



7. ULUSAL ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ
YAŞAM ÇEVRE TEKNOLOJİ
24-27 Ekim 2007 – İZMİR

TMMOB ÇEVRE MÜHENDİSLERİ ODASI

PEYNİR ALTI SUYU VE GÜBRE KARIŞIMINDAN BİYOGAZ ÜRETİMİ

Berna KAVACIK, Bahattin TOPALOĞLU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 55139, Kurupelit / SAMSUN

bkavacik@omu.edu.tr, btopal@omu.edu.tr

ÖZET - Fermantasyon katı ve sıvı birçok organik atığı arıtmada sıkça kullanılan bir prosestir. Bu çalışmada mezofilik koşullarda 26 litrelik bir anaerobik reaktörde 20 litrelik çalışma hacminde peynir altı suyunun fermantasyonu ve biyogaz üretim potansiyeli incelenmiştir. Deneylede bakteriyel aşılama yapılmamış, bunun yerine mezofilik sıcaklıklarda anaerobik reaktörde bekletilmiş gübre kullanılmıştır. Deneyle kesikli ve sürekli olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Sürekli sistemde hidrolik alıkonma süresi (HRT) 5, 10 ve 20 gün olarak işletilmiştir. Sonuçlar, en fazla günlük gaz üretiminin kesikli sistemde 1,39 l/gün iken sürekli sistemde 1,51 l/gün ile HRT=5 günde oluştuğunu göstermiştir. Buna rağmen en fazla katı madde (KM), uçucu katı madde (UKM) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) artırım verimi HRT=10 gün de sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Peynir altı suyu, fermantasyon, biyogaz, hidrolik alıkonma süresi

BIOGAS PRODUCTION FROM A MIXTURE OF CHEESE WHEY AND DAIRY MANURE

ABSTRACT - Fermentation is a well established process for treating many types of organic wastes, both solid and liquid. In this study, the fermentation of cheese whey and biogas production potential were investigated in a working volume of 20 litre of an anaerobic reactor of 26 litre at mesophilic conditions. In the experimental studies, the digested cattle manure was mixed with cheese whey instead of inoculum. The experiments were performed in two stages, namely batch and continuous systems. In continuous system, the hydraulic retention time(HRT) were 5, 10 and 20 days. The results indicated that the best biogas production was about 1,39 l/d in batch system and 1,51 l/d obtained at an HRT of 5 days in continuous system. In contrast, the maximum total solid matter (TSM), volatile solid matter (VSM) and chemical oxygen demand (COD) removal efficiencies were achieved at an HRT of 10 days.

