

PEYNİR ALTI SUYUNDAN TEK KADEMELİ VE İKİ KADEMELİ AR-GE DENEY SİSTEMİNDE BİYOGAZ ÜRETİMİ

E. TAŞDEMİRCİ¹, K.S. YİĞİT¹, M. GÜNDÜZ², G. ŞERİT²

¹Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümü

²İZAYDAŞ Atık ve Artıkları Arıtma Yakma ve Değerlendirme A.Ş

Özet

Bu çalışmada peynir altı suyundan tek kademeli ve iki kademeli sindiricilerde mezofilik şartlarda biyogaz üretimi araştırılmıştır. 50 ve 80 litrelik iki adet deney reaktörü imal edilmiş ve bu çalışmada kullanılmıştır. Tek kademeli deneyde peynir altı suyu, inek gübresi ve tavuk gübresinden %5, %6 ve %8'lik kuru madde miktarları (KMM) ile karışımlar oluşturulmuştur. %5 KMM'lik beslemede 237,3 lt CH₄/kg UO, %6 KMM'lik beslemede 571,4 ltCH₄/kgUO, %8 KMM'lik beslemede ise 184,8 ltCH₄/kgUO gaz üretkenliği elde edilmiştir. İki kademeli biyogaz üretiminde S1 asitleşme reaktörü, S2 metan üretim reaktörü olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada ise %6 KMM'lik günlük 2 kg beslemelerde 595 lt CH₄/kg UO gaz üretkenliği elde edilmiştir. Fakat asitogen sindiricinin dengeli çalışması sağlanamamıştır. Peynir altı suyu ile biyogaz üretiminde tek kademeli ve iki kademeli sürekli sistem arasında verim farkı görülmemiştir. Bu sebeple sadece peynir altı suyundan biyogaz üretimi için tek kademeli sistemin daha uygun olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Biyogaz, Tek kademeli, İki Kademeli biyogaz üretimi, Biyogaz reaktörü, İnek Gübresi, Peynir Altı Suyu, Tavuk Gübresi.*

Abstract

In this study, biogas production from cheese whey has been investigated. Two reactors that has 83 and 52 liter capacity was constructed and used Mesophilic condition in the experiments. Biogas production in the One-Phase experiment, cheese whey, cow manure, poultry manure; %5, %6 and %8 dry matter was mixed and used. At nutrition feeding with %5 total solid (TS) 237,3 lt CH₄/kg UO, %6 TS 571,4 lt CH₄/kg UO and %8 TS 184,8 lt CH₄/kgUO gas productivity has been achieved. Two-phase experiments S1 was used for acidification and S2 was used for methane production. In this study nutrition with % 6 TS was feed in the system and methane production rate was found 595 lt CH₄/kg VS but asidogenesis digester working balance wasn't provided. It has been found that there is no difference between one and two-phase biogas system in production biogas from only cheese whey. In this case, one-stage system is more useful for biogas production from only cheese whey.

Keywords: *Biogas, One-Phase, Two-Phase biogas production, Biogas Reactor, Cheese Whey, Cow Manure, Poultry Manure*

Giriş

Teknolojinin gelişmesi ve enerji tüketiminin sürekli olarak artması doğal enerji kaynaklarının tükenmesine ve gün geçtikçe enerji üretim maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu durum insanları farklı enerji kaynaklarını aramaya sevk etmiş ve günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır[1]. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyogaz enerjisi Türkiye'nin doğalgaz ihtiyacının önemli bir kısmını karşılamada alternatif olacaktır. Ayrıca Türkiye'nin büyük tarım ve hayvancılık potansiyeline sahip bir ülke olması, biyogazın tesislerinin kullanımının hızlı bir şekilde yaygınlaşmasına sebep olacaktır. Biyogaz tesislerinin yaygınlaşması ile birlikte biyogaz üretiminde de hızlı bir teknolojik gelişme sağlanacaktır.

