



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PARK BAHÇELERİNDEN ELDE EDİLEN ÇİM
ATIKLARININ BİYOGAZ ÜRETİM VERİMLERİNİN
HBT YÖNTEMİ İLE
DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

AHMED SERDAR GÜLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2022

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PARK BAHÇELERİNDEN ELDE EDİLEN ÇİM
ATIKLARININ BİYOGAZ ÜRETİM VERİMLERİNİN
HBT YÖNTEMİ İLE
DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

AHMED SERDAR GÜLER

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

KAHRAMANMARAŞ 2022

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.

Ahmed Serdar GÜLER



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

Proje No: 2021/6-1 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.

**PARK BAHÇELERİNDEN ELDE EDİLEN ÇİM ATIKLARININ
BİYOGAZ ÜRETİM VERİMLERİNİN HBT YÖNTEMİ İLE
DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

AHMED SERDAR GÜLER

ÖZET

Dünyada nüfusun ve teknolojinin sürekli artması enerjiye olan ihtiyacı da arttırmaktadır. Artan bu enerji ihtiyacının günümüzde fosil kaynaklar yerine yeni ve yenilenebilir alternatif enerji kaynakları arayışı sürmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de biyogaz enerjisidir. Kentlerde park bahçeleri ve yol kenarlarındaki çimlendirme alanlarında önemli miktarlarda çim atıkları açığa çıkmaktadır. Organik olan bu atıklar kontrolsüz bir şekilde çürümeye terk edilmektedir. Bu atıkların biyogaz enerjisine dönüştürülerek değerlendirilmesi, hem enerji üretimi hem de atık yönetimi açısından katma değer sağlayabilecektir. Bu çalışmada, park bahçelerinden elde edilen çim atıklarının ve bu atıklardan silaj yapılarak elde edilen çim silajının kimyasal analizleri (ham protein, ham yağ, ADF, NDF, kuru madde ve organik kuru madde) ile özgül biyogaz ve metan üretimlerinin (m^3kg^{-1} OKM) belirlenmesi amaçlanmıştır. Üç farklı çim alanından elde edilen, normal çimler (Çim 1, Çim 2, Çim 3) ve çim silajları (Silaj 1, Silaj 2 Silaj 3) materyal olarak ele alınmıştır. Özgül biyogaz ve metan üretimleri Hohenheim Batch Test (HBT) yöntemi ile deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; en yüksek Protein oranı (%17.49) Çim 3'te, Yağ oranı (%5.13) Silaj 1'de, NDF oranı (%68) ve ADF oranı (%41) Çim 1'de, KM oranı (%90.92) Çim 2'de ve OKM oranı (%92.59) Silaj 2'de meydana gelmiştir. Tüm materyallerin ortalama kümülatif biyogaz üretim değerleri 0,65-0,71 m^3kg^{-1} OKM iken kümülatif metan üretim değerleri 0.39-0.42 m^3kg^{-1} OKM arasında olup biyogazdaki metan oranları %59.01-60.19 arasında değişmiştir. Çim materyalleri ve bu materyallerden yapılan silajdan oluşan metan, biyogaz ve metan oranı arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Anahtar kelimeler: Çim atıkları, çim silajı atıkları, biyogaz, metan, HBT

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Aralık/2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Serdar ÜÇÖK

Sayfa sayısı: 40

**EXPERIMENTAL DETERMINATION WITH HBT METHOD
OF BIOGAS PRODUCTION EFFICIENCY OF GRASS WASTE
FROM PARK GARDENS**

(MASTER THESIS)

