



BIOGAS

Jale GÜLEN*, **Hanife ARSLAN**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa-İSTANBUL

Geliş/Received: 21.10.2004 Kabul/Accepted: 10.10.2005

ABSTRACT

One of the most important factors of industrialization and development is energy. Demand of energy always increases parallel to technology developing and world population increasing. The countries which are not self sufficient in terms of energy production, needs environmentally clean, continuous, independent and renewable energy sources. Biogas, containing 55-65 % methane (CH₄) can supply these features.

In this study, description and formation of biogas, which is an alternative energy source, are explained.

Keywords: Biogas, Anaerobic, Waste, Fertiliser.

BİYOĞAZ

ÖZET

Sanayileşme ve kalkınmanın temel unsurlarından biri enerjidir. Dünya nüfusunun artışına ve gelişen teknolojiye paralel olarak enerjiye olan talep sürekli artmaktadır. Enerji bakımından kendine yeterli olmayan ülkelerde, çevre açısından temiz, güvenli, sürekli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. İçinde % 55-65 oranında metan gazı (CH₄) olan biyogaz, bu özellikleri sağlayabilir.

Bu çalışmada alternatif bir enerji kaynağı olan biyogazın tanımı ve oluşumu açıklanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Biyogaz, Anaerobik, Atık, Gübre.

1. GİRİŞ

Fosil enerji kaynaklarının (petrol, kömür, doğalgaz vb.) tükenebilir olması, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (rüzgar, güneş, hidrolik, jeotermal, vb.) yatırım değerlerinin fazla olması özellikle kırsal bölgelerde yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyogazın değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Bitkisel, hayvansal, şehir ve endüstriyel atıkların anaerobik fermantasyonu sonucu elde edilen biyogaz, içeriğindeki metan gazından dolayı yanabilen özelliğine sahiptir. Biyogaz fosil yakıtlardan farklı olarak karbondioksit emisyonunu arttırmamakta ve sera etkisinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Biyogaz üretiminin başarılı olması pH derecesi, sıcaklık, karıştırma gibi fermantasyon koşullarına bağlıdır.

Bu çalışmada biyogazın tanımı, biyogaz tesisleri ve biyogaz oluşumu ve oluşumu etkileyen parametreler açıklanmıştır.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Autor: e-posta: gulenj@yildiz.edu.tr; Tel: (0212) 449 17 34

2. BİYOGAZIN TANIMI

Biyogaz; hayvansal ve bitkisel kökenli organik atıkların, anaerobik (havasız) fermantasyonu sonucu açığa çıkan, renksiz, kokusuz, havadan hafif, havaya oranla yoğunluğu 0.83 ve oktan sayısı 110 olan, parlak mavi bir alevle yanan bir gaz karışımıdır [1]. Biyogaza “Bataklık Gazı”, “Gübre Gazı”, “Gobar Gaz” gibi isimlerde verilmektedir. Düşük sıcaklıklarda (-164 °C) sıvılaştırılabilen biyogaz, bileşimindeki kükürtlü bileşiklerden dolayı çürük yumurta gibi kokar. Ancak yanarken bu kokusunu kaybeder.

Biyogaz üretiminde kullanılan hayvansal (sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların gübrelere, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işletmesi sırasında ortaya çıkan atıklar, veya insan dışkı) 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 kullanılabilir gibi uygun oranda karıştırılarak da kullanılabilir. Tipik bir biyogaz bileşimi aşağıda verilmiştir [2].

Çizelge 1. Biyogaz bileşimi

Madde	Sembol	Yüzde
Metan	CH ₄	50-70
Karbondioksit	CO ₂	30-40
Hidrojen	H ₂	5-10
Azot	N ₂	1-2
Su buharı	H ₂ O	0.3
Hidrojen sülfür	H ₂ S	eser miktarda

Çizelge 2. Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları [3]

Kaynak	Biyogaz verimi (Litre/kg)	Metan oranı (Hac. %'si)
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
Ziraat atıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı kabuğu	365	-
Dökülmüş ağaç yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık su çamuru	310-800	65-80

Çizelge 3. Farklı atıklardan elde edilen biyogazların özellikleri [4]