Keywords : Cheese whey, fermentation, biogas, hydraulic retention time

1- GİRİŞ

Günümüzde endüstriyel atık suların biyolojik yöntemlerle arıtımı hayli önem kazanmıştır. Özellikle de biyolojik yöntemlerden olan anaerobik arıtım, arıtmadan sonra az miktarda atık oluşması ve oluşan gazın kullanılabilmesi açısından çok önemli hale gelmiştir. Süt ve peynir endüstrileri bu bağlamda organik madde yönünden çok zengin olduklarından anaerobik arıtmaları ülke ekonomisine büyük kazanç sağlamaktadır. Peynir endüstrisi ürünü olan peynir altı suyu yüksek organik içeriğe sahiptir (60-80 g/l KOİ konsantrasyonlarına kadar) ve anaerobik arıtım için elverişlidir. Ancak yüksek biyoparçalanabilirliği yüzünden düşük bikarbonat alkalinitesi ve yüksek asiditeye eğilim gösterir (Mockaitis v.d., 2006; Ergüder v.d., 2001). Peynir altı suyu süt bileşenlerinden laktoalbümin ve laktogulobulin gibi serum proteinleri ile değişen düzeylerde laktoz, yağ, mineral madde, proteinler içeren ve peynir yapımı sırasında süzme sonucunda oluşan önemli bir yan üründür (Kurt, 1990). Peynir altı suyunun bileşimi peynire işlenen sütün bileşim ve kalitesi, peynir yapım tekniği, pıhtılaşmada kullanılan maya veya asit miktarı ile kalitesi, pıhtılaştırma süresi ve sıcaklığı gibi birçok parametreye bağlıdır. Değerlendirilemeyen peynir altı suyu yüksek KOİ içeriği nedeniyle kanalizasyonlara verildiğinde büyük bir çevre problemi oluşturmaktadır (Sözer v.d., 2006). Peynir altı suyu peynir endüstrileri için sık sık kontrol problemlerine neden olmaktadır. İngiltere ve Kanada'daki birçok peynir endüstrisi peynir altı suyuyla sığır gübresini karıştırarak hem biyogaz üretmekte hem de atık arıtımına katkıda bulunmaktadır (Lo v.d., 1988). Böyle bir yöntem Türkiye şartları için de uygun görünmektedir. Bilhassa peynir üreten küçük aile işletmelerinde her iki atık birlikte ortaya çıkmaktadır. Bunların bir biyogaz reaktöründe birlikte değerlendirilmesi ve bertarafı tesis maliyetini düşürecektir. Aynı zamanda bu şekilde biyogaz veriminin artması da beklenebilir. Peynir altı suyunun tek başına anaerobik arıtımı, içinde bulunan laktik asit bakterilerinin organik maddeyi hızla tüketmesi ve bunun sonucunda ortamı hızla asitleştirmesi nedeniyle zor olmaktadır. Dolayısıyla ilave bir bakteri kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da metan bakterileri yönünden zengin olan gübrenin peynir altı suyuyla karıştırılmasıyla sağlanabilir. Ghaly (1996) yaptığı denemede peynir altı suyu ve gübre karışımında iki fazlı üreteç kullanmıştır. 25 ve 35°C sıcaklıkta, 10, 15 ve 20 günlük bekleme sürelerinde çalışılmış, pH kontrollü ve kontrolsüz olarak peynir altı suyu denemeye alınmıştır. Sonuçta en fazla gaz üretimi pH kontrollü deneylerden elde edilmiştir. Sıcaklıkla biyogaz üretiminin arttığı, ancak metan oranının %60 civarında seyrettiği ve bu oranda fazla bir sapmanın olmadığı gözlenmiştir. Demire ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada 1 litre peynir altı suyundan 23,4 litre metan üretilebileceğini bildirmişlerdir. Çalışma 35°C sıcaklıkta 68 günlük bekleme süresinde kesikli sistemde 250 ml'lik cam şişelerde gerçekleştirilmiştir. Bakteri kaynağı olarak anaerobik çamur kullanılmıştır. Bu çalışmada peynir altı suyu gübre ile belirli oranda karıştırılarak kesikli ve sürekli sistemde anaerobik reaktörde mezofilik sıcaklıkta işletilmiştir. Sürekli sistemde farklı alıkonma sürelerinde çalışılarak optimum alıkonma süresi bulunmuştur.

2- MATERYAL VE METOD

2.1. Deneylerde Kullanılan Peynir Altı Suyu Bileşimi Ve Özellikleri

Çalışmada kullanılan hammadde peynir altı suyu ve sığır gübresidir. Peynir altı suyu ve sığır gübresinin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Peynir altı suyu Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt İşletmesinden, sığır gübresi ise aynı fakültenin Hayvan İşletmesinden sağlanmıştır.

Yapılan bu çalışmada peynir altı suyu ve sığır gübresi karışımından biyogaz üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen biyogaz miktarları, metan oranları ve KOİ değerimleri günlük olarak belirlenmiştir.

