



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PORTAKAL İŞLEME ATIKLARININ BÜYÜKBAŞ
HAYVAN GÜBRESİ İLE KO-FERMANTASYONU**

LEVENT GÜRSEL ALBAYRAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2018

**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PORTAKAL İŞLEME ATIKLARININ BÜYÜKBAŞ
HAYVAN GÜBRESİ İLE KO-FERMANTASYONU**

LEVENT GÜRSEL ALBAYRAM

**Bu tez,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.**

KAHRAMANMARAŞ 2018

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Levent Gürsel ALBAYRAM tarafından hazırlanan “PORTAKAL İŞLEME ATIKLARININ BÜYÜKBAŞ HAYVAN GÜBRESİ İLE KO-FERMANTASYONU” adlı bu tez, jürimiz tarafından 03/08/2018 tarihinde oy birliği ile Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ali AYBEK (DANIŞMAN)

.....

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Kamil EKİNCİ (ÜYE)

.....

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı
Süleyman Demirel Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Ali Çaylı (ÜYE)

.....

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Levent Gürsel ALBAYRAM

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2017/1-7 YLS

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı. 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**PORTAKAL İŞLEME ATIKLARININ
BÜYÜKBAŞ HAYVAN GÜBRESİ İLE KO-FERMANTASYONU
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

LEVENT GÜRSEL ALBAYRAM

ÖZET

Gerek dünyada gerekse ülkemizde biyogaz teknolojisi uygulamaları; enerji, sağlık, kalkınma, ekonomik ve çevresel yararlarından dolayı gittikçe artmaktadır. Günümüzde organik madde atıklarının biyogaz potansiyelinin belirlenmesiyle ilgili birçok araştırma ve inceleme yapılmıştır, hala da devam etmektedir. Organik madde atıklarının özgül biyogaz verimleri ve özgül metan verimlerinin yüksek olması durumunda, biyogaz üretiminin ve ekonomik getirisinin de çok daha yüksek olacağı, yapılan birçok çalışmada ifade edilmektedir. Türkiye bir tarım ve hayvancılık ülkesidir. Dolayısıyla tarımsal atıklar ile tarıma dayalı endüstrisi atıkları biyokütle, özellikle de biyogaz için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Hayvansal atıkların havasız çürütülmesi tüm dünyada en yaygın görülen biyogaz uygulamasıdır. Aynı zamanda bu yolla, zengin organik gübre ve en az onun kadar faydalı biyogaz üretilmektedir. Bugün, gaz üretimini ve sistemin ekonomik girdilerini arttırdığı için organik endüstriyel atık maddeler hayvan atığına eklenmektedir. Farklı atıkların birleştirilerek çürütülmesine ko-fermantasyon denilmektedir.

Bu çalışmada, büyükbaş hayvan gübresine portakal işleme atıklarının (kabuk ve posa) farklı oranlarda (%25, %50, %75) eklenmesinin biyogaz verimine etkisi, HBT (Hohenheim Batch Yield Test) yöntemi ile belirlenmiştir. Bu kapsamda, büyükbaş hayvan gübresi çiftlikten, portakal işleme atıkları ise meyve suyu işleme tesislerinden alınarak laboratuvar ortamında standart gereği kurutulup öğütülmüş ve beş materyal (%100 portakal işleme atıkları, %100 büyükbaş hayvan gübresi, %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi, %50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi, %75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi) oluşturulmuştur.

Araştırma sonucunda en yüksek, ham protein oranı (%12.06) ve ham yağ oranı (%2,30) %100 portakal işleme atıkları materyalinden, kuru madde oranı (%90,75) %100 büyükbaş hayvan gübresi materyalinden, organik kuru madde oranı (%95.56) %100 portakal işleme atıkları materyalinden, ADF oranı (%60.20) %100 büyükbaş hayvan gübresi materyalinden ve NDF oranı (%26.50) %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi materyalinden elde edilmiştir. Ele alınan materyallerde en yüksek metan üretimi 25 ile 35 günler arasında gerçekleşmiştir. Karışım materyallerinde en yüksek biyogaz (0.70 Nm³/kg OKM) ve metan (0.37 Nm³/kg OKM) üretim değerleri, %75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi materyalinden oluşmuştur. Biyogazdaki metan oranı, en yüksek (%53.77) %50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi materyalinden elde edilmiştir. Çalışmada portakal işleme atıklarının büyükbaş hayvan gübresi ile ko-fermantasyonu, metan ve biyogaz üretimini istatistiksel olarak önemli düzeyde (P≤0.05) arttırmıştır.

Anahtar kelimeler: Portakal işleme atıkları, Büyükbaş hayvan gübresi, Ko-fermantasyon, Biyogaz, HBT

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, 08 / 2018

Danışman: Doç. Dr. Ali AYBEK
Sayfa Sayısı: 39

CO-FERMENTATION OF PROCESSED ORANGE WASTES WITH CATTLE MANURE

(MASTER THESIS)
LEVENT GÜRSEL ALBAYRAM

ABSTRACT

Globally and in Turkey, biogas technology applications have been used in energy, health, business development, economy and environmental fields. Nowadays, a lot of researches and studies have been done to determine the organic material waste's biogas potential and studies still continue. When organic material waste's biogas and methane gas capacity increases biogas production and economic profits will increase too. Since agriculture and cattle farming are the key sectors in Turkey, agricultural waste and industrial waste from agriculture are potential resources for biomass and especially for biogas. Biogas technology is commonly used to process cattle manure by anaerobic digestion. Also, rich organic manure and biogas can be produced with this method. Due to gas production and economic profits, organic industrial wastes are combined with cattle manure. Co-fermentation is the process that breaks down the combined different waste materials.

In this study, effect of cattle manure when it's added into the different percentage of processed orange wastes (25%, 50%, 75%) been analyzed by HBT. Cattle manure collected from the farms and processed orange waste collected from the fruit base juice companies then dried and ground in the standard laboratory conditions and produced 5 materials (100% processed orange waste, 100% cattle manure; 25% processed orange waste+ 75% cattle manure; 50% processed orange waste+50% cattle manure; 75% processed orange waste+ 25% cattle manure)

As a result of this study, the highest percentage of raw protein (12.06%) and percentage of raw fat(or raw oil) (2.30%) produced from 100% processed orange waste, dry material percentage (90.75%) from 100% cattle manure, organic dry material percentage (95.56%) from 100% processed orange waste, ADF percentage (60.20%) 100% cattle manure and NDF percentage (26.20%) 25% processed orange waste+75% cattle manure. Within 5 materials, the highest amount of methane was produced 25 to 35 days. The highest amount of biogas (0.70 Nm³/kg OKM) and methane (0.37 Nm³/kg OKM) produced with 75% processed orange waste+ 25% cattle manure. The highest amount of methane (53.77%) in biogas produced with 50% processed orange waste+50% cattle manure. Based on this study, fermentation of processed orange waste with cattle manure statistically increased the production of methane and biogas in higher amount (P≤0.05).

Keywords: Processed orange waste, Cattle manure, Co-fermentation, Biogas, HBT

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam
Institute of Science and Technology
Department of Biosystems Engineering, 08 / 2018

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali AYBEK

Page Number: 39

TEŐEKKÜR

Araştırma konusunun tüm aşamalarında ilgi ve desteklerini sağlayan danışmanım Doç. Dr. Ali AYBEK'e, katkılarından dolayı Prof. Dr. Kamil EKİNCİ'ye, laboratuvar analizlerinin gerçekteştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Arř. Gör. Serdar ÜÇOK'a ve her zaman benimle olan anne ve babama teőekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Büyükbaş hayvan gübresi ve portakal işleme atıkları	10
3.1.2. Öğütücü	10
3.1.3. Mikro terazi	11
3.1.4. Kül fırını	11
3.1.5. Etüv.....	12
3.1.6. Protein tayin cihazı	12
3.1.7. Yağ tayin cihazı	13
3.1.8. Aşı (İnoculum).....	13
3.1.9. Laboratuvar cam ve plastik malzemeleri.....	13
3.1.10. NDF/ADF lif analiz cihazı	14
3.1.11. ADF/NDF torbaları	14
3.1.12. Torba mühür cihazı.....	14
3.1.13. Kimyasallar.....	14
3.1.14. Manyetik karıştırıcı	15
3.1.15. Çözücü dirençli kalem.....	15
3.1.16. Hohenheim Batch test şiringası	15
3.1.17. Su banyosu (İnkübatör)	15
3.1.18. Metan ölçüm cihazı	16
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Materyal numunelerinin hazırlanması.....	16
3.2.2. Kuru madde analizi ve nem tayini.....	16
3.2.3. Ham kül ve organik madde analizi.....	18
3.2.4. Ham protein tayini.....	18

3.2.5. Ham yağ tayini	20
3.2.6. NDF (Neutral Detergent Fibre) tayini	20
3.2.7. ADF (Acid Detergent Fibre) tayini (ANKOM).....	21
3.2.8. Biyogaz ve metan ölçümünde deneysel aşama	22
3.2.9. İnoculum (Aşı) hazırlanışı.....	22
3.2.10. Verilerin değerlendirilmesi.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	24
4.1. Materyallerin Kimyasal Özellikleri.....	24
4.2. Materyallerin Biyogaz ve Metan Üretim Değerleri.....	25
4.2.1. Aşı'nın metan üretimi.....	25
4.2.2. %100 portakal işleme atıkları materyalinin metan üretimi	25
4.2.3. %100 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin metan üretimi.....	26
4.2.4. %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin metan üretimi27	
4.2.5. %50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin metan üretimi27	
4.2.6. %75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin metan üretimi28	
4.2.7. Tüm materyallerin metan üretimleri.....	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ.....	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Büyükbaş hayvan gübresi ve portakal işleme atıkları.....	10
Şekil 3.2. Öğütücü ve öğütülmüş atıklar	10
Şekil 3.3. Mikro terazi.....	11
Şekil 3.4. Kül fırını.....	11
Şekil 3.5. Etüv	12
Şekil 3.6. Protein tayin cihazları	12
Şekil 3.7. Yağ tayin cihazı	13
Şekil 3.8. Aşı.....	13
Şekil 3.9. NDF/ADF lif analiz cihazı.....	14
Şekil 3.10. Torba mühür cihazı	14
Şekil 3.11. Manyetik karıştırıcı	15
Şekil 3.12. Hohenheim Batch test şırıngası.....	15
Şekil 3.13. Su banyosu	16
Şekil 3.14. Porselen krozeler.....	17
Şekil 4.1. Aşı'nın kümülatif metan üretimi.....	25
Şekil 4.2. %100 portakal işleme atıklarının kümülatif metan üretimi	26
Şekil 4.3. %100 büyükbaş hayvan gübresinin kümülatif metan üretimi.....	26
Şekil 4.4. %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresinin zamana bağlı kümülatif metan üretimi	27
Şekil 4.5. %50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin zamana bağlı kümülatif metan üretimi	28
Şekil 4.6. %75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin zamana bağlı kümülatif metan üretimi	28
Şekil 4.7. Tüm materyallerin zamana bağlı ortalama kümülatif metan üretimleri	29
Şekil 4.8. Materyallerin ortalama kümülatif özgül metan ve biyogaz üretimlerinin değişimi.	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Biyogaz üretimi gerçekleştirilecek olan materyaller	16
Çizelge 4.1. Materyallerin kimyasal özellikleri	24
Çizelge 4.2. Materyallerin ortalama kümülatif özgül metan, biyogaz değerleri ve biyogazdaki metan oranları.....	29
Çizelge 4.3. Materyallerin biyogaz, metan üretimi ve biyogazdaki metan oranlarının varyans analizi	30

1. GİRİŞ

Toplumların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli temel gereksinimlerinden birisi olan enerji (Onurbaş Avcıoğlu ve ark., 2011) ve enerji kaynakları ülkelerin kalkınmışlığının ve gelişmişliğinin belirleyici gösterge değerlerinin başında gelmektedir (Acaroğlu, 2007; Aybek ve Üçok, 2017).

Günümüzde fosil yakıt kaynaklarının gün geçtikçe azalması ve olumsuz çevresel etkileri nedeni ile yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmaktadır (Mansourpoor ve Shariati, 2012). Yenilenebilir enerji kaynakları, doğal ortamda var olan enerji akışından elde edilen kaynaklardır (Deublein ve Steinhauser, 2008). Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle (%63) önemli bir yer tutmaktadır (Demirbaş ve Demirbaş, 2007). Biyokütle, genel anlamda yakıt veya endüstriyel üretim için kullanılacak biyolojik malzemeyi ifade eder (Haggerty, 2010). Daha geniş bir ifade ile biyokütle; biyoyakıt elde etmek için kullanılan, yaşayan organizmalardan elde edilen, depolanabilir, taşınabilir, dönüştürülebilir, ekonomik ve fosilleşmemiş organik madde kaynaklarıdır (Klass, 1998).

