, iş gücü ve ekipman için toplam maliyet %15’den daha azdır (27). Bu nedenle, üretim maliyetini düşürmenin yolu, atık yağları veya düşük üretim maliyeti gerektiren bitkisel yağları hammadde olarak kullanmaktır. Kullanılmış atık yağların imhası önemli bir problemdir. Çevreyi tehdit eden bu problem, atık yağların fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılmasıyla, hem çevresel hem de ekonomik bir yarara dönüştürülebilir (28).

Akdeniz ülkelerinde oldukça yüksek miktarda zeytinyağı üretilmekte (29) ve buna bağlı olarak da önemli oranda pirina yağı ortaya çıkmaktadır. Yapılan son çalışmalarda, biyodizelin yağ asidi kompozisyonu ile pirina yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında bir ilişki olduğu

Çizelge 2. 2010 yılında meyve suyu ve şarap sanayisinden çıkan posa miktarı ve biyoetanol üretim potansiyeli

Meyve	Posa miktarı ¹	Biyoetanol verim ²	Potansiyel biyoetanol miktarı ¹
Üzüm	30.3	50	1.5
Elma	67.7	35.8	2.4
Portakal	29.6	31.3	0.9
Şeftali	13.3	25	0.3
Kayısı	5.1	25	0.1
Nar	43.3	25	1.1
Vişne	20.6	25	0.5
Toplam	209.9		6.9

¹ bin ton, ² kg/ton,

saptanmıştır (30). Çoğu araştırmacı, yüksek miktarda metil oleat içeren biyodizelin ateşleme kalitesi, yakıt stabilitesi, düşük sıcaklıkta akış özellikleri ve iyot sayısı ile bağlantılı olarak üstün özelliklere sahip olabileceğini belirtmiştir (31). Bu nedenle pirina yağı (%75'den daha fazla oleik asit içerir) özellikle sızma zeytinyağı endüstrisinde ikincil bir ürün olarak elde edilen ülkelerde, biyodizel üretimi için çok uygun bir hammadde olabilir (32). Atık bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel ile çok düşük sülfürlü dizel (ULSD) yakıtın egzoz emisyonu açısından karşılaştırıldığı bir araştırmaya göre; biyodizelin saldırdığı aerosol parçacık emisyonu, ULSD'den daha düşüktür. Cr, Cu, Fe, Zn ve Ni metalleri biyodizelin yanması sonucu yüksek konsantrasyonlarda ortaya çıkarken Co ve Cd metalleri de ULSD'de daha fazla ortaya çıkmıştır (33). Fosil kaynaklı dizel yakıtı, pirina yağı metil esteri ve bunların karışımının kullanıldığı bir çalışmada; dizel yakıtı ile karıştırılmış pirina yağı metil esterinin herhangi bir modifikasyon olmadan dizel motorlarda kullanılabilmesi ayrıca düşük sülfür ve aromatik bileşen içeriğinin avantaj olduğu vurgulanmıştır. Fosil kaynaklı dizel yakıtı, pirina yağı metil esteri ve bunların karışımından oluşan dizel yakıtı arasında motor gücü açısından bir fark görülmemiştir (34). Petrodizel karışımı ve pirina yağı metil esterleri ile yanmış dizel motorunun gürültü ve hava kirliliklerinin karşılaştırıldığı bir araştırmada; dizel yakıtı yerine biyodizel kullanımının motor ses kalitesini artırdığı görülmüştür. Karışım içerisinde biyodizel oranının artması daha düşük hava ve gürültü kirliliğine ve aynı zamanda kabul edilebilir NO (azot monoksit) emisyonuna neden olmaktadır (32).

Türkiye'nin Bitkisel Atık Yağ ve Pirina Yağı Potansiyeli

Ülkemizde, 19.04.2005 tarihinde Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği'nin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürürlüğe koyulması ile birlikte bitkisel atık yağlar toplanmaya başlanmıştır. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü verilerine göre; ülkemizde her yıl ortalama 1.7 milyon ton bitkisel yağ tüketilmekte ve buna bağlı olarak yaklaşık 350 bin ton bitkisel atık yağ oluştuğu tahmin edilmektedir (35). Çevre ve Şehircilik Bakanlığının kayıtlarına göre; 2010 yılında kayıt altına alınan toplam bitkisel atık yağ miktarı yaklaşık 111 bin tondur ve bunun 8 bin tonu kullanılmış kızartmalık yağ olarak belirtilmiştir. Bu bilgilere dayanarak

var olan 350 bin tonluk bitkisel atık yağ kapasitesinin 25 bin tonunun kullanılmış kızartmalık yağ olduğunu öngörebiliriz.