Türkiye'de süt ve süt ürünlerinin üretimi oldukça gelişmiştir. Özellikle de süt fabrikalarının atık suyu olarak sınıflandırılan peynir altı suyunun doğaya serbest halde bırakılması organik kirlenmeye, atık bölgesinde mikroorganizma faaliyetlerinin artması ve kötü koku yayması gibi sebepler ile çevrenin kirlenmesine neden olabilmektedir. Türkiye'de, Devlet İstatistik Kurumu Kasım 2010 verilerinde, Kasım ayına ait peynir üretimi 34555 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu veri doğrultusunda 1 kg peynir üretilirken 6 kg peynir altı suyunun açığa çıktığı varsayılır ise, ayda yaklaşık 207000 ton peynir altı suyu atık olarak ortaya çıkmaktadır [1].

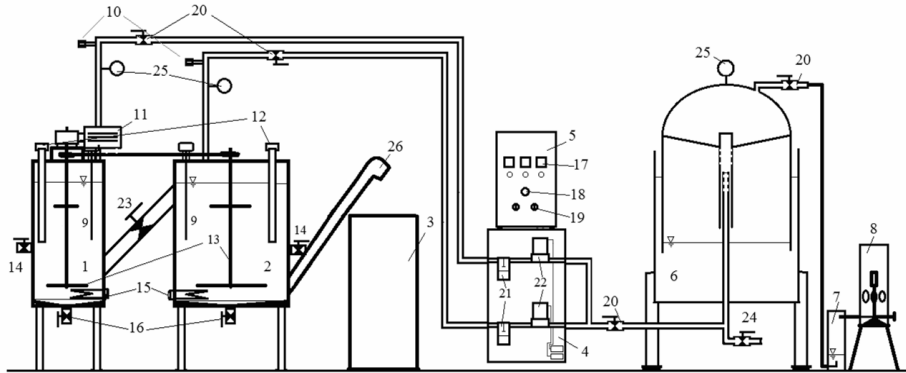
Çıkan peynir altı suyunun üç farklı şekilde bertaraf edilmesi mümkündür. Bunlardan birincisi, süt tozu üretimi yapan fabrikalarda değerlendirilebilir, ikinci olarak kanalizasyon hattına gönderilebilir veya üçüncü olarak biyogaz reaktörlerinde gazı alındıktan sonra çıkan ürün organik gübre olarak tarımda kullanılabilir. Özellikle süt tozu üretimi yapan fabrikaların ihtiyacından fazla peynir altı suyu açığa çıktığı için kullanılmayan peynir altı suyu kanalizasyon sistemine gönderilmekte, bu da arıtma tesislerinin organik yükünü artırmaktadır. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmanın ekonomik kazanımlar açısından en uygun olanı büyük hacimli biyogaz tesisleri kurarak peynir altı suyundan biyogaz üretiminin yapılmasıdır.

Biyogaz; organik maddelerin anaerobik ortamlarda çeşitli bakteri kültürleri tarafından bozunması sonucunda ortaya çıkan yanıcı gaza verilen addır. İçeriğinde %50-70 oranında metan (CH_4); %30-50 karbondioksit (CO_2); %0-3 Azot (N_2); %0-1 hidrojen (H_2); %0-1 hidrojen sülfür (H_2S) ve çok az miktarda karbon monoksit (CO) gazları bulunmaktadır. Biyogazın gaz konsantrasyonu; üretim ortamının sıcaklığına, pH değerine ve bozunan organik maddenin türüne göre değişiklik gösterebilir. Genel olarak $1 m^3$ biyogazın alt ısı değeri 19 – 24 MJ/m^3 arasında değişmektedir [2].

Bu çalışmada süt ve süt ürünlerinin elde edilmesi sırasında açığa çıkan organik atıklardan biri olan peynir altı suyunun değerlendirilerek biyogaz elde edilmesi üzerine tek ve iki kademeli deney sisteminde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların ışığında, hem peynir altı suyu kullanılarak biyogaz üretimi gerçekleştirilecek, hem kojenerasyon yöntemi ile elektrik ve ısı enerjisi elde edilecek hem de tarım sektöründe toprak ıslahı için kullanılabilir yüksek kalitede organik gübre elde edilmiş olacaktır.

