

Meyve Suyu Konsantresi İşletmesi Katı Atıklarından Biyogaz Üretim Veriminin Araştırılması

*Habibe Elif Gülşen, Halil Kumbur, Nadir Dizge
Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
33343 Yenişehir-Mersin/Türkiye

Özet

Günümüzde, artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji ihtiyacı mevcut bulunan Dünya kaynakları ile karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark genişlemektedir. Bu süreçte yeşil enerji olarak da tanımlanan biyogaz üretimi, organik atıkların girdi olarak kullanması ve bu atıkları elektrik enerjisine dönüştürmesi ile önem kazanmıştır.

Bu çalışmada, elma ve karahavuç suyu konsantresi katı atıkları kullanılarak biyogaz üretim verimleri değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan katı atıklar Mersin İli'nde faaliyet gösteren bir meyvesuyu konsantresi üretim fabrikasından temin edilmiştir. Deneylerde bakteriyel aşılama yapılmamış, bunun yerine mezofilik sıcaklıkta, anaerobik reaktörde 30 gün bekletilmiş gübre kullanılmıştır. 120 lt'lik hacime sahip anaerobik reaktörde, yarı-sürekli sistemde ve mezofilik şartlarda gerçekleştirilen deneylerde hidrolik alıkonma süresi (HRT) elma ve karahavuç konsantresi katı atıklarının her biri için 20 ve 30 gün olarak işletilmiştir. Elde edilen biyogaz ayrı bir tankta toplanmıştır. Biyogaz üretiminde en iyi verim yarı sürekli sistemde 20 gün HRT'lik ölçümlerde 9,107 m³/gün olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, katı atık, meyve suyu konsantresi, yeşil enerji

Investigation of Biogas Production from Solid Waste of Fruit Juice Concentrate Plant

Abstract

Today, due to increasing population and industrialization, energy demand can not be met with existing resources of the World so the difference between energy production and consumption is expanding. In the process of biogas production which is identified as green energy has become important for organic waste to inputting and converting it into electrical energy by the waste.

In this study, concentrated juice of apple and black carrot solid wastes were evaluated for biogas production efficiency. The wastes which were used in the study were provided from a juice concentrate production plant in Mersin. In the experimental studies, the digested cattle manure which was waited for 30 days in reactor was mixed with solid waste instead of inoculum. The experiments were performed in the anaerobic reactor having a volume of 120 L, in semi-continuous system. The system is carried out in mesophilic conditions. In semi-continuous system, the hydraulic retention time(HRT) were 20 and 30 days. The obtained biogas is collected in a separate tank. The results identified that the best biogas production was about 9,107 m³ biogas/d in semi- continuous system and obtained at an HRT of 20 days.

Key words: Biogas, solid waste, fruit juice concentrate, green energy

1. Giriş

Son yıllarda dünyadaki petrol rezervlerinin beklenenden daha hızlı bir şekilde sonlanmasına bağlı olarak, özellikle taşımacılıkta kullanılan yakıtların ve petrol türevi ürünlerin aşırı kullanımı sonucu çevresel kirlenme ve sera etkisinin artması önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu sebeple fosil yakıtlarının hızla azalmasına bağlı olarak ve CO₂'nin atmosferdeki derişiminin kontrol edilmesini sağlayacak daha temiz, daha güvenilir, yenilenebilir, düşük maliyetli alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır [1].

Günümüzde birincil enerji üretiminin çok büyük bir oranı fosil yakıtlardan elde edilmektedir. 2006 yılında dünya birincil enerji üretiminde fosil kaynakların payı yaklaşık % 79, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı % 18 ve nükleer enerjinin payı ise % 3'tür [2].

