

ET TAVUĞU VE BÜYÜKBAŞ HAYVAN GÜBRESİNDEN BİYOGAZ ÜRETİM POTANSİYELİ

Gamze Güngör a, Göksel N. Demirer a,b

a ODTÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara

b Sorumlu yazar. Şu anki adresi: Washington Eyalet Üniversitesi, Biyolojik Sistemler Mühendisliği Bölümü, L.J. Smith Hall, PO Box 646120, Pullman, WA 99164-6120, ABD, Tel: +509-335 38 26, Faks: +509-335 27 22, e-posta: demirer@wsu.edu

ÖZET

Anaerobik biyoteknoloji ile biyogaz üretimi yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yeri olan biyokütle enerjisinin elde edilme yöntemlerinden birisidir. Bu çalışmada et tavuğu ve büyükbaş hayvan gübresinin anaerobik arıtılabilirliği ve biyogaz üretim potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla tavuk ve büyükbaş hayvan gübresi ile bunların 5 değişik orandaki karışımı (%100 tavuk; %75 tavuk, %25 büyükbaş hayvan; %50 tavuk, %50 büyükbaş hayvan; %25 tavuk, %75 büyükbaş hayvan; ve %100 büyükbaş hayvan gübreleri) kullanılarak kesikli anaerobik reaktör deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu karışımlar iki farklı kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (12,000 mg/l ve 53,500 mg/l) ve toplam katı madde (TKM) (%1 ve %4,3) derişiminde çalışılmıştır. Besin takviyesinin etkisini belirlemek üzere bu deneyler hem basal ortam (BO) içeren hem de içermeyen reaktörlerde gerçekleştirilmiştir. Düşük KOİ içeren reaktörlerde 41 gün sonunda elde edilen biyogaz verimi ortalama 245 ml biyogaz/eklenen g KOİ, biyogaz içindeki metan yüzdesi % 57-67, yüksek KOİ içeren reaktörlerde ise 91 gün sonunda ortalama 300 ml biyogaz/ eklenen g KOİ, biyogaz içindeki metan yüzdesi % 49-67 olmuştur. KOİ derişimi arttıkça tavuk gübresi için verimin düştüğü görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Anaerobik, et tavuğu, büyükbaş hayvan, gübre, birlikte arıtım, sıcaklık

1. GİRİŞ

Dünyanın pekçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de de endüstrileşme ve nüfus artışı yüzünden hızla büyüyen bir enerji ihtiyacı gözlenmektedir. Yurtiçi enerji kaynakları miktar ve kalite olarak yetersiz olduğundan önemli miktarda ithalata gereksinim vardır. Fosil yakıtları esas alan enerji üretimi ve kullanımı; yakıt konusunda dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzluklar doğurmaktadır. Fosil yakıtlardan elde edilen enerjide sınıra yaklaşmış olması, ekonomik olarak kullanıma uygun teknolojilerle yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılması gerekliliğini doğurmuştur.

Biyogaz teknolojisi, organik maddelerin (bitkisel ve hayvansal tüm doğal maddeler, orman ve tarım atıkları, algler, kanalizasyon ve diğer kentsel atıklar, vb.) oksijensiz

ortamda parçalanması sonucu açığa çıkan yanıcı gazın elde edilmesi ve etkin bir şekilde kullanılmasını içermektedir. Böylelikle, bu atıkların çevreye zarar vermesi önlenmekte ve enerji üretilmektedir. Üstelik, sistemde işlenmiş atıkların gübre olarak değeri artmaktadır (1). Türkiye’de biyogaz ile ilgili çalışmalar 1957 yılında başlatılmıştır. 1975 yılından sonra toprak-su ve 1980li yıllarda Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü kapsamında yürütülen çalışmalar uluslararası bazı anlaşmalarla desteklenmiş olmasına karşın 1987 yılında anlaşılabilen bir nedenle kesilmiştir (2). Dünyada ise bazı ülkeler biyogaz enerjisini önemli ölçüde kullanmaktadır. Örneğin Finlandiya toplam enerjisinin %15’ini, İsveç %9’unu, ABD %4’ünü bu tür enerjiden sağlamaktadır (3).