Materyal ve Metod

Farklı organik maddeler ile çalışabilecek şekilde tasarlanmış deney sistemi esas itibarıyla farklı hacimlerde iki sindirici, gübre tankı, gaz toplama tankı, kontrol ünitesi ve ölçme sisteminden oluşmaktadır. Deney sisteminin şematik görünüşü Şekil 1.1’de verilmiştir. Deney düzeneği oluşturulurken literatürdeki çalışmalardan ve daha önceki çalışmalardan elde edilen tecrübelerden yararlanılmıştır. 50 ve 80 litre çalışma hacimli paslanmaz çelik malzemeden yapılmış birbiri ile seri bağlı tam karıştırılmalı iki adet sindirici kullanılmıştır. Sindirici sıcaklığı 36 °C’de sabit tutulmaya çalışılmış ve 10 d/d hız ile 1’er saat aralıklarla 15 dakika boyunca sindiricideki organik malzeme karıştırılmıştır. Çalışmada kullanılan peynir altı suyu Rella Gıda A.Ş.’den temin edilmiştir.



1: Birinci Sindirici "S1", 2: İkinci Sindirici "S2", 3: Gübre Tankı, 4: Gaz Sayaç Kutusu, 5: Kontrol Panosu, 6: Gaz Deposu, 7: Alev Geri Tepme Önleyici, 8: Gaz Ocağı, 9: Termokupllar, 10: Gaz Ölçüm Bağlantı Uçları, 11: Motor-Redüktör, 12: Sindirici Besleme Girişleri, 13: Karıştırıcı, 14: Numune Alma Vanaları, 15: Isıtma Sistemi, 16: Taban Deşarj Vanaları, 17: Göstergeli Sıcaklık Kontrol Cihazları, 18: Acil Durdurma Butonu, 19: Kontrol Anahtarları, 20: Gaz Vanaları, 21: Nem Tutucu, 22: Gaz Sayacı, 23: Sindirici Ayırma Vanası, 24: Drenaj Vanası, 25: Basınç Göstergesi, 26: Deşarj Borusu.

Şekil 1. İki kademeli biyogaz reaktörünün şematik görünümü

Tek ve iki kademeli deneyler boyunca sindiricilerdeki kuru madde yüzdesi nem cihazında 105 °C'de kurutulmuş, uçucu organik madde miktarı 2,5 saat 550 °C'de yakılarak ölçülmüştür. Sayaçlar, sindirici pH'ları, uçucu yağ asitleri miktarı her gün, toplam azot, amonyum, potasyum, fosfat, nitrat, sülfat, nitrit, sülfid değerleri ise hafta bir kez ölçülmüşlerdir. Sistem basıncı ve sıcaklıklar gün içinde 2 kez kontrol edilmiştir. Kullanılan cihaz ve araç gereçler; Nem Tayin Cihazı (Sartorius MA35), spektrofotometre (HACH LANGE DR 5000), termoreaktör (HACH DRB 200), pH metre (WTW pH3210), etüv (UME MF 100), gaz sayaçları (ALICAT SCIENTIFIC M500), gaz analiz cihazı (LMSxi GAS DATA), manometreler (PAKKENS), hassas tartı (SCALTEC SBA 51)'dir.

Bu deneysel çalışmada yapılan deneyler aşağıda verilmiştir.

1. Biyogaz sistemini devreye alma

İnek gübresi + tavuk gübresi + peynir altı suyu karışımı ile

2. Tek kademeli sistemde biyogaz üretim deneyleri

- a) İnek gübresi + tavuk gübresi + peynir altı suyu karışımı ile yapılan deneyler
- b) Sadece peynir altı suyu ile yapılan deneyler

3. İki kademeli sistemde biyogaz üretim deneyleri

Sadece peynir altı suyu ile yapılan deneyler

1. Devreye Alma (Start Up)

Peynir altı suyu, inek gübresi ve tavuk gübresi ile bir karışım oluşturulmuştur. Gerekli bakteri kültürü oluşuncaya kadar beklenmiş daha sonra aşağıdaki yükleme bilgilerine göre sisteme organik yükleme yapılmıştır.