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunması ve sürekliliğinin sağlanması günümüzde ihtiyaç olmaktan çıkıp bir zorunluluk haline gelmiştir. Bunun en önemli sebeplerinden biri de fosil kökenli yakıtların yoğun bir şekilde tüketiminin, sera gazı oluşumuna kaynak teşkil ederek, küresel iklim değişikliklerine ve birçok çevre kirliliğine neden olmasıdır. Bilindiği gibi sera gazlarının içeriğinde yer alan ağırlıklı maddelerin başında karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄) gazı gelmektedir. Bunların yanında, kükürt, azot oksit (NO), kurum ve kül gibi atıklar da çevreyi kirletmektedir. Bu yüzden fosil kökenli yakıtlardan üretilen enerjinin toplam maliyeti bulunurken, uzun sürede meydana gelebilecek çevre ve insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri de bu maliyetlerin içine dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle temiz enerji üretimi ile ilgili alternatif tekniklerin hayata geçirilmesi şarttır.

Gıda Sanayisinde, proses sonucunda “yan ürün” olarak bilinen gıda atıkları açığa çıkmaktadır. Bu atıkların birçoğu imha edilirken, bir kısmı da farklı teknolojiler ile ekonomik değeri az olan hayvan yemi, gübre, vb. ürünlerin üretimi için kullanılmaktadır. Gıda işleme sırasında ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesinin, çevre kirliliğini önlemeye katkı sağlayabileceği gibi, ülke ekonomisini güçlendirebileceği ve ürünlerin kaliteli bir şekilde çeşitlendirilmesine imkân tanıyacağı düşünülmektedir. Bu amaçla günümüzde daha çok anaerobik prosesler tercih edilmektedir.

Anaerobik sistemlerde biyogaz-enerji üretiminin gerçekleştirilmesi, arıtma tesisi maliyetlerini düşürerek arıtma tesisi yapımı ve işletilmesini cazip hale getirmektedir. Ayrıca atıkların rastgele atılmasından kaynaklanan su, toprak ve görüntü kirliliğinin önlenmesi veya en aza indirilmesi, işletmelerin enerji masraflarının karşılanması ve ayrışma sonrası elde edilen ürünün tarımda gübre olarak kullanılması imkânlarını da sağlamaktadır.

2. Biyogaz Üretimi

Dünya nüfusunun artması ile birlikte mevcut enerji kaynaklarının azalması ve her geçen gün enerjiye olan bağımlılığın artması gibi sebeplerden dolayı enerji sektöründe alternatif üretim çalışmaları hız kazanmaktadır. Günümüzde; yerli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, fosil kökenli yakıtlara olan bağımlılığı azaltması, çevre dostu olması, ulaşım sektöründe

kullanılabilirliği, üretim ve muhafaza edilmesinin kolaylığı gibi faktörler biyoyakıt üretimini cazip hale getirmektedir.

Yenilenebilir enerjilerin bir türü olan biyogaz, biyoyakıtların içerisinde yer almaktadır. Biyogaz; organik atıkların anaerobik parçalanması sonucu oluşan, içerisinde % 60-70 metan (CH₄), %30-40 karbondioksit (CO₂), % 0-2 hidrojen sülfür (H₂S) ve eser miktarlarda azot, su buharı, hidrojen gazı bulunan, renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak mavi alevle yanan bir gaz karışımıdır. Biyogaz düşük sıcaklıklarda (-164 °C) sıvılaştırılabilmektedir [3].

Biyogaz üretiminde kullanılan hayvansal (sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların gübreleri, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işletmesi sırasında ortaya çıkan atıklar) ve bitkisel (ince kıyılmış sap, saman, mısır atıkları, şeker pancarı yaprakları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları ile bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar) atıklar tek başına kullanılabilirdiği gibi uygun oranlarda karıştırılarak da kullanılabilir. Tablo 1.'de çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları verilmektedir [4].

