



DERLEME

F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.
2015; 29 (3): 205 - 212
<http://www.fusabil.org>

Tavukçuluk Atıklarından Biyogaz Üretimi*

Fatma YENİLMEZ

Çukurova Üniversitesi,
Tufanbeyli Meslek
Yüksekokulu,
Adana, TÜRKİYE

Artan dünya nüfusu ve hızla gelişen teknoloji ile birlikte, mevcut enerji kaynaklarının ihtiyacı karşılamada yetersiz kalması sonucunda yeni kaynak arayışları başlamış, bu araştırmalar sonucunda yeni ve değişik kaynaklardan enerji elde etmek ve mevcut kaynakları daha iyi değerlendirmek amacıyla yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Bunlardan biri olan biyogaz teknolojisi, yenilenebilir enerji üretiminde en ön sırada yer almaktadır.

Biyogaz üretiminde, bitkisel ve hayvansal kaynaklı birçok organik atık materyal hammadde olarak kullanılmaktadır. Hayvansal kaynaklı atıkların en önemlilerinden birisi de tavukçuluk işletmelerinde meydana gelen ve toplam hayvansal atıkların %25-30'unu oluşturan tavukçuluk atıklarıdır. Tavukçuluktan kaynaklanan atıklar, dışkı, altlık, yem, ölü civcivler, kırılmış yumurtalar ve tüylerden oluşmakta olup bu atık maddeler arasında en önemli yeri gübre tutmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2013 verilerine göre Türkiye'de yaklaşık toplam 266 milyon adet yumurtacı ve etçi tavuk bulunmaktadır ve yılda yaklaşık 15 milyon ton gübre üretilmektedir. Bu atıklar değerlendirilmediği koşullarda toprak, su ve hava kirliliğine neden olmakta, zararlı mikroorganizmaların ve haşerelerin çoğalmasına uygun ortam oluşturarak insan sağlığını tehdit etmekte ve metan gazı oluşumuna sebep olarak sera etkisine yol açmaktadır.

Önemli çevre sorunlarına neden olan bu hayvansal atıklar, biyogaz üretimi için uygun hammaddelerdir. Biyogaz, organik atıkların havasız bir ortamda, 20-35°C sıcaklıklarda, yaklaşık 40-100 günlük bir sürede, anaerobik bakterilerle kimyasal olarak parçalanması sonucu elde edilen yanıcı bir gazdır. İçerik %55-75 arası metan, %24-44 arası karbondioksit ve en az %1 olmak üzere çeşitli gazlardan oluşmaktadır. Biyogazın, elektrik üretimi, ısıtma, ulaşım ve yakıt pillerinde kullanılmasının yanı sıra, doğalgaza katılarak maliyetin düşürülmesi gibi birçok uygulama alanı bulunmaktadır.

Tavukçuluk atıklarından biyogaz üretimi, artan enerji ihtiyacının karşılanmasına katkıda bulunulurken, diğer taraftan hem ekonomiye girdi sağlayacak, hem de doğal dengenin korunmasında etkin rol oynayacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Biyogaz, tavuk gübresi, tavukçuluk atıkları*

Biogas Production from Poultry Waste

The need for energy is increasing day by day along with the growing world population and rapidly developing technology. As a result of insufficient energy sources to meet the need for energy, search for new sources has begun, and new technologies have been developed in order to have better use of current energy sources and obtain energy from new and different sources. The biogas technology, one of these newly developed technologies, is the leading field for renewable energy production.

In the production of biogas, many plant or animal originated organic wastes can be used as a raw material. Poultry wastes which are one of the most important wastes in poultry enterprises and constitute 25-30% of the total animal waste. These are composed of feces, litter, feed, dead chicks, broken eggs and feathers. Chicken manure is the most important waste materials among them. According to the data obtained from the TSI for the year of 2013 there are a total of 266 million unit layers and broiler chickens and approximately 15 million tons of manure are produced annually. Without sufficient treatment these wastes may pose severe health risks due to creating a suitable environment for the growth of harmful microorganisms and insects, odor, environmental pollution, visual problems and causes the formation of methane gas which leads to greenhouse effect.

These wastes which create some environment problems are the most suitable raw materials for biogas production. Anaerobic digestion is a biological process in which organic matter is degraded to methane under anaerobic conditions. Anaerobic process was carried out at 20-35°C for 40-100 days and this process results in the formation of biogas that is a flammable gas. Biogas is used in many fields such as electricity generation, heating, transportation and in fuel cells. On the other hand, the cost of natural gas can be reduced by mixing with biogas.

Biogas production from poultry waste will provide to meet the increasing energy needs, contribution to the economy and on the other hand will play an active role in the preservation of natural balance.

Key Words: *Biogas, chicken manure, poultry waste*

Geliş Tarihi : 19.11.2014
Kabul Tarihi : 02.06.2015

Yazışma Adresi Correspondence

Fatma YENİLMEZ
Çukurova Üniversitesi,
Tufanbeyli Meslek
Yüksekokulu,
Adana - TÜRKİYE

fyenilmez@cu.edu.tr

* Ulusal Kümes Hayvanları Kongresi 2014, 9-11 Ekim 2014, Elazığ, TÜRKİYE.