Pirina yağı Türkiye'de uygunluğu ve düşük maliyeti nedeniyle biyodizel üretimi için iyi bir potansiyel olarak değerlendirilebilir. Türkiye'de endüstriyel pirina yağı üretimi yaklaşık 12 bin tondur ve bu miktar dünyadaki endüstriyel pirina yağı üretiminin 1/3'dür (36).

Biyoyakıt Potansiyeli

Çizelge 3'te verilen kullanılmış kızartmalık yağ değeri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait 2010 yılı verisidir. Tahmini kullanılmış kızartmalık yağ miktarı ise yukarıda belirtilen varsayım üzerinden hesaplanmıştır. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere, ülkemizde atık kızartmalık yağ ve pirina yağı kullanılarak toplam 17.2 bin ton biyodizel üretmek mümkündür. Ancak, atık kızartmalık yağ potansiyelinin tamamının kullanılması durumunda bu rakamın 33.5 bin tona çıkabileceği görülmektedir.

ET ENDÜSTRİSİ ATIK VE BİYOYAKIT POTANSİYELİ

Hayvansal üretim faaliyetlerindeki gelişmeler, atık bertaraf ve enerji üretim yöntemlerindeki yenilikler, hayvancılık ile yenilenebilir enerji sektörlerini ilişkilendirmiştir. 1900'lerin başından beri hayvan dışkısı bertaraf ve hijyen sorununun çözümü için çalışmalar daha çok biyogaz üretimi üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, bu atıkların biyodizel üretiminde de kullanılabilmesini belirten çalışmalar mevcuttur (38). Biyogaz üretim teknolojisi, makul bir zaman diliminde ilk yatırım maliyetini geri ödeyen ve pahalı olmayan bir sistem olması nedeniyle birçok sektörde kullanılmaktadır. Biyogaz; ısı ve elektrik üretiminde kullanılabilmesi gibi, ulaşım yakıtı olarak da değerlendirilebilmektedir (39). Et üretim faaliyetleri sırasında meydana gelen atıklar; yetiştiricilik, kesim ve et işleme aşamaları esnasında oluşmaktadır. Gerek yetiştiricilik sırasında oluşan atıklar (dışkı, yem artığı, ölü hayvanlar, atık su vb.) gerekse kesim ve işleme sırasında oluşan atıklar (bağırsak içeriği, yenilmeyen iç organlar, baş, deri, tüy vb. ve atık su) biyogaz üretimi için elverişli hammaddelerdir. Bu atıkların birbirinden ayrımı çoğu kez mümkün değildir ayrıca entegre tesislerin varlığı da bu ayrımı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle et sektöründe atık potansiyeli değerlendirilirken bu aşamaları birbirinden ayırmamak gerekir. Buna ek olarak, protein ve yağ içeriği yüksek hayvansal atıklar

Çizelge 3. Kullanılmış kızartmalık yağ ve pirina yağından elde edilebilecek biyodizel potansiyeli

Ham madde	Miktar ¹	Verim	Biyodizel Potansiyeli ¹
Kullanılmış kızartmalık yağ	8 (2010)	% 95 (37)	7.6
Pirina yağı	12 (2012)	% 80 (34)	9.6
Tahmini kullanılmış kızartmalık yağ	25.2	% 95 (37)	23.9

¹bin ton

için en uygun anaerobik fermantasyonun, düşük nitrojen ve lipit içerikli yardımcı substrat kullanımı (yem artığı, altlık malzemesi gibi) ile olduğu rapor edilmiştir. Ko-fermantasyon olarak da tanımlanan "birlikte fermantasyon" yönteminin biyogaz verimini arttırırken, yüksek konsantrasyonda amonyak ve uçucu bileşiklerin birikimi ile ilgili sorunları azalttığı gözlenmiştir (40-44).