Çiftlik hayvanlarının geniş ölçekli hayvan çiftliklerinde beslenmesine dayanan üretim tarzı son yıllarda dünyada ve ülkemizde ciddi miktarda artış kaydetmiştir. 2000 yılında Türkiye’de tavuk ve büyükbaş hayvan çiftliklerinden kuru madde olarak yaklaşık 20 milyon ton gübre açığa çıkmıştır (4). Bu atıklardan anaerobik biyoteknoloji ile biyogaz üretimi, hem atıkların arıtımını sağlayarak çevreye verdikleri zararı önlemek, hem de enerji üreterek geleneksel enerji üretim metodlarının kullanımını azaltmak ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamak açısından en iyi yöntemdir. Hayvan gübresinden biyogaz üretimi bugüne kadar pekçok araştırmacı tarafından çalışılan bir konu olmasına rağmen (5, 6) et tavuğu gübresinden biyogaz üretimi konusunda belirgin bir açık görülmektedir. Türkiye’de mevcut tavuk miktarının %75’ini et tavuğu oluşturur (4). Et tavuğu çiftliklerinde altlık malzemesi kullanılması yüzünden ciddi miktarda atık oluşmaktadır. Ayrıca bu çiftliklerde ısıtma amacıyla önemli miktarda enerji kullanılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı biyogaz üretimi özellikle et tavuğu çiftlikleri için değerlendirilmesi gereken bir alternatiftir.

Hayvan çiftlikleri genelde belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Bu bölgeler aynı zamanda çeşitli hayvan atıklarının birlikte ve yoğun olarak üretildiği yerlerdir. Aynı bölgede faaliyet gösteren birden fazla hayvan çiftliğinden çıkan atıkların biraraya getirilerek merkezi tesislerde biyogaz üretimi, bu bölgelerdeki çevre kirliliğini azaltacak ve bölgenin enerji ihtiyacını karşılayacaktır. Et tavuğu ve büyükbaş hayvan gübresi bu atıkların iki çeşididir ve bu çalışmada bu iki atığın, tek tek ve birlikte, biyogaz üretim potansiyelleri incelenmiştir. Bu amaçla tavuk ve büyükbaş hayvan gübresinin 5 değişik orandaki karışımı (%100 tavuk; %75 tavuk, %25 büyükbaş hayvan; %50 tavuk, %50 büyükbaş hayvan; %25 tavuk, %75 büyükbaş hayvan; ve %100 büyükbaş hayvan gübreleri) kullanılarak iki farklı KOİ derişiminde kesikli anaerobik reaktör deneyleri gerçekleştirilmiştir. Hayvancılıkla uğraşan kesimlerde karmaşık işletim konfigürasyonları teknik ve işletimsel sorunlara yol açacağından bu çalışma için en basit reaktör çeşidi olan karıştırmasız kesikli reaktör seçilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. ATIKLARIN ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada kullanılan büyükbaş hayvan ve et tavuğu gübresi Ankara'nın Elmadağ ilçesindeki çiftliklerden elde edilmiş ve çalışma boyunca buzdolabında +4°C'de muhafaza edilmiştir. Yapılan karakterizasyon sonucu, et tavuğu gübresinin %73.6, büyükbaş hayvan gübresinin ise %16.9 oranında TKM içerdiği; TKM'nin sırasıyla %87.7'si ve %83.2'sinin uçucu katı madde (UKM) olduğu görülmüştür. Ayrıca KOİ değerleri et tavuğu gübresi için 1244 mg/g kuru madde, büyükbaş hayvan gübresi içinse 1237.5 mg /g kuru madde olarak bulunmuştur. Yapılan analizlerde, her iki gübre için, toplam KOİ'nin sadece %10'unun çözülmüş formda olduğu sonucu elde edilmiştir.