1. Giriş

Dünya nüfusunun giderek artması, teknolojiye meydana gelen hızlı gelişmişler enerji ihtiyacının da giderek artmasına neden olmaktadır. Bugünkü tüketim hızıyla dünyadaki fosil kökenli yakıtlardan petrolün 40-45 yıl, doğal gazın 60-65 yıl ve kömürün 140-150 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir. Mevcut kaynakların gelecekte ihtiyacı karşılama yetersiz kalacağı kaygısı, insanları yeni enerji kaynakları aramaya ve mevcut kaynaklardan azami düzeyde faydalanma yolları bulmaya yönlendirmiştir (1).

Son zamanlarda araştırmacılar, mevcut enerji kaynaklarının dışında, rüzgârdan, deniz dalgalarından, şimşeklerden, deniz yosunlarından, yemek artıklarından, gübrelerden ve daha akla gelebilecek birçok ilginç ve değişik kaynaklardan yeni teknolojiler geliştirerek, enerji elde etmeyi başarmışlardır. Biyogaz teknolojisi, yenilenebilir enerji üretiminde en popüler teknolojilerden biridir. Günümüzde çevre kirliliğinin insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmış olmasından dolayı, kullanılacak teknolojinin ucuz enerji sağlaması yanında, çevreyi koruması da önem arz etmektedir (2).

Hayvansal kaynaklı atıklar, biyolojik arıtmaya tabi tutulduktan sonra biyogaz üretimi için ideal bir kaynak oluşturmaktadır. Biyogaz üretiminde kullanılan tavukçuluk atıkları, toplam hayvansal atıkların %25-30'unu oluşturmaktadır ve yanlış yönetimi ile bu atıklar hava, su ve toprak kirliliği gibi önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır (3).

Türkiye, ürettiği enerjinin 3 mislini tüketen bir ülkedir. Enerji kaynakları açısından geniş bir yelpazeye sahip olmasına rağmen, tüketiminin yaklaşık %70'ten fazlası ithalata karşılama ve bu ithalatın payı her geçen yıl artmaya devam etmektedir. Türkiye'nin biyogaz potansiyeli mevcut doğal gaz kullanımının %88'ine eşdeğerdir (4, 5). Mevcut atık potansiyelinin biyogaz üretimi ile değerlendirilmesi, mevcut enerji açığının bir miktarda olsa kapatılmasına katkıda bulunacaktır.

Biyogaz üretimiyle, organik atıklar değerlendirilerek temiz enerji üretilmektedir. Böylece; toprak, su ve hava temizliği sağlanmakta, doğal denge korunmaktadır. Aynı zamanda, üretim sonrası açığa çıkan atıklar, bitkisel üretimde organik gübre ve hayvan besleme hammadde olarak kullanılması mümkün olmaktadır.

2. Tavukçulukta Ortaya Çıkan Atık Maddeler

Ülkemizde hayvancılık kolları içerisinde en hızlı gelişen tavukçuluk sektörüdür. Gelişen tavukçuluk, beraberinde bazı sorunları da beraberinde getirmiştir. Tavukçulukta karşılaşılan en önemli sorunlardan biri, üretim sırasında meydana gelen artıkların çevreye vermiş olduğu zarardır. Üretim sırasında oluşan atıklar, dışkı, altlık, yem, ölü civcivler, kırılmış yumurtalar ve tüylerden oluşmaktadır. Kuluçkahane ve kesimhanelerde oluşan tüm atıklar rendering yapılarak gübre veya diğer

hayvanlar için zengin bir yem hammadde kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Tavukçulukta üretim sırasında ortaya çıkan atık maddeler arasında en önemli yeri gübre tutmaktadır. Gübre, sindirilmeyen yemler, vücut atıkları, altlık ve idrar karışımını içine almaktadır. Dünyada 2013 yılı verilerine göre yaklaşık 24 milyar adet tavuk varlığı bulunmaktadır (6). Bir tavuğun günde ortalama 140-160 g taze gübre ürettiği düşünülürse, dünyada yılda yaklaşık 1,2 milyar ton gübre üretiliyor demektir (7). Türkiye için bu rakamlara baktığımızda, yaklaşık 266 milyon adet tavuk varlığına karşılık yıllık yaklaşık 15 milyon ton gübre üretimi demektir (8). Bütün bunlar dikkate alındığında, üretilen bu gübrelerin doğru yönetilmesi ile ekonomiye katkıda bulunmak mümkün olurken, yanlış yönetilmesi ile hava, su, toprak ve görüntü kirliliği ile de çevreye çok büyük zararlar verilmektedir.

Tavuk dışkısı, doğası itibarıyla, patojen mikro organizmaların yoğun olarak bulunduğu bir çıktıdır. Bu nedenle doğaya serbest olarak bırakılan tavuk gübresi; salmonella, coliform, riptosporidium, marek, gumbora ve hatta kuş gribi (avian influenza) gibi çok önemli hastalık etmenlerinin en önemli bulaştırıcısı olabilir (9). Aynı zamanda insanlarda rahatsızlıklara sebep olan Leptospira ve histoplazma capsulatum gibi patojenik organizmaları da bünyesinde barındırabilmektedir (10).