Gaz Bileşeni	Birimi	Biyogaz kaynağı		
		Tarımsal biyokütle	Arıtma çamuru	Çöp deponisi
CH ₄	%	60-70	55-65	45-55
CO ₂	%	30-40	45-35	30-40
N	%	<1	<1	5-15
H ₂ S	ppm	10-2000	10-40	50-300

3. BİYOGAZIN ISIL DEĞERİ

Biyogazın ısı değeri, bileşimindeki yanıcı metan gazından ileri gelmektedir. Bileşimindeki metan oranına göre ısı değeri 17-25 MJ/m³ arasında değişir. 1 m³ biyogazın etkili ısısı

- 0.62 litre gazyağı,
- 1.46 kg kömür,
- 3.47 kg odun,
- 0.43 kg bütan gazı,
- 12.30 kg tezek,
- 5.70 kWh elektrik,
- 1.18 m³ havagazının sağladığı ısıya eşittir [5, 6].

Çizelge 4. Bazı yakıt türlerinin biyogaz ile karşılaştırılması [7]

Yakıt türü	Birim enerji değeri (MJ)	Yanma verimi (%)	Kullanılabilir enerji (MJ)	Biyogaz enerji eşdeğeri
Biyogaz (m ³)	20	60	11.8	1
Elektrik (kWh)	3.6	70	2.5	4.7
Gazyağı (lt)	38	50	19	0.62
Bütan (kg)	46	60	27.3	0.43

Biyogaz içerisindeki metan bileşiminden dolayı doğalgaz ile benzerlikler gösterir. Doğalgaza göre daha düşük enerji içeriğine sahip olmasına rağmen temiz bir gazdır.

Çizelge 5. Biyogaz ve doğalgazın özelliklerinin karşılaştırılması [8]

	Doğalgaz	Biyogaz
Bileşim, hac. %	95-98	55-65
Mol ağı., kg/molkg	16.04	26.18
Yogunluk, kg/m ³	0.82	1.21
Isıl değer, MJ/m ³	36.14	21.48
Max. tutuşma hızı, m/s	0.39	0.25

4. BİYOGAZ OLUŞUMUNUN MİKROBİYOLOJİSİ

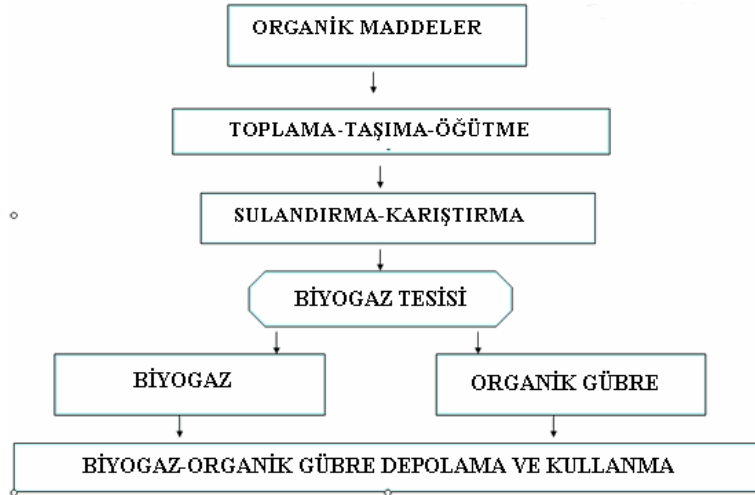
Biyogaz üretiminin gerçekleştiği organik maddelerin anaerobik fermantasyonu 3 temel aşamada gerçekleşir. Bu aşamalarda, aşamalarla aynı adı taşıyan bakteri grupları görev almaktadır. Anaerobik fermantasyonun bu üç aşaması aşağıdaki gibi sıralanır:

1. Fermantasyon ve hidroliz
2. Asetik asidin oluşumu
3. Metanın oluşumu

Şekil 1'de biyogaz üretiminin akış şeması görülmektedir [3].