Bitkisel (mısır, buğday, arpa samanı), hayvansal ve kentsel atıklar ile gıda endüstrisi atıkları biyokütle için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır (Brown, 2003; McGowan, 2009; Üçgül ve Akgül, 2010). Meyve suyu üretiminden çıkan posa kimyasal bileşimi bakımından oldukça zengindir. Posanın hayvan beslenmesinde kullanılanlar hariç önemli bir kısmı, kurutma ve depolama maliyeti yüksek olduğundan atık olmaktadır.

Biyokütle ve atıkları, özelliklerine bağlı olarak, anaerobik sindirim yoluyla yanma, gazlaştırma, diğer yakıtlarla birlikte enerji veya yakıtı dönüştürülebilir (Manyi-Loh ve ark., 2013). Anaerobik sindirim, biyolojik materyalleri veya biyokütle materyallerini (organik madde), hidroliz, asidogenezis, asetogenezis ve metanogenez aşamalarıyla biyogaza dönüştürür (Tiehm ve ark., 2001; Cassidy ve ark., 2008; Xiao ve ark., 2010; Ogunleye ve ark., 2016)

Biyogaz, organik kökenli atıkların oksijensiz ortamda bozunması sonucunda ortaya çıkan; renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşiminde organik madde içeriğine bağlı olarak %40-75 CH₄, %15-60 CO₂, %0-3 hidrojen sülfür (H₂S) ile çok az azot (NH₃), hidrojen (H₂) ve nitrojen (N₂) bulunan bir gaz karışımıdır (Ryckebosch ve ark., 2011; Öztürk, 2011; Abbasi ve ark., 2012; Matuszewska ve ark., 2016).

Hayvansal atıkların havasız çürütülmesi tüm dünyada en yaygın görülen biyogaz uygulamasıdır. Aynı zamanda bu yolla, zengin organik gübre ve en az onun kadar faydalı biyogaz üretilmektedir. Bugün, gaz üretimini ve sistemin ekonomik girdilerini arttırdığı için organik endüstriyel atık maddeler hayvan atığına eklenmektedir. Endüstrilerden açığa çıkan organik katı maddelerin biyogaz tesislerinde bertarafı git gide artış göstermektedir. Hatta bazı maddelerin çürütülmesi zor olsa da bunların hayvansal atıklar veya atıksu çamuru ile karıştırılarak kullanılması herhangi bir problem oluşturmamaktadır. Bu şekilde, farklı atıkların birleştirilerek çürütülmesine ko-fermantasyon denilmektedir (URL, 2017).

Meyve posası (500-660 m³/ton OKM), sebze ve meyve atıklarının (400-600 m³/ton OKM) biyogaz potansiyeli büyükbaş hayvan atığı (200-500 m³/ton OKM) ve tavuk atığı (250-500 m³/ton OKM) gibi organik maddelerden yaklaşık iki kat daha fazladır (Çallı, 2012). Meyve posası ve atıklarının biyogaz üretimindeki potansiyelinin değerlendirilmesi enerji üretiminde önemli katkı sağlayabileceği gibi, aynı zamanda çevresel kirliliğin önlenmesi de sağlanabilecektir.

Ülkemizde önemli bir potansiyeli bulunan büyükbaş hayvan atığı ve tavuk atığı gibi organik maddelerden daha fazla biyogaz içeriğine sahip olan meyve posası ve atıklarından yeteri kadar yararlanılmamaktadır. Meyve posası ve atıklarının tek başlarına değerlendirilmesinde görülen bu sorunları gidermek için bu atıklara bazı organik artıklar karıştırıp biyogaz üretim verimliliği yükseltilebilir. Bu durum meyve posası ve atıklarının kullanılmasını daha cazip hale getirecektir. Bu tür çalışmaların sonucunda potansiyeli olan bölgelerde küçük çaplı biyogaz tesislerinin kurulmasına teşvik sağlayabileceği gibi çevresel kirliliğin önlenmesi ve önemli enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde önderlik de yapacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma ile portakal atıklarından ve bu atıklara farklı oranlarda büyükbaş hayvan gübresi eklenmesi ile biyogaz ve organik gübre elde edilmesi, çevrenin korunması yönünde veri kaynağı oluşturması ve verimliliğin sağlanması ön görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde yaygın olan büyükbaş hayvan gübresine meyve suyu tesislerinde oluşan portakal işleme atıklarının (kabuk ve posa) farklı oranlarda (%25, %50, %75) karıştırılması sonucu elde edilen karışımların kompozisyonlarını, biyogaz ve metan üretim verimliliklerini HBT (Hohenheim Batch Yield Test) yöntemi ile belirlemektir.

Erişilecek çıktılar;

- Portakal işleme atıklarının kompozisyonlarının ve biyogaz veriminin belirlenmesi,

- Büyükbaş hayvan gübresi kompozisyonlarının ve biyogaz veriminin belirlenmesi,
- Portakal işleme atıklarının %25, %50, %75 oranında büyükbaş hayvan gübresi ile karıştırılması ile elde edilen yeni atık karışımlarının kompozisyonlarının ve biyogaz verimlerinin belirlenmesi,
- Ele alınan materyallerin en yüksek biyogaz verimini sağlayacak karışım oranlarının belirlenmesidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Koby (1992), çalışmada sığır gübresinden değişik sıcaklıklarda (20, 25, 30, 35°C) biyogaz üretimi incelenmiştir. Erzurum ili meteorolojik verileri kullanılarak bir biyogaz tesis tasarımı yapılmıştır. Değişik sıcaklıklar için zamana göre T_{GAZ} , T_{CH_4} , T_{OM} değişimi incelenip ilgili model eşitlikleri çıkarılmıştır. 35 °C'de 80 g kuru sığır gübresinden toplam 8630 litre ve 80 g yaş gübresinden ise toplam 9670 litre biyogaz elde edildiği; diğer taraftan sıcaklığın yükselmesiyle T_{GAZ} , T_{CH_4} , T_{OM} parçalanma hızının, zamana göre arttığı bulunmuştur. Modelleme çalışmalarından elde edilen en önemli sonuç zamana göre T_{GAZ} , T_{CH_4} değişiminin ikinci derece G_{GAZ} , G_{CH_4} , ve T_{OM} değişiminin ise birinci derece polinom eşitlikleri ile ifade edilebileceğidir. Biyogaz tesis tasarımı için yazılmış olan bilgisayar programı vasıtasıyla, Erzurum ili için en iyi izolasyon malzemesinin, cam elyafının ve kalınlığının 0.50 metre olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ilgili dönemdeki ekonomik koşullarına göre 37 m³/gün biyogaz üreten bu tesisin toplam maliyetinin 37 850 070 TL ve üretilen biyogazın birim maliyetinin 2822/ m³ olduğu bulunmuştur.

Yazgılı (2007), sanayileşme ve kalkınmanın temel unsurlarından birinin enerji olduğu, biyogaz enerjisinin ülkelerin enerji ihtiyaçlarının desteklenmesinde kullanılmak için önemli potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir. Çalışmada, alternatif bir enerji kaynağı olan biyogazın tanımı ve oluşumu açıklanmış ve farklı deneylerdeki biyogaz üretimini araştırmak için deneysel kesikli beslemeli bir biyogaz sistemi dizayn edilmiştir. Sistem bir veya daha fazla arıtım tankı, bir gaz deposu, bir kompresör, bir karıştırıcı, bir hortum bağlantı düzeneği ve toplanan gazı yakmak için bir yakıcıdan oluşmaktadır. Deneyler 28 ± 2 oC kontrollü sıcaklıkta yürütülmüştür. Araştırma sonucunda, 10 litre taze atıktan maksimum biyogazın karıştırılan arıtım tankında 3.115 ± 0,034 m³ kadar oluştuğunu ve minimum biyogaz üretiminin, gaz üretiminin başladığı günün en düşük sıcaklıkta 20 ± 2 oC'de maksimum 57 gün olduğunda 2.152 ± 0.049 m³ kadar elde edilmiştir.

Gümüşçü ve Uyanık (2010), ortalama ağırlığı 650 kg olan 1500 adet büyükbaş besi hayvanından sağlanacak gübre atıklarından biyogaz ve biyo gübre üretimi konusunda yatırım yapmayı düşünen tesis sahiplerinin bilinçlendirilmesi için değerlendirmeler yapmışlardır. 1500 büyükbaş hayvandan, günde ortalama 1700 m³, yılda 612 000 m³ biyogaz ve enerji olarak yılda 2 880 000 kW enerji elde edileceği belirlenmiştir. Hayvan sayısı 100 000 olduğunda yılda 40 824 000 m³ biyogaz ve 191 872 800 kW enerji elde edilebileceği ve bunun yıllık gelirinin ise 38 374 560 TL olacağı bildirilmiştir.

Yokuş (2011), Sivas İli büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları yetiştiriciliğinde yıllık 2.88 milyon ton yaş atık elde edildiği, bu atıkların işletmeler için büyük sorun olduğu, atıkların değerlendirilmesinin en iyi yolunun biyogaz üretimi olduğunu bildirmiştir. Yapılan çalışmada belirlenen atık miktarına göre Sivas'ın hayvansal atıklarından elde edilebilir yıllık biyogaz miktarı 41 milyon m³ ve enerji eşdeğeri 0.917 PJ (917 715 GJ) olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında işletmeler için uygun tesis büyüklüğünün büyükbaş hayvan işletmelerinde 20 hayvan için 14 m³, 30 hayvan için 21 m³, 40 hayvan için 28 m³, kümes hayvanları için 30 000 hayvan için 356 m³, 40 000 hayvan için 474 m³, küçükbaş işletmeler için ise 500 hayvan için 16 m³ olarak belirlemiştir.

Taşdemir (2011), çalışmada peynir altı suyundan biyogaz üretimi araştırılmıştır. 83 ve 52 litrelik iki adet deney reaktörü imal edilmiş ve bu çalışmada kullanılmıştır. Tek kademeli biyogaz üretimi için 83 litrelik sindirici kullanılmıştır. Bu 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 litre CH₄/kgUO, % 8 KMM'lik beslemede ise 184,8 litre CH₄/kgUO gaz üretkenliği elde edilmiştir. İki kademeli biyogaz üretiminde 52 (S1) ve 83 (S2) litrelik sindiriciler seri bağlanarak kullanılmıştır. S1 asitleşme reaktörü, S2 metan üretim reaktörü olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada % 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 sistem daha uygun olduğu bildirilmiştir..

Orok (2012), dondurma fabrikası atık suyu ile dondurma proses atığının oksijensiz ortamda beraber parçalanması sonucunda enerji geri kazanımının mümkün olup olmadığını araştırmıştır. Bahsedilen substratlar kullanılarak metan (CH₄) gazı üretiminin değerlendirilmesi amacıyla mezofilik batch reaktörlerde oksijensiz parçalanma testleri laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir. Dondurma atık suyunun tek başına anaerobik parçalanması yoluyla 0.338 L CH₄ g-1 KOİ giderilen gibi yüksek bir metan veriminin gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu şekilde üretilen biyogazın metan içeriği yaklaşık %70'dir. Dondurma proses atığının tek başına oksijensiz ortamda parçalanması belirli özellikleri nedeniyle uygulanabilir bulunmamıştır. Ağırlık bazında 9:1 oranında karışımı hazırlanan dondurma atık suyu ve dondurma proses atığının ise, 0.131 L CH₄ g-1 KOİ giderilen değerinde metan verimi verdiği gözlenmiştir. Hazırlanan karışımdan oksijensiz

parçalanma sonucu elde edilen düşük metan verimi, dondurma proses atığının ihtiva ettiği yüksek sülfat ve yağ/gres konsantrasyonlarına dayandırılmıştır. Dondurma fabrikası atık suyunun ve dondurma proses atığının değişken pH aralığına ve zayıf tamponlama kapasitesine sahip olması nedeniyle, yeterli miktarda tampon çözelti oksijensiz sistemin sağlıklı ve devamlı bir şekilde çalışabilmesi için gerekli olduğu bildirilmiştir.