Tavuk gübresinin organik gübre olarak bitkisel üretimde kullanımı yaygın bir uygulamadır. Gübrenin bekletilmeden ve olgunlaştırılmadan gübre amaçlı toprağa verilmesi durumunda, içerdiği toksik etkilere dolayı bitkilerde olumsuz etkiler (yanma) oluşturmaktadır ve toprağın biyolojik yapısı bozulmaktadır. Gübrelemenin çok sık yapılması yüzeysel sularda nütrientlerin artmasına dolayısıyla ötrofikasyona, patojenlerin üremesine, fitotoksik maddelerin çoğalmasına sebep olmaktadır. İçme sularında yüksek konsantrasyonlarda nitrat bulunması insanlarda mavi bebek sendromuna, kansere, solunum hastalıklarına ve hayvanlarda yavru düşüklerine sebebiyet vermektedir (11-13).

Tavuk gübresinin idrarla karışık olması, içerdiği ürik asit nedeniyle ve gübrenin olgunlaşması için doğal olarak girdiği kimyasal fermentasyon sonucu hidrojen sülfür, karbon dioksit, amonyak ve metan gibi zararlı gazlar meydana gelmektedir. Oluşan bu gazlar nedeniyle ortaya çıkan pis kokular, insanları ve çevredeki diğer canlıları olumsuz etkilemektedir. Tavuk gübresi çevreye yaydığı anormal pis kokunun ötesinde, asit yağmurlarına neden olarak önemli çevresel sorunlara da yol açabilmektedir. Diğer taraftan sinek, kene gibi haşerelerin üremesi için uygun ortam oluşturmada, bu böcekleri yemek için gelen kuşlar tarafından çevreye çeşitli bulaşıcı hastalıkların taşınmasına neden olarak ve dışkıda bulunan hastalık etmeni mikroorganizmaların rüzgarlar ile daha geniş alanlara yayılmasına katkıda bulunarak halk sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Biyolojik Oksijen Gereksinimine (BOG) göre; tavuk dışkısının evsel atıklara göre çevreyi 50 kat daha fazla kirlettiği belirtilmektedir (10, 14-16).

Atmosfere salınan gazlardan başta metan gazı olmak üzere sera etkisi yaratması sonucunda, dünya yüzeyinde sıcaklığın artması, yani küresel ısınmanın dünya iklim sisteminde neden olduğu değişiklikler, tüm dünyayı etkilemektedir. Metan gazı karbondioksit göre 21 kat daha fazla sera etkisine sahiptir (17). Türkiye'nin 2011 yılı toplam sera gazı emisyonunun %9'u atıklardan kaynaklanmaktadır. Bu sebeple, hayvansal atıklardan kaynaklanarak sera etkisi yaratan gazların atmosfere salınımının engellenmesi çevre açısından önemli bir husustur (4, 18).

Ülkemizde daha çok yakıt olarak kullanılan tavukçuluk üretim atıkları, işletme ve ülke ekonomisine faydalı girdiler olarak farklı alanlarda değerlendirilebilmektedir. Besin değerleri çok yüksek olduğu için organik gübre olarak kullanımı oldukça yaygındır. Böylece azot, fosfor ve kalsiyum tekrar kullanılmış ve geri kazanılmış olur. Diğer taraftan bu atıklar, yüksek azot ve mineral madde içermesi nedeniyle geniş getiren hayvanların rasyonlarında uygun işlemlerden geçirildikten sonra yıllardan beri güvenle kullanılmaktadır. Yine broiler gübresi, mantar üretimi için kullanılan kompost yapımında genellikle %10 düzeyinde ilave edilmektedir. Son yıllarda gübrenin substrat olarak kullanımı ile larva üretilmekte, özellikle karnivor balıklara canlı yem kaynağı olmasının yanı sıra, tavuk yemi olarak ta kullanım alanı bulmaktadır (9).

Tavukçuluk atıklarının değerlendirilmesi konusunda son günlerde ön plana çıkan ve gündemi meşgul eden biyogaz (biyoenerji) teknolojisiyle, bir taraftan temiz enerji üretimiyle ekonomiye ve çevreye fayda sağlanırken, diğer taraftan atıkların toprağa kazandırılmasını sağlayarak tarım alanlarında verimliliğin artmasına imkan vermektedir.

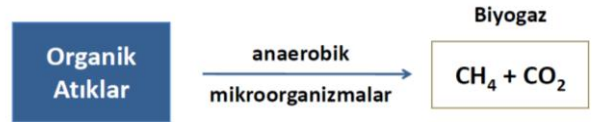
3. Biyogaz Üretimi

Biyogaz, organik bazlı atıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) fermentasyonu sonucu ortaya çıkan renksiz - kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşiminde organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşık; %55-75 metan, %24-44 karbondioksit ve çok az miktarlarda hidrojen sülfür, azot, karbon monoksit, oksijen ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır (19-21).