2. Tek Kademeli Sistemde Biyogaz Üretim Deneyleri

Hidroliz, asitleşme ve metanlaşma sürecinin aynı sindiricide gerçekleştiği tek kademeli deneyler S2 sindiricisinde yapılmıştır. Peynir altı suyu, inek gübresi ve tavuk gübresi karışımından oluşan organik malzeme ile biyogaz üretimi için yeni bir menü oluşturulmuştur. Bu menü ile ilgili örnek bir çalışmaya ait bilgiler Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tek kademeli sistemde %5 kuru maddelik inek gübresi + tavuk gübresi + peynir altı suyu günlük besleme menüsü

Beslemede Kullanılan Organik Madde	C (%)	N (%)	C/N	Kuru Madde Miktarı (%)	UO (%-%KMM)	Besleme Miktarı (kg)	Hidrolik Bekleme Süresi	Teorik ORL (kg UO/m ³ gün)	Teorik Gaz Üretkenliği (ltCH ₄ /kgUO)
İnek Gübresi	30	1,7	18,1	15,7	80	0,08	30	1,2	471,8
Tavuk Gübresi	41,1	5,5	7,5	75	83	0,08			
Peynir Altı Suyu	4,7	0,1	42,6	6	70	1,1			
Su	-	-	-	-	-	1,45			
Toplam - Ortalama	-	-	9	5	-	2,71			

Sindiriciye beslenen günlük uçucu organik madde miktarını arttırmak için beslemenin kuru madde miktarı %8'e çıkarılmıştır. Günlük besleme miktarı 2,71 kg olarak sabit kalmıştır. Sadece peynir altı suyundan tek kademeli sistemde biyogaz üretimi; aynı ortam şartlarında S2 reaktöründe sadece peynir altı suyu beslemesi yapılması durumunda biyogaz üretiminin nasıl gerçekleşeceği belirlenmek üzere ele alınıp incelenmiştir. Bu çalışmada besleme metodu çeşitlendirilmiş ve iki farklı besleme yöntemi uygulanmıştır. Birincisi 15 günlük süre içerisinde sadece peynir altı suyu kullanılarak günde 2 kg ve tek seferde gerçekleşecek şekilde beslemeler yapılmıştır. Ortam pH'nın besleme yapılmasından sonra hızlı bir düşüş ve yavaş bir yükseliş eğilimi göstermesinden dolayı ikinci yöntemde 197. güne kadar gün içersine yayılı besleme yöntemi uygulanmıştır. Peynir altı suyu cam bir şişeye konulup reaktör besleme ağzına bağlanarak damla damla besleme ile bu işlem gerçekleştirilmiştir. Sistem 2 kg'lık peynir altı suyu beslemesi ile rejime girdikten sonra kuru madde miktarı değiştirilemediğinden hidrolik bekleme süresi kısaltılmıştır.

3. İki Kademeli Sistemde Biyogaz Üretim Deneyleri

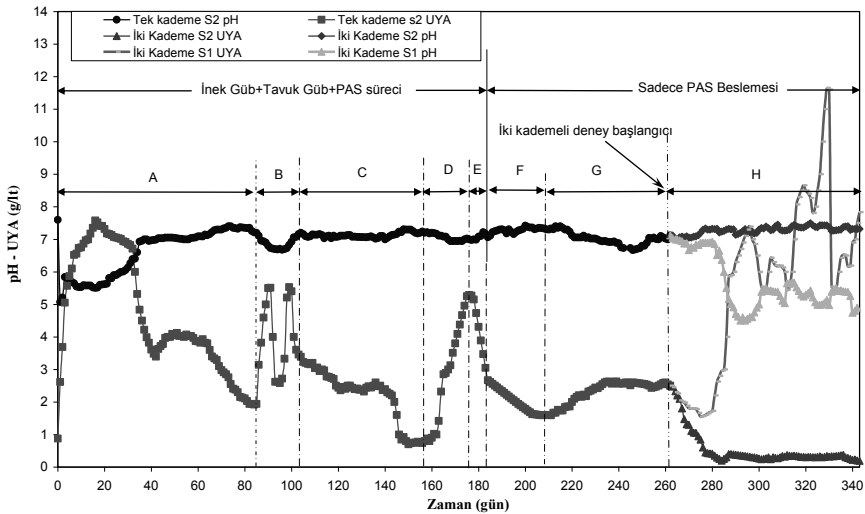
Tek kademeli biyogaz üretimi için yapılan deneysel çalışmaların sona ermesi üzerine sindiriciler iki kademeli çalışacak şekilde aradaki ayırma vanası açılmıştır. S1 sindiricisinde hidroliz, organik asit ve asetat üretiminin, S2'de ise metan üretiminin gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Tek kademeli biyogaz üretim deneylerinde kullanılan S2 sindiricisindeki organik maddenin bir kısmı S1'e aktarılmıştır. 50 litrelik organik madde S1'de, 30 litrelik organik madde ise S2'de bulunmaktadır. 80 litrelik S2'nin seviye ayarlaması için dışarıdan sindiriciye 20 lt kadar 35 °C sıcaklığında su