2.2. BAZAL ORTAM

Deneysel ortamda kullanılan besiyer çözeltisi (bazal ortam (BO)) optimum anaerobik mikrobiyel büyüme için gerekli tüm mikro- ve makro-besinleri içermektedir. Besiyer çözeltisinin içerdiği elementler ve derişimleri şöyledir (derişimler, parantez içinde ve mg/l cinsinden verilmiştir): NH₄Cl (1200), MgSO₄·7H₂O (400), KCl (400), Na₂S·9H₂O (300), CaCl₂·2H₂O (50), (NH₄)₂HPO₄ (80), FeCl₂·4H₂O (40), CoCl₂·6H₂O (10), KI (10), MnCl₂·4H₂O (0.5), CuCl₂·2H₂O (0.5), ZnCl₂ (0.5), AlCl₃·6H₂O (0.5), NaMoO₄·2H₂O (0.5), H₃BO₃ (0.5), NiCl₂·6H₂O (0.5), NaWO₄·2H₂O (0.5), Cysteine (10), NaHCO₃ (6000) (7).

2.3. ANALİTİK METOTLAR

KOİ derişimi ölçümleri Hach spektrofotometre (model: p/N 456000-02) kullanılarak, diğer analizler ise standart methodlarla gerçekleştirilmiştir (8). Biyogaz içerisindeki metan gazının oranının belirlenmesinde KOH çözeltisi kullanılmıştır. Şırınga ile reaktörlerin ürettiği gazın bir kısmı alınarak kapalı bir serum şişesinde basıncı atmosferik basınca eşitlenmiş olan ve 20 g/l derişiminde KOH içeren çözeltiye verilmiştir. 3-4 dakikalık karıştırma işlemiyle KOH'ın CO₂ ve H₂S ile tepkimeye girmesi sağlanmıştır. %99.9 oranında metan içeren kalan gaz şırınga ile çözelti şişesinden çekilmiş ve hacmi kaydedilmiştir. Kalan gaz hacminin başlangıçta alınan toplam gaz hacmine oranı biyogaz içindeki metanın oranını vermektedir.

2.4. DENEYSEL PROSEDÜRLER

Büyükbaş hayvan ve et tavuğu gübresinin biyogaz üretim potansiyelini belirlemek üzere biyokimyasal metan potansiyeli (BMP) deneyleri yapılmıştır (9). Deneyler 250 ml'lik serum şişelerinde 100 ml etkin hacimle gerçekleştirilmiştir. İkili olarak çalıştırılan kesikli reaktörlere tavuk ve büyükbaş hayvan gübresinin %100 tavuk (100T:0BH); %75 tavuk ve %25 büyükbaş hayvan (75T:25BH); %50 tavuk ve %50 büyükbaş hayvan (50T:50BH); %25 tavuk ve %75 büyükbaş hayvan (25T:75BH); ve %100 büyükbaş hayvan gübrelerinden (0T:100BH) oluşan beş değişik orandaki karışımı eklenmiştir. Reaktörlere aşı olarak Ankara Atıksu Arıtma Tesisi anaerobik çamur çürütme tanklarından alınan çamur eklenmiştir. Aşıda kendiliğinden varolan substrat derişiminin neden olduğu gaz üretimini belirleyip bu miktarı numune içeren reaktörlerdeki gaz üretiminden çıkartmak için kontrol reaktörleri de hazırlanmıştır. Çalışma boyunca

reaktörlerdeki biyogaz üretimi günlük olarak izlenmiş, biyogaz içindeki metan gazının oranı da üç kez ikili olarak ölçülmüştür.

Deneysel süresince atıkların karışım oranları ile başlangıç KOİ ve TKM derişimlerinin biyogaz üretim potansiyeli üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca, besin takviyesinin etkisini belirlemek üzere deneyler hem BO içeren hem de içermeyen reaktörlerde gerçekleştirilmiştir. Deney setlerindeki başlangıç KOİ derişimleri 12,000 mg/l ve 53,500 mg/l, TKM derişimleri ise %1 ve %4,3 dür. Bu dört reaktör seti 35±2°C'deki sıcak odada inkübe edilmiştir.