Biyogaz üretimi için uygun atıklar; evsel katı atıkların organik kısmı, hayvansal atıklar, atık su arıtma çamurları, sebze-meyve işleme atıkları, mezbaha atıkları, enerji bitkileri ve tarımsal artıklar, atık kağıt, park-bahçe atıkları, algal biyokütle, endüstriyel atık ve sular (petrokimya, süt, meşrubat, meyve suyu, bira, şarap, ilaç, maya, tekstil, kağıt, şeker vb.) (15). Hayvansal atıklar içerisinde en çok kullanılanlar tavukçuluk atıklarıdır. Yumurta tavukçuluğunda atıklar sürekli alınmakta ve kullanılabilir. Et tavukçuluğunda ise tavuklar kesime götürüleceği zaman kümesler temizlenmekte, dışkı altlıkla birlikte karışık çıkarıldığından atığın katı

madde oranı yüksek olmaktadır. Bu nedenle biyogaz üretimine daha az uygundur (22). Biyogaz üretiminde genellikle organik materyalin %40-60 kadarı biyogaza dönüşür ve her 0.454 kg için 170-198 litre gaz üretilir. Gazın yaklaşık %65'i metandır (23). Geri kalan artık ise kokusuz, gübre olarak kullanılmaya elverişli katı veya sıvı üründür.

Biyogazın temel bileşenlerini metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) oluşturmaktadır (Şekil 1). Her saf gazda olduğu gibi biyogazın karakteristik özellikleri basınca ve sıcaklığa bağlıdır. Bu karakteristik özellikler aynı zamanda nem içeriğinden de etkilenir. Isıl değeri 4700-6000 kcal/m³ olan bir gazdır. Isıl değeri, karışımın içinde yer alan metan gazı miktarına bağlıdır. Metan gazının içeriği ise atığın besin madde içeriklerine ve biyogaz üretimi sırasındaki bekleme süresine bağlıdır. Süre uzadıkça metan içeriği azalmaktadır. Biyogaz kolayca bozulmayan sabit bir yapıya sahiptir ve ancak -164°C'de ve yüksek basınç altında sıvı hale gelebilir. Bu özelliğinden dolayı halen kullanılmakta olan likit gazlar gibi kolayca sıvı hale gelmez (24, 25). 1 m³ biyogaz; 0.62 litre gazyağı, 1.46 kg odun kömürü, 3.47 kg odun, 0.43 kg bütan gazı, 12.3 kg tezek ve 4.70 kWh (kilowatt saat) elektrik enerjisi eşdeğerindedir. 1 m³ biyogaza 0.66 litre motorin, 0.75 litre benzin ve 0.25 m³ propan eşdeğer yakıt miktarlarıdır (26).



Şekil 1. Biyogazın temel bileşenleri

Biyogaz üretiminde kullanılan atığın karbon, azot ve fosfor içeriği önemlidir. Organik maddelerdeki karbon, anaerobik bakterilerin enerji ihtiyacı için gereklidir. Karbondan başka en önemli besin maddeleri azot ve fosfordur. Azot, bakterilerin büyümesi ve çoğalması için gereklidir. Biyogaz üretilecek atıklarda C/N oranı 10-23 olmalıdır. Kümes hayvanları gübresinde kuru bazda C, N ve C/N oranı sırasıyla 87.5, 6.55 ve 14'tür (24).

Genelde biyogaz üretimi atığın içerdiği uçucu katı madde miktarı ile orantılıdır. Tavuk gübresinin %10 düzeyindeki kuru madde miktarı, 7.7 pH'da mezofilik metan fermentasyon koşullarında biyogaz üretimi için uygundur. Yaklaşık 1 ton toplam katı madde içeren tavuk gübresinden 200 m³ metan içeren biyogaz üretilebilmektedir (27, 28). Günlük 255 kg kapasiteli bir tesisten elde edilen gaz pişirme amaçlı kullanıldığında, proje 2 yılda kendini amorte etmektedir (29).

Yumurta ve etçi tavuk atıklarından elde edilen biyogaz verimi, sığır ve küçükbaş hayvan atıklarından elde edilen biyogaz verimi ile karşılaştırıldığında oldukça fazla olduğu görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Tavuk atıklarında kuru madde miktarları ve biyogaz verimleri (22)

Materyal	Toplam Kuru Madde (%)	Uçucu Kuru Madde (%)	Biyogaz Verimi (1/kg.UK)
Yumurtacı Tavuk Atığı	10-35	70-75	310-620
Etçi Tavuk Atığı	50-90	60-80	550-650
Sığır Atığı	5-25	75-85	200-350
Küçükbaş Hayvan Atığı	30	70	90-310

3.1. Türkiye’de Biyogaz

Türkiye’de biyokütleden enerji üretimi çalışmaları 2000’li yıllarda başlayıp yenilenebilir enerji kanunu’nun yürürlüğe girmesiyle birlikte özel sektörün de katkılarıyla hızla gelişmeye başlamıştır. Elektrik üretiminde biyokütle kaynaklarına dayalı kurulu güç 2002-2013 yılları arasında %22 yıllık bileşik büyüme oranı ile 2013 yılında 237 MW’a ulaşmıştır.

Türkiye’de sektörü etkileyen kanun ve yönetmelikler; Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanılmasına İlişkin Kanun, No 5346, Elektrik Piyasası Kanunu, No 6446, Çevre Kanunu, No 2872, Lisanssız Üretim Yönetmeliği (02.10.2013/28783), Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği (02.11.2013/28809), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurtiçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik, Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (05.05.2007/26927), Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (14.03.1991/20814) şeklinde sıralanabilir.