ilavesi yapılmıştır. Kısa bir bekleme süresinin ardından günlük beslemelere başlanmıştır. Beslemeler S1 sindiricisine yapılmıştır. Asitleşme sürecini tamamlamış olan organik madde yeni madde girişi ile S2'ye aktarılmış olur. S2 sindiricisinde ise gazı alınan ve organik gübreye dönüşen maddenin besleme miktarı kadarı ise deşarj borusundan gübre tankına akmaktadır. Herhangi bir enerji girdisi olmadan serbest akışla bu iletimler sağlanmaktadır.

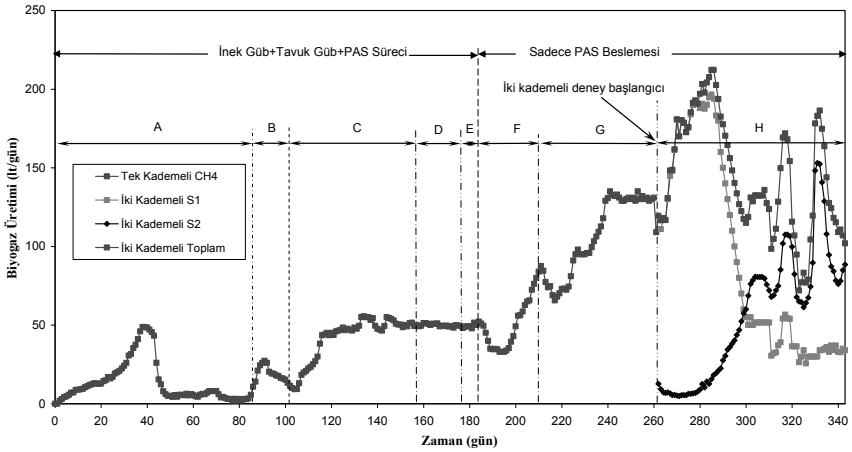
İki kademeli sistemde 7 gün ara ile günlük besleme miktarları 0,5'er kg arttırılmıştır. Bu süreçte S1'in hangi besleme miktarında asitleşmeye başladığının tespiti çok önemlidir. Çünkü asitleşmeye başlamadan önceki beslemelerde S1 sindiricisi tek kademeli sistem olarak çalışmaya devam edecektir. S1'in asitleşmesinin ardından sindiricinin gaz üretim kapasitesinin belirlenebilmesi mümkün olacaktır. 2,5 kg'lık beslemelerle yapılan deneysel çalışmanın ardından günlük beslemeler 3 kg'a çıkarılmıştır.