Kırmızı ve beyaz et üretim faaliyetleri birbirinden farklılık göstermektedir. Beyaz et sektöründe, özellikle 1970’li yıllardan sonra ticari mahiyette işletmelere dönüşen tavukçulukta, daha fazla entegre tesis mevcuttur. Tavuk kesimi çoğunlukla işleme tesislerinde gerçekleştirildiğinden kesim ve işleme atıkları birlikte elde edilmektedir. Kırmızı et sektöründe ise kesim (genellikle mezbahalarda) ve işleme (üretim tesislerinde) daha çok birbirinden bağımsız bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Et sektöründe ortaya çıkan atıkların bertarafında biyogaz üretimi önemli iki avantaja sahiptir. Birincisi, ciddi bir atık oluşturan pis su, biyogaz üretim sisteminde fermantasyon materyalinin toplam katı madde içeriğini azaltmada değerlendirilebilir (45). Sadece kesim sırasındaki su tüketiminin büyükbaş için 10 lt/kg ve tavuk için 30 lt/adet olduğu düşünülürse oluşan atık suyun bir kısmını bu amaçla kullanmak bir avantaj olarak düşünülebilir (46, 47). İkinci olarak ise anaerobik fermantasyon sonrasında geriye kalan katı kısım (digestat), toprak düzenleyicisi (organik iyileştirici) ve düşük dereceli bir gübre (biyogübre) olarak kullanılabilir (39).

Türkiye’de biyogaz çalışmaları 1957 yılında başlamasına rağmen 2000’li yıllara kadar gelişme gösterememiştir (48). Son yıllarda kamu desteklerinin artması biyogaza olan ilgiyi tekrar arttırmış, tesis kurulumu, maliyet hesabı ve ülke potansiyeli konularında birçok çalışma yapılmıştır. Gıda sektöründe işletme halinde olan 17 adet biyogaz tesisi mevcuttur (49). Türkiye, sadece hayvan atıkları ile çalışabilecek, 2000 adet biyogaz tesisi kapasitesine sahiptir. Fakat şu anda ülkede 36’sı çalışmakta olan toplam 85 biyogaz tesisi bulunmaktadır (50).

Türkiye’nin Hayvansal Atık Durumu ve Atık Potansiyeli

Bu çalışmada, hayvancılık atıkları; büyükbaş ve kümes hayvancılığı atıkları olmak üzere iki ana başlık altında değerlendirilmiş ve toplam atık

potansiyeli hesaplanırken, yetiştiricilik ve kesim-işleme sırasında oluşan atıkların toplamı dikkate alınmıştır. Yetiştiricilik sırasında oluşan atık miktarının hesaplanmasında toplam hayvan sayısı, kesim sonucu oluşan atıklar içinse kesilen hayvan sayısı kullanılmıştır (Çizelge 4).

Bir sığır günde yaklaşık 37.5 kg dışkı üretir. Manda için de aynı değer öngörülebilir (49). Çiftliklerden toplanan büyükbaş hayvan atığının içinde yem, saman vb. artığı da bulunmaktadır. Fakat toplam miktar konusunda herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu sebeple büyükbaş hayvanlar için yetiştiricilik atığının sadece dışkı üretiminden kaynaklandığı varsayılabilir. Büyükbaş yetiştiriciliğinden elde edilen toplam dışkının yalnızca %65’i kullanılabilirken kanatlı yetiştiriciliğinde bu oran %99’a ulaşmaktadır (51). Kesim sonucu manda ve sığırlarda canlı ağırlığın yaklaşık %50’si kadar ticari olmayan atık oluşur. %25’i rendering için uygun olan bu atığın geri kalanı ise bertaraf edilmelidir (52). Kesim atığının hesaplanmasında sığır (1000 kg) ve manda(600 kg) için ortalama canlı ağırlıklar kullanılmıştır.