Enerji üretimi için seçilmiş olan kaynaklar termokimyasal (doğrudan yakma, gazlaştırma, piroliz) veya biyo-kimyasal (anaerobik çürütme) çevirim yöntemleri ile istenilen teknolojiye uygun bir enerji formuna çevrilmektedir. Tavuk gübresinden biyogaz üretimi için anaerobik çürütme teknolojisi kullanılmaktadır

(30). Ülkemizde hayvansal ve tarımsal atık işleyen 10-15 kadar tesis bulunmaktadır. Bu tesislerde MW başına yaklaşık yatırım bedeli 2.250.000 € – 2.750.000 € aralığındadır (31). 2500 kapasiteli bir tavuk çiftliğinde 27.75 m³ gaz yani 41 kWh enerji üretilebilmektedir (32). Tablo 2’de örnek bir biyogaz tesisine ait bilgiler, Şekil 2’de biyogaz tesisi kurulum şeması, Şekil 3 ve Şekil 4’te biyogaz üretimi yapılan tesislerden görüntüler verilmiştir (33).

Örnek bir tesise ait kapasite bilgileri:

Kullanılan hammadde: Hindi ve sığır gübresi, sıvı gübre, mısır silajı, ara bitkileri

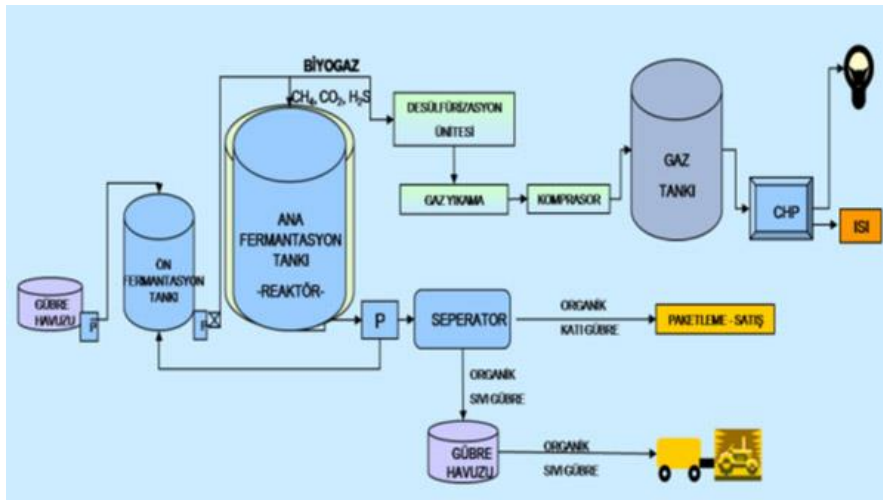
Ön tank hacmi: 150 m³ brüt hacim

Fermenter: 2.078 m³ brüt hacim, duvar ve zemin ısıtma, 2 turbo dalgıç motorlu karıştırıcı,

1 kürek karıştırıcı, ahşap yapı kirişleri ve hava destekli çatı yapısı

Gaz atık depolama ünitesi: 4.241 m³ brüt hacim, 3 dalgıç motorlu karıştırıcı, ahşap yapı kirişleri ve hava destekli çatı yapısı

CHP istasyonu: 250 kW pilot enjeksiyon ünitesi, ilave 250 kWh gaz motoru (34).



Şekil 2. Biyogaz tesisi kurulum şeması



Şekil 3. Biyogaz üretimi yapılan tesisten bir görünüm



Şekil 4. Biyogaz üretimi yapılan tesisten bir görünüm

Tablo 2. Örnek biyogaz tesis bilgileri (33)

1.000.000 tavuğun dışkısı (Ton/Yıl)	25 000	Elektriksel verim (%)	41
20.000 besi sığırının sıvı gübresi (m ³ /Yıl)	146 000	Isı üretimi (milyon kWh/Yıl)	16.1
Yıllık biyogaz miktarı (milyon m ³ /Yıl)	7.69	Isısal verim (%)	42
BHKW büyüklüğü (KW _{elektrik})	2 000	Yıllık gelirler (€/Yıl)	3 338 558
Elektrik üretimi/satışı(%89 net) (milyon kWh/Yıl)	15.6	Yıllık kar (€/Yıl)	1 443 855
İhtiyaç için satın alınan elektrik (milyon kWh/Yıl)	0.76	Geri dönüş süresi (Yıl)	5
Toplam yatırım masrafları (€)	6 997 337	Yıllık gelirler (€/Yıl)	3 338 558
Cari masraflar toplamı (€/Yıl)	1 894 703		

3.2. Biyogaz Üretim Aşamaları

Biyogaz, tavuk gübresinin havasız bir ortamda 20-35°C'de, 40-100 gün süre boyunca anaerobik bakterilerle kimyasal olarak parçalanması sonucu meydana gelir. Hayvan gübresi, bakterilerin üreme ve gelişmeleri için gerekli olan yağ, karbonhidrat, protein ve diğer besin maddelerini ihtiva eden organik maddeleri kapsamaktadır. Gübreden metan gazı elde edilmesiyle ilgili olarak anaerobik faaliyet üç aşamada gerçekleşir.

3.2.1. Hidroliz Aşaması: Mikroorganizmaların salgıladıkları selular enzimler ile çözünür halde bulunmayan maddeler çamur içerisinde çözünür hale dönüşürler. Uzun zincirli kompleks karbonhidratları, proteinleri, yağları ve lipidleri kısa zincirli hale dönüştürürler (2).