Tablo 1. Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları

Kaynak	Biyogaz verimi (L/kg)	Metan-CH ₄ Oranı (% hacim)
Sığır gübresi	90-310	65
Kanatlı gübresi	310-620	60
Domuz gübresi	340-550	65-70
Buğday samanı	200-300	50-60
Çavdar samanı	200-300	59
Arpa samanı	290-310	59
Mısır sapları ve artıkları	380-460	59
Keten, kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze artıkları	330-360	Değişken
Zirai faaliyet artıkları	310-430	60-70
Dökülmüş ağaç yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık su arıtma çamuru	310-800	65-80

2.1. Biyogaz üretimini etkileyen faktörler ve enerji üretimi arasındaki ilişki

Biyogazın bileşimi sabit olmayıp kullanılan organik atığın bileşimi, sıcaklık ve pH gibi değişkenlere bağlıdır. Tipik bir biyogaz bileşimi Tablo 2.'de verilmiştir [3].

Biyogazın yakıt değeri içerisindeki metan gazından ileri gelmektedir. Bileşimindeki metan oranına göre ısı değeri 17-25 MJ/m³ arasında değişir.

1 m³ biyogazın etkili ısı [3];

- 0,62 L gazyağı
- 1,46 kg odun kömürü
- 3,47 kg odun
- 0,43 kg bütan gazı
- 12,30 kg tezek
- 4,70kWh elektrik
- 1,18 m³ hava gazının sağladığı ısıya eşittir.

Tablo 2. Tipik bir biyogaz bileşimi

Madde	Formülü	%'de Oranları
Metan	CH ₄	60-70
Karbondiyoksit	CO ₂	30-40
Hidrojen sülfür	H ₂ S	0-2
Azot	N ₂	Eser miktarda
Su buharı	H ₂ O	Eser miktarda
Hidrojen gazı	H ₂	Eser miktarda

1 m³ biyogaz eşdeğer yakıt miktarları[3];

- 0,66 L motorin
- 0,25 m³ propan
- 0,2 m³ bütan
- 0,85 kg kömüre eşdeğerdir.

Biyogaz üretiminde çok farklı mikroorganizmalar etkinlik gösterdikleri için biyogaz üretimini tek bir verim formülü ile açıklamak olası değildir. Biyogaz üretim hızını etkileyen etkenler[3];

- Sıcaklık
- pH
- Karıştırma
- Alıkonma süresi
- Karbon / Azot oranı
- Katı madde içeriği
- Aşılama
- Toksik maddelerin etkileridir.

1990'larda biyogazdan elektrik enerjisi üretimi dünyada yaklaşık 5000 GWh iken, 2000'li yıllarda bu rakam 12048 GWh seviyesine ulaşmıştır. Bu rakamlar sırasıyla ABD'de 4984 GWh, İngiltere'de 2556 GWh, Almanya'da 1683 GWh, İtalya'da 566 GWh, Fransa'da 346 GWh, olarak tespit edilmiştir. Biyogazın yaygın olarak üretilmesinde en büyük etken, biyogazdan elektrik enerjisi üretiminin yapıldığı ülkelerde bu enerjinin en az uygulanan perakende tarifeye yakın bir fiyatla satın alınması ve organik atıkların işlenmesinin yasal bir zorunluluk haline getirilmesidir.

Ayrıca, gaz motorlarında biyogaz kullanılarak elektrik enerjisi üretilmesi, biyogazın önemini artırmıştır. Günümüzde yapılan biyogaz üretimiyle organik atıklar değerlendirilmekte ve bunlar sterilize edilerek çevreye olabilecek zararları önlenmektedir. Böylece, toprak ve su temizliği sağlanmakta, doğal denge korunurken, temiz enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Üstelik üretim sonrası çıkan atıklar, bitkisel üretimde toprağı zenginleştirici bir gübre olarak kullanılmaktadır.

Biokütle, oldukça önemli bir teknik potansiyele sahip yenilenebilir enerjidir. Biokütleden ısı elde edilmekte, yakıt üretilmekte ve elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Başlıca bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler “Biyokütle Enerji Kaynağı,” bu kaynaklardan üretilen enerji ise “Biyokütle Enerjisi” dir. Biyokütle yenilenebilir, her yerde yetiştirilebilen, sosyo-ekonomik gelişme sağlayan, çevre dostu, elektrik üretilen, taşıtlar için yakıt elde edilebilen gelecek vadeden bir enerji kaynağıdır [4].