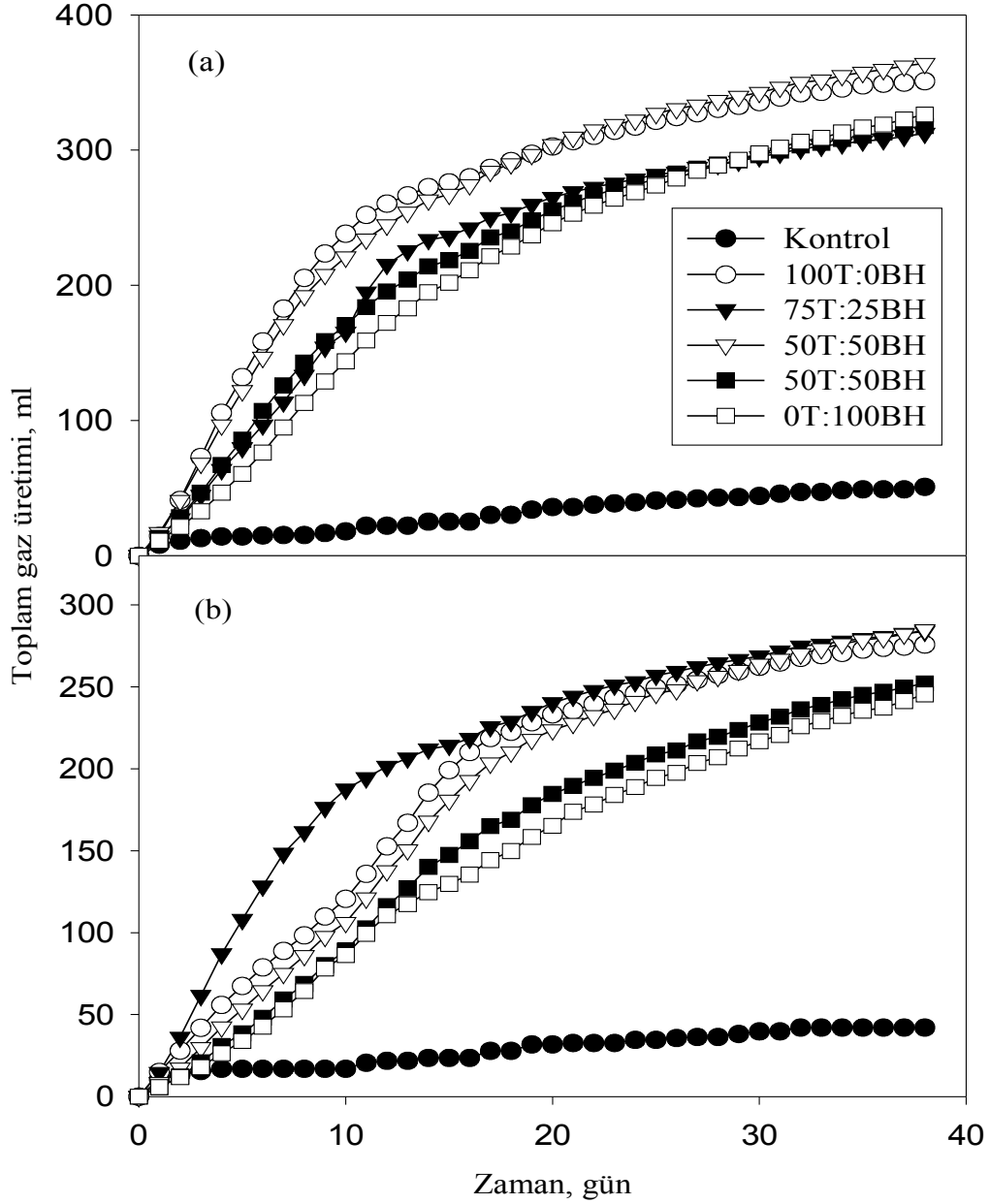
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. SET 1 VE 2

Başlangıç KOİ derişimi 12,000 mg/l olan bu iki sette reaktörlerdeki günlük gaz üretimi 43 gün süreyle izlenmiştir. Besin takviyesinin etkisini görmek amacıyla Set 2'deki reaktörlere BO eklenmiştir. Reaktörlerdeki ortalama gaz üretim değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Bu sonuçlar, mikroorganizmaların daha önceden atığa alıştırılmaması ve reaktörlerin karıştırmalı olmaması nedeniyle, elde edilebilecek en düşük biyogaz miktarlarını göstermektedir.