Türkiye’de kanatlı sektöründe etlik piliç, yumurtalık piliç, hindi, kaz ve ördek yetiştirilmesine rağmen etlik piliç yetiştiriciliği tek başına sektörü temsil edecek durumdadır. Dolayısıyla bu çalışmada atığın sadece etlik piliç yetiştiriciliği ve kesiminden kaynaklandığı varsayılmıştır. Etlik piliç yetiştiriciliği sırasında kullanılan altlık malzemesi nedeniyle kümes atıkları, dışkıya ek olarak tüy, yem artığı ve altlık materyali de içerir. Oluşan atık miktarı, kullanılan altlık malzemesi çeşidine, kanatlı sayısına, kümes temizleme sıklığına ve kümes büyüklüğüne bağlı olmakla birlikte (53), piliç başına yaklaşık 6 kg olarak kabul edilebilir (54). Bir etlik piliçin ortalama canlı ağırlığının % 25’i kadar kesim atığı ortaya çıkar. Bir piliçin ortalama canlı ağırlığı 2 kg kabul edilirse kesimi ile ortaya çıkabilecek kesim atığı 0.5 kg/piliç olacaktır (55). Sığır, manda ve etlik piliç yetiştiriciliği ve kesimi sırasında oluşan atık miktarları Çizelge 4’te verilmiştir. Elde edilen verilere göre, Türkiye’de 2011 yılında kesilen hayvan sayısı temel alınarak hesaplanan potansiyel atık miktarı yaklaşık 118 milyon ton’dur.

Biyoyakıt Potansiyeli

Sığır gübresi 90-310 L/kg, kanatlı gübresi 310-620 L/kg (56), büyükbaş kesim atığı 400 L/kg ve

Çizelge 4. 2011 yılında kesilen hayvan sayısı ve üretilen atık miktarı

	Hayvan sayısı		Üretilen atık miktarı ¹	
Sığır	Toplam	12386337	Yetiştiricilik atığı	110199.7
	Kesilen	2571765	Kesim atığı	642.9
Manda	Toplam	97632	Yetiştiricilik atığı	868.6
	Kesilen	7255	Kesim atığı	1.1
Etlik Piliç	Toplam	964000000	Yetiştiricilik atığı	5726.2
	Kesilen	964000000	Kesim atığı	482
			TOPLAM	117920.5

¹ bin ton/yıl

kanatlı kesim atığı ise 350 L/kg biyogaz verimine sahiptir (49). Sığır gübresi, kanatlı gübresi, büyükbaş ve kanatlı kesim atığı kullanılarak üretilen biyogazın metan oranları %60 ile %65 arasındadır (49). Biyogazın kalorifik değeri 6.5 kWh/m³ biyogaz, elektrik üretim verimliliği %38.5 ve ısı üretim verimliliği %44'tür (57). Sığır, manda ve etlik piliç yetiştiriciliği ve kesimi sırasında oluşan atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı Çizelge 5'te verilmiştir. Veriler ışığında, Türkiye'de et endüstrisi atıkları kullanılarak yılda yaklaşık 25.3 milyar m³ biyogaz üretilbileceği hesaplanmıştır.

GENEL DEĞERLENDİRME

7 Temmuz 2012 tarihli 28346 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan tebliğ uyarınca bazı benzin türlerinin en az %3 oranında biyoetanol içermesi zorunlu hale getirilmiştir. Petrol Sanayi Derneği 2012 yılı raporuna göre benzin tüketimi yaklaşık 2.5 milyar litredir. Bu tüketim için harmanlanması zorunlu etanol miktarı 75 milyon litredir. Ülkemizde meyve suyuna işlenen başlıca meyveler dikkate alındığında, 2010 yılında meyve suyu ve şarap üretiminden ayrılan posalar kullanılarak üretilebilecek biyoetanol miktarı yaklaşık 7 bin tondur (8.8 milyon L). Bu miktar harmanlama için gerekli olan etanolün %11.8'ini karşılamaktadır. Ancak unutulmamalıdır ki, bu çalışmada yalnızca meyve suyu ve şarap üretiminden ayrılan posaların biyoetanol potansiyeli değerlendirilmiştir. Dondurulmuş gıda ve şeker endüstrisi atıklarının yanı sıra hasat sonrası tüketilemeyecek durumdaki meyve ve sebzelerin, biyoetanol üretimi bakımından oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir.