2.2. Biyogaz üretiminde kullanılan reaktörler

Çeşitli atıkların anaerobik sistemlerde değerlendirilmesi, reaktörlerin tasarımları ve performanslarının değerlendirilmesindeki başlıca ölçütler, metan yüzdesi, metan üretim hızı, organik maddedeki azalma, kültür kararlılığı, ısıl verimi ve sürecin ekonomisidir. Metan yüzdesi eklenen organik madde miktarı ile ilgili olarak üretilen metanın miktarıdır ve genellikle m^3 / kg eklenen uçucu katılar olarak ifade edilir. Metan üretim hızı günde etkin reaktör hacmi başına üretilen metanın hacimsel olarak miktarı ile ilgilidir. Organik maddedeki azalma verimi önemli bir parametredir, çünkü metan yüzdesini doğrudan etkiler. Başka bir süreci veya dışarıya salma işini gerektiren süreç atıklarının miktarı ile ilgilidir.

Yeni geliştirilen reaktörlerin tasarlanmasında; metan yüzdesi, metan üretim hızının artırılması, süreç kararlılığı, elde edilen net enerjinin artırılması, işletme ve tasarımlarının basitleştirilmesi vb. faktörler etkili olmaktadır. Bu tasarımlardan bazıları [5];

1. Kesikli reaktör
2. Sürekli karıştırılmalı tank reaktör (CSTR- Continuous stirred-tank reactor)
3. Katı geri beslemeli sürekli karıştırılmalı tank reaktörü
4. Piston akışlı reaktör
5. Yukarı akışlı çamur yataklı reaktör (UASB- Upflow anaerobic sludge blanket)
6. Film reaktörleri
7. İki fazlı reaktörleridir.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Deneylerde kullanılan katı madde ve özellikleri

Çalışmada kullanılan elma ve kara havuç meyve suyu konsantresi atıkları Mersin İl'i Akdeniz İlçesi'nde faaliyet gösteren TARGID Tarım ve Gıda Ürünleri Sanayi A.Ş'den temin edilmiştir. Atıklar kullanma aşamasına dek $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Çalışmada kullanılan elma ve karahavuç katı atıklarına ait resim Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. (a)Çalışmada kullanılan elma ve (b)karahavuç katı atıklarına ait resim

3.2. Deney düzeneği

Deneylerde 120 l hacimli özel olarak tasarlanmış, silindirik şeklinde bir reaktör kullanılmıştır (Şekil 2). Reaktör sıcaklık kontrollü olup sürekli olarak 40 Hz hızla karıştırma yapılmaktadır. Ayrıca sistem izole edilmiş olduğundan reaktörde homojen bir sıcaklık dağılımı sağlanmaktadır. Üretilen biyogaz boru bağlantıları ile gaz biriktirme tankına iletilmektedir.

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

Anaerobik şartların sağlanması için 40 kg gübre ve 60 l su reaktöre doldurulduktan sonra reaktörün ağzı kapatılarak hava girişi engellenmiştir. Reaktör bu şekilde 30 gün bekletilerek aşılama için gerekli bakteri üretiminin sağlanması amaçlanmıştır.

30 gün sonunda, bakteri aşılması için gerekli olgunluğa erişen gübre-su karışımından, reaktörün altında bulunan boşaltım vanası ile 20 lt hacim boşaltılmıştır. Bu aşamadan sonra reaktör üstünde bulunan besleme borusu ile 20 kg elma-karahavuç katı atığı ve 20 lt su ile besleme yapılmıştır. Üstten besleme yapılırken reaktöre hava girmemesi için besleme vanası sıvının içine kadar bir boru ile uzanmaktadır.

120 l'lik hacime sahip anaerobik reaktörde, yarı-sürekli sistemde ve mezofilik şartlarda gerçekleştirilen deneylerde hidrolik alıkonma süresi (HRT) elma ve karahavuç konsantresi katı atıklarının her biri için 20 ve 30 gün olarak işletilmiştir.