Alkanok (2013) günümüze kadar, hem atıklardan kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması hem de giderek artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla alternatif metotların yeni teknolojik gelişmeler de dikkate alınarak araştırılmaya başlandığı ve anaerobik çürütme yoluyla biyogaz üretiminin ön plana çıktığı bildirilmiştir. Bu kapsamda, pek çok farklı hammadde ve atık kaynağının anaerobik çürütme yoluyla biyogaz ve metan üretim potansiyelleri farklı işletme koşullarında laboratuvar ortamında ve pilot ölçekli sahalarda araştırıldığı vurgulanmıştır. Farklı kaynakların biyogaz tesislerinde kullanımına yönelik çalışmalar ve uygulamaların devam ettiği, özellikle çevresel ve ekonomik açıdan bir yük oluşturan süpermarket atıklarının biyogaz tesislerinde değerlendirilmesi atıkların çevresel yolla uzaklaştırılmasını sağlayan uygun bir yöntem olarak ön plana çıktığı bildirilmiştir. Çalışmada, süpermarketlerden kaynaklanan atıkların özelliklerine göre anaerobik çürütme yoluyla biyogaz üretim potansiyelleri ele alınmıştır. Araştırma kapsamında, öncelikle anaerobik çürütme prosesinde değerlendirilebilecek süpermarket atık karakterizasyon tipleri seçilmiş ve bunlar için uygun görülen karışım oranları (%TS) belirlenmiştir. Her bir atık türü için aynı işletme koşullarında anaerobik çürütme yoluyla biyogaz üretim potansiyellerinin gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Laboratuvar ortamında anaerobik çürütücü sistemlerini simule eden batch-reaktörler kurularak 350 °C sabit sıcaklıkta işletilmiştir. Reaktörler, bir süpermarket zincirine ait atık depolama alanından temin edilen atıklar ile belirlenen TS değerleri ve çamur karışım oranları dikkate alınarak öğütülmüş ve homojen bir karışım halinde doldurulmuştur. Sonuç olarak, süpermarket atıklarının anaerobik ortamda bozunması ile yüksek metan içerikli biyogaz üretildiği gözlenmiştir. En iyi gaz üretim ve metan konsantrasyon değerleri daha iyi besin kompozisyonuna sahip karışık atıklar için kaydedilmiştir. Laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen metan ve gaz üretim değerleri ışığında süpermarket zincirleri için biyogaz tesis kurularak enerji ve atık ısı elde edilebileceği ve bu yolla ekonomik fayda sağlanabileceği yapılan fizibilite çalışması ile belirlenmiştir.

Çelik (2014), sanayi ve tarımsal işletmelerin ucuz, sürdürülebilir, arz güvenirliliği sağlanmış alternatif enerji kaynaklarına yönelmelerinin zorunlu olduğu bildirilmiştir. Alternatif enerji kaynaklarından biyogaz, organik maddenin her türlüünün

değerlendirebildiği bir teknoloji olmasından dolayı öne çıktığı vurgulanmıştır. Özellikle organik materyale yakın tarımsal işletmelerin ihtiyaç duydukları enerjiyi biyogazdan sağlamaları üretim maliyetlerinin düşürülmesi açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Biyogazın yüksek verim ile işletilmesi için; enerji çevrim verimi yüksek, elektrik ve ısı enerjisinin birlikte üretildiği kojenerasyon sistemlerinde kullanılması gerektiği bildirilmiştir. Çalışmada, biyogaz'dan elektrik ve ısı üretmek amacıyla, Tokat Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinde üretilen biyogaz yine aynı kampüste bulunan kojenerasyon sisteminde kullanılmış elektrik ve ısı birlikte üretilmiş, Biyogazın elektrik ve ısıl değerleri hesaplanmıştır. 1 m³ biyogazdan 2.757 kWh elektrik enerjisi üretilmiştir. Aynı şekilde elektrik enerjisi ile beraber 1 m³ biyogazdan 1.936 kWh ısıl enerji kazanılmıştır.

Gül (2014), özellikle büyük şehirlerde önemli bir organik atık kolu olan sebze-meyve halleri atıklarının biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi için pilot ölçekli bir çalışma yapmıştır. Bu kapsamda daha önce incelenmemiş olan Ankara İli sebze-meyve hali atıkları kullanılmıştır. Araştırmada mevsimsel olarak yaz ve kış aylarında 2 dönemlik sebze-meyve atığı örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde, standart yöntemler kullanılarak toplam nem, kül, uçucu madde, alt ve üst kalori değeri, kükürt (S), azot (N), karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O) değerleri ölçülmüştür. Deneysel sonuçlara göre, metan üretimi ve biyogaz üretim potansiyeli teorik olarak hesaplanmıştır. Analiz sonuçları ve teorik hesaplamalar sonucu Ankara Hali sebze-meyve atıklarının alt kalori değerlerinin 3122-3638 kCal/kg, üst kalori değerinin de 3438-3929 kCal/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre sebze-meyve atıklarındaki C/N oranı 8.3-21.3 aralığında değişim göstermiştir. Elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında, Ankara hali sebze-meyve atıklarının biyogaz üretim potansiyelinin yüksek sayılabilecek bir düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Tekeli (2014), Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının küresel ısınma ile birlikte giderek arttığı, alternatif enerji kaynaklarının değerlendirilerek enerji ihtiyacının karşılanması ülke ekonomisi açısından önemli olduğu bildirilmiştir. Hayvansal atıklardan biyogaz üretiminin ülkeye ekonomik olarak büyük yararlar sağlayacağı gibi, aynı zamanda çok sayıda olumlu çevresel ve sosyal etkilerinin de görüleceği vurgulanmıştır. Tarım ve hayvancılık sektöründe, biyogazdan enerji elde edilmesinin yıllardır gelişmiş ülkelerde başarıyla uygulandığı, bu uygulamanın ülkemizde yaygınlaştırılmasına katkı sağlamak üzere, farklı hayvan sayılarına, üretilebilecek yıllık mısır silajı miktarları ile yine yıllık üretilebilecek şekerpancarı posası miktarlarına bağlı olarak elde edilebilecek biyogaz, ısı ve elektrik enerjisinin aynı zamanda organik tarımın

vazgeçilmez girdilerinden olan fermente gübre miktarları hesaplanarak çizelgeler halinde sunulmuştur. Ayrıca bölgeler arasında kıyaslamalar yapılarak kurulabilecek bir biyogaz tesisinin maliyeti ve ekonomik getirileri hesaplanmış olup, bu çalışma kapsamında tablolar halinde sunulmuştur. Sonuç olarak, ülkemizin hayvansal atık ve bitkisel atık miktarlarına bağlı olarak büyükbaş hayvan gübresi miktarına göre 3.7 milyar m³, küçükbaş hayvan gübresi miktarına göre 1.8 milyar m³, kanatlı gübresi miktarına göre 1.3 milyar m³, silajlık mısır miktarına göre 2.5 milyar m³ ve şekerpancarı posası miktarına göre de 635 milyon m³ biyogaz üretim potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Üretilebilecek biyogaz miktarlarına bağlı olarak ısı enerji elde etmede %45, elektrik enerjisi elde etmede %39 verimle yıllık çalışma saati 8000 olan kojenarasyon ünitesinden en fazla büyükbaş hayvan gübresinden yıllık 8.9 milyar kWh elektrik enerjisi ve 10.3 milyar kWh ısı enerjisi elde edilebileceği hesaplanmıştır.

Çevik (2016), Enerjinin günümüz dünyasının en önemli ve vazgeçilmez unsurlarından biri olduğu, enerjinin üretimi ve temini konusunun hem stratejik hem de çevresel açılardan tartışıldığı vurgulanmıştır. Ülkelerin, enerji üretimini ve teminini hem güvence altına almaya çalıştığı hem de enerjide çeşitlendirmeye gidildiği bildirilmiştir. Günümüzde yaşanan iklimsel kaygıların fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını ön plana çıkardığı vurgulanmıştır. Biyogazın, atıkların bertarafında en etkili yöntemlerden biri olduğu ve çevre dostu bir enerji kaynağı olduğu bildirilmiştir. Çalışmada, Çanakkale ili'nde hayvansal atıklardan elde edilebilecek teorik biyogaz potansiyellerinin belirlenmesi ve bunun alansal dağılımlarının incelenmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Çanakkale ili'nin hayvansal atıklardan elde edilebilecek toplam teorik biyogaz potansiyeli yılda 60 793 963 metreküp olarak belirlenmiştir. Alansal dağılım açısından ilin doğu kesiminde potansiyelin yoğunlaştığı, ilçe bazında potansiyelin en yüksek olduğu yerin Biga ilçesi olduğu,. ilin toplam teorik biyogübre potansiyelinin ise yılda 394 719 ton olduğu belirlenmiştir. Elde edilebilecek biyo gübrenin ise, ilin toplam yapay gübre tüketimini fazlasıyla karşılayabileceği,. Çanakkale ili"nde hayvansal atıklara dayalı biyogaz tesisinin bulunmamasının ise önemli bir eksiklik olduğu bildirilmiştir.

Martin (2017), Akdeniz kıyılarında yaygın olarak yapılan muz yetiştiriciliği sonucu üretilen tarımsal atıkların biyokimyasal metan potansiyeli araştırılmıştır. Tek yıllık otsu bir bitki olan muzun hasatı sonucunda ticari değeri olmayan ve her yıl bertaraf edilmesi gereken büyük miktarlarda tarımsal atık üretildiği vurgulanmıştır. Mevcut durumda bu tarımsal atıkların toprak üzerinde çürümeye bırakıldığı, ancak bu atıktan biyogaz üretilmesi halinde

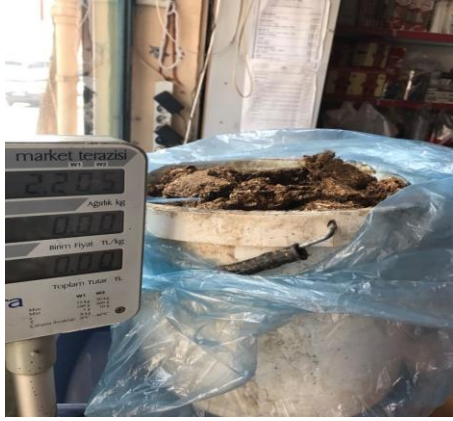
hem enerji kazanımı sağlanmış hem de atık bertarafı gerçekleştirilmiş olacağı vurgulanmıştır. Ayrıca biyogaz üretiminden sonra kalan materyalin toprakta organik gübre olarak kullanılma potansiyelinin de bulunduğu bildirilmiştir. Çalışmada, muz hasat atıklarına Termal-Ca(OH)₂ ön arıtma prosesi uygulanmış, ham muz atığı ve ön arıtma uygulanmış atıkların metan üretimleri karşılaştırılmıştır. Ön arıtma deneyleri %3 katı madde konsantrasyonunda gerçekleştirilmiştir. Ön arıtma prosesinde, bağımsız değişkenler Ca (OH)₂ konsantrasyonu (%2, %5, %8), reaksiyon sıcaklığı (50, 75, 100 °C) ve reaksiyon süresi (1, 8, 15 saat) olarak belirlenmiştir. Ön arıtma deneyleri Design Expert programı ile tasarlanmış ve toplamda 16 farklı koşulda ikişerli deney setleri olmak üzere 32 adet ön arıtma deneyi yapılmıştır. Ön arıtma prosesinin etkinliğinin belirlenmesi için ön arıtma uygulanmış numunelere pH ölçümü, şeker analizi ve BMP (Biyokimyasal Metan Potansiyeli) testi yapılmıştır. 32 günlük BMP testi sonunda ön arıtma uygulanmamış muz atığından üretilen kümülatif metan miktarı 214.60 mL CH₄/g OKM olarak bulunmuştur. Ön arıtma uygulanmış muz atıklarından üretilen metan miktarları ise ön arıtma koşullarına göre farklılıklar göstermiştir. En fazla metan üretimi, %2 Ca(OH)₂ konsantrasyonunda, 50 °C reaksiyon sıcaklığında 1 saat süresince ön arıtma uygulanan muz atığından elde edilmiştir. Bu koşullarda üretilen kümülatif metan miktarı 264.62 mL/g OKM'dir. Ön arıtma prosesi ile biyogaz potansiyelinde maksimum %23.44'lik bir artış elde edilmiştir. Muz atığının metan üretimi 100°C sıcaklık ve yüksek Ca(OH)₂ konsantrasyonundaki ön arıtma koşullarından ise olumsuz yönde etkilenmiş ve inhibisyon etkisi gözlemlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Büyükbaş hayvan gübresi ve portakal işleme atıkları

Büyükbaş hayvan gübresi (Şekil 3.1) Gaziantep'te bulunan bir hayvancılık işletmesinden, portakal işleme atıkları ise Adana'da bulunan bir meyve suyu işleme tesisinden alınmıştır. Alınan büyükbaş hayvan gübresi açık havada güneşte tamamen kuruyana kadar bekletilmiş, portakal işleme atıkları ise doğal kurutma ortamında 3 hafta oda sıcaklığında bekletilerek kurutulmuştur.



a) Büyükbaş hayvan gübresi



b) Portakal işleme atıkları

Şekil 3.1. Büyükbaş hayvan gübresi ve portakal işleme atıkları

3.1.2. Öğütücü

Ele alınan materyaller, Şimşek Laborteknik sanayi tipi öğütücü yardımıyla standart (VDI 4630. 2006) gereği 1 mm boyutuna gelene kadar öğütülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Öğütücü ve öğütülmüş atıklar

3.1.3. Mikro terazi

Materyaller, $\pm 0.1 \mu\text{g}$ çözünürlüğe sahip Shimadzu AX200 marka hassas mikro terazi (Şekil 3.3) ile tartılmıştır.