2.2. Deney Düzenegi

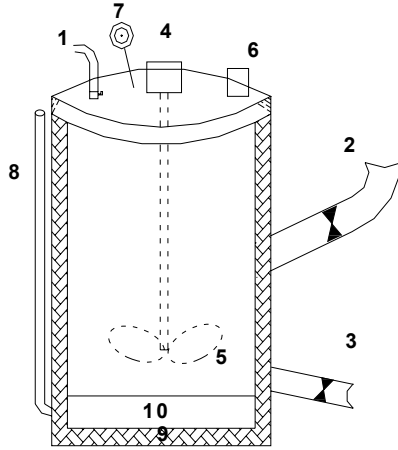
Deneylerde 26 l hacimli özel olarak tasarlanmış, silindirik şeklinde bir reaktör kullanılmıştır (Şekil 1). Reaktörde çalışma hacmi 20 l'dir. Reaktörün ısıtılması tabanında bulunan haznedeki suyun bir rezistans yardımıyla ısıtılması sonucu sağlanmaktadır. Haznede ısınan su üzerindeki karışımı ısıtmaktadır. Reaktör sıcaklık kontrollü olup sürekli olarak 20 dev/dak. hızla karıştırma yapılmaktadır. Ayrıca sistem izole edilmiş olduğundan reaktörde homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanmaktadır.

Gübre içerisindeki metan bakterileri sıcaklığa olduğu kadar ışığa karşı da duyarlıdır. Bu nedenle reaktör ışık geçirmez şekilde tasarlanmıştır.

Çizelge 1. Peynir altı suyu ve sığır gübresinin özellikleri

Parametre	Peynir altı suyu	Sığır gübresi
KÖİ, mg/l	61250	-
pH	6,56	7,1
Katı Madde (%)	5,87	20
Organik Madde (%)	71,55	83
Azot, mg/l	11200	2400
Fosfor, mg/l	337	1020

Organik madde %' si toplam katı madde içerisindeki orandır.



Şekil 1. Anaerobik Reaktör

(1) Biyogaz çıkış borusu, (2) Besleme borusu, (3) Deşarj borusu, (4) Karıştırıcı motor, (5) İki kanatlı karıştırıcı, (6) Sıcaklık ve devir sayısı göstergesi, (7) Basınç göstergesi, (8) Genleşme borusu, (9) İzolasyon, (10) Sıcak su haznesi

Anaerobik şartların sağlanması için gübre reaktöre doldurulduktan sonra reaktörün ağzı kapatılarak hava girişi engellenmiştir. Daha sonra peynir altı suyu ilavelerinde reaktörden alttan numune alınıp üst vanadan besleme yapılmıştır. Üstten besleme yapılırken reaktöre hava girmemesi için besleme vanası sıvının içine kadar bir boruyla uzatılmıştır.

Reaktörde oluşan gaz, numunenin üst kısmındaki 6 l'lik hacimde toplanarak basınç artışına neden olmakta, manometrede gösterilen basınç artışı ile oluşan gaz hacmi ideal gaz denklemi yardımıyla hesaplanmaktadır. Ayrıca basınç artışı için geçen süre ölçülerek anlık debi bulunmaktadır. Uzun süreli ölçümlerde ise gaz vanası açık tutulmakta, böylece oluşan biyogaz gaz toplama poşetlerine dolmakta ve gaz sayacında ölçülerek ortalama debi belirlenmektedir.

2.3. Deneysel Çalışma

Deneylerde 26 l hacimli bir reaktör 10 kg gübre ve 10 litre su karışımıyla doldurularak 15-20 gün anaerobik koşullarda 34°C'de bekletilmiş daha sonra 10 l gübre-su karışımı reaktörden alınarak besleme borusundan 10 l peynir altı suyu ilave edilmiştir. Gübrenin 15-20 gün bekletilmesinin amacı gübre içinde metan bakterilerinin üreyerek anaerobik arıtımı hızlandırmasıdır. Buna karşılık direkt olarak gübre ve peynir altı suyu karıştırılarak yapılan ön deneylerde üretimin 2-3 gün sonunda tamamen durduğu gözlenmiştir. Bunun nedeninin peynir altı suyunun içinde bulunan laktik asit bakterilerinin çok hızlı üreyerek organik maddeyi tüketmesi ve metan bakterilerinin üreyememesi olduğu düşünülmektedir.

Yapılan deneyler kesikli ve sürekli olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Sürekli olarak sürdürülen deney aşamalarında 5, 10 ve 20 günlük alıkonma sürelerinde çalışılmış ve her bir alıkonma süresindeki katı madde, uçucu katı madde, KOİ artırım verimleri, biyogaz miktarları ve biyogazdaki metan yüzdeleri belirlenmiştir.