4.1. Fermantasyon ve Hidroliz

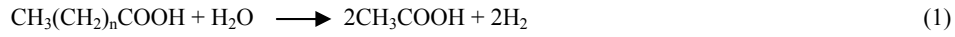
Bu aşamada fermante edici ve hidrolitik bakteriler olarak isimlendirilen bakteri grupları organik maddenin temel öğeleri olan karbonhidrat (C₆H₁₀O₅)_n, protein ve yağları (C₅₀H₉₀O₆) parçalayarak bunları karbondioksit (CO₂), asetik asit (CH₃COOH) ve çözülebilir uçucu organik maddelere dönüştürürler. Bu son gruptaki uçucu organik maddelerin büyük bir bölümünün uçucu yağ asitleri olması nedeniyle, bu aşamaya uçucu yağ asitlerinin [CH₃(CH₂)_nCOOH] oluşum aşaması adı da verilir.



Şekil 1. Biyogaz üretiminin akış şeması [3]

4.2. Asetik Asidin Oluşumu

Bu aşamada, birinci aşama sonucunda açığa çıkan ve uçucu yağ asitlerini asetik aside dönüştüren asetogenik (asetik asit oluşturan) bakteri grupları devreye girer ve bir kısım asetogenik bakteriler uçucu yağ asitlerini asetik asit ve hidrojene dönüştürürler.



Diğer bir kısım asetogenik bakteri grubu ise açığa çıkan karbondioksit ve hidrojeni kullanarak asetik asit oluşturur. Ancak bu ikinci yolla oluşan asetik asit miktarı, birinciye oranla daha azdır [1, 3].



4.3. Metanın Oluşumu

Anaerobik fermantasyonun bu son aşamasında metanogenik (metan oluşturan) bakteri grupları devreye girer ve bir kısım metanogenik bakteriler bir çok ara basamaklardan sonra, CO_2 ve H_2 'yi kullanarak metan (CH_4) ve suyu (H_2O) açığa çıkartırken, öteki bir grup metanogenik bakteriler ise ikinci aşama sonucu açığa çıkan asetik asidi kullanarak CH_4 ve CO_2 oluşturmaktadırlar.



Ancak bu aşamada birinci yolla oluşan metan miktarı, ikinci yolla elde edilen metan miktarından daha azdır. Üretilen tüm metanın %30'u birinci yolla, %70'i ikinci yolla yapılmaktadır.

Anaerobik fermantasyonun üçüncü aşamasında devreye giren ve metan oluşumunu sağlayan metan bakterileri, fermantasyon ortamının sıcaklığına göre üç gruba ayrılır. Bunlar;

- 1) Psychrophilic (Sakrofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 5 - 25 °C,
- 2) Mesophilic (Mezofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 25 - 38 °C,
- 3) Thermophilic (Termofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 50 - 60 °C,

Biogas ...

Sakrofilik bakteriler deniz ve göl diplerindeki tortular ile bataklıklarda, termofilik bakteriler ise yüksek sıcaklıklardaki volkanik ve jeotermal bataklıklar içerisinde yaşamaktadırlar. Bu üç bakteri gurubu ile yapılan fermentasyonda, sakrofilik, mezofilik ve termofilik fermentasyon ile aynı adı almaktadır.

Anaerobik fermentasyon, fermentörün yeni materyalle beslenme biçimine göre de çeşitlenmektedir. Bu açıdan anaerobik fermentasyonu 3 grupta incelemek mümkündür.

1. Sürekli fermentasyon: Bu fermentasyon biçiminde organik madde fermentöre her gün belirli miktarlarda verilir ve aynı oranlarda fermante olmuş materyal günlük olarak fermentörden alınır. Bu fermentasyon şeklinde gaz üretimi sürekli olur.

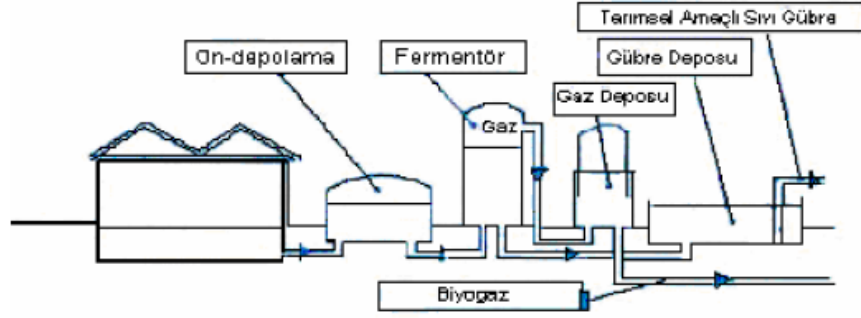
2. Beslemeli kesikli fermentasyon: Burada fermentör başlangıçta belirli oranda organik madde ile doldurulur ve geri kalan hacim fermentasyon süresine bölünerek günlük miktarlarla tamamlanır. Belirli fermentasyon süresi sonunda fermentör tamamen boşaltılarak yeniden doldurulur.

3. Kesikli fermentasyon: Burada fermentör başlangıçta organik madde ile tamamen doldurulur, fermentasyon süresi sonunda fermentör boşaltılarak yeniden doldurulur [1, 3].

Modern bir biyogaz tesisinde üç ana organ yer almaktadır. Bunlar:

▪ **Fermentör - Sindireç (Organik maddenin doldurulduğu tank depo):** Hava almayacak şekilde tasarlanan ve içerisinde bir karıştırıcı olan bu tankın içerisine ayrıca bir ısıtıcı yerleştirilmelidir. Biyogazın üretilmesi için fermentör içerisindeki organik madde bulamacının sıcaklığı 35°C'den az olmamalıdır. Fermentör sıcaklığı düşükçe bakteri aktivitesinin azalmasına bağlı olarak, gaz üretimi de düşmektedir [9]. Ayrıca yine içeriye hava almayacak şekilde fermentöre bir organik madde giriş ve çıkışı ağı yerleştirilmelidir.

▪ **Gaz deposu:** Büyük kapasiteli tesislerde oluşan biyogazı, bir yerde toplamak ve gaz basıncının sabit kalmasını sağlamak için kullanılan depo kısmıdır. Fermentör üzerinden alınan gaz bir boru ile bu depoya taşınarak buradan kullanıma gönderilir. Kullanım fazlası depoda kalır. Şekil 2'de bir biyogaz tesisi görülmektedir.



Şekil 2. Modern bir biyogaz tesisi [3]

▪ **Gübre (organik madde) deposu:** Biyogaz üretiminde karbon-azot oranı önemli bir faktördür. Bu oran 20:1 – 30:1 arasında olabilir. Örneğin sığır gübresi 25:1 olan oranı ile gaz üretimi için ideal olarak düşünülür. Fermentöre alınacak organik maddenin kuru madde içeriğinin kolay karışma ve muamelesi için başlangıç maddesinin % 8-10'u arasında olmalıdır. Örneğin sığır gübresi % 10'luk katı içeriği ile istenen konsantrasyonu sağlamak için bire bir oranında su ile karıştırılması yeterli olur [9]. Bu madde fermentasyon süresi sonunda fermentörden aynı şekilde çıkacaktır. Akışkan durumuna gelmiş olan bulamaç halindeki bu gübrenin depolanması için havuz şeklinde yapılmış bir gübre deposuna ihtiyaç vardır.

Bu anlatılan 3 ana organın yanı sıra biyogaz üretim sisteminde; hammadde depolama tankı, gaz boruları ve bağlantı ekipmanları, ısıtma sistemleri, pompalar, karıştırıcılar, ısı transfer elemanları, ayırma ve filtrasyon elemanları da kullanılmaktadır.

Karıştırıcılar biyogaz üretiminde çok önemli bir rolü üstlenirler. Bunlar,

- Metanojenlerin ürettiği metabolitlerin dağıtılması,
- Taze hammaddenin bakteri popülasyonuna homojen olarak karışması,
- Çökemelere ve heterojeniteye engel olunması,
- Sıcaklık dağılımının homojen olması,
- Bakteri popülasyonlarının fermantör içinde iyice dağılması,
- Fermantör içinde heterojen ölü bölgeleri oluşturulmaması

Şeklinde dir.

Mezofilik ve termofilik sıcaklıkların çevresel olarak sağlanamadığı, özellikle sıcaklığın korunması gereken biyogaz tesislerinde ısı transfer elemanları büyük önem taşırlar.

Elde edilen biyogazın kalorifik değerinin artırılması ve korozif özelliğinin giderilmesinde, çevre-insan sağlığı üzerindeki potansiyel zararlarının azaltılması oldukça önemlidir. Ayrıca biyogaz bileşimindeki korozif etkili olan hidrojen sülfürün temizlenmesi istenir. Bunun için ya hidrojen sülfür demiroksid ile absorblanır ya da hava ilavesi ile mikrobiyal desülfürüzyon yapılır. İkinci işlemden bir hava pompası ile % 4 hava enjekte edilerek, hidrojen sülfür bakteriler tarafından elementel kükürte dönüştürülerek çöktürülür. Biyogaz içindeki olası su moleküllerinin tutulmasında ise silika jel, alümina veya moleküler elekler kullanılır [10].

Bu modern ileri teknoloji uygulamalarının dışında uzun yıllardır kullanılan sistemler de mevcuttur. Kırsal kesimler için önerilen ve kısıtlı yerel imkanlarla yapılabilmektedir olan bu tür sistemler çok değişik tipte olup genel olarak üç kısımda tanımlanmaktadır;

1. Hareketli kubbeli veya Çin tipi biyogaz tesisleri
2. Sabit kubbeli veya Hint tipi biyogaz tesisleri
3. Balonlu veya Tayvan tipi biyogaz tesisleri

Toprak altına gömülen ve tuğla-beton bir yapıdan oluşan bu tip biyogaz tesisleri fermantörün iyi izolasyonunun sağlanması durumunda kırsal kesimler için ideal bir biyogaz tesisidir [3].

Birçok ülkede biyogaz tesisleri planlanan amaca göre farklı teknolojiler kullanılarak inşa edilmektedir. Biyogaz tesisleri aile tipi (6-12 m³ kapasiteli), çiftlik tipi (50, 100, 150 m³ kapasiteli), köy tipi (100, 200 m³ kapasiteli) tesisler olarak ele alınabileceği gibi başta Almanya olmak üzere A.B.D., Danimarka, İsviçre gibi pek çok ülkede 1000-10.000 m³ kapasiteli sanayi tipi biyogaz tesisleri işletilmektedir.

Aile tipi, 6-12 m³ kapasiteli sabit kubbeli biyogaz tesisleri, Çin'de çok yaygın biçimde kullanılmakta ve bu tip tesislerde oluşan biyogaz, tesis içinde (kubbe bölümünde) toplanmakta ayrı bir gaz depolama tankı kullanılmamaktadır. Ancak bu durum biyogazın kullanımı sırasında gaz basıncının düşmesine neden olmakta, dolayısıyla gaz basıncı sabit kalmamaktadır. Yeterli gaz basıncını sağlamak üzere Çin tipi tesisler genellikle kullanım yerlerine yakın kurulmaktadır. Büyük kapasiteli tesislerde oluşan biyogaz, tesisden ayrı veya tesis içinde sabit olmayan bir yerde toplanmakta (gaz depolama tankı) ve gaz basıncının sabit kalması sağlanabilmektedir. Bu tip biyogaz tesislerine en çok Hindistan'da rastlanmaktadır.

Aile tipi biyogaz tesisleri dışındaki diğer tesislerin çoğunda biyogazın oluştuğu ortamın (fermantör) ısıtılması optimum biyogaz üretimi için gerekli olmaktadır [11].

4.4. Biyogaz Oluşumunu Etkileyen Faktörler

4.4.1. Sistemin pH derecesi

Biyogaz üretiminde pH derecesinin, reaksiyon hızı ve diğer parametrelere önemli bir etkisi vardır. Anaerobik çürüme için ideal pH 6-8 arasındadır. Asit üreten bakteriler metan üreten bakterilerden

Biogas ...

daha hızlı çoğaldıklarından asit üretimi sistemde artarak metan üreten bakterilerin aktivitesini düşürebilir. Bu sebeple sistemin pH'sı sürekli kontrol altında tutulmalıdır [12].

Normal fermantasyon sırasında karışımın pH değeri değişmez ve 7 civarında seyrederek. Ancak ani sıcaklık değişimi, fazla besleme veya bazı zehirli maddeler sistemin asit dengesini bozar. Eğer asit oranı artmaya başlarsa pH değeri düşer ve metan üretimi de durur. Böylece üretilen gazın CO₂ oranı artar ve gazın yanmasında sarımtırak bir alev görülür. Böyle bir durumda dengeyi eski haline döndürmek için;

- a) Metan üretici bakterilerin üretilen asidi kullanıp azaltmaları için besleme bir müddet durdurulmalıdır.
- b) pH değerinin düşmeye devam etmesi halinde sisteme nötralizasyon için alkali maddeler ilave edilir.

4.4.2. Sıcaklık

Organik atıkların anaerobik bozundurulmasıyla gaz üretiminde, sıcaklığın çok önemli bir rolü vardır. Genel bir kural olarak sıcaklığın 30-35 derece olması istenir. Isıtılmayan tesislerde özellikle kış aylarında sıcaklığın bu derecelere ulaşması mümkün olmaz. Sıcaklığın 10 derece altına düşmesi üretimi durdurabilmektedir [11].

Sıcaklık değiştikçe fermantasyonu sağlayan bakteri tipleri de değişmektedir. Bu yüzden reaktörlerin sıcaklığı mümkün olduğu kadar sabit tutulmalıdır.

Fermantasyon değişik özelliklerden dolayı 3 değişik sıcaklık aralığında incelenmelidir.

- 1) Termofilik fermantasyon: Bakteriler açısından ideal sıcaklık 47-55 °C arasındadır. Ancak bazı dezavantajlarından dolayı bu sıcaklıkta gaz üretimi yapılmaz. Bunlar:
 - Termofilik bakteriler sıcaklık değişikliklerine çok hassastırlar.
 - Bu sıcaklığın sağlanması için gereken masraf oldukça fazladır.
 - Reaksiyon sonucu açığa çıkan atık ekonomik açıdan faydalıdır.
- 2) Mezofilik fermantasyon: Bakteriler açısından ideal sıcaklık 35-38 °C arasındadır.
- 3) Doğal çevre sıcaklığında fermantasyon: Yazın 22-26 °C arasında değişebilecek reaktör sıcaklıklarında günlük gaz üretimi reaktör hacminin 0.3 katına çıkabilir. 13-15 °C arasında ise günlük üretim, reaktör hacminin 0.1 katına çıkabilir. Ancak çoğu kez bu sayı daha düşüktür [13].

Biyogaz tesislerinde ısı kontrolünün sağlanması amacıyla güneş enerjisinden yararlanılabileceği gibi en pratik ve en yaygın kullanılan sistem, tesisin içine yerleştirilen serpantinlerin (sıcak su boruları) kullanılmasıdır. Bu sistemde su, tesis tarafından sağlanan biyogaz ile ısıtılarak sirkülasyon pompası ile tesis içine yerleştirilen serpantinler içinde dolaştırılarak ısıtma sağlanmaktadır [11].

4.4.3. Alıkonma Süresi

Atıkların üreteç içinde kaldığı süreyi ifade eder. Organik maddelerin parçalanarak gaz açığa çıkarması ve bu işlemleri gerçekleştiren bakterilerin üreme hızları alıkonma süresine bağlıdır. Kullanılan atığın türüne ve üreteç çeşidine göre değişebilir.

4.4.4. Karıştırma

Reaktör içindeki gübre ile su karışımından meydana gelen sıvının sürekli veya belli aralıklarla karıştırılması gereklidir. Karıştırma, oluşan gazın sıvı üzerinde meydana gelen köpüğü geçip yüzeye çıkmasını sağladığı gibi sıvıdaki malzemelerin dibe çökmesini önlemekte ve bakterilerin organik maddelerle homojen bir şekilde temas etmesini sağlamaktadır. Bunun sonucunda ise gaz üretimi % 10-15 artabilmektedir [12, 13].

4.4.5. Uygun hammadde seçimi

Biyogaz üretiminde hammaddenin C/N oranı çok önemlidir. C/N oranı çok yüksekse, azot protein gereksinimlerini karşılamak için süratle tüketilir ve hammaddenin karbon bileşeni ile reaksiyon vermez. Netice olarak gaz üretimi düşük olur. Öte yandan C/N oranı çok düşükse, ayrılan azot NH_4 formunda birikir. NH_4 sindireç ortamının pH değerini artırır. 8.5'dan yüksek pH'da metanojenler için toksik etki gösterir. Biyogaz üretiminde yaygın olarak kullanılan malzemelerde C/N oranları aşağıdaki gibidir [2].

Çizelge 6. Bazı maddelerin C/N oranları

Hammadde	C/N oranı
Ördek	8
İnsan	8
Tavuk	10
Keçi	12
Domuz	18
Koyun	19
Siğır	24
Fil	43
Saman (pirinç)	70
Saman (buğday)	90
Talaş	200 den çok

Metan fermantasyonu sıvı ortamda gerçekleştiği için kullanılacak hammaddenin sıvı olması, %4-12 oranında kuru madde içermesi ekonomik bir faktördür. Katı atıklardan metan elde etmek için bu atıkların belli ölçüde kesilmesi, ufalanması ve sulandırılıp karıştırılması gerekeceğinden zaten sıvı olan diğer atıklara oranla ek bir mali külfet demektir.

5. SONUÇLAR

Ülkelerin artan nüfus ve gelişen teknolojilerine bağlı olarak enerjiye olan ihtiyaçları her geçen gün artmaktadır. Gelecekte görülecek çevresel problemler sadece tabii kaynakların tükenmesinden değil, aynı zamanda bu kaynakların nasıl tüketildiği ile de alakalıdır. Fosil enerji kaynaklarının tükeneceği gerçeği, yenilebilir enerji kaynaklarının artan önemini vurgulamaktadır. Tarımsal, hayvansal ve endüstriyel atıklardan biyogaz üretilmesi hem çevre kirliliğinin azaltılmasını hem de çevre dostu enerji üretimini sağlayacaktır. Ayrıca proses sonucu elde edilen gübre, kimyasal gübre ihtiyacının azaltılması açısından da önemlidir. Biyogaz üretimi ile atıklar kontrollü ve uygun koşullarda depolanacaktır. Tarımsal atıkların ve kimyasal gübrenin kontrolsüz depolanması toprak, su ve hava kirliliğine yol açar. Gübrenin bileşimindeki azotlu bileşenler (NO_3^-) formunda suyu, (NH_3) halinde asit yağmurlarına neden olarak havayı kirletir. Azot oksitler fotokimyasal reaksiyonlara girme yatkınlıkları yüzünden ozon tabakası için zararlıdır. Biyogaz üretimi sonucunda ise yapıda C/N oranı değişir, NH_3 ve diğer azot oksit kirleticileri azalır [14].

KAYNAKLAR

- [1] Uludağ Üniversitesi (2004), Biyogaz [Internet], Available from www20.uludag.edu.tr/~yahyau/biyogaz.htm [accessed at 10/2004].
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations (2005), Biogas [Internet], Available from www.fao.org/sd/EGdirect/EGre0022.htm [accessed at 7/2005].
- [3] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (2005), Biyogaz [Internet] Available from www.eie.gov.tr/biyogaz [accessed at 7/2005].

Biogas ...

- [4] Dokuz Eylül University (2005), Biyokütle Enerjisi [Internet], Available from web.deu.edu.tr/erdin/pubs/biyoenerji2002.pdf [accessed at 7/2005].
- [5] Yılmaz, A. H., Atalay, F. S., “Çeşitli Organik Katı Atıkların Anaerobik Fermantasyonu ve Modelleme Çalışmaları”, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs 2004, İstanbul, 619-626.
- [6] Biyogaz (2005), Biyogaz [Internet], Available from www.biyogaz.com [accessed at 7/2005].
- [7] Yıldız Teknik Üniversitesi (2004), Biyogaz [Internet], Available from www.yildiz.edu.tr/~kanat/atıksu.html [accessed at 10/2004].
- [8] Biyogaz (2005), Biyogazın Diğer Yakıtlarla Karşılaştırılması [Internet], Available from www.biyogaz.com/bgdyk.htm [accessed at 7/2005].
- [9] The Energy and Resources Institute (2005) Biogas [Internet], Available from www.teriin.org/renew/tech/biogas/about.htm [accessed from 7/2005].
- [10] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2005), Biogas [Internet], Available from www.fnr-server.de/cms35/Biogas.399.0.htm [accessed at 7/2005].
- [11] Bilgin, N., “Biyogaz Nedir?”, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara, 2003.
- [12] Onat S., Topaloğlu B., “Bir Biyogaz Üretim Sistem Modeli”, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 2004, 601-608.
- [13] Curi, K., Albürek, M., “Büyükada’da At Atıklarından Biyogaz Üretilmesi Olurluluk Etüdü”, Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul, 1989.
- [14] Biyogaz (2005), Biyogaz Üretimi [Internet], Available from www.biyogaz.com/bgu.htm [accessed at 7/2005].