Şekil 3.3. Mikro terazi

3.1.4. Kül fırını

Materyallerin 550°C 'de ham kül içeriğinin saptanması için Heraeus marka kül fırını (Şekil 3.4) kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Kül fırını

3.1.5. Etüv

Araştırmada kullanılan materyallerin 105°C’de kuru madde içeriğinin saptanması için Memmert marka etüv (Şekil 3.5) kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Etüv

3.1.6. Protein tayin cihazı

Protein tayininin elde edilmesinde Foss Kjeltec 8200 ve Velp Scientifica UDK 127 marka cihazlar (Şekil 3.6) kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Protein tayin cihazları

3.1.7. Yağ tayin cihazı

Yağ tayininin belirlenmesinde Foss Soxtec 2055 marka cihaz (Şekil 3.7) kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Yağ tayin cihazı

3.1.8. Aşı (İnoculum)

Aşı (Şekil 3.8) Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi (GASKİ) merkez atık su arıtma tesisinden temin edilmiştir. Aşının pH değeri 7.2 olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.8. Aşı

3.1.9. Laboratuvar cam ve plastik malzemeleri

Laboratuvarda kimyasalların hazırlanması esnasında erlenmayer, beher ve mezür kaplar kullanılmıştır.

3.1.10. NDF/ADF lif analiz cihazı

Standart gereği öğütölmüş ve kurutulmuş materyallerin NDF (nötral deterjanda çözünmeyen lif) ve ADF (Acid Detergent Fibre) değeri ANKOM NDF/ADF lif analiz cihazı (Şekil 3.9) ile belirlenmiştir.



Şekil 3.9. NDF/ADF lif analiz cihazı

3.1.11. ADF/NDF torbaları

ADF/NDF analizi için ANKOM F57 Filter marka torbalar kullanılmıştır.

3.1.12. Torba mühür cihazı

ADF/NDF torbalarının ağızları ANKOM 1915 Heat Sealer-Isıtıcı torba mühür cihazı (Şekil 3.10) ile kapatılmıştır.



Şekil 3.10. Torba mühür cihazı

3.1.13. Kimyasallar

ADF/NDF analizlerinin yapılması için çözelti hazırlık aşamasında; sülfürik asit, nötral deterjent solution, ankom,sodyum sülfid, alfa-amilaz,acid deterjent solution, trietilen glikol marka kimyasallar kullanılmıştır.

3.1.14. Manyetik karıştırıcı

Kimyasalların kullanım şartlarına uygun hale getirilmesi için RCT basic marka manyetik karıştırıcı (Şekil 3.11) kullanılmıştır.



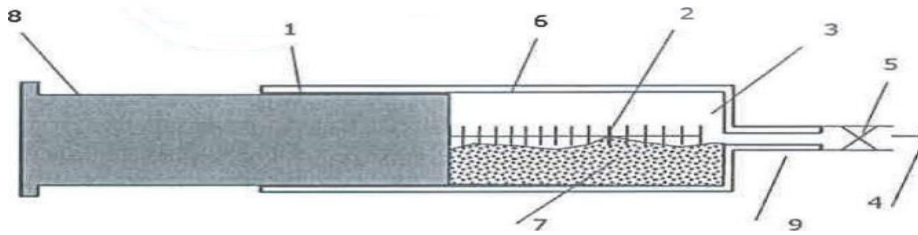
Şekil 3.11. Manyetik karıştırıcı

3.1.15. Çözücü dirençli kalem

F57 torbalarının üzerindeki numaralar ANKOM F08 marka kalem ile yazılmıştır.

3.1.16. Hohenheim Batch test şıngası

HBT (Hohenheim Biogas Yield Test), 100 mL'lik cam şıngalardan oluşmaktadır. Hohenheim Batch test şıngası Şekil 3.12'de gösterilmiştir. Şıngası; (1) Kayma ve sızdırmazlık aracı, (2) 1 mL'lik bölme, (3) gaz bölmesi, (4) gazın analizi için bulunan açıklık, (5) kelepçe, (6) cam şıngası, (7) fermantasyon maddesi, (8) piston ve (9) ince borudan oluşmaktadır. Şınganın ön kısmında gaz ölçümü için ve hava girişine karşı koruma sağlayan açılıp kapanabilen bir kelepçe vardır. Anaerobik bozulmayı önlemek ve hava girişine engel olmak için piston ve şıngası arasına vazelin veya gres yağı sürülmesi gereklidir.



Şekil 3.12. Hohenheim Batch test şıngası

3.1.17. Su banyosu (İnkübatör)

Cam şıngalar, inkübatör adı verilen ve içerisinde 128 eşit bölme olan sıcak su banyosu (Şekil 3.13) içerisine konulmuştur.



Şekil 3.13. Su banyosu

3.1.18. Metan ölçüm cihazı

Metan ölçüm işlemi, infrared-spectrometric methane- sensor "Advanced Gasmittter" D-AGM Plus 1010 cihazı ile hacimsel olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Materyal numunelerinin hazırlanması

Biyogaz üretimi gerçekleştirilecek olan materyaller Çizelge 3.1'de verilmiştir. Materyal numunelerinin her biri standart gereği kuru bazda 0.2 g hazırlanmış ve 3 tekerrürlü olarak 100 mL'lik cam şırıngalara konmuştur.

Çizelge 3.1. Biyogaz üretimi gerçekleştirilecek olan materyaller

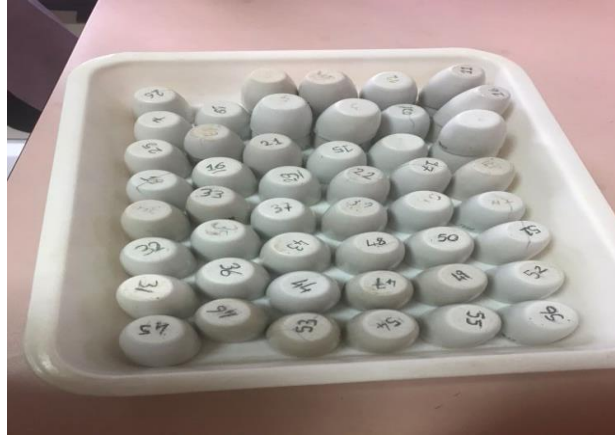
Materyaller	Örnek Sayısı
% 100 portakal işleme atıkları	3
% 100 büyükbaş hayvan gübresi	3
%25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi	3
%50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi	3
%75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi	3

3.2.2. Kuru madde analizi ve nem tayini

Kuru madde tayininde standart (VDI 4630, 2006) gereği porselen krezeler (Şekil 3.14) boş olarak etüvde 105 °C'de 1 saat bekletildikten sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına

kadar soğutulmuştur. Mikro terazide boş halde kütlesi ölçülen porselen krozeler (A) içerisine ortalama 1 g atık materyal konularak tartım (B) işlemi gerçekleştirilmiştir. İçerisinde örnek materyaller bulunan krozeler daha sonra etüve yerleştirilerek 105 °C'lik sıcaklıkta 4-6 saat yakılmıştır. Yakılma işlemi tamamlandıktan sonra desikatöre alınan porselen krozeler oda sıcaklığına kadar soğutulup mikro terazide tartım (C) işlemi gerçekleştirilmiştir. Bulunan sonuçlar Eşitlik 3.1'de (AOAC, 1990) yerine konularak örnek materyallerin herbirinin kuru madde içeriği belirlenmiştir.

Materyallerin nem içeriği (N), Eşitlik 3.2. ile belirlenmiştir.



Şekil 3.14. Porselen krozeler

$$KM = (C-A) / (B-A) * 100 \quad [3.1]$$

Burada;

KM: Kuru madde içeriği (%).

A : Boş porselen kroze kütlesi (g).

B : 1 g deneysel atık materyali ilave edilmiş porselen kroze kütlesi (g).

C : Etüv sonrası porselen kroze kütlesi (g)'dir.

$$N = \frac{Y-K}{Y} * 100 \quad [3.2]$$

Burada;

N : Nem içeriği (%)

Y : Yaş ağırlık (g)

K : Kuru ağırlık (g)'dir.

3.2.3. Ham kül ve organik madde analizi

Porselen krozeler boş bir şekilde ham kül fırınında 2 saat süresince 550°C 'de bekletilmiştir (VDI 4630, 2006). İşlemin devamında desikatöre konularak oda sıcaklığı seviyesine kadar soğutulmuştur. Mikro terazide boş halde kütlesi ölçülen porselen krozelerin (A) içerisine ortalama 1 g örnek materyal konularak tartma işlemi (B) gerçekleştirilmiştir. İçinde örnek materyal bulunan krozeler ham kül fırınına konularak 550°C'lik sıcaklıkta 6-8 saat sürede yakılmıştır. Fırın sıcaklığı belirli bir düzeye kadar soğuduktan sonra desikatöre bırakılan krozeler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra mikro terazide tartılmıştır (C) . Bulunan sonuçlar Eşitlik 3.3 ve 3.4'de yerine konularak ham kül içeriği ve organik madde içeriği (AOAC, 1990) belirlenmiştir.

$$HK = ((C-A) / (B-A)) * 100 \quad [3.3]$$

$$OM = 100 - HK \quad [3.4]$$

Burada;

HK: Ham kül içeriği (%).

A : Boş porselen kroze kütlesi (g).

B : 1 g deneysel atık materyali ilave edilmiş porselen kroze kütlesi (g).

C : Fırınlama sonrası porselen kroze kütlesi (g)

OM: Organik madde içeriği (%)'dir.

3.2.4. Ham protein tayini

Kjeldahl yöntemine göre; atık örnekler derişik sülfürik asit (H₂SO₄) ile yakılarak içindeki azot (N) önce amonyum sülfata sonrada amonyağa dönüştürülerek titrasyonla amonyaktaki azot miktarına karşılık gelen ham protein miktarı (AOAC, 1990) hesaplanmaktadır.

Ham protein analizi 3 aşamadan oluşmaktadır (AOAC, 1990). Bunlar;

I. Yaş yakma

II. Destilasyon

III. Titrasyon

I. Yaş Yakma

0.5-1 gr örnek hassas terazide tartılarak kjeldahl tüplerine konulur. En az iki paralel çalışılmalıdır. İki adette kör deneme konulup üzerlerine 1 adet katalizör tablet ve 15-25 mL H₂SO₄ ilave edilir. Hazırlanan örnekler yaş yakma ünitesine yerleştirilir. İlk olarak 30 dk. 200 °C de ön ısıtma yapıp daha sonra 45 dakika 400 °C de yakılır. Renk yeşilimsi sarı renk oluşunca yakma işlemi sonlandırılır.

II. Destilasyon

Öncelikle erlenmayerlere 25 ml %4' lük borik asit koyulur. Destilasyon ünitesinin gerekli kimyasalları ve saf suyu kontrol edildikten sonra kjeldahl tüpüne 50 ml saf su ve 100 mL NaOH gelecek şekilde destilasyon süresi 3 dakika olarak ayarlandıktan sonra destilasyon ünitesi çalıştırılır. Öncelikle üniteadaki hortumların gerekli kimyasallarla doldurmak için üniteye boş Kjeldahl tüpü ve erlenmayer konularak düzenek bir sefer boş olarak çalıştırıldıktan sonra yaş yakma yapılan tüpler önce kör denemeden başlayarak tek tek destilasyona tabi tutulur. Kjeldahl tüplerindeki azot erlenmayerdeki borik asidin içine damıtılarak asıl rengi açık pembe iken yeşil tonlarında renk aldıktan sonra erlenmayerler titrasyon işlemine tabi tutulmuştur.

III. Titrasyon

Cihazdan çıkarılan erlenmayer dijital büret içerisinde bulunan 0.1 HCL çözeltisiyle yavaş yavaş titrasyon yapılmaktadır. Erlenmayer içerisindeki yeşil renkte bulunan çözeltinin rengi eski borik asit rengini (açık pembe) alana kadar HCL çözeltisi yavaş yavaş çalkalanarak ilave edilip renk oluştuğu zaman HCL çözeltisi ekleme işlemi durmakta ve harcanan 0.1 N HCL miktarı kaydedilmektedir.