Biyogaz üretimi ilk 10-17 günde, Set 1 için ortalama 19 ml/gün, Set 2 için ortalama 13 ml/gün gibi yüksek oranlarda gerçekleşmiş daha sonra düşüş eğilimi göstermeye başlamıştır. Bu dönemde ortalama biyogaz üretimi Set 1 için ortalama 3.5 ml/gün Set 2 için ise 3 ml/gün olmuştur. İlk 10-17 günde yüksek gaz üretimi, KOİ'nin mikroorganizmalar tarafından kolay ayrıştırılabilen kısmının bu ilk günlerde kullanılmasının bir sonucudur. Deneylerin başlangıcında çoğunlukla çözünmüş KOİ kullanılmış; bu süre içinde aynı zamanda parçacık halinde bulunan maddeler de mikroorganizmalar tarafından çözünmüş hale dönüştürülmüştür. Ancak kompleks yapıdaki parçacıkların çözünmüş hale dönüştürüldüğü hidroliz aşaması anaerobik parçalanmanın en yavaş ve parçalanma hızını sınırlandıran basamağı olduğundan zaman ilerledikçe biyogaz üretiminde düşme görülmeye başlanmıştır.

Deneysel süre boyunca üç kez metan oranı ölçümü yapılmış ve elde edilen sonuçların ortalamaları Tablo 2'de verilmiştir. Bu oranlara göre reaktörlerden elde edilen metan miktarları hesaplanmış ve Tablo 3'te sunulmuştur. Ayrıca 43 gün sonunda elde edilen biyogaz verimi değerleri de Tablo 4 'de verilmiştir.



Şekil 1. Set 1 (a) ($KOİ = 12,000 \text{ mg/l}$, BO yok), ve Set 2 (b) ($KOİ = 12,000 \text{ mg/l}$, BO var) için elde edilen deney sonuçları

Tablo 2. Reaktörlerdeki ortalama metan oranları (%)

Set No.	100T:0BH	75T:25BH	50T:50BH	25T:75BH	0T:100BH
Set 1	67±6	65±4	57±5	64±4	64±3
Set 2	67±6	68±6	72±5	69±5	70±4
Set 3	67±3	59±4	54±4	53±3	49±5
Set 4	73±3	66±5	66±4	61±3	53±5

Tablo 3. Reaktörlerden elde edilen metan miktarları (ml)*

Set No.	100T:0BH	75T:25BH	50T:50BH	25T:75BH	0T:100BH
Set 1	205.3	181.7	184.6	177	186
Set 2	160.1	156.5	180.6	152	151.5
Set 3	800.9	895.6	909.5	936.2	941.2
Set 4	924.2	817.1	952.9	1057.8	1044.9

* Set 1 ve 2'nin deneysel süresi 43 gün, Set 3 ve 4'ünkü 91gündür.

Tablo 4. Reaktörlerdeki biyogaz verimleri* (ml biyogaz/ eklenen g KOİ)

Set No.	100T:0BH	75T:25BH	50T:50BH	25T:75BH	0T:100BH
Set 1	255.4	230.4	269.8	231	242.2
Set 2	199.2	191.8	209.1	183.6	180.3
Set 3	223.4	283.7	314.8	330.2	359
Set 4	236.6	231.4	269.9	324.1	368.5

* Set 1 ve 2'nin deneysel süresi 43 gün, Set 3 ve 4'ünkü 91gündür.