Biyodizel hammadde açısından incelendiğinde, ülkemizde 2010 yılında toplanan kullanılmış kızartmalık yağ miktarı yaklaşık 8 bin ton'dur ve bu yağdan yaklaşık 7.6 bin ton biyodizel elde edilebileceği düşünülmektedir. Ancak, kullanılmış kızartmalık yağ potansiyelinin yaklaşık 25 bin ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu miktar hesaba katılırsa biyodizel üretiminin yaklaşık 3 kat artacağı hesaplanmıştır. Prina yağının da hammadde olarak kullanılabilmesi de düşünülürse toplamda yıllık 33.5 bin ton biyodizel üretilbileceği bulunmuştur. T.C Enerji Piyasası Denetleme Kurumu'nun 2011 yılı

Petrol Piyasası Sektör Raporu'na göre Türkiye'deki motorin satış miktarı yaklaşık 15 milyon tondur. Atık yağlardan elde edilebilecek biyodizel miktarı, bu rakamın yanında oldukça düşüktür. Ancak 1 L atık yağın doğada 1 milyon L temiz su kaynağını kirlettiği düşünülürse, atık yağların bu şekilde bertaraf edilmesi biyoyakıt üretiminden daha çok çevre açısından büyük önem taşımaktadır.

Et endüstrisi atıkları incelendiğinde 2011 yılında potansiyel atık miktarının yaklaşık 118 milyon ton olduğu hesaplanmıştır. Bu miktardan yaklaşık 25.3 milyar m³ biyogaz üretilbilir. Belirtilen biyogaz miktarının tamamı elektrik üretiminde kullanılırsa 63.3 TWh elektrik enerjisi üretimi mümkündür. TÜİK'e göre Türkiye'nin 2011 yılı elektrik tüketimi yaklaşık 229 TWh'tir. En çok elektrik tüketen iller sırasıyla İstanbul (32.7 TWh), İzmir (16.4 TWh), Kocaeli (11.5 TWh) ve Ankara (10.3 TWh)'dir. Buna göre et endüstrisi atıkları kullanılarak üretilebilecek elektrik, yıllık elektrik tüketiminin % 27'sini veya en çok elektrik tüketen bu illerin toplam tüketiminin %90'ını karşılayabilecek potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

Bu çalışma ile Türkiye'deki meyve suyu, et ve yağ endüstrileri ile evsel yağ atıklarının büyük bir biyokütle ve biyoenerji potansiyeline sahip olduğu ortaya konulmuştur. Ancak, bu çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilirken atıkların toplanması, işlenmesi, tesisin kurulumu, nakliye ve depolama maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Meyve suyu işletmelerinin farklı bölgelerde yer almaları, atık yağların büyük miktarının evsel kaynaklı olması ve et üretim tesislerinin dağınık, çoğunluğun küçük ölçekli olması gibi olumsuzluklar atıkların toplanmasının ve değerlendirilmesinin önündeki en büyük engeldir.

SONUÇ

Bu çalışmada gıda endüstrisi atıklarının ciddi bir biyokütle ve biyoyakıt potansiyeli olduğu ortaya konulmuştur. Bir yılda üretilen meyve suyu, bitkisel yağ ve et endüstrisi atık miktarları sırasıyla 209.9 bin ton, 111.3 bin ton ve 118 milyon tondur. Bu atıklardan 6.9 bin ton biyoetanol, 33.5 bin ton biyodizel ve 25.3 milyar m³ biyogaz elde edilebilir.

Çizelge. 5 2011 verilerine göre hesaplanan biyogaz ve enerji üretim potansiyelleri

	Üretilen biyogaz miktarı ¹	Üretilen metan miktarı ¹	Üretilen toplam enerji miktarı ²	Elektrik üretimi ²	Isı üretimi ²
Sığır 3	22039.9	14326	143259.6	55154.9	63034.2
	257.2	154.3	1671.6	643.6	735.5
Manda	173.7	104.2	1129.2	434.7	496.9
	0.4	0.3	2.8	1.1	1.2
Etlik Piliç	2662.7	1597.6	17307.3	6663.3	7615.2
	168.7	101.2	1096.6	422.2	482.5
TOPLAM	25302.6	16283.6	164467.2	63319.9	72365.5

¹ milyon m³/yıl, ² GWh/yıl, ³ Sığır, manda ve piliç gruplarında ilk satır yetiştiricilik atığı miktarı, ikinci satır ise kesim atığı miktarı kullanılarak hesaplanan değerleri vermektedir.