2.4. Kimyasal Analizler

Peynir altı suyu ve gübrenin karakteristikleri (KOİ, pH, katı madde, organik madde, azot ve fosfor) APHA (1998)'e göre belirlenmiştir. Biyogaz bileşimi gaz kromatografisi ile ölçülmüştür.

3-BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Sistemin Kesikli Çalıştırılması

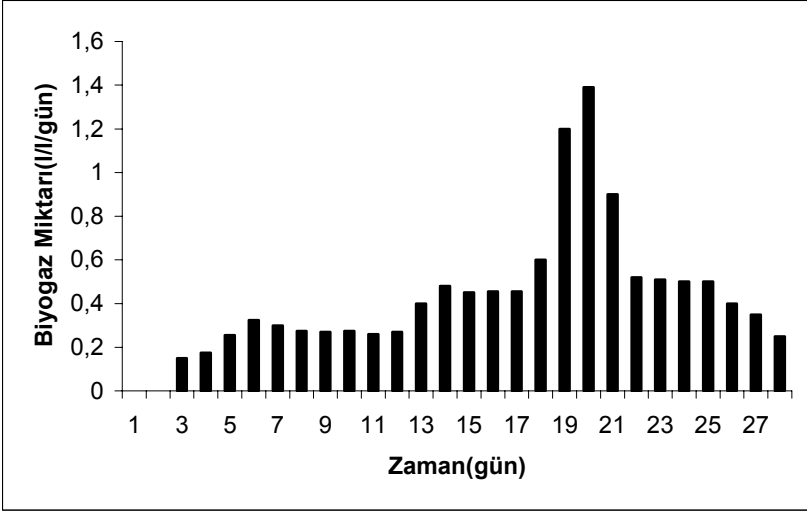
Reaktör ilk önce 10 kg gübre ve 10 litre su karışımıyla doldurulup 18 gün 34°C'de bekletilmiştir. Daha sonra gaz üretimi maksimum seviyeye ulaştığında (18. gün) deşarj borusundan 10 litre gübre-su karışımı boşaltılıp, besleme borusundan 10 litre peynir altı suyu ilave edilerek kofermantasyon başlatılmıştır. Bu şartlarda deney kesikli olarak 10 gün daha sürdürülmüştür. Günlük gaz üretim değerleri ve metan oranları Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir. Buna göre ilk 2 gün gaz üretiminin olmadığı, daha sonra giderek arttığı, en fazla gaz üretiminin 20. gün 1,39 l/l/gün olarak gerçekleştiği ve maksimum metan oranının 23. gün %60 olduğu görülmektedir. Deneyde peynir altı suyu ilave edildikten sonra ilk günlerde pH'da düşme gözlenmiş olup pH oranını yaklaşık 7 civarında tutmak amacıyla 3-4 gün boyunca günde 3 defa sodyum bikarbonat ilavesiyle pH ayarlaması yapılmıştır. 4 günden sonra sistem dengeye ulaştığından pH da düşüş gözlenmemiş ve pH ayarlamasına gerek duyulmamıştır.

Ayrıca 18. gün peynir altı suyu reaktöre ilave edildikten sonra 5 dak. kadar karıştırma yapılmış ve alttan numune alınarak kofermantasyon başlangıç karışımının ve 28 gün sonunda fermente ürünün katı madde, uçucu katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, amonyak azotu ve fosfor analizleri yapılmış ve Çizelge 2'de verilmiştir.