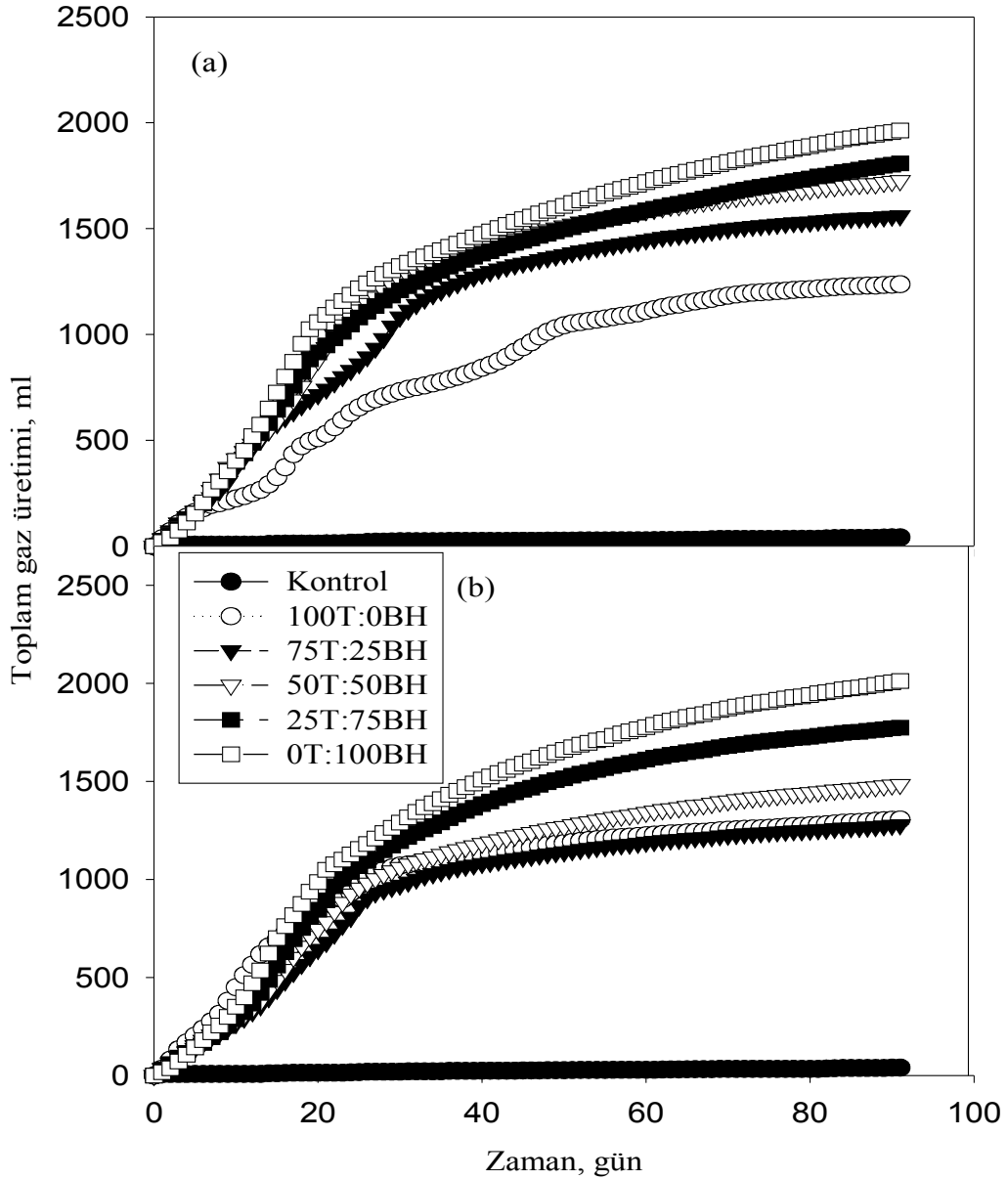
Tablo 3 ve 4'te Set 1 ve Set 2 karşılaştırıldığında, Set 2'deki reaktörlerde metan üretiminin ve biyogaz veriminin düştüğü görülmektedir. Bu durum, gübrelerin içindeki besin miktarının eğer bunları çözebilecek yeterince su varsa yeterli olduğunu göstermektedir. Bu deneyler sonucunda düşük KOİ ve TKM derişimlerinde ekstra besin maddesi eklemeye gerek olmadığı kanısına varılmıştır.

3.2. SET 3 VE 4

Başlangıç KOİ derişimi 53,500 mg/l olan bu iki sette reaktörlerdeki günlük gaz üretimi 91 gün boyunca izlenmiştir. Besin takviyesinin etkisini görmek amacıyla Set 4'deki reaktörlere BO eklenmiştir. Reaktörlerdeki ortalama gaz üretim değerleri Şekil 2'de verilmiştir.

Biyogaz ilk 20-30 günde özellikle büyükbaş hayvan gübresi oranı yüksek reaktörlerde hızla üretilmiş daha sonra üretim düşmeye başlamıştır. Set 1 ve 2'de olduğu gibi ilk 20-30 günde yüksek gaz üretimi, KOİ'nin mikroorganizmalar tarafından kolay ayrıştırılabilen kısmının bu ilk günlerde kullanılmasının bir sonucudur. Yüksek orandaki biyogaz üretiminin gözlemlendiği periyodun Set 1 ve 2'ye göre uzun olmasının sebebi bu reaktörlerde başlangıç substrat miktarının fazla olmasıdır.