3.2.2. Asit Oluşturma Aşaması: Çözünür hale dönüşmüş organik maddeler anaerobik bakteriler tarafından asetik asit, uçucu yağ asitleri, hidrojen ve karbondioksit gibi küçük yapıllı maddelere dönüştürülür. Bu bakteriler metan oluşturuca bakterilere uygun ortam hazırlar.

3.2.3. Metan Oluşumu Aşaması: Bakterilerin asetik asiti parçalayarak veya hidrojen ile karbondioksit sentezi sonucunda biyogaza dönüştürülmesi işlemidir. Metan üretimi, yavaş bir süreçtir ve metan oluşumundaki etkili bakteriler çevre koşullarından oldukça fazla etkilenirler. Ortalama enzimlerin eklenmesi bakteri sayısını ve biyogaz üretimini artırmaktadır (25, 35).

3.3. Biyogaz Üretiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Kullanılacak atığın nemi %15'den az olmalı,
- Fermantörde (üretim tankı-sindireç) kesinlikle oksijen bulunmamalı,
- Antibiyotik almış hayvansal atıklar üretim tankına alınmamalı,
- Ortamda yeni bakteri oluşturulması ve büyümesi için yeterli miktarda azot bulunmalı (C/N oranı= 16-25),
- Üretim tankında optimum pH 7.0–7.2 arasında olmalı,
- Metan bakterileri için substratta (S) sirke asidi cinsinden organik asit konsantrasyonu 500 - 1500 mg/litre civarında olmalı,
- Fermantör sıcaklığı 35 °C veya 56 °C de sabit tutulmalı,
- Üretim tankına ışık girmemeli ve ortam karanlık olmalı,
- Üretim tankında minimum %50, optimum %90 oranında su olmalı,
- Ortamda kükürt miktarı 200 mg/L'den fazla olmamalı,
- Ortamda metan bakterilerinin beslenmesine yetecek kadar organik madde parçalanmış-öğütülmüş olarak bulunmalıdır (26, 36, 37).

3.4. Biyogazın Kullanım Alanları

Biyogaz doğalgazın kullanım alanlarıyla paralel olarak kullanılabilen bir enerji kaynağıdır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Doğrudan yakarak mekan ısıtma, proses ısıtma, su ısıtma, buhar üretimi ve pişirmede,
- Gaz yakıtlarla çalışan fırın ve ocaklarda,
- Türbin yakıtı olarak kullanımı ile elektrik üretiminde,
- Elektrik enerjisine çevrilerek aydınlatmada,
- Yakıt pillerinde,
- Mevcut doğalgaza katılarak maliyetlerin düşürülmesinde,
- Kimyasal maddelerin üretimi sırasında kullanımı,

Motor yakıtı olarak benzinle çalışan motorlarda hiçbir katkı maddesine gerek kalmadan doğrudan veya içeriğindeki metan gazı saflaştırılarak ulaşımda kullanılabilir. Dizel motorlarda kullanılması durumunda belirli oranlarda (%18-20) motorin ile karıştırılması gerekmektedir (38, 39).

3.5. Biyogaz Üretiminin Avantajları

Biyogaz organik kökenli bir gaz olduğu için yenilenebilir bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynaklarının sağladığı ortak avantajların hepsine sahiptir. Spesifik olarak değerlendirmek gerekirse biyogazın avantajlarını şöyle sıralamak mümkündür:

- Ucuz enerji üretimini mümkün kılar.
- Daha sağlıklı ve hijyenik yaşam alanları sağlar.
- İstihdam yaratır.
- Odun ve gübre yakımı engellendiği için orman tahribatını önler.
- Kırsal kesimde rahatlıkla elde edilip kullanılacak bir alternatif enerji kaynağıdır.
- Biyogaz ısıtma amacı ile fosil yakıtlar yerine kullanılırsa %75-90 oranında, BIG yerine kullanılırsa %60-90, benzinli ve dizel araçlarda kullanılması durumunda %50-85 arasında sera gazları emisyonunda azalma mümkün olmaktadır.
- LPG ve motorin gibi ticari yakıtların yerine kullanılması mümkündür.
- Verimin düşmemesi ve nem oranının fazla olması itibarıyla oldukça büyük bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Gaz dolum istasyonlarında doğalgaz için kullanılan tüm makineler, yüksek metan içerikli biyogazın dolumuna da uygundur.

- Üretim sonrası geriye kalan atık materyalin bitkisel üretimde toprağı zenginleştirici bir organik gübre olarak kullanılmasıyla toprak erozyona karşı korunmuş olur, toprağın verimliliği artar ve asitleşme olmaz. Aynı zamanda hayvan gübresinin tarlaya atılmadan önce yaklaşık bir yıl süren bekletilme süresi 15-20 güne kadar düşürülebilmektedir. Bu durum aynı zamanda gübrenin bekletilmesi sırasında meydana gelen bitki besin maddelerinin kayıplarını da önlemektedir.
- Üretim sırasında oluşan atıklar hayvan yemi katkısı olarak ta değerlendirilmektedir.
- Patojenlerin ve yabancı bitki tohumlarının yok edilmesini sağlar.
- Organik atıkların değerlendirilmesini, bunların sterilize edilerek geri kazanımını sağlar.
- Toprak, hava ve su temizliği sağlanarak, doğal dengenin korunmasına katkıda bulunur.
- Sürdürülebilir tarım sektörüne katkı sağlar.
- Ülkenin enerji ihtiyacı karşılanmış olur (1, 2, 15, 37, 38, 40-45).