Kullanılan HCL miktarı, Eşitlik 3.5de yerine konarak ham protein içeriği hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$HP = \frac{(V_1 - V_0) \times 0.1 \times 1.4 \times 6.25 \times F \times 100}{m} \quad [3.5]$$

Burada;

HP : Ham protein oranı (%),

- V_1 : Kullanılan HCL miktarı (mL),
 V_0 : Kör için kullanılan HCL miktarı (mL),
F : Gıdalara ait protein katsayısı,
m : Örnek kütlesi (g)'dir.

3.2.5. Ham yağ tayini

Soxhlet ekstraktör yöntemine göre; ele alınan materyallerin örneklerinden 2 g (A) hassas terazide tartıldıktan sonra Soxhlet kartuşu içine konularak, kartuşun ağzı ekstraksiyon kısmında numune dışarı çıkmayacak şekilde pamukla sıkıştırılmıştır. Daha sonra kartuşlar ve yağ balonları 95 °C de 2 saat etüvde bekletilmiştir. Etüvden alınan materyaller desikatörde soğutulduktan sonra balonların hassas terazide daraları alınıp (B) Soxhlet aletine yerleştirilmiştir. Kartuşlar ise Soxhletin ekstraksiyon kısmına konulmuştur. Kartuşlar ve balonlar düzeneğe yerleştirildikten sonra eter ekleme işlemine geçilip eter eklenirken bir tam ve bir yarım sifon yapacak miktarda olmasına dikkat edilmelidir. Düzenek kurulduktan sonra soğutma düzeneği aktif olan cihazın ısıtma düzeni de 70 °C'de çalıştırılıp 4 saat sonunda ekstraksiyon kısmındaki eter bir kaba alınarak yağ ile eter birbirinden ayrılır. İçerisinde yağ bulunan balonlar 95 °C deki etüvde 1 saat bekletildikten sonra desikatöre alınarak soğutulur. Soğutma işlemi tamamlandıktan sonra tartılan balonların ağırlığı (C) Eşitlik 3.6'da yerine konarak ham yağ içeriği (AOAC, 1990) hesaplanmıştır.

$$HY = (C-A) / B * 100 \quad [3.6]$$

Burada;

- HY : Ham yağ içeriği (%)
A : Atık kütlesi (g)
B : Hassas terazide daraları alınmış balonların kütlesi (g)
C : Soğutma işlemi tamamlandıktan sonra tartılan balonların kütlesi (g)'dir.

3.2.6. NDF (Neutral Detergent Fibre) tayini

Cihaz için gerekli çözelti miktarı en az 1900-2000 mL olmaktadır. Ele alınan tüm örnek materyaller için 1800 mL saf suda 120 g Neutral Detergent Fibre solüsyonu çözdürülüp ve içerisine 20 mL trietilen glikol eklendikten sonra çözelti saf su ile 2000 mL'ye

tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltinin içerisine 20 g sodyum sülfid ve 4 mL alfa amilaz eklenerek analiz çözeltisi oluşturulmuştur. Çözelti hazırlandıktan sonra F57 torbalarının üzerleri numaralandırılıp tartımı alındıktan (W1) sonra her birisinin içine 0.5-0.7 g (W2) 1 milimetrelik elekten geçirilmiş örnek materyaller konulmuştur. Torbaların üst kenara 4 mm uzaktan heat sealer aleti yardımıyla kapatılmıştır. Her bir örnek materyal için 3 tekerrür olacak şekilde torbalar hazırlanmıştır. Hazırlanan torbalar cihaz içerisinde katlı torba rafına konulup çözelti cihaz içerisine dökülmüştür. Katlı torba rafının düzenli olarak çalıştığı kontrol edildikten sonra zaman sayacı 75 dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Tanımlanan süre sonunda torbalar katlı torba rafından alınıp 250 mL'lik behere konulup üzerleri kapanacak şekilde aseton eklenmiştir. Beherde torbalar 3 dakika kaldıktan sonra çıkartılıp ve asetonun uzaklaşması için yavaşça sıklmıştır. Torbalar dış ortamda bir süre bekletildikten sonra 105 °C'ye ayarlı etüvde 12 saat bekletilmiştir. İşlem bitiminde torbalar desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiş, daha sonra torbalar (W3) hassas terazide tartılmıştır (Van Soest ve ark., 1991).

3.2.7. ADF (Acid Detergent Fibre) tayini (ANKOM)

Standart gereği öğütülmüş ve kurutulmuş materyallerin ADF (Acid Detergent Fibre) Tayini Van Soest ve ark. 1991'e göre yapılmıştır.

Ele alınan örnek materyallerin çözelti hazırlanmasında; 2000 mL saf suya 40 g asit deterjan solüsyonu ve 55.6 mL sülfürik asit eklenerek gerçekleştirilmiştir. NDF tayini yapılmış ve tartılmış F57 torbaları katlı torba rafına konulduktan sonra çözelti cihaz içerisine konulmuştur. Katlı torba rafının düzenli olarak çalıştığı kontrol edildikten sonra zaman sayacı 75 dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Tanımlanan süre sonunda torbalar katlı torba rafından alınıp dış ortamda bir süre bekletildikten sonra 105 °C'ye ayarlanmış etüvde 12 saat bekletilmiştir. Daha sonra torbalar desikatöre alınıp oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletildikten sonra torbaları (W4) hassas terazide tartımları yapılmıştır (Vansoset ve ark., 1991).

Örnek materyallerin NDF ve ADF tayini için sırası ile Eşitlik 3.7 ve 3.8 (Van Soest ve ark., 1991) kullanılmıştır.

$$NDF = \frac{W3 - W1}{W2} * 100 \quad [3.7]$$

$$ADF = \frac{W4 - W1}{W2} * 100 \quad [3.8]$$

Burada;

NDF: Nötr deterjanda çözünmeyen lif (%)

ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif (%)

W1 : Torbaların kütlesi (g)

W2 : Örnek kütlesi (g)

W3 : NDF analizi sonrası “örnek + torba”nın kurutulduktan sonraki kütlesi (g)

W4 : ADF analizi sonrası “örnek + torba”nın kurutulduktan sonraki kütlesi (g)’dir.

3.2.8. Biyogaz ve metan ölçümünde deneysel aşama

Biyogaz üretimi gerçekleştirilecek olan materyallerden (% 100 Portakal işleme atıkları, % 100 Büyükbaş hayvan gübresi, %25 Portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi, %50 Portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi, %75 Portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi) her birinden 3’er örnek alınıp, her örnek 0.2 g olacak şekilde mikro terazide tartıldıktan sonra 100 mL’lik cam şırıngalara özel kaşıklar yardımıyla konulmuştur. Materyal konulan şırıngalar inkubator içindeki bölmelere yerleştirilmiştir. Karşılaştırma grubu örnekleri için her biri 30 mL inokulum alacak şekilde büret kullanılarak hazırlanan 3 adet inokulum şırıngası da inkubator içindeki bölmelere yerleştirilmiştir. Standart (VDI 4630 2006) gereği, materyaller şırıngalara konulmadan önce şırınga pistonu çıkarılıp, enjektörlerin uç kısmında bulunan ve gaz transferinde kullanılan silikon hortumlara plastik klipsler takılmıştır. Enjektörlerin pistonlarına, deney esnasında gaz kaçırmamasını önlemek amacıyla, alttan ve üstten 3’er parmak boşluk kalacak şekilde vazelin uygulanmıştır. Daha sonra cam şırınga pistonları takılıp, klipsler kapatılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Şırıngalara inokulum konulduktan sonra 37 °C sıcaklıkta olan inkubator içerisine yerleştirilmiştir. İnkubator’de işlemlere başlamadan önce metan içeriğini belirlemek için kullanılan metan ölçüm düzeneği, kalibrasyon tüpü (% 60.5 CH₄) ile kalibre edilmiştir. Kalibrasyonun amacı, ölçülen gazın standart koşullarda (0 °C ve 1013 hPa) olduğunu doğrulamaktır. Ölçümler 35 gün süresince yapılmıştır. Ölçümler, ilk 6 gün için her 6 saatte bir, daha sonraki günlerde 8 ve 12 saat arayla yapılarak her bir örnekte oluşan metan verimi belirlenmiştir.

3.2.9. Aşı hazırlanışı

Katı+sıvı fazda bir karışım olan çamur Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi (GASKİ) atık su arıtma tesisinden alınmıştır. Karışım dört katlı tülbentten süzülüş ve 1:2

oranında tampon çözeltiyle karıştırılarak aşı hazırlanmıştır. Tampon çözelti için 500 mL distile edilmiş saf su, 0.1 mL solüsyon A, 200 mL solüsyon B, 200 mL solüsyon C, 1 mL resazurin (0.1%, w/v) solüsyon C ve 40 mL solüsyon E kullanılmıştır. Solüsyon A; 13.2 g $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 10.0 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 1.0 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 8.0 g $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ saf suyla 100 mL olarak hazırlanmıştır. Solüsyon B; 35 g NaHCO_3 ve 4 g NH_4HCO_3 saf suda çözülerek 100 mL olarak hazırlanmıştır. Solüsyon C; 5.7 g Na_2HPO_4 , 6.2 g KH_2PO_4 , 0.6 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ saf suda çözülerek 1000 mL olarak hazırlanmıştır. Solüsyon D; 0.5 g resazurin saf suda çözülerek 100 ml olarak hazırlanmıştır. Solüsyon E ise 95 mL saf su, 4 ml 1 N-NaOH ve 625 mg $\text{Na}_2\text{S}_9\text{H}_2\text{O}$ 'dan hazırlanmıştır.

3.2.10. Verilerin değerlendirilmesi

Ele alınan materyallerin kimyasal özellikleri (ham protein, ham yağ, kuru madde (KM), organik kuru madde (OKM), NDF, ADF içerikleri), biyogaz üretimi ve metan verimleri belirlenmiştir. Üç tekerrürlü yapılan ölçümlerin, ortalama ve standart sapma değerleri, ortalamaların istatistiksel farkları ve varyans analizleri belirlenmiş, değerler çizelge ve şekillere aktarılarak yorumlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma bulguları iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; ele alınan materyallerin kimyasal özellikleri (ham protein, ham yağ, kuru madde, organik madde, ADF ve NDF oranı), ikinci bölümde materyallerin biyogaz ve metan üretim değerleri ele alınmıştır. Elde edilen veriler aşağıda sunulmuştur.

4.1. Materyallerin Kimyasal Özellikleri

Ele alınan materyallerin, yapılan analiz sonucunda elde edilen, kimyasal özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Materyallerin kimyasal özellikleri

Materyaller	Ham protein (%)	Ham yağ (%)	Kuru madde (%)	Organik madde (%)	ADF (%)	NDF (%)
% 100 portakal işleme atıkları	7.78	2.30	88.67	95.56	14.76	20.12
% 100 büyükbaş hayvan gübresi	12.06	1.77	90.75	90.79	60.20	23.30
%25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi	11.07	2.11	90.12	90.58	52.96	26.50
%50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi	9.89	2.03	89.70	91.82	39.14	20.92
%75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi	8.76	2.14	89.26	94.48	37.42	22.19

Materyallerin; ham protein değerleri %7.78-12.06, ham yağ değerleri %1.77-2.30, kuru madde değerleri %88.67-90.75, organik madde değerleri %90.58, ADF ve NDF değerleri ise sırası ile %14.76-%60.20 arasında değişmiştir. Ham protein değeri; en yüksek %100 büyükbaş hayvan gübresinde (%12.06), en düşük %100 portakal işleme atıklarında (%7.78) oluşmuştur. Ham yağ değeri; en yüksek %100 portakal işleme atıklarında (%2.30), en düşük %100 büyükbaş hayvan gübresinde (%1.77) oluşmuştur. Kuru madde değeri, en yüksek %100 büyükbaş hayvan gübresinde (%90.79), en düşük %100 portakal işleme atıklarında, organik madde değeri ise; en yüksek %100 portakal işleme atıklarında (95.56), en düşük %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi materyalinden oluşmuştur.