Deneysel Veriler

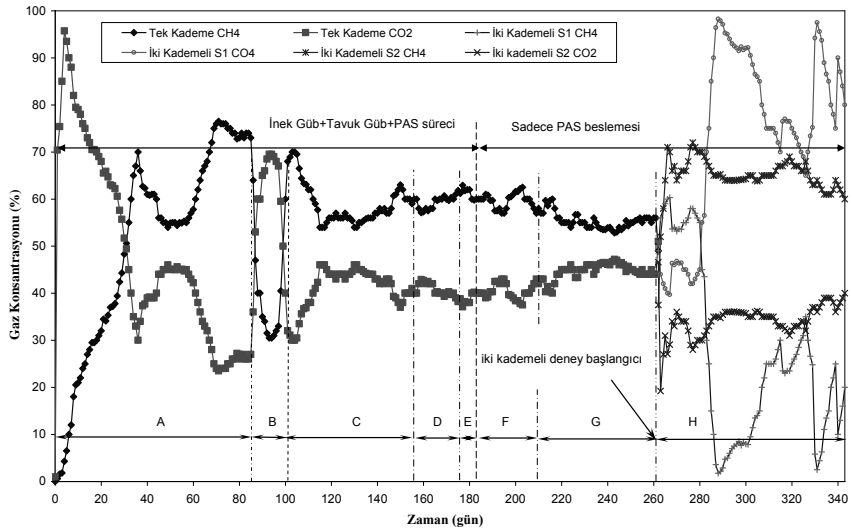
Deney sonucunda pH-uçucu yağ asitlerindeki, günlük gaz üretimindeki ve gaz konsantrasyonlarındaki günlük değişimler, sırası ile Şekil 1.2, Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'te grafikler halinde verilmiştir. Tablo 1.2'de ise deney sonuçları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Tek kademeli sistemin devreye alınması aşamasında, sindiriciye 4,29 kg inek gübresi +2,57 kg tavuk gübresi +8,5 kg peynir altı suyu ve 55 kg su eklenerek sistemde bakteri kültürlerinin çoğalması ve gelişmesi için 84 gün boyunca beklenmiştir. Bu süreçte biyogaz üretimi 42. günde 48,8 lt/gün olarak ölçülmüş ve metan gazı konsantrasyonu %70'e çıkmıştır. Devreye alma süreci sonunda ortalama biyogaz üretimi 13,24 lt/gün ve ortalama metan gazı konsantrasyonu %50 olarak belirlenmiştir.



Şekil 1.2. Deneysel çalışma süresi boyunca pH ve UYA derişiminin değişim grafiği



Şekil 1.3. Deneysel çalışma süresi boyunca günlük biyogaz üretim miktarları.



Şekil 1.4. Deneysel çalışma süresi boyunca CH_4 ve CO_2 gazı konsantrasyonlarının değişimi.

Tablo 1.2. Tek ve iki kademeli sistemde yapılan deneysel çalışmanın sonuç değer tablosu

Deney Süreci	Karışım	Besleme Miktarı	Kuru Madde miktarı	Kuru Madde miktarı	Uçucu Organikler	Uçucu Organikler	Ortalama Biyogaz Üretim Miktarı	Metan Gazı Konsantr.	Ortalama Metan Gazı Üretim Miktarı	Teorik Gaz Üretkenliği	Gaz Üretkenliği	
		kg/gün	%	kg/gün	%(KMM)	kg/gün	lt/gün	%	lt/gün	ltCH4/kgUO	ltCH4/kgUO	
A	Devreye Alma (0. - 84. gün)	İnek Gübresi	4,29	15,7	0,7	80,0	0,539	13,24	50	6,62	-	-
		Tavuk Gübresi	2,57	75,0	1,9	83,0	1,600					
		Peynir Altı Suyu	8,50	6,0	0,5	70,0	0,357					
		Su	55,00	0,0	0,0	0,0	0,000					
		Karışım	70,36	5,0	3,1	80,2	2,496					
B	% 5 kuru madde peynir altı suyu gübre karışımı (84. -102. gün)	İnek Gübresi	0,08	15,7	0,0	80,0	0,010	17,88	45	8,05	471,8	75,9
		Tavuk Gübresi	0,08	75,0	0,1	83,0	0,050					
		Peynir Altı Suyu	1,10	6,0	0,1	70,0	0,046					
		Su	1,45	0,0	0,0	0,0	0,000					
		Karışım	2,71	5,0	0,1	76,5	0,106					
C	% 5 kuru madde peynir altı suyu gübre karışımı (103. - 158. gün)	İnek Gübresi	0,08	15,7	0,0	80,0	0,010	42,66	59	25,17	471,8	237,3
		Tavuk Gübresi	0,08	75,0	0,1	83,0	0,050					
		Peynir Altı Suyu	1,10	6,0	0,1	70,0	0,046					
		Su	1,45	0,0	0,0	0,0	0,000					
		Karışım	2,71	5,0	0,1	76,5	0,106					
D	% 8 kuru madde peynir altı suyu gübre karışımı (159. - 177. gün)	İnek Gübresi	0,07	15,7	0,0	80,0	0,009	60,00	50	29,94	329,9	184,8
		Tavuk Gübresi	0,07	75,0	0,1	83,0	0,044					
		Peynir Altı Suyu	2,60	6,0	0,2	70,0	0,109					
		Karışım	2,74	5,0	0,2	73,6	0,162					
E	2 kg Peynir altı suyu beslendi (185. - 206. gün)	Peynir Altı Suyu	2,00	6,0	0,1	70,0	0,084	80*	60*	48,00	396,0	571,4
F	3 kg Peynir altı suyu beslendi (207. - 261. gün)	Peynir Altı Suyu	3,00	6,0	0,2	70,0	0,126	129,6*	54*	69,98	396,0	555,4
G	İki kademeli sisteme 2 kg peynir altı suyu beslendi	Peynir Altı Suyu	2,00	6,0	0,1	70,0	0,084	130,1**	57**	74,3**	396,0	-