3.6. Biyogaz Üreticilerine Yapılan Devlet Desteği ve Teşvikleri

Biyokütle yatırımları, en yüksek sabit fiyatlı alım garantisi seviyesi olan 13,3 ABD Doları cent/kWh ile desteklenmekte (10 yıl), yurtiçi ekipman kullanımı durumunda "yerli katkı ilavesi" (5 yıl) adı altındaki ilave teşvikle bu fiyat 18.1 ABD Doları cent/kWh'a dek ulaşmaktadır. YEK belgeli üretim tesislerinden ve enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine %85 indirim uygulanması, %1'lik hazine payının alınmaması öngörülmüştür. 1MW kurulu gücün altındaki tesisler için lisans alma mecburiyeti kaldırılmış, kalkınma ajanslarını devreye alarak lisansız elektrik üreteceklere %50'ye, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı kırsal kalkınma programını devreye alarak lisansız elektrik üreteceklere 400 bin TL'ye kadar hibe verilmektedir. AB Kırsal Kalkınma Hibe Destekleri Programı iyileştirilerek kamu ve tüzel kuruluşlar ile kooperatiflere %50 hibe verilmektedir (30).

4. Sonuç

Tavukçuluk sektöründe artan üretim ile birlikte ortaya çıkan atıkların miktarı da artış göstermiş, bu atıklardan kuluçkahane ve kesimhane atıkları, hayvan yemi ve gübre olarak değerlendirilirken, iyi yönetilmeyen tavuk gübresi su, hava, toprak ve görsel kirliliğe neden olarak, çevreyi ve insan sağlığını tehdit etmektedir.

Ciddi çevresel sorunlara neden olan bu atıkların, mikroorganizmalar vasıtasıyla biyogaza dönüştürülmesiyle, enerji üretimine hammadde kaynağı sağlanarak ekonomik katma değer oluşturulmasına,

ülkemizdeki mevcut enerji açığının kapatılmasına, toprak verimliliğinin artırılmasına, hayvan beslemesine ve doğanın dengesinin korunmasına katkılar sağlanmaktadır.

Kaynaklar

1. Kılıç FÇ. Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri. Mühendis ve Makine 2011; 52: 94-106.
2. Alçiçek A, Demirulus H. Çiftlik gübrelerinin biyogaz teknolojisinde kullanılması. Ekoloji Çevre Dergisi 1994;1: 5-9.
3. Dalkılıç K, Uğurlu A. Tavuk gübresinden biyogaz üretimi. Tavukçuluk Araştırma Dergisi 2013; 10: 14-19.
4. Ulusoy Y, Ulukadeşler AH, Arslan R, Uysal M. I. Ulusal Kompost ve Biyogaz Çalıştayı. 11-14 Nisan 2013. Antalya.
5. Anonim. "Evsel/Kentsel ve endüstriyel çamurlardan biyogaz üretimi". <http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/Nuri%20Azbar.pdf>/16.09.2014.
6. FAO. "Live animals" <http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor/> 15.09.2014.
7. Demirulus H, Aydın A. Tavukçuluk artık ve atık maddelerinin işlenerek çevre kirliliğinin azaltılması. Ekoloji Dergisi 1996; 19: 22-26.
8. TÜİK. "Hayvancılık istatistikleri". <http://tuikapp.tuik.gov.tr/hayvancilikapp/hayvancilik.zul/> 09.09.2014.
9. Yenilmez F, Çelik L, Kutlu HR. Tavuk gübresinin kullanım alanları. Ulusal Kümes Hayvanları Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, 3-5 Ekim 2012; 457-465.
10. Anonim. "Gübrelik ve biyogaz üniterleri". http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller.pdf/G%C3%BCBrelikler%20ve%20Biyogaz%20%C3%9Cniteleri.pdf/16.09.2014.
11. Williams CM, Barker JC, Sims JT. Management and utilization of poultry wastes. Rev Environ Contam Toxicol 1999; 162: 105-157.
12. Kelleher BP, Leahy JJ, Henihan AM, O'Dwyer TF. Advances in poultry litter disposal technology-A review. Bioresource Technology 2002; 83: 27-36.
13. Avcıoğlu AO, Çolak A, Türker U. Türkiye'nin tavuk atıklarından biyogaz potansiyeli. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2013; 10: 21-28.
14. Baydan E, Yıldız G. Tavuk dışkılarından kaynaklanan sorunlar ve baslıca çözüm yolları. Lalahan Hay. Arast. Enst Derg 2000; 40: 98-105.
15. Çallı B. "Atıklardan biyogaz üretimi". <http://mebig.marmara.edu.tr/Presentations/BiyogazUretimi.pdf> /14.09.2014.
16. Anonim. "Tavuk atıkları nasıl değerlendiriliyor?" <http://www.dunyagida.com.tr/haber.php?nid=3259/13.09.2014>.
17. Sangeetha PA, Atharsha S, Saranyaa Sri K. Comparison of viability of biogas from poultry waste and mixture of poultry and fish waste. International Journal of Innovative Research in Technology & Science 2014; 2: 33-38.
18. TÜİK. "Seragazı emisyon envanteri, 1990-2011". <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=13482/16.09.2014>.
19. Ardıç İ, Taner F. "Biyokütleden biyogaz üretimi I: Anaerobik arıtımın temelleri". http://www.emo.org.tr/ekler/14101ec47c52b48_ek.pdf/13.09.2014.
20. Anonim. "Biyogaz teknolojisi ve uygulama alanları". <http://www.elektrikport.com/sector-rehberi/biyogaz-teknolojisi-ve-uygulama-alanlari/10217#ad-image-0/> 13.09.2014.
21. Anonim. "Biyogaz üretimi ve faydaları". http://www.alternatifpower.com.tr/resimler/2187644_1403534180.pdf/13.09.2014
22. Anonim. "Biyogaz üretim teknolojileri". <http://www.eusolar.ege.edu.tr/kisokulu/sunumlar/AEryasar.pdf>/14.09.2014.
23. Vohra P. Biogas production from poultry manure. California Agriculture 32; 4: 12-12.
24. Gül N. Tavuk gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 2006.
25. Islam MS, Islam A, Shah D, Basher E. Impact of different factors on biogas production in poultry dropping based biogas plants of Bangladesh. Journal of Energy and Natural Resources 2013; 2: 25-32.
26. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. "Biyogaz". <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>/13.09.2014.
27. Dagnall S, Hill J, Pegg D. Resource mapping and analysis of farm livestock manures—assessing the opportunities for biomass-to-energy schemes. Bioresource Technology 2000; 71: 225-234.
28. Karaalp D, Caliskan G, Azbar N. Performance evaluation of a biogas reactor processing chicken manure with high solids content. Digital Proceeding Of THE ICOEST'2013, Cappadocia Nevsehir, Turkey, June 18-21, 2013; 768-773.
29. Singh R, Karki AB, Shrestha JN. Production of biogas from poultry waste. International Journal of Renewable Energy 2008; 3: 11-20.
30. Anonim. "Biyokütlenin altın çağı". <http://www.denetimnet.net/UserFiles/Documents/Biyok%C3%BCtlenin%20alt%C4%B1n%20%C3%A7a%C4%9F%C4%B1Sonn.pdf>/22.12.2014.
31. Musluoğlu A. "Tarım, hayvancılık ve gıda atıkları için biyogaz tesisleri". http://rensef.org/files/downloads/Rensef_Forum2014_Sunum_CV/ahmet_musluoglu_sunum.pdf/19.12.2014.
32. Rashid R, Ahmed HB, Khan S. Biogas technology for a sustainable energy: The case of poultry farm in Bangladesh. World Journal of Social Sciences 2012; 2: 174-181.