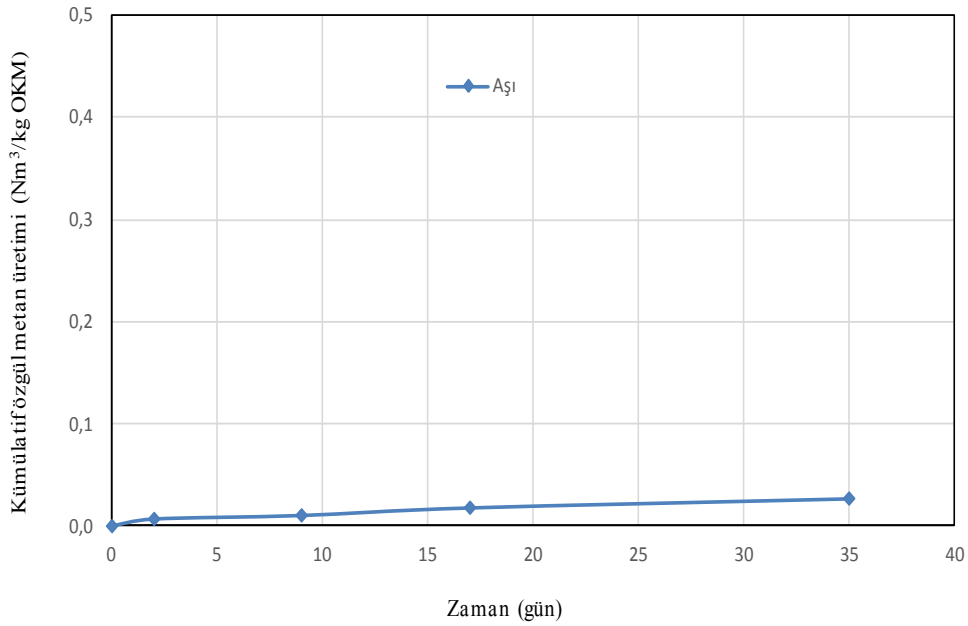
ADF değeri; en yüksek %100 büyükbaş hayvan gübresinde (%60.20), en düşük %100 portakal işleme atıklarında (%14.76) oluşmuştur. NDF değeri ise; en yüksek %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi (%26.50) materyalinde, en düşük %100 portakal işleme atıklarında (%20.12) oluşmuştur.

4.2. Materyallerin Biyogaz ve Metan Üretim Değerleri

Bu çalışmada öncelikle anaerobik koşullarda aşının biyogaz ve metan üretim değerleri belirlenmiştir. Özgül metan üretimlerinin zamana bağlı grafikleri aşağıda verilmiştir.

4.2.1. Aşının metan üretimi

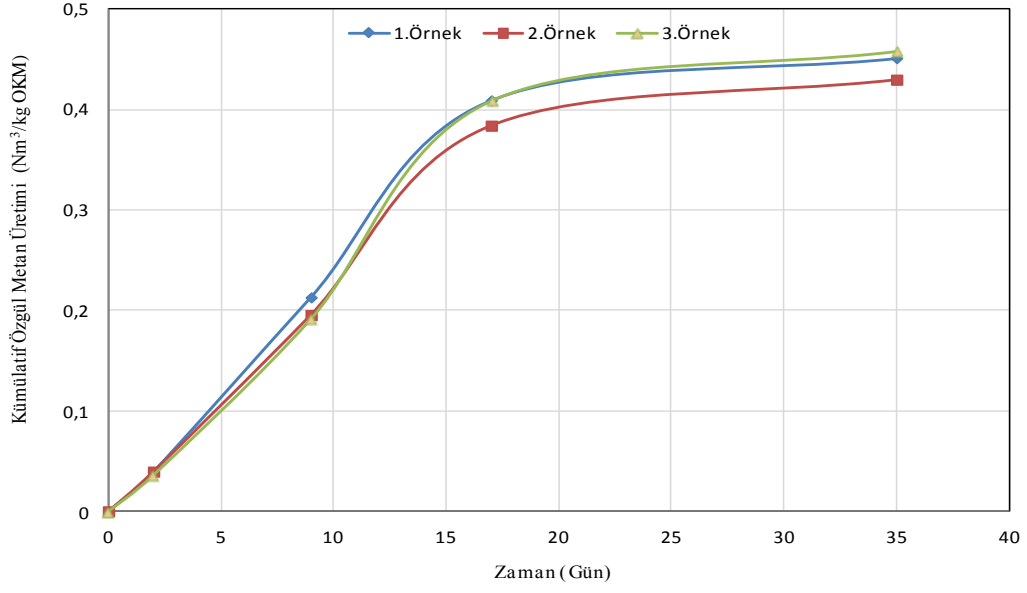
Deney standartları (VDI 4630-Richtlinie, 2006) gereği, aşından elde edilecek kümülatif özgül metan üretiminin 0-0.1 Nm³/kg OKM olması gerekmektedir. Bu çalışmada, kullanılan aşından elde edilen en yüksek kümülatif özgül metan üretimi 0.09 Nm³/kg OKM olarak ölçülmüştür (Şekil 4.1). Aşının kümülatif metan üretimi, 1. günden itibaren başlayıp, zamanla giderek artmakta ve maksimum değer 30-35. günlerde oluşmaktadır. Aşındaki metan değerlerinin başlangıçta düşük olması anaerobik (oksijensiz) parçalanma için gerekli zamanın henüz tamamlanmamış olmasından kaynaklanmaktadır (Cordoba ve ark., 2016).



Şekil 4.1. Aşının kümülatif metan üretimi

4.2.2. %100 portakal işleme atıkları materyalinin metan üretimi

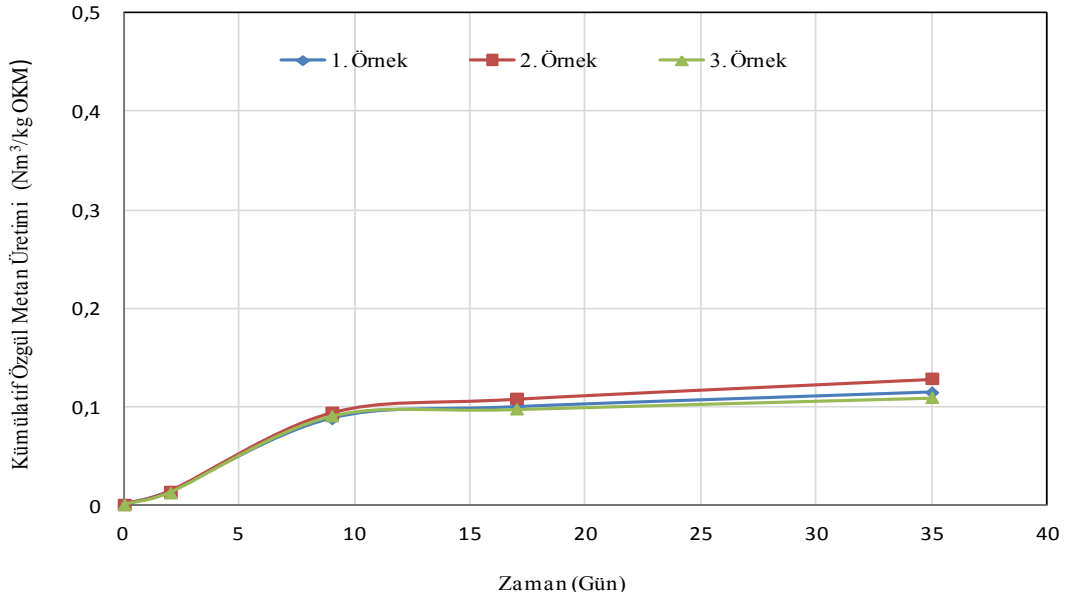
%100 portakal işleme atıkları materyalinden, zamana bağlı olarak oluşan kümülatif özgül metan üretimi, her üç örnek için 1. günde başlamakta ve 13. güne kadar gittikçe artmakta, 13-35. günler arasında artış hızı azalmakta ve 35. günde en yüksek değerlere varmaktadır. Bu materyalin 35. gündeki kümülatif özgül metan üretimi; en yüksek 3. örnekte, en düşük 2. örnekte görülmektedir ve üç örneğin ortalaması ise 0.41 Nm³/kg OKM'dir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. %100 portakal işleme atıklarının kümülatif metan üretimi

4.2.3. %100 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin metan üretimi

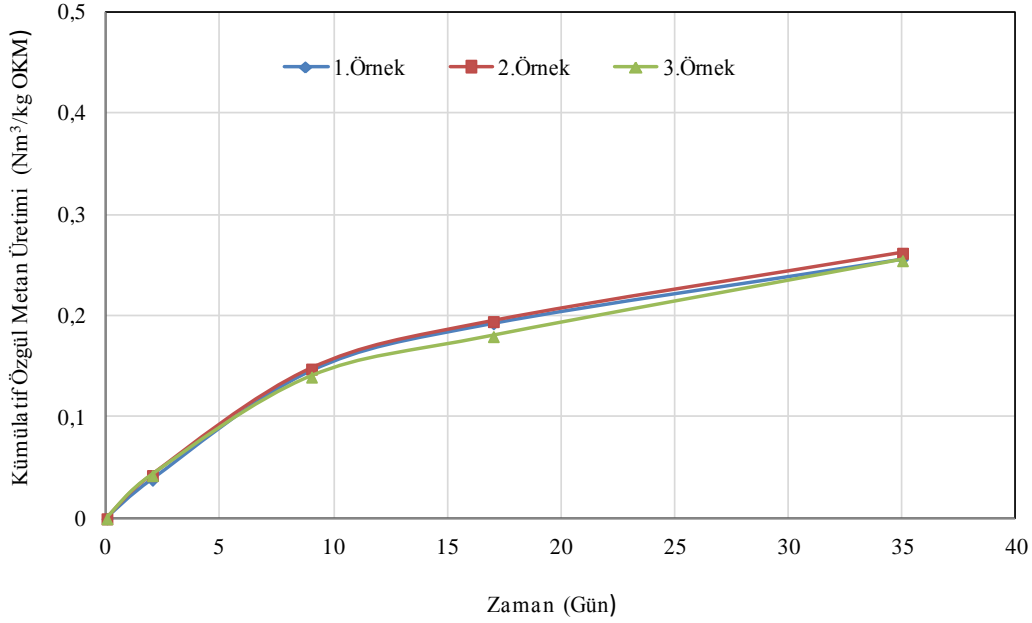
Zamana bağlı olarak %100 büyükbaş hayvan gübresinin kümülatif metan üretimi Şekil 4.3'de görülmektedir. Metan üretimi, her üç örnek için 1. günde başlamakta ve 10. güne kadar hızla artmakta, 10-35. günler arasında artış hızı azalmakta ve 35. günde en yüksek değerlere (0.10-0.12 Nm³/kg OKM) varmaktadır.



Şekil 4.3. %100 büyükbaş hayvan gübresinin kümülatif metan üretimi

4.2.4. %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin metan üretimi

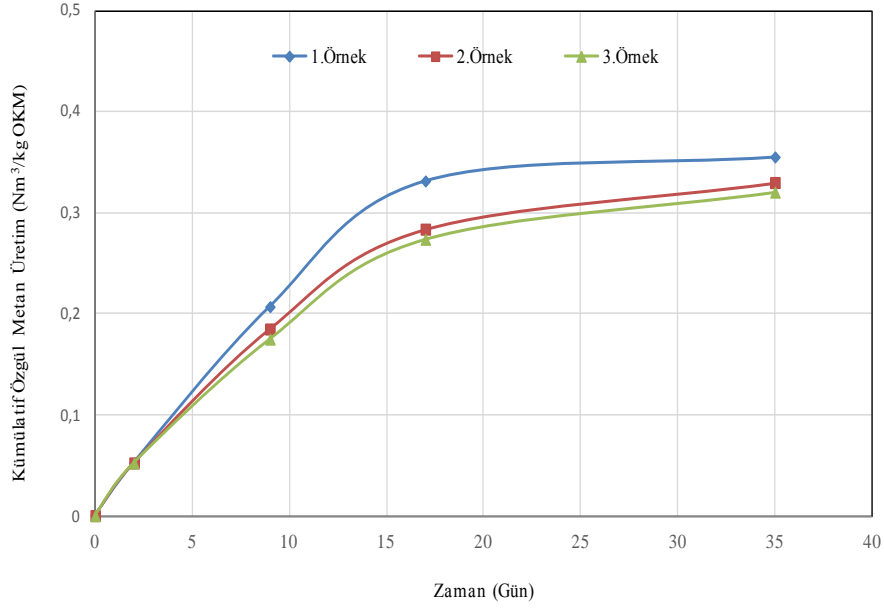
Materyalin ko-fermantasyonu sonucu oluşan kümülatif özgül metan üretimi, birinci günde başlayıp 9. güne kadar hızlı bir şekilde artış göstermekte ve 35. günde maksimum değere (0.25 Nm³/kg OKM) ulaşmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresinin zamana bağlı kümülatif metan üretimi