Reaktörde oluşan gaz, numunenin üst kısmındaki ters konik boşlukta toplanarak basınç artışına neden olmakta, manometrede gösterilen basınç artışı ile oluşan gaz hacmi ideal gaz denklemi yardımıyla hesaplanmaktadır. Oluşan gaz iletim boruları ile ayrı bir gaz toplama tankında biriktirilmektedir. Buradan gaz toplama torbaları ile tedarik edilen gaz numunesinin GS-MS cihazı ile ölçümleri yapılmakta ve biyogaz içeriği tespit edilmektedir.



(a)



(b)



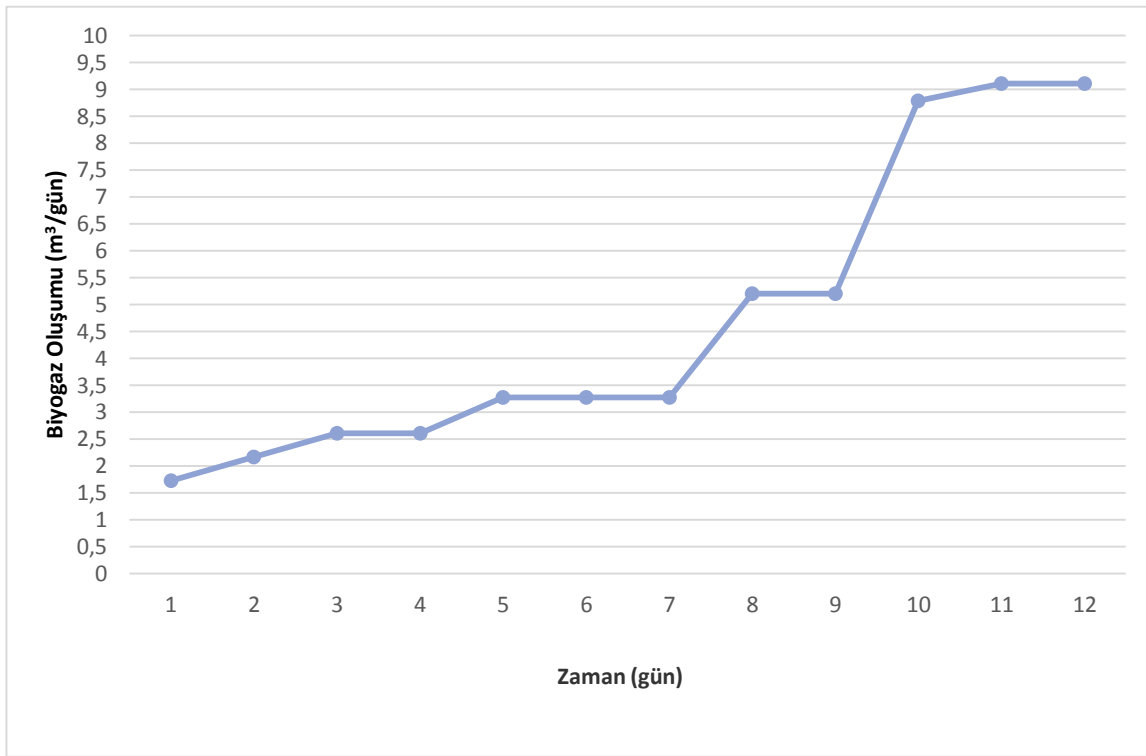
(c)

Şekil 2. (a) Deneyleerde kullanılan anaerobik besleme tankı, (b) oluşun gazın toplandığı tank, (c) besleme tankında oluşun basıncı gösteren manometre (mbar)