Gıda atıkların enerji üretiminde kullanılması; depolama sorununun çözümü, doğal kaynakların korunması, sürdürülebilirlik ve ekonomiye katkı sağlanması açısından önemlidir. Böylece ulusal mevzuata ve AB müktesebatına uygun atık yönetimi gerçekleştirilirken atıkların kaynağında değerlendirilmesi ve katma değer yaratılması ile işletmenin rekabet gücünde artış sağlanabilir. Bu sebeplerle biyokütlesel yenilenebilir enerji kaynaklarına daha çok önem verilmeli ve gıda endüstrisi atıkları bu bakış açısıyla değerlendirilmelidir. Bu çalışma gıda endüstrisi atıklarından biyoyakıt eldesine genel bir bakış açısı sağlamak amacıyla ortaya konulmuştur. Ülkemizde bu konunun detaylı bir şekilde ele alınarak atık veri tabanının oluşturulmasına, biyoyakıt verimlerinin belirlenmesine, maliyet ve fizibilite çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu bağlamda araştırmacılara, özel sektöre, kamu kurum ve kuruluşlarına büyük sorumluluk düşmektedir.

KAYNAKLAR

- Altıkat S, Çelik A. 2012. Iğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli. *Iğdır Uni Fen Bilimleri Enst Der* 2(1): 61-66.
- Demircioğlu C. 2003. Türkiye İçin Sürdürülebilir Enerji Çevre Politikaları. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye. 197 s.
- Demirbas AH, Demirbas I. 2007. Importance of rural bioenergy for developing countries. *Energy Convers Manage*, 48(8): 2386-2398.
- Mansourpoor M, Shariati A. 2012. Effect of mixture of alcohols on biodiesel properties which produced from waste cooking oils and compare combustion performance and emissions of biodiesels with petrodiesel. *Adv Environ Sci*, 4(3): 153.
- MMO. 2012. Türkiye'nin Enerji Görünümü. Genişletilmiş İkinci Baskı. TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.
- Haggerty AP. 2010. *Biomass crops : production, energy, and the environment*. Nova Science Publisher's, Hauppauge, N.Y., 323 s.
- Klass D. 1998. *Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals*. Academic Press, San Diego, USA, 651 s.
- İşçi A, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyokütle Dönüşümleri lisanüstü dersi notları, 2013: Basılmamış.
- Diya'uddeen BH, Abdul Aziz AR, Daud WMAW, Chakrabarti MH. 2012. Performance evaluation of biodiesel from used domestic waste oils: a review. *Process Saf Environ Prot*, 90(3): 164-179.
- Abbasi T, Tauseef SM, Abbasi SA. 2012. Biogas and Biogas Energy: An Introduction. In *Biogas Energy*, Abbasi T. (baş editör), Springer, New York, pp. 1-10.
- Üçgül İ, Akgül G. 2010. Biyokütle Teknolojisi. *Journal of YEKARUM*, 1(1): 3-11.
- McGowan T. 2009. *Biomass and alternate fuel systems : an engineering and economic guide*. John Wiley & Sons Hoboken, New York, 264 s.
- Brown RC. 2003. *Biorenewable resources : engineering new products from agriculture*. Iowa State Press, Ames, Iowa, 286 s.
- EPA. 2009. Wastes - Hazardous Waste - Waste Types. (Erişim Tarihi 04.05.2014); <http://www.epa.gov/osw/hazard/wastetypes/characteristic.htm>.
- UNEP. 2009. Solid Waste Manual.(Erişim Tarihi 04.05.2014); <http://www.cep.unep.org/issues/solid%20waste%20manual/SOLID%20WASTE%204%20&%205%20ENGLISH.pdf>.
- GKGM. 2012. Türkiye’de Hayvansal Kaynaklı Ürünleri İşleyen Tarım-Gıda Tesisleri için bir Modernizasyon Planının Hazırlanması. Türkiye Gıda Güvenliği Teknik Yardım Programı Gıda İşletmelerinin Modernizasyonuna İlişkin İhtiyaç Değerlendirmesi (Erişim Tarihi 01.05.2013); <http://www.setbir.org.tr/ana/rapor.asp?uid=21>.
- Carson KJ, Collins JL, Penfield MP. 1994. Unrefined, dried apple pomace as a potential food ingredient. *Journal of Food Science*, 59(6): 1213- 1215.
- Cemeroğlu B. 2004. *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, Türkiye, 670 s.
- Gull n B, Falqué E, Alonso JL, Paraj JC. 2007. Evaluation of apple pomace as a raw material for alternative applications in food industries. *Food Technology and Biotechnology*, 45(4): 426-433.
- Zheng Y, Lee C, Yu C, Cheng Y-S, Simmons CW, Zhang R, Jenkins BM, VanderGheynst JS. 2012. Ensilage and Bioconversion of Grape Pomace into Fuel Ethanol. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(44): 11128-11134.
- Pourbafrani M, Forgács G, Horváth IS, Niklasson C, Taherzadeh MJ. 2010. Production of biofuels, limonene and pectin from citrus wastes. *Bioresource Technology*,101(11): 4246-4250.
- Wilkins MR, Widmer WW, Grohmann K. 2007. Simultaneous saccharification and fermentation of citrus peel waste by *Saccharomyces cerevisiae* to produce ethanol. *Process Biochemistry*, 42: 1614-1619.
- Ekşi A, Artık N. 1982. Kayısı ve şeftali palper posası ile atılan besin ögesi miktarı. *GIDA*, 3: 99-102.
- Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Martín-Sánchez A, Sánchez-Zapata E, Fernández-L pez J, Sendra E, Sayas-Barberá E, Navarro C, Pérez-lvarez JA. 2012. Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum L.*) bagasses powder co-product. *Journal of Food Engineering*, 110(2): 220-224.
- Akdağ E. 2011. Türkiye Meyve Suyu v.b. Ürünler Sanayi Raporu. MEYED, Türkiye.
- Hang Y, Lee C, Woodams E. 1986. Solid-state fermentation of grape pomace for ethanol production. *Biotechnology letters*, 8(1): 53-56.