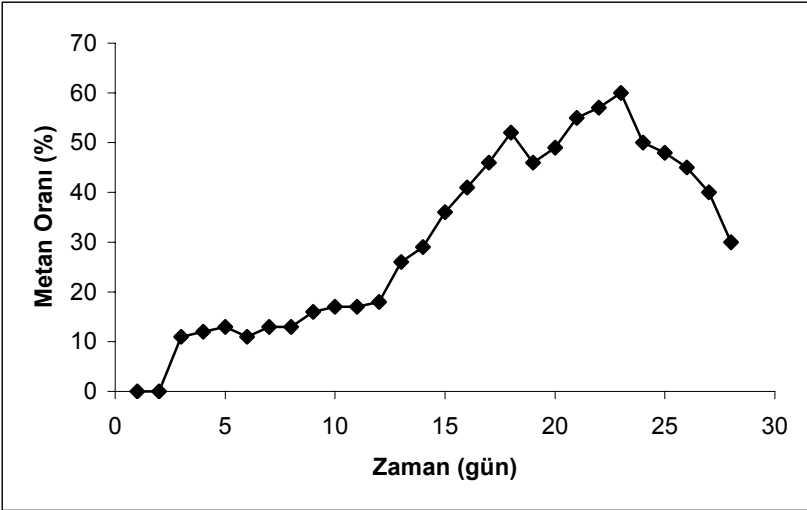
Çizelge 2. Kesikli Sistemde Başlangıç Karışım ve Fermente Son Ürün Analiz Sonuçları

	Başlangıç Karışım(mg/l)	Son Ürün (mg/l)	Verim (%)
Katı Madde	77732	38088,6	51
UKM	66000	34320	48
KOİ	30125	13937	54
Amonyak Azotu	250,1	368,56	32
Fosfor	295,91	485,5	39

Başlangıç Karışım : 5 kg gübre + 5 l su+ 10 l peynir altı suyu



Şekil 2. Kesikli Sistemde Günlük Oluşan Biyogaz Miktarı



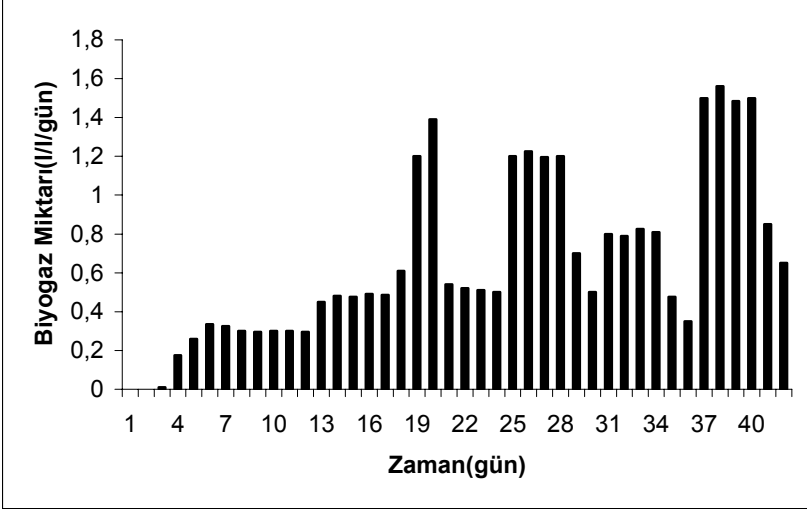
Şekil 3. Kesikli Sistemde Günlük Oluşan Biyogazdaki Metan Oranı

3.2. Sistemin Farklı Alıkonma Sürelerinde Sürekli Çalıştırılması

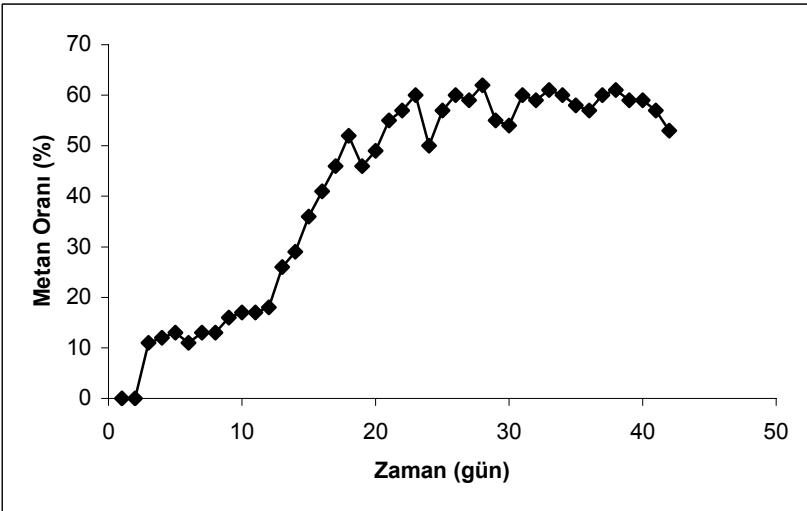
34°C sıcaklıkta kesikli yapılan deney 5, 10 ve 20 günlük hidrolik alıkonma sürelerinde (Hydraulic Retention Time=HRT) sürekli olarak yapılmış, gaz miktarı ve biyogazdaki metan oranı ölçülmüştür.

Deney 42 gün boyunca sürdürülmüş ve HRT=5 gün için her gün 4 litre, HRT=10 gün için her gün 2 litre ve HRT= 20 gün için her gün 1 litre peynir altı suyu ve gübre karışımı ilave edilmiştir. Beslemeler yapılırken karışımın kompozisyonunun değişmemesine dikkat edilmiştir. Bu nedenle her beslemede %50 peynir altı suyu, %25 gübre ve %25 su karışımı olacak şekilde besleme yapılmıştır.

Reaktörden 18. gün kesikli sistemde olduğu gibi 10 l gübre-su karışımı alınmış, 10 l peynir altı suyu reaktöre beslenmiştir. Daha sonra 24. gün sürekli beslemelere geçilmiş ve 2 l besleme yapılarak HRT=10 gün için ard arda gelen dört gün biyogaz miktarı ve metan oranına bakılmıştır. 30. gün 1 l besleme yapılarak HRT= 20 gün ve 36. gün 4 l besleme yapılarak HRT= 5 gün için ard arda gelen dört gün biyogaz miktarı ve metan oranı ölçülmüştür (Şekil 4 ve 5). Ölçülen değerlerin ortalamaları alınarak farklı alıkonma sürelerinde oluşan gaz miktarları ve metan oranları Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 4. Farklı Alıkonma Sürelerinde Günlük Oluşan Biyogaz Miktarı



Şekil 5. Farklı Alıkonma Sürelerinde Biyogazdaki Metan Oranı

Çizelge 3. Farklı Alıkonma Sürelerinde Oluşan Gaz Miktarları ve Metan Oranları

HRT(gün)	Biyogaz (l/l/gün)	Metan(%)	Giriş İçeriği
5	1,511±0,033	59,75±1	G(kg) 1 PAS(L) 2 Su(L) 1
10	1,205±0,021	59,5±2,38	G(kg) 0,5 PAS(L) 1 Su(L) 0,5
20	0,805±0,015	60±1,41	G(kg) 0,25 PAS(L) 0,5 Su(L) 0,25

G: Gübre, PAS: Peynir altı suyu

Elde edilen değerler 4 ölçüm sonucunun ortalaması alınarak bulunmuştur. ± değerleri standart sapmayı göstermektedir.

Aynı zamanda farklı alıkonma sürelerindeki başlangıç ve fermente ürünün katı madde, uçucu katı madde, amonyak azotu ve fosfor tayinleri yapılarak arıtım verimine bakılmıştır (Çizelge 4 ve 5).

Çizelge 4. Farklı Alıkonma Sürelerinde Başlangıç Karışım ve Son Ürün Analiz Sonuçları

HRT (gün)	BAŞLANGIÇ KARIŞIM				
	Katı madde (mg/l)	UKM (mg/l)	KOİ (mg/l)	Amonyak azotu (mg/l)	Fosfor (mg/l)
5	54720±367	43030±69	28750±250	128,8±5	268,31±5,1
10	60710±102	48910±86	28750±275	207,2±6,75	352,36±4,9
20	46940±265	36840±150	31875±150	234,4±4	337,80±3,6
HRT (gün)	SON ÜRÜN				
	Katı madde (mg/l)	UKM (mg/l)	KOİ (mg/l)	Amonyak azotu (mg/l)	Fosfor (mg/l)
5	40096±267	31913±120	22125±150	186,4±4	362,5±6
10	30641±120	24727,5±69	13125±85	300±5,1	461,49±3,9
20	28776±98	25422,4±96	17775±102	288±3,6	370,42±5,2

Son Ürün; 1 günlük arıtım sonucu elde edilen değerlerdir.