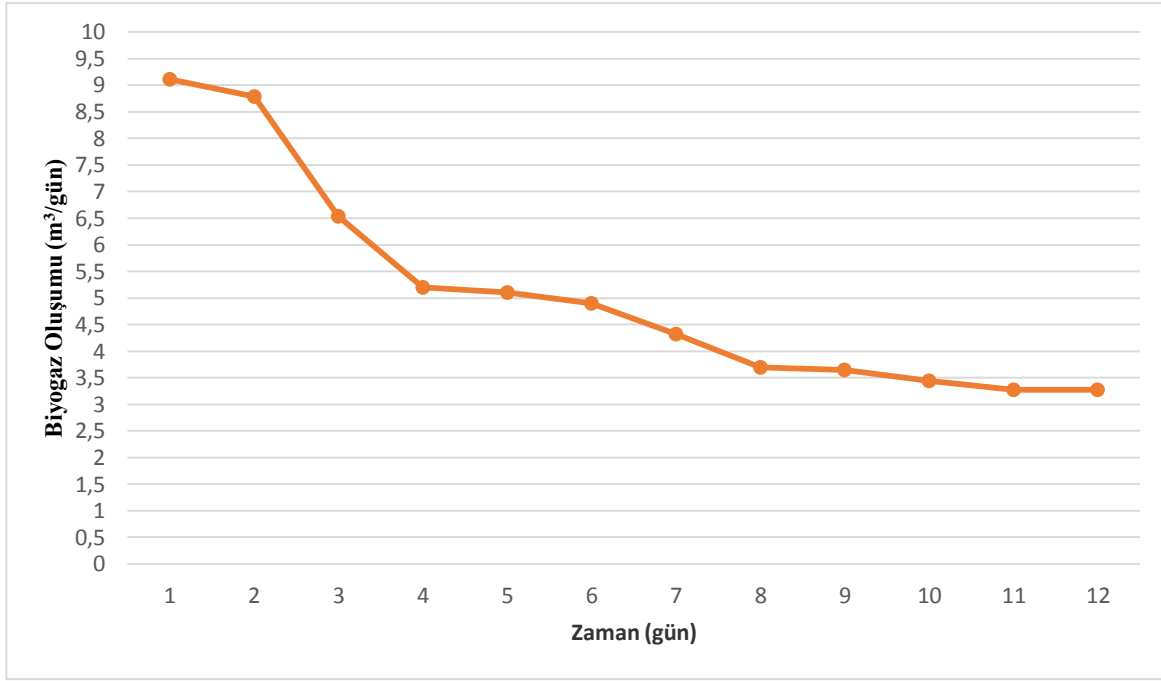
4. Bulgular ve Tartışma

38 °C sıcaklıkta yarı-sürekli olarak sürdürülen deney 20 ve 30 günlük hidrolik alıkonma sürelerinde (Hydraulic Retention Time=HRT) gerçekleştirilmiş, biyogaz miktarı ölçülmüştür. Deney 60 gün boyunca sürdürülmüş ve HRT=20 gün için her gün 6 litre, HRT=30 gün için her gün 3 litre katı atık-su bulamacı ilave edilmiştir. Beslemeler yapılırken karışımın kompozisyonunun değişmemesine dikkat edilmiştir. Çalışma süresince pH: 7-8 değerleri arasında ölçülmüştür.