27. Du Z, Tang Z, Wang H, Zeng J, Chen Y, Min E. 2013. Research and development of a sub-critical methanol alcoholysis process for producing biodiesel using waste oils and fats. *Chinese J Catal*, 34(1): 101-115.
28. Patil PD, Gude VG, Reddy HK, Muppaneni T, Deng S. 2012. Biodiesel production from waste cooking oil using sulfuric acid and microwave irradiation processes. *J Environ Prot*, 3(1): 107-113.
29. Che F, Sarantopoulos I, Tsoutsos T, Gekas V. 2012. Exploring a promising feedstock for biodiesel production in Mediterranean countries: A study on free fatty acid esterification of olive pomace oil. *Biomass Bioenergy*, 36: 427-431.
30. Knothe G. 2008. "Designer" biodiesel: optimizing fatty ester composition to improve fuel properties. *Energy Fuels*, 22(2): 1358-1364.
31. Ramos MJ, Fernández CM, Casas A, Rodriguez L, Pérez . 2009. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresour Technol*, 100(1): 261-268.
32. Redel-Macias M, Pinzi S, Leiva D, Cubero-Atienza A, Dorado M. 2012. Air and noise pollution of a diesel engine fueled with olive pomace oil methyl ester and petrodiesel blends. *Fuel*, 95: 615-621.
33. Betha R, Pavagadhi S, Sethu S, Hande MP, Balasubramanian R. 2012. Comparative in vitro cytotoxicity assessment of airborne particulate matter emitted from stationary engine fuelled with diesel and waste cooking oil-derived biodiesel. *Atmos Environ*, 61: 23-29.
34. Çaynak S, Gürü M, Biçer A, Keskin A, İçingür Y. 2009. Biodiesel production from pomace oil and improvement of its properties with synthetic manganese additive. *Fuel*, 88(3): 534-538.
35. Anonim. 2010. Bitkisel Atık Yağların Yönetimi. (Erişim Tarihi 25.07.2013); http://www.cygm.gov.tr/CYGM/Files/yayinlar/kitap/bitkisel_atik_yaglarin_yonetimi_kitapci.pdf.
36. Yücel Y. 2012. Optimization of biocatalytic biodiesel production from pomace oil using response surface methodology. *Fuel Process Technol*, 99: 97-102.
37. Al-Hasan MI. 2013. Biodiesel production from waste frying oil and its application to a diesel engine. *Transport*, 28(3): 276-289.
38. Toscano L, Montero G, Stoycheva M, Campbell H, Lambert A. 2011. Preliminary assessment of biodiesel generation from meat industry residues in Baja California, Mexico. *Biomass Bioenergy*, 35(1): 26-31.
39. Anonim. 2010. Bioheat, Biopower and Biogas Developments and Implications for Agriculture. OECD.
40. El-Mashad HM, Zhang R. 2010. Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *Bioresour Technol*, 101(11): 4021-4028.
41. Mara n E, Castrill n L, Quiroga G, Fernández-Nava Y, Gómez L, García M. 2012. Co-digestion of cattle manure with food waste and sludge to increase biogas production. *Waste Manag*. 32(10):1821-5.