Elde edilen değerler 4 ölçüm sonucunun ortalaması alınarak bulunmuştur ± değerleri standart sapmayı göstermektedir.

En çok oluşan gaz miktarı HRT= 5 gün olmasına rağmen optimum alıkonma süresi 10 gün olarak bulunmuştur. Çizelge 5'ten de anlaşılacağı üzere artırım verimleri en iyi olan HRT=10 gündür. Katı madde ,uçucu katı madde ve kimyasal oksijen ihtiyacının önemli miktarlarda azaldığı ancak amonyak ve fosfor miktarının arttığı gözlenmiştir. KOİ miktarı ve uçucu katı madde miktarının azalması iyi bir anaerobik artırım veriminin gerçekleştiğini göstermektedir.

Çizelge 5. Farklı Alıkonma Sürelerinde Artırım Verimleri

HRT (gün)	Artırım Verimi(%)		
	KM	UKM	KOİ
5	26,7	25,8	23
10	49,5	49,44	54,3
20	38,6	31	44,2

4- SONUÇLAR

Deneyler mezofilik sıcaklıkta kesikli ve sürekli olarak gerçekleştirilmiş, üretilen gaz miktarları ve artırım verimleri ölçülmüştür.

Kesikli yapılan deneyde katı madde artırım verimi %51, uçucu katı madde artırım verimi %48 ve KOİ artırım verimi %54 olarak bulunmuştur. En fazla gaz oluşum miktarı 1,39 l/gün iken metan oranı %60 civarında ölçülmüştür.

Sürekli olarak yapılan deneylerde 3 farklı alıkonma süresinde çalışılmış, alıkonma süresinin arttıkça günlük biyogaz miktarının azaldığı gözlenmiştir. Buna karşılık biyogazdaki metan oranında pek fazla bir farklılık görülmemiştir. Yani metan oranı hidrolik alıkonma süresiyle neredeyse hiç değişmemiş, %60 civarında seyretmiştir.

En fazla gaz üretim verimi HRT=5 gün de 1,511 l/gün iken maksimum KOİ (%54,3), uçucu katı madde (%49,4) ve katı madde artırım verimi (%49,5) HRT=10 günde gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

APHA (1998) "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, 20th Edition, Washington D.C., 5-13

Demirer, G.N., Duran, M., Ergüder, T.H., Güven, E., Uğurlu, Ö., Tezel, U.(2001) " Anaerobic Treatability and Biogaz Production Potential Studies of Different Agro-Industrial Wastewaters in Turkey", Biodegradation, 11:401-405

Ergüder, T.H., Tezel, U., Güven, E., Demirer, G.N. (2001) " Anaerobic biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors", Waste Management, 21:643-650

Ghaly, A.E. (1996) " A Comparative Study of Anaerobic Digestion of Acid Cheese Whey and Dairy Manure In A Two Stage Reactor", Bioresource Technology, 58: 61-72

Kurt, A. (1990) "Süt Teknolojisi", Atatürk Üniversitesi Yayınları- Erzurum.Yayın No:573

Lo, K.V. ve Liao, P.H. (1989) "Anaerobic – aerobic biological treatment of a mixture of cheese whey and dairy manure", Biological Wastes, 28: 91-101

Mockaitis, G., Ratusznei, S.M., Rodrigues, A.D., Zaiat, M., Foresti, E.(2006) "Anaerobic whey treatment by a stirred sequencing batch reactor(ASBR) : effects of organic loading and supplemented alkalinity", Journal of Environmental Management., 79: 198-200

Sözer, S., Yıldız, O.(2006) "Sığır Gübresi ve Peynir Altı Suyu Karışımlarından Biyogaz Üretimi Üzerine Bir Araştırma", 19(2):179-183