33. Anonim. "Suluova biyogaz tesisinin teknik-ekonomik esaslarına ilişkin rapor". [http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/fizibilite_calismasi_suluova_\(h.berg\).pdf](http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/fizibilite_calismasi_suluova_(h.berg).pdf)/19.12.2014.
34. Anonim. "Poultry power". <http://en.planet-biogas.com/wp-content/mediathek/Success-Story-Poultry-Farm-GB-V2Web.pdf>/23.12.2014.
35. Anonim. "Biyogaz". http://tr.wikipedia.org/wiki/Biyogaz#Biyogaz.C4.B1n_olu.C5.9Fumu/14.09.2014.
36. Bolan NS, Szogi AA, Chuasavathi, T, et al. Uses and management of poultry litter. *World's Poultry Science Journal* 2010; 66: 673-698.
37. Ezekoye VA, Ezekoye BA, Offor PO. Effect of retention time on biogas production from poultry droppings and cassava peels. *Nig J Biotech* 2011; 22: 53-59.
38. Anonim. "Biyogaz ve yan ürünlerinin kullanım alanları". http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/biyoenerji/01-biyogaz/bg_yan_urun.html/13.09.2014.
39. Anonim. "Biyogazın kullanım alanları". <http://enerjiuretimsistemleri.blogspot.com.tr/2011/10/biyogazn-kullanm-alanlar.html>/13.09.2014.
40. Koçer NN, Öner C, Sugözü İ. "Türkiye'de hayvancılık potansiyeli ve biyogaz üretimi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları". <http://web.firat.edu.tr/daum/docs/> 14.09.2014.
41. Tolay M, Yamankaradeniz H, Yardımcı S, Reiter R. Hayvansal atıklardan biyogaz üretimi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008 17-19 Aralık İstanbul. 2008; 259-264.
42. Yıldız Ş, Saltabaş F, Balahorli V, Sezer K, Yağmur K. Organik atıklardan biyogaz üretimi (Biyometanizasyon) projesi-İstanbul örneği. TÜRKAY 2009 Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, YTÜ, 15-17 Haziran İstanbul 2009; 1-8.
43. Yılmaz V. Sürdürülebilir bir sistemde biyogazın yeri. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Diyarbakır 2009; 203-207.
44. Rahhid R, Malik M, Khan S. Biological treatment of organic waste for poultry farm in hot climate. *Int J of Sustainable Water& Environmental Systems* 2010; 1: 11-14.
45. Bijman T. "Biogas from poultry waste. Dorset symposium June 2014". http://www.dorset.nu/upload/File/Dorset_GP/presentaties_20_juni_2014/A-15.00-1%2043,EN-T.%20Bijman-Biogas%20from%20poultry%20waste.pdf 17.12.2014.