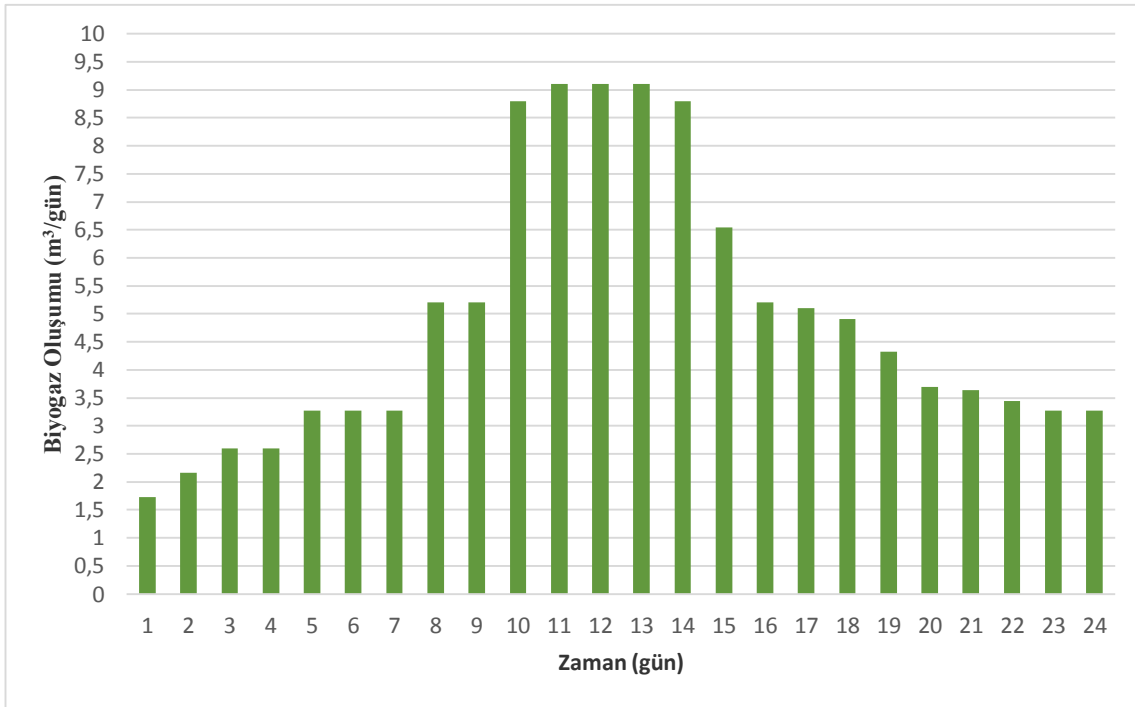
Reaktörden 30. gün 20 l gübre-su karışımı alınmış, 20 kg elma-karahavuç katı atığı ve 20 l su reaktöre beslenmiştir. Daha sonra 36. gün sürekli beslemelere geçilmiş ve 6 l besleme yapılarak HRT=20 gün için ard arda gelen on iki gün boyunca oluşan biyogaz miktarına bakılmıştır. 48. gün 3 l besleme yapılarak HRT= 30 gün için ard arda gelen on iki gün boyunca oluşan biyogaz miktarı ölçülmüştür (Şekil 3 ve 4). Sürekli beslemelere geçilmesinden itibaren üretilen gaz miktarlarındaki değişim Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 3. HRT: 20 gün iken zamana bağlı oluşan biyogaz miktarı



Şekil 4. HRT: 30 gün iken zamana bağlı oluşan biyogaz miktarı



Şekil 5. Zamanla biyogaz oluşum miktarı

Sonuç ve Değerlendirme

Deneyler mezofilik sıcaklıkta yarı-sürekli olarak gerçekleştirilmiş, üretilen gaz miktarları ölçülmüştür. Yarı-sürekli olarak yapılan deneylerde 2 farklı alıkonma süresinde çalışılmış, alıkonma süresinin arttıkça günlük biyogaz miktarının azaldığı gözlenmiştir. En fazla gaz üretim verimi HRT=20 gün de 9,107 m³/gün olarak tespit edilmiştir. Oluşan biyogaz miktarlarındaki metan gazı içeriği GC-MS ile ölçülmüş ve biyogaz içerisindeki %' de oranlarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Liu R, Li J, Shen F. Refining bioethanol from stalk juice of sweet sorghum by immobilized yeast fermentation. *Renew Energy* 2008;33:1130–1135.
- [2] Yenilenebilir Enerji Kaynakları. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Raporu. Yayın No: MMO/2008/479. Ankara; 2008
- [3] Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü. Biyogaz üretiminde kullanılan organik atık/artık hammaddeler. http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/biyoenerji/01-biyogaz/bg_hammadde.html (24 Aralık 2013)
- [4] Kılıç F. Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri. *Mühendis ve Makina*. 2011;52:94-106.
- [5] Chynoweth PD. Overview. *Anaerobic digestion of biomass*, Elsevier Applied Science Publishers Ltd, England. 1987; 1-14