* Sistem rejime girdikten sonra alınan değerlerin ortalaması.

** İki sindiriciden elde edilen biyogazın ortalama değerleri.

Tek kademeli sistemde; 80 g inek gübresi +80 g tavuk gübresi +1100 g peynir altı suyu +1450 g su karışımından oluşan ve %5 kuru madde miktarı bulunan beslemenin yapıldığı deneylerde teorik gaz üretkenliği 471,8 lt CH₄/kg UO olarak hesaplanmıştır.

Tekrar beslemelere başlanmış ve sistem rejime girdiğinde tekrar değerlendirme yapılmıştır. (D) sürecindeki deneysel çalışmanın sonucunda gaz üretkenliği 237,3 lt CH₄/kg UO olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak gaz üretkenliği beklenen üretkenliğin yarısı kadar çıkmıştır.

70 g inek gübresi +70 g tavuk gübresi +2600 g peynir altı suyu karışımından oluşan %8 kuru maddelik besleme ile yapılan çalışmada metan gazı üretkenliği 184,8 lt CH₄/kg UO'dur. Sisteme beslenen organik madde miktarının fazlalığı sebebiyle pH hızla düşmüş ve hedeflenen gaz üretkenliği sağlanamamıştır.

(F-G) sürecinde tek ve iki kademeli sistemde günlük 3 kg peynir altı suyu beslemesi yapılmış benzer şekilde elde edilen sonuçlar tabloda verilmiştir. 2 kg/gün'lük beslemeye nazaran gaz üretkenliğinin bir miktar düşmesi hidrolik bekleme süresinin kısılmasından kaynaklanmaktadır. Bununla beraber tek kademeli sistemde günde ortalama 129,6 lt biyogaz üretimi sağlanmış ve metan gazı konsantrasyonu ortalama %54 olarak elde edilmiştir. İki kademeli sistemde ise günde ortalama 130,1 biyogaz üretimi sağlanmış ve metan gazı konsantrasyonu ortalama %57 olmuştur.

Sonuç

Bu çalışmanın sonucunda görülmüştür ki; sadece peynir altı suyundan biyogaz üretimi yapılmak istendiğinde tek kademeli sistemin kullanılması daha uygundur. Tek kademeli sistemin gaz üretkenliği ile iki kademeli sistemin gaz üretkenliği birbirlerine yakın çıkmaktadır. Buna karşın iki kademeli sisteminde birinci sindiricinin hızlı asitleşmesi ve kararlı bir işletme sağlanamaması sebebiyle sadece peynir altı suyu ile biyogaz üretiminde bu sistemin kullanımı uygun değildir.

Kaynaklar

- [1] Taşdemirci, E., "Tek ve İki Kademeli Deney Sisteminde Peynir Altı Suyundan Biyogaz Üretiminin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, (2011).
- [2] Tübitak Dergisi "Biyogaz", Sayı 467, *Bilim Ve Teknik*, 42-47, (2006).
- [3] Yiğit, K. Süleyman, Gündüz, M., Şerit, G., Saraç, M., "Evsel Organik Atık ve Çöp Sızıntı Suyundan Biyogaz Üretimi", *IWES-2* Uluslar arası Atıktan Enerji Sempozyumu, İstanbul, (2009)
- [4] Öztürk, İ., "Hayvan Gübresinden Biogaz Üretimi", *Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları*, (2005).