4.2.5. %50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin metan üretimi

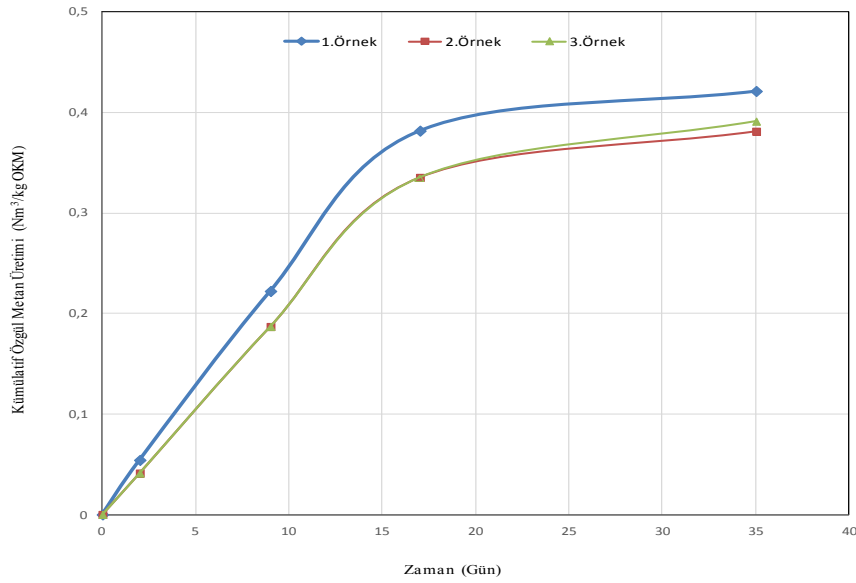
Materyalin (%50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi) ko-fermantasyonu sonucu oluşan kümülatif özgül metan üretimi, birinci günde başlamış 17. güne kadar hızlı bir artış göstermekte, ancak 17 ile 35.günler arasında artış hızı giderek azalmakta ve 35. günde maksimum değere (0.34 Nm³/kg OKM) ulaşarak (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. %50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin zamana bağlı kümülatif metan üretimi

4.2.6. %75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin metan üretimi

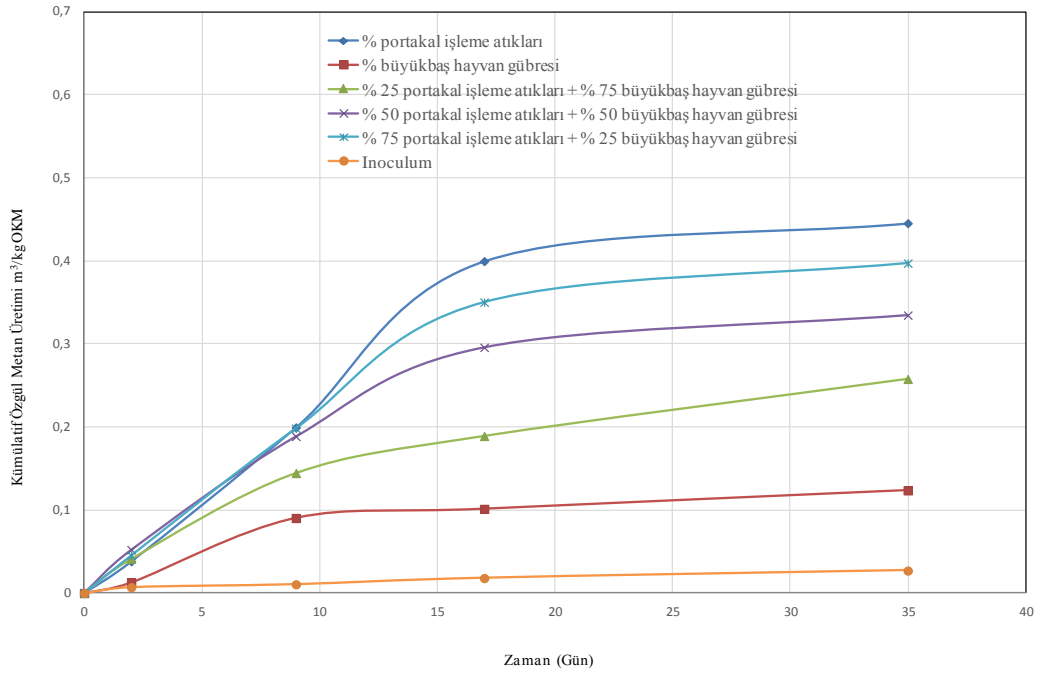
%75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin ko-fermantasyonu sonucu oluşan kümülatif özgül metan üretimi, 1. günden 17. güne kadar hızlı bir şekilde artmış, 17 ile 35. günler arasında artış hızı azalmış ve 35. günde maksimum değere ($0.37 \text{ Nm}^3/\text{kg OKM}$) ulaşmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. %75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi materyalinin zamana bağlı kümülatif metan üretimi

4.2.7. Tüm materyallerin metan üretimleri

Çalışmada ele alınan tüm materyallerin; zamana bağlı olarak oluşan ortalama kümülatif özgül metan üretimleri Şekil 4.7’de, ortalama kümülatif özgül metan, biyogaz değerleri ve biyogazdaki metan oranları Çizelge 4.2’de, ortalama kümülatif özgül metan ve biyogaz üretimlerinin değişimi Şekil 4.8’de, biyogaz, metan üretimi ve biyogazdaki metan oranlarının varyans analizi Çizelge 4.3’de verilmiştir.

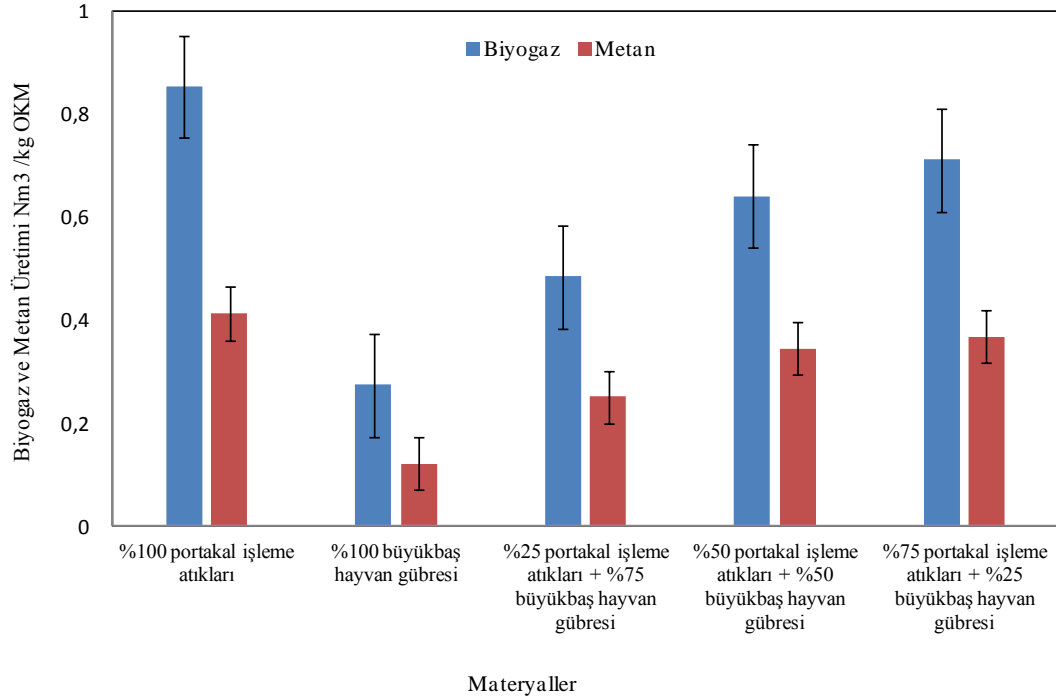


Şekil 4.7. Tüm materyallerin zamana bağlı ortalama kümülatif metan üretimleri

Çizelge 4.2. Materyallerin ortalama kümülatif özgül metan, biyogaz değerleri ve biyogazdaki metan oranları

Materyaller	Kümülatif özgül biyogaz üretimi (Nm³/kg OKM)				Kümülatif özgül metan üretimi (Nm³/kg OKM)				Biyogazdaki metan oranı (%)
	Ölçümler			Ort.±Std hata	Ölçümler			Ort.±Std hata	
	1.	2.	3.		1.	2.	3.		
% 100 portakal işleme atıkları	0.82	0.87	0.86	0.85±0.016a	0.41	0.39	0.42	0.41±0.008a	48.42 b
% 100 büyükbaş hayvan gübresi	0.25	0.31	0.24	0.27±0.023d	0.10	0.14	0.10	0.12±0.013d	44.01 c
%25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi	0.47	0.48	0.49	0.48±0.006c	0.24	0.24	0.25	0.25±0.004c	51.66 ab
%50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi	0.63	0.69	0.59	0.64±0.029b	0.35	0.36	0.31	0.34±0.015b	53.77 a
%75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi	0.75	0.70	0.66	0.70±0.027b	0.39	0.36	0.33	0.37±0.017ab	51.74 ab

$P \leq 0.05$; *a,b,c,d* : aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen kümülatif özgül metan, biyogaz üretimleri ve biyogazdaki metan oranı ortalamaları arasındaki farklılıklar önemlidir



Şekil 4.8. Materyallerin ortalama kümülatif özgül metan ve biyogaz üretimlerinin değişimi

Çizelge 4.3. Materyallerin biyogaz, metan üretimi ve biyogazdaki metan oranlarının varyans analizi

	Varyasyon kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	SHO	P değeri
Biyogaz üretimi (m ³ /kg OKM)	Gruplar arası	4	0.594	0.148	104.719	0.3074	0.000***
	Gruplar içinde	10	0.014	0.001		0.3074	
	Toplam	14	0.608			0.3074	
Metan üretimi (m ³ /kg OKM)	Gruplar arası	4	0.162	0.040	88.146	0.1749	0.000***
	Gruplar içinde	10	0.005	0.000		0.1749	
	Toplam	14	0.166			0.1749	
Metan oranı (%)	Gruplar arası	4	175.152	43.788	17.450	1.2933	0.000***
	Gruplar içinde	10	25.093	2.509		1.2933	
	Toplam	14	200.245			1.2933	

Tüm materyallerde metan üretimi, birinci günde başlamakta ve 17. güne kadar hızla artmakta, 17-35 günleri arasında artış hızı giderek azalmakta ve 35. günde maksimum değere ulaşmaktadır (Şekil 4.7).

Materyallerde portakal işleme atıklarının oranı arttıkça ko-fermantasyon sonucu oluşan biyogaz ve biyogaz içerisindeki metan değerleri de artmaktadır. Ortalama kümülatif biyogaz değerleri; en yüksek (0.85 Nm³/kg OKM) %100 portakal işleme atıkları materyalinde görülmüştür. Diğer materyallerin biyogaz değerleri sırası ile %75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi (0.70 Nm³/kg OKM), %50 portakal işleme atıkları + %50

büyükbaş hayvan gübresi (0.64 Nm³/kg OKM), %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi (0.48 Nm³/kg OKM), % 100 büyükbaş hayvan gübresi (0.27 Nm³/kg OKM) olmaktadır (Çizelge 4.2, Şekil 4.8).

Ele alınan materyallerin ortalama kümülatif metan üretimleri en yüksekten en düşük olana doğru sıralaması, %100 portakal işleme atıkları (0.41 Nm³/kg OKM), %75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi (0.37 Nm³/kg OKM), %50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi (0.34 Nm³/kg OKM), %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi (0.25 Nm³/kg OKM), % 100 büyükbaş hayvan gübresi (0.12 Nm³/kg OKM) şeklindedir (Çizelge 4.2, Şekil 4.8).

Ele alınan materyallerden; %100 büyükbaş hayvan gübresinin ürettiği biyogazdaki metan oranı %44.01, portakal işleme atıklarının ürettiği biyogazdaki metan oranı %48.42 iken portakal işleme atıkları + büyükbaş hayvan gübresi karışımlarının ürettiği biyogazdaki metan oranları %51.66-53.77 aralığındadır (Çizelge 4.2).

Yapılan istatistiksel karşılaştırma sonucunda ele alınan tüm materyallerin ürettiği metan, biyogaz ve biyogaz içerisindeki metan oranları önemli düzeyde ($P \leq 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Amon ve ark. (2007), çalışmalarında mısır silajı ve hayvan gübresi atıklarının metan üretimlerini sırasıyla 0.31-0.36 Nm³/kg OKM ve 0.26 Nm³/kg OKM olarak, Martin ve ark. (2010), tarafından yapılan “Portakal Kabuğu Atıkların Biyometanizasyonu” adlı çalışmalarında portakal kabuğundan oluşan metan üretimini 0.27-0.29 Nm³/kg OKM, belirlemişlerdir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, elde edilen metan üretimleri diğer yapılan çalışmalardan farklı olarak bulunmuştur. Bu farklılıkların nedeni, materyal içerisindeki kimyasal yapısından (yağ, protein, karbonhidrat, C/N oranı, selüloz miktarı, vb.) ve başlangıç pH, karışım oranları, elektriksel iletkenliği (EC) ve hayvan yeminden kaynaklanabilir.