42. Anonim. 2010. Guide to Biogas From Production to Use. (Erişim Tarihi 20.07.2013); http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_engl_2012.pdf.
43. Avula RY, Nelson HM, Singh RK. 2009. Recycling of poultry process wastewater by ultrafiltration. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 10(1): 1-8.
44. Kavaklı M, Civan Z. 1997. Türkiye'de Su Kullanımı, Atık suları Geri Kazanma ve Yeniden Kullanma Uygulamaları. Su ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı (Erişim Tarihi 20. 04.2013); http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/996535e07258a7b_ek.pdf?dergi=178.
45. Topaloğlu B, İmren V. 2011. Samsun İlinde Biyogaz Enerjisi Potansiyeli ve Uygulanabilirliği. Samsun Sempozyumu, Samsun.
46. DBFZ. 2011. Türkiye'de biyogaz yatırımları için gerekli koşulların ve potansiyelin değerlendirilmesi. Türkiye'de Hayvansal Atıkların Biyogaz Yoluyla Kaynak Verimliliği Esasında ve İklim Dostu Kullanımı Projesi (Erişim Tarihi 01.04.2013); http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/dbfz_turkiye_biyogaz_potansiyel_raporu.pdf.
47. Anonim. 2011. Anaerobic Digestion Report Turkey's Situation in Biogas. IEA Bioenergy Task 37 (Erişim Tarihi 17.12.2013); <http://www.iea-biogas.net/country-reports.html>.
48. Başçetinçelik A. 2006. A Guide On Exploitation Of Agricultural Residues in Turkey. *Agro-Waste Exploitation Of Agricultural Residues in Turkey Project, EU- Life Programme Project, Project No: LIFE03 TCY/TR/000061*
49. Banks C, Wang Z. 2006, Treatment of Meat Wastes. In Waste treatment in the food processing industry, Wang L.K. (baş editör), CRC Press, USA, pp. 67-100.
50. Menjoulet B. 2011. Urban Chicken Manure Management. (Erişim Tarihi 17.12.2013); [http://extension.missouri.edu/webster/backyardchickens/UrbanChickenManureManagement-BrieMenjoulet-\(ScreenVersion\).pdf](http://extension.missouri.edu/webster/backyardchickens/UrbanChickenManureManagement-BrieMenjoulet-(ScreenVersion).pdf).
51. Çaycı G, Kütük C, Soba MR.2011. *Etlük Piliç Gübrelerinin Türkiye Tarımındaki Önemi ve Kullanım Uygulamaları. I. Uluslararası Beyaz Et Kongresi*. Antalya. p. 82.
52. Aydın A, Demirulus H. 1996. Tavukçuluk Artık ve Atık Maddelerinin İşlenerek Çevre Kirliliğinin Azaltılması. *Ekoloji*, (19): 22-26.
53. EİE.2013.Biyogaz Üretiminde Kullanılan Organik Atık/Artık Hammaddeler. (Erişim Tarihi06.11.2013); http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/biyoenerji/01-biyogaz/bg_hammadde.html.
54. Tolay M, Yamankaradeniz H, Yardımcı S, Reiter R. 2008. Hayvansal atıklardan biyogaz üretimi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul.