

Biyokütleden Biyogaz Üretimi I: Anaerobik Arıtımın Temelleri

İlker Ardıç, Fadime Taner
Mersin Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
Çiftlikköy, Mersin
ardicilker@yahoo.com, ftaner@mersin.edu.tr

Özet: *Bu çalışmada, son yıllarda biyokütleden enerji üretimi amacıyla yaygın olarak kullanılan anaerobik işlemler ile ilgili temel kavram ve bilgiler verilerek, öneriler getirilmiştir. Bu amaçla biyokütle ve anaerobik işlem kavramları açıklanmış, anaerobik parçalanmanın oluşumu, biyogaz üretimi, biyogaz üretiminde kullanılacak atıklar ile anaerobik işleme elde edilen biyogaz ve reaktörden çıkan atıkların kullanım alanları verilmiştir.*

Anahtar kelimeler: anaerobik parçalanma, biyogaz, anaerobik parçalanma temelleri,

1. Giriş

1.1. Biyokütle

Biyolojik olarak üretilen her türlü maddeye biyokütle denilmektedir. Bu maddeler güneşten gelen foton enerjisini biyokimyasal çevirim sonucu organik maddeler olarak depolamaktadırlar. İnsanlar ve diğer canlıların enerji kaynağı olarak kullandıkları besin maddelerinden sonra doğrudan veya dolaylı olarak geriye kalan ve doğrudan kullanım alanı olmayan maddelerdir. Bunlar atık olarak nitelendirilmektedir. Atıklar katı, suda çözülmüş ve gaz formunda, geri dönüşümde kullanılamayan, kimyasal yapıları çok karmaşık ve özellikleri birbirinden çok farklı maddelerdir. Bu maddeler genellikle hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir.

En önemli potansiyel olan biyokütle kaynakları,

- tarımsal ürünlerin atıkları (sap,saman, meyve ve sebze atıkları),
- orman ürünleri atıkları,
- gıda ve tarım endüstri atıkları,
- evsel atıksu
- organik yapıli endüstriyel atıksular
- evsel katı atıkların organik kısmı ve
- hayvan gübreleridir.

1.2. Anaerobik İşlemler

Anaerobik parçalanma biyokütlenin oksijensiz ve mikroorganizmaların bulunduğu ortamda, mikroorganizmalar tarafından başka ürün ve yan ürünlere dönüştürülmesidir.

Anaerobik işlemler, yıllardır, gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerde biyokütleden enerji üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde tarımsal ve hayvansal atıklar yakılarak elde edilen enerji ısınma ve konvensiyonel enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise bu atıklar merkezi biyogaz üretim tesislerinde fermente edilerek üretilen metan gazından önemli miktarlarda enerji üretilmekte ve kullanılmaktadır [1-2].

1.2.1. Anaerobik işlemin aşamaları

Anaerobik parçalanma temelde üç aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar hidroliz, asit oluşum ve metan oluşum aşamalarıdır. Şekil 1.'de biyokütlenin anaerobik fermantasyonundaki aşamalar ve mikroorganizma grupları verilmiştir [3-4].

Hidroliz aşamasında karmaşık yapıli organik moleküller, mikroorganizmaların hücre dışı enzimleri ile daha küçük ve daha basit yapıli moleküllere dönüşmektedir. Bu aşamada selüloz, lignin ve hemiselüloz gibi karbonhidratlar glikoz, pentoz ve heksoza; proteinler, polipeptid ve aminoasitlere; ve yağlar ise alkoller, asitler ve hidrojene dönüşmektedir. Yağların hidrolizi çok yavaş gerçekleştiğinden, hidroliz aşaması anaerobik işlemlerde biyolojik parçalanma hızını belirleyen aşamadır.

Asit oluşum aşamasında, hidroliz aşamasında asit oluşum aşamasında görev alan mikroorganizmalar tarafından kullanılacak yapılara dönüştürülen organik moleküller valerik asit, bütirik asit, propiyonik asit ve asetik asit gibi organik asitlere, ve metanola dönüştürülmektedir. Bu aşamada çözülmüş karbonhidratlar etanol, H₂ ve CO₂'e, amino asitler, süksinik asit ve H₂'e, yağ asitleri ise asetat ve H₂'e dönüşmektedir.

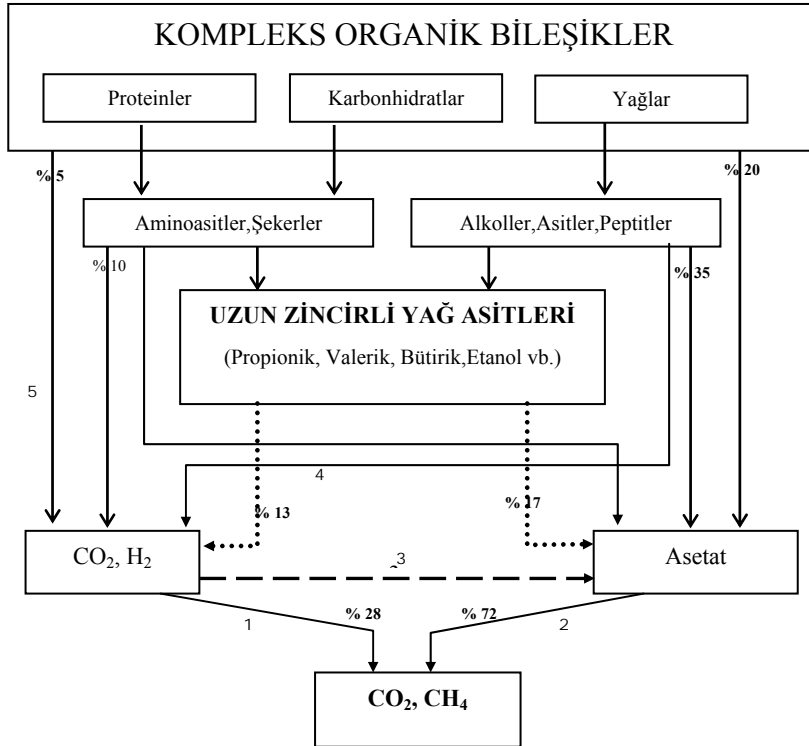
Metan oluşum aşamasında ise, asit oluşum aşamasında oluşan organik asitler, H₂ ve asetat, metan oluşturan mikroorganizmalar tarafından kullanılmakta ve biyogaza dönüştürülmektedir. Bu aşamada oluşan

metanın % 70'i asetatin dekarboksilasyonu, geriye kalanı ise hidrojen kullanan metan bakterileri tarafından CO₂'in indirgenme reaksiyonları ile oluşmaktadır [3,5].

Bir anaerobik sistemde karmaşık yapıları organik maddelerin tamamen metana dönüşebilmesi için ortamda farklı türden ve birbirine bağımlı mikroorganizma gruplarının bulunması gerekmektedir. Bu mikroorganizma grupları;

- hidroliz bakterileri,
- asit oluşturan bakteriler ve
- metan üreten bakterilerdir.

Her mikroorganizma grubu kendilerinden önceki grupların ürettikleri maddeleri besin maddesi olarak kullanmaktadır. Hiçbir mikroorganizma tek başına basit yapıları maddeler dahi olsa bir organik maddeyi metana dönüştürememektedir [3].



Şekil 1. Biyokütlenin Anaerobik Fermantasyonundaki Aşamalar ve Mikroorganizma Grupları;

1.2.2. Anaerobik işlemin mikrobiyolojisi

Biyokütlenin anaerobik fermantasyonundaki temel mikroorganizma grupları şunlardır (Şekil 1).

- 1: Hidrojen kullanan metan bakterileri,
- 2: Asetat kullanan metan bakterileri,
- 3: Homoasetojen bakteriler,
- 4: Asit üreten bakteriler ve
- 5: Hidrolitik-asit bakterileridir.

Anaerobik işlemlerde görev yapan temel bakteriler ise dönüştürdükleri maddelere göre şu şekilde gruplandırılabilir [3,5].

- Proteinleri, amino asit ve şekerlere dönüştüren bakteriler: *Clostridium*, *Proteus vulgaris*, *Bacteriodes*, *Peptococcus*, *Bacillus*, *Vibrio*,
- Karbonhidratları basit şekerlere dönüştüren bakteriler: *Clostridium*, *Bacteriodes*, *Staphylococcus*, *Acetovibrio cellulities*,
- Yağları: yağ asitleri, amino asitler ve alkollere dönüştüren bakteriler: *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*,
- Amino asit ve şekerleri, yağ asitleri, ve alkollere dönüştüren bakteriler: *Zymomonas mobilis*,
- Amino asitleri doğrudan asetata dönüştüren bakteriler: *Lactobacillus*, *Escherichia*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Desulfovibrio*, *Selenomonas*, *Sarcina*, *Streptococcus*, *Desulfobacter*, *Desulfoomonas*,

- Amino asitleri ara ürünlere dönüştüren bakteriler: *Clostridium*, *Streptococcus*, *Eubacterium*,
- Yağ asitleri ve alkollerini ara ürünlere dönüştüren bakteriler: *Clostridium*, *Syntrophomonas wolfei*,
- Ara ürünleri asetat ve H₂'e dönüştüren bakteriler: *Syntrophomonas wolfei*, *Syntrophobacter wolinii*,
- Asetatı H₂'e dönüştüren bakteriler: *Clostridium acetivum*,
- Asetatı metana dönüştüren bakteriler: *Methanothrix*, *Methanosarcina*, *Methanosprillum* ve
- H₂'i metana dönüştüren bakteriler: *Methanobacterium*, *Methanobrevibacterium*, *Methanoplanus*' tır.

Gruplarda görüldüğü gibi her madde, o maddeyi parçalayabilen mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmektedir.

1.2.3. Anaerobik işlemin avantajları ve dezavantajları

Biyolojik proseslerden aerobik ve anaerobik prosesler karşılaştırıldığında, anaerobik işlemlerin en önemli avantajının düşük enerji gereksinimi, kullanılabilir ürünler ve düşük atık miktarı olduğu görülmektedir. Bu temel avantajların dışında, anaerobik sistemlerin diğer avantaj ve dezavantajları Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Anaerobik İşlemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Düşük işletme maliyeti	Isıtma gereksinimi
Düşük atık çamur üretimi	Düşük sıcaklıklarda hız yavaş
Aerobik olarak giderilemeyen maddelerin giderimi	Metan bakterilerinin çevresel koşullara hassasiyeti
Atık çamurun gübre olarak kullanımı	
Düşük besin elementi gereksinimi	
Düşük reaktör hacmi	
Atık gaz artım gereksinimi yok	
Düşük köpük problemi	
Mevsimsel şartlara uygunluk	
Yüksek hacimsel yükleme olanakları	
500-2000 kWh/1000 kgKOİ enerji üretimi	
0.35 m ³ CH ₄ /kgKOİ _{giderilen} üretimi	
Düşük ekipman gereksinimi	

1.3. BİYOGAZ

Anaerobik parçalanma sonucu, %50-80 CH₄ (metan) ve % 20-50 CO₂ (karbon dioksit) ve çok az miktarlarda hidrojen, karbon monoksit, azot, oksijen ve hidrojen sülfür gibi içeren gaz karışımı oluşmaktadır [3]. Biyolojik yolla üretilen bu gaz biyogaz olarak tanımlanmaktadır.

Oluşan bu gazın bileşimi kullanılan hammaddeye ve ortam koşullarına göre değişmekle beraber % 99 CH₄ içeren biyogazın (doğalgaz) ısı değeri 37.3 MJ/m³, % 65 CH₄ içeren biyogazın ısı değeri ise 24.0 MJ/m³ dir. Çizelge 1 de çeşitli yakıtların ısı değerleri verilmektedir [6].

Çizelge 2. Çeşitli yakıtların ısı değerleri.

Yakıt türü	Isıl Değeri	
	MJ/L	MJ/kg
Propan	25.5	50.2
Bütan	28.7	49.6
Gazolin	34.8	47.1
Dizel fuel	38.7	45.6
Fuel Oil (No:2)	39.0	43.2
Doğalgaz (% 99 CH ₄)	37.3*	52.0
Biyogaz (% 65 CH ₄)	24*	33.5
Kömür		
Bitümlü		32.6
Linyit		14.0
Odun		19.8
Elektrik	3.6\$	

*MJ/m³ ; \$ MJ/ kW

Çizelge 1’den de görüldüğü gibi anaerobik işlemler sonucu oluşan biyogaz önemli ve temiz bir gaz yakıt olarak işletmelerin enerjilerini karşılayabildiği gibi boru hatlarıyla konutlarda da kullanılabilir.

1.4. Anaerobik reaktörden çıkan atıklar ve kullanımı

Anaerobik reaktörlerden çıkan ve çamur veya atık olarak adlandırılan maddeler Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K) ve bir çok iz element içeriğinden dolayı iyi bir bitki besin element kaynağı ve organik madde açısından iyi bir toprak iyileştirici maddedir[2]. Bu atıklar kurutulduğunda hayvan yemlerine katılan katkı maddesi olarak da değerlendirilmektedir.

Ancak fermentöre beslenen maddelerde bulunabilecek toksik maddeler (pestisit vs.), reaktör çıkışında konsantr olacağından[7], reaktörlerden çıkan maddelerin değerlendirilmesinden önce analizler yapılmalıdır.

2. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüz teknolojik gelişmeler ve ülkelerin ekonomik sorunları bakımından anaerobik işlemlerin katkı atık yönetimi, değerlendirilmesi ve enerji üretimi açısından en önemli çözüm yolu olduğu anlaşılmakta ve özellikle nemi yüksek organik atıklar ile evsel atıkların arıtımında verimli bir biçimde kullanılmaktadır.

Anaerobik işlemler tüm dünyada etkin bir biçimde merkezi biyogaz üretim tesislerinde uygulanmakta ve ülkeler enerji gereksinimlerinin büyük bir bölümünü bu yollarla karşılamaktadırlar.

Oysa, Türkiye’de yılda 50-65 Mt tarımsal atık ve 11.05 Mt hayvansal atık üretilmesine, bu atıkların ise % 60’ının enerji üretimi için kullanılabilir niteliktedir. Bu tarımsal ve hayvansal atıklardan elde edilecek enerjinin Türkiye’nin yıllık enerji tüketiminin % 22-27’sine eşit olduğu bilinmektedir [8]. Buna rağmen ülkemizde enerji politikalarında yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ve bu konularda teknolojiler geliştirmek yerine, enerji ihtiyacını ithalatla karşılama yoluna gidilmektedir. Türkiye’nin birincil enerji ihtiyacı 2001 yılında 77.04 Mtep iken buna karşılık enerji üretimi 26.3 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Enerji üretiminin az, tüketiminin ise fazla olmasından dolayı, Türkiye enerji açığını enerji ithalatı yaparak kapatma yoluna gitmiş ve toplam enerji gereksiniminin 1990 da % 54’ünü ve 2001’de % 66’sını net ithalatla karşılamıştır. 2020 yılında birincil enerji ihtiyacının 298,4 Mtep iken buna karşılık enerji üretimi 70,2 Mtep ve enerji ithalatının ise %76’ya ulaşması tahmin edilmektedir [9-11].

Sonuç olarak, Türkiye’nin enerji ihtiyacının karşılanmasında ve enerji sorununun çözümünde bu potansiyel tarımsal, hayvansal ve evsel atıkların anaerobik işlemler ile değerlendirilmesi gerektiği açıktır. Bu amaçla, bu atıkların üretim potansiyellerinin, anaerobik parçalanma koşullarının ve uygun üreteç türünün belirlenmesi, konuyla ilgili çalışmaların desteklenerek, anaerobik arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

3. KAYNAKLAR

- [1] Seadi, T.A., “Danish Centralized Biogas Plants,- Plant Descriptions”, University of Southern Denmark, Bioenergy Department, 2000.
- [2] Hanse M. T., “Danish Energy solutions, reliable&efficiency”, Center for Biomass Technology, 2000.
- [3] Speece, R.E., ”Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater”, Arche Press, Tennessee, 1996
- [4] Flotats, X., “La digestió anaeròbia com alternativa de tractament o com procés previ al procés de compostatge”, 4^a Jornada Tècnica sobre la gestió de Residus Municipals: Residus orgànics municipals i compostatge, Barcelona, 2000.
- [5] Gökçay, C.F., Duran, M.M. ve Demirer, G.N., ”Anaerobik biyoteknoloji teorik altyapı ve uygulamalar”, IV. Ulusal Çevre Müh. Kongresi, 7-10 Kasım 2001, İçel, 2001.
- [6] Staffort, D.A., Hawkes, D.L. ve Horton, H.R., “Methane production from wasteorganic matter”, revision of a 1974 Agriculture Canada Publication, no: **1528**, Canada, 1980.
- [7] U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse, <http://www.eren.doe.gov/consumerinfo/refbriefs/ab5.html>, “Methane (Biogas) from Anaerobic Digesters”, 2004.
- [8] Acaroglu, M., “The potential of biomass and animal waste of Turkey and the possibilities of these as fuel in thermal generating stations”, Energy Sources, V21, No4, pp:339-346, 1999.
- [9] Enerji Bakanlığı istatistikleri, <http://www.enerji.gov.tr/birincilenerjiuretimi.asp>, 2004.
- [10] Enerji Bakanlığı istatistikleri, <http://www.enerji.gov.tr/birincilenerjitetimi.asp>, 2004.
- [11] Dünya Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi, “1999 Enerji Raporu”, Ankara, 1999.