Biyogaz ve metan üretimi arasındaki korelasyon ve ana kimyasal biyokütleler, biyokütle içerisinde bulunan lif parçacıklarının, kimyasal kompozisyonlarının biyogaz potansiyelini tahmin etmede esas olduğunu doğrulamıştır (Angelidaki ve ark., 1999). Pearson katsayısı hemiselüloz içeriğini önemli ve pozitif yönde ilişkilendirmek için kullanılmaktadır. Negatif ve istatistiksel olarak önemli olan bir başka ilişki de biyogaz üretimi ve ADF parametresi; özellikle biyogaz üretimi ile lif lignifikasyon derecesidir. Metan üretimi ile selüloz kütle içeriği arasında doğrusal bir ilişkinin derecelendirilemediği durumlar, test edilen biyokütlelerin farklı kimyasal özelliklere sahip olması ile kısmen açıklanabilir (Jimenez ve

ark., 1990). Selüloz, oksijensiz ortamda faal olan mikroorganizmalar tarafından sindirilebilir olsa bile, lignine bağlanması durumunda sindirime elverişsiz bir hal alır (Dinuccio ve ark., 2010). Bu çalışmada, kullanılan materyallerde yapılan kimyasal analizler sonucu ADF oranı en düşük (14.76) % 100 portakal işleme atıklarında belirlenmiştir. En yüksek kümülatif özgül biyogaz üretimi yine % 100 portakal işleme atıklarında görülmüştür. ADF miktarı ile biyogaz üretimi arasında negatif bir ilişki görülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde önemli bir potansiyeli olan büyükbaş hayvan gübresine meyve suyu tesislerinde oluşan portakal işleme atıklarının (kabuk ve posa) farklı oranlarda (%25, %50, %75) karıştırılması sonucu elde edilen karışımların biyogaz ve metan üretim verimliliklerinin deneysel olarak belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

- Ham yağ değeri; en yüksek (%2.30) %100 portakal işleme atıkları materyalinde, en düşük (%1.77) %100 büyükbaş hayvan gübresi materyalinde oluşmuştur.
- Kuru madde değerleri %88.67-%90.75, organik kuru madde değerleri ise %90.58-%95.56 olmaktadır. Portakal işleme atıkları + büyükbaş hayvan gübresi karışımlarında organik kuru madde oranları artmaktadır.
- ADF değeri; en yüksek (%60.20) %100 büyükbaş hayvan gübresinde, en düşük (%14.76) %100 portakal işleme atıklarında görülmüştür.
- NDF değeri; en yüksek (%26.50) %25 portakal işleme atıkları + %75 büyükbaş hayvan gübresi materyalinde, en düşük (%20.12) %100 portakal işleme atıklarında görülmüştür.
- Materyallerin en yüksek metan üretimi 25-35. günler arasında oluşmuştur.
- Karışım materyallerindeki portakal işleme atıklarının materyaldeki oranı arttıkça ko-fermantasyon ile oluşan biyogaz ve biyogazdaki metan değerleri de artmıştır.
- Kümülatif biyogaz değerleri; en yüksek (0.85 Nm³/kg OKM) %100 portakal işleme atıkları materyalinde, en düşük (0.27 Nm³/kg OKM) %100 büyükbaş hayvan gübresi materyalinde oluşmuştur.
- Karışım materyallerinde en yüksek biyogaz (0.70 Nm³/kg OKM) ve metan (0.37 Nm³/kg OKM) değerleri %75 portakal işleme atıkları + %25 büyükbaş hayvan gübresi materyalinden oluşmuştur.
- Biyogazdaki metan oranı, en yüksek (%53.77) %50 portakal işleme atıkları + %50 büyükbaş hayvan gübresi materyalinden elde edilmiştir.
- Ele alınan tüm materyallerin ürettiği metan, biyogaz ve biyogaz içerisindeki metan oranları istatistiksel olarak önemli düzeyde (P≤0.05) bulunmuştur

Bu çalışmayla ilgili öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- ✓ Büyükbaş hayvan gübresinin portakal işleme atıkları ile ko-fermantasyonu sonucunda biyogaz ve metan üretim verimlilikleri artırılabilir.
- ✓ Meyve işleme atıklarının büyükbaş hayvan gübresi ile ko-fermantasyonu sonucunda atıklar bertaraf edilerek çevresel ve doğal kaynakların korunması sağlanabilir.
- ✓ Portakal işleme atıkları, biyogaz tesisleri için önemli materyallerdir.
- ✓ Kullanılan materyallerin biyogaz üretim amacıyla kullanılması durumunda ortaya çıkacak yeni atıklar tarımda organik gübre amaçlı kullanılabilir.
- ✓ Meyve işleme atıkları ve büyükbaş hayvan gübresinin kontrolsüz koşullarda depolanması nedeni ile atmosfere salınacak olan sera gazları (metan ve karbondioksit) biyogaz prosesinin uygulamaya girmesiyle önlenmiş olacaktır.
- ✓ Türkiye’de meyve işleme atıkları ve büyükbaş hayvan gübresi atıklarının önemli düzeyde potansiyelinin bulunmasından dolayı bu atıklardan elde edilebilecek enerjinin üretim oranlarını belirlemek ve çevresel etkileri konusunda yapılacak olan çalışmalar veri tabanını güçlendirecektir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, T, Tauseef, S. M., Abbasi, S. A., 2012. Biogas and Biogas Energy: An Introduction. Biogas Energy, 1-10.
- Acaroğlu, M., 2007. Alternatif Enerji Kaynakları. Nobel Yayın No: 1253, , ISBN 978-605-395-047-9, 609 s, Ankara
- Alkanok, G., 2008. Biyogaz Üretim Potansiyelinin Çeşitli Süpermarket Atıklarından Belirlenmesi. Boğaziçi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi,102 s.
- Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Zollitsch, W., Mayer, K., Gruber, L. 2007. Biogas production from maize and dairy cattle manure—influence of biomass composition on the methane yield. Agriculture, Ecosystems & Environment, 118 (1-4): 173-182.
- Angelidaki, I., Ahring, B. K., 1993. Thermophilic Anaerobic Digestion of Livestock Waste: the Effect of Ammonia. Applied Microbiology and Biotechnology, 38: 560-564.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. US.
- Aybek, A., Üçok, S., 2017. Determination and Evaluation of Biogas and Methane Productions of Vegetable and Fruit Wastes with HBT Method. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 10 (4): 207-215.
- Brown, R.C., 2003. Biorenewable resources : engineering new products from agriculture. Iowa State Press, Ames, Iowa, 286 p.
- Cassidy, D. P., Hirl, P. J., Belia, E., 2008. Methane production for ethanol coproduction in anaerobic SBRS. Water Sci Technol., 58 (4): 789-93.
- Cordoba, V., Fernández, M., Santalla, E., 2016. The effect of substrate/inoculum ratio on the kinetics of methane production in swine wastewater anaerobic digestion. Environmental Science And Pollution Research, 1-10
- Dinuccio, E., Balsari, P., Gioelli, F., Menardo, S., 2010. Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses. Bioresource Technology, 101 (10): 3780–3783.
- Çallı, B., 2012. Atıklardan Biyogaz Üretimi. Türkiye Kimya Derneđi -Genç Kimyacılar Platformu, <http://eng.marmara.edu.tr/enve>

- Çelik, S. M., 2014. Tokat şartlarında kentsel atıkların biyogaza dönüştürülmesi ve elektrik üretimi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 99 s.
- Çevik, A., 2016. Çanakkale ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi. Çanakkale Üniversitesi Sosyalbilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, 97 s.
- Demirbaş, A. H., Demirbaş, I., 2007. Importance of rural bioenergy for developing countries. *Energy Convers Manage*, 48 (8): 2386-2398.
- Deublein, D., Steinhauser, A., 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*, p.1-450.
- Gümüşçü M., Uyanık, S., 2010. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklarından Biyogaz ve Biyogübre Eldesi.
https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/ffcec9d25e4a0d2_ek.pdf
- Gül, A., 2014. Sebze ve meyve atıklarının biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 102 s.
- Haggerty, A. P., 2010. *Biomass crops: production, energy, and the environment*. Nova Science Publisher's, Hauppauge, N.Y., 323 s.
- Jimenez, S., Cartagena, M. C., Arce, A., 1990. Influence of lignin on the methanization of lignocellulosic wastes. *Biomass* 21, 43–54
- Klass, D., 1998. *Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals*. Academic Press, San Diego, USA, 651 s.
- Kobyay, M., 1992. Sığır gübresinden biyogaz üretimi ve Erzurum koşulları için bir biyogaz tesis tasarımı. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilimdalı. Yüksek Lisans Tezi, 75 s.
- Mansourpoor, M., Shariati, A., 2012. Effect of mixture of alcohols on biodiesel properties which produced from waste cooking oils and compare combustion performance and emissions of biodiesels with petrodiesel. *Adv Environ Sci*, 4 (3): 153.
- Manyi-Loh, C. E., Mamphweli, S. N., Meyer, E. L., Okoh, A. I., Makaka, G., Simon, M., 2013. Microbial anaerobic digestion (bio-digesters) as an approach to the decontamination of animal wastes in pollution control and the generation of renewable energy. *Int J Environ Res Public Health*, 10 (9): 4390-417.

- Martin, K., 2017. Biyogaz üretiminde farklı ön arıtma işlemleri uygulanmış muz atıklarının biyokimyasal metan potansiyelinin araştırılması. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 96 s.
- Martín, M. A., Siles, J. A., Chica, A. F., Martín, A., 2010. Biomethanization of orange peel waste. *Bioresource technology*, 101(23), 8993-8999.
- Matuszewska, A., Owczuk, ., M., Zamojska-Jaroszewicz, A., Jakubiak-Lasocka, J., Lasocki, J., Orlin' ski, P., 2016. Evaluation of the biological methane potential of various feedstock for the production of biogas to supply agricultural tractors. *Energy Conversion and Management*, 125: 309-319.
- McGowan, T., 2009. Biomass and alternate fuel systems: an engineering and economic guide. John Wiley & Sons Hoboken, New York, 264 p.
- Ogunleye, O. O., Aworanti, O. A., Agarry, S. E., Aremu, M. O., 2016. Enhancement of animal waste biomethanation using fruit waste as co-substrate and chicken rumen as inoculums. *Energy Sources, Part A: Recov. Utiliz Environ Effects* 2016; 38(11): 1653-60.
- Onurbaş Avcıoğlu, A., Türker, U., Demirel Atasoy, Z., Koçtürk, D., 2011. Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler-Biyoyakıtlar. Nobel Yayınları, Yayın No: 72, ISBN 978-605-5426-71-2, 493 s, Ankara.
- Öztürk, H. H., 2011. Bitkisel üretimde enerji yönetimi. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., ISBN: 978-975-8377-78-7, 248s, İstanbul
- Örok, M., 2012. Production of biogas through anaerobic co-digestion of ice cream plant wastewater and ice cream production residue, Boğaziçi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 98 s.
- Ryckebosch, E., Drouillon, M., Vervaeren, H., 2011. Techniques for transformation of biogas to biomethane. *Biomass Bioenergy*, 35:1633-45.
- Taşdemir, E., 2011. Tek ve iki kademeli deney sisteminde peynir altı suyundan biyogaz üretiminin araştırılması. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tez, 84 s.

- Tekeli, M. 2014. Türkiye biyogaz potansiyelinin belirlenerek ısı ve elektrik enerjisi üretimine uygulanabilirliği. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, 94 s.
- Tiehm, K. N., Zellhorn, M., Neis, U., 2001. Ultrasonic waste activated sludge disintegration for improving anaerobic stabilization. *Water Res.*, 35 (8): 2003-9.
- URL, 2017. Biyogaz. <http://biyogaz.entmakina.com/biyogaz-nedir/>.
- Üçgül, İ., Akgül, G., 2010. Biyokütle Teknolojisi. *Journal of YEKARUM*, 1(1): 3-11.
- Xiao, W., Yao, W., Zhu, J., Miller, C., 2010. Biogas and CH₄ productivity by co-digesting swine manure with three crop residues as an external carbon source. *Bioresource Technol.*, 101: 4042-7.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74. 3583–3597.
- VDI 4630, 2006. Fermentation of Organic Material, Characterisation of Substrate, Collection of Material Data, Fermentation Tests, VDI Gesellschaft Energietechnik.
- Yazgılı, C. A., 2007. İnek gübresiyle biyogaz üretiminde saman ve kanın etkisi. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 70 s.
- Yokuş, İ., 2011. Sivas ilinde hayvansal atıkların biyogaz potansiyeli. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 148 s.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Levent Gürsel ALBAYRAM
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 1990 GAZİANTEP
E-posta : leventalbayram@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	: KSÜ, Biyosistem Mühendisliği ABD	2018
Lisans	: Namık Kemal Üniversitesi	2013
Lise	: Cumhuriyet Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-...	Albayram Sigorta	Teknik Personel
2014-2015	Denizbank	Tarım Portföy Yöneticisi

Yabancı Dil

İngilizce