Deneysel süre boyunca üç kez metan oranı ölçümü yapılmış ve elde edilen sonuçların ortalamaları Tablo 2'de verilmiştir. Bu oranlara göre reaktörlerden elde edilen metan miktarları hesaplanmış ve Tablo 3'te sunulmuştur. Ayrıca 43 gün sonunda elde edilen biyogaz verimi değerleri de Tablo 4 'de verilmiştir.



Şekil 2. Set 3 (a) ($KOİ = 53,500 \text{ mg/l}$, BO yok), ve Set 4 (b) ($KOİ = 53,500 \text{ mg/l}$, BO var) için elde edilen deney sonuçları

Tablo 3 ve 4'te, Set 3 ve Set 4 karşılaştırıldığında, Set 4'deki reaktörlerde metan üretiminin ve biyogaz veriminin arttığı görülmektedir. Bu durum, reaktörlere yapılan besin takviyesinin olumlu etkisinin göstergesidir. Ayrıca Set 4'teki 75T:25BH reaktörü dışında karışımın içindeki tavuk gübresinin oranı arttıkça metan üretiminin ve biyogaz veriminin düştüğü gözlemlenmiştir. Bu tavuk gübresi içinde bulunan amonyak veya başka bir maddenin yol açtığı bir durumdan kaynaklanmış olabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada gerçekleştirilen deneylerde et tavuğu ve büyükbaş hayvan gübresi, hem ayrı ayrı hem de birlikte, biyogaz üretimi amacıyla kullanılmış ve bu amaç için uygun

bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları değerlendirilirken, deneylerde mevcut en basit reaktör türü olan karıştırmasız kesikli reaktörün kullanıldığı ve sonuçların elde edilebilecek en düşük biyogaz miktarlarını gösterdiği unutulmamalıdır. Daha gelişmiş reaktör türleriyle çok daha iyi sonuçlar elde etmek mümkündür.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre Türkiye'nin 2001 yılı elektrik enerjisi tüketimi 126,871 GWh olmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre yapılan hesaplamalarla, ülkemizde üretilen 20 milyon ton tavuk ve büyükbaş hayvan gübresinin sadece %50'si biyogaz üretimi için kullanılsa bu enerjinin %3'ünün elde edilebileceği görülmüştür. Bu rakamlar hayvan atıklarından elde edilen biyogazın Türkiye için önemli bir enerji potansiyeli olduğunu ve bu potansiyelin kullanılması gerektiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- (1) Demirci G., Türkavcı L., Biyogaz “Atıklardan Enerji”, Ankara, 1999
- (2) Devlet Planlama Teşkilatı, Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 2001
- (3) Demirer G.N., Duran M., Güven E., Uğurlu Ö., Ergüder T.H., Tezel U., Şen S., Korkusuz E.A., Varolan N., Demirci G., Çapar G., Acunar E., Şahinkaya E., “Biyokütle enerjisine bir örnek: Anaerobik yöntemlerle organik atıklardan biyogaz eldesi”, III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Cilt 2, 467-474, İstanbul, 15-17 Kasım 2000.
- (4) Devlet İstatistik Enstitüsü, Türkiye İstatistik Yıllığı, 2001, State Institute of Statistics- Printing Division, Ankara, 2002
- (5) Huang J J H, Shih J C H, “The potential of biological methane generation from chicken manure”, Biotechnology and Bioengineering, 23, 2307-2314, 1981.
- (6) Mackie R. I., Bryant M. P., “Anaerobic digestion of cattle waste at mesophilic and thermophilic temperatures”, Applied Microbiology and Biotechnology, 43 (2), 346-350, 1995.
- (7) Demirer G.N., Duran M., Ergüder T.H., Güven E., Uğurlu Ö., Tezel U., “Anaerobic treatability and biogas production potential studies of different agro-industrial wastewaters in Turkey”, Biodegradation, 11, 401-405, 2000.
- (8) APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition, Washington, D.C.,1997.
- (9) Owen, W.F., Stuckey, D.C., Healey, J.B., Young, L.Y., McCarty, P.L., “Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity”, Water Research, 13, 485-492, 1979.