AHMED SERDAR GÜLER

ABSTRACT

The continuous increase in population and technology in the world also increases the need for energy. Today, the search for new and renewable alternative energy sources instead of fossil sources continues due to this increasing energy need. One of the renewable energy sources is biogas energy. Significant amounts of grass waste are released in parks and roadsides in urban areas. These organic wastes are left to rot in an uncontrolled manner. The recycling of these wastes into biogas energy will provide added value in terms of both energy production and waste management. In this study, it was aimed to determine the chemical properties (crude protein, crude oil, ADF, NDF, dry matter and organic dry matter), specific biogas and methane production (m^3kg^{-1} OKM) of grass wastes obtained from park gardens and silage from these wastes. Normal grasses (Grass 1, Grass 2, Grass 3) and grass silages (Silage 1, Silage 2 Silage 3) obtained from three different turf fields were considered as materials. Specific biogas and methane productions will be carried out experimentally by the Hohenheim Batch Test (HBT) method. In the results of working; The highest Protein (17.49%) rate is in Grass 3, Oil (5.13%) in Silage 1, NDF (68%) and ADF (41%) rate in Grass 1, KM (90.92%) rate in Grass 2' and OKM (92.59%) rate occurred in Silage 2. The average cumulative biogas production values of all materials were 0.65-0.71 m^3kg^{-1} OKM, while the cumulative methane production values were between 0.39-0.42 m^3kg^{-1} OKM, and the methane ratios in biogas varied between 59.01-60.19%. There was no statistical difference between the methane, biogas and methane ratios consisting of grass materials and silage made from these materials.

Keywords: Grass waste, grass silage waste, biogas, methane, HBT

University of Kahramanmaraş Sütçü Imam
Institute of Science
Department of Biosystems Engineering, December / 2022

Supervisor: Asist. Prof. Dr. Serdar ÜÇÖK

Page number: 40

TEŞEKKÜR

Araştırma konusunun seçimi, denemelerin kurulması, analizler ve yazım aşamasında desteklerini esirgemeyen danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Serdar ÜÇÖK'a, çalışmanın her aşamasında katkı sağlayan Prof. Dr. Ali AYBEK ve Doç. Dr. Sedat BOYACI'ya ve her daim yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışmayı destekleyen Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Çim ve Çim Silajı Materyalleri.....	8
3.1.2. Öğütücü.....	8
3.1.3. Mikro Terazı	9
3.1.4. Kül Fırını	9
3.1.5. Etüv.....	10
3.1.6. Protein Tayin Cihazı	10
3.1.7. Yağ Tayin Cihazı.....	11
3.1.8. Aşı (İnokulum).....	11
3.1.9. Laboratuvar Malzemeleri.....	12
3.1.10. NDF/ADF Lif Analiz Cihazı	12
3.1.11. ADF/NDF Torbaları	13
3.1.12. Torba Kilitleme Cihazı	13
3.1.13. Kimyasallar.....	13
3.1.14. Manyetik Karıştırıcı ve Balık	14
3.1.15. Çözücü Dirençli Kalem	14
3.1.16. Hohenheim Batch Test (HBT) Şıngası.....	15
3.1.17. Su Banyosu (İnkubator).....	15
3.1.18. Hacimsel Metan Ölçüm Cihazı.....	16
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Materyallerin Hazırlanması	17
3.2.2. Kuru Madde İçeriğinin Belirlenmesi	17
3.2.3. Ham Kül (HK) ve Organik Madde İçeriği Analizi (OKM).....	18

3.2.4. Ham Protein Tayini.....	19
3.2.5. Ham Yağ Tayini	20
3.2.6. NDF (Neutral Detergent Fibre) Tayini	21
3.2.7. ADF (Acid Detergent Fibre) Tayini (ANKOM).....	21
3.2.8. İnoculum (Aşı) Hazırlanışı	22
3.2.9. Verilerin Değerlendirilmesi	22
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	24
4.1. Materyallerin Kimyasal Özellikleri	24
4.2. Materyallerin Biyogaz ve Metan Üretim Değerleri.....	25
4.2.1. İnoculum Metan Üretimi	25
4.2.2. Silaj 1 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi	26
4.2.3. Silaj 2 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi	27
4.2.4. Silaj 3 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi	28
4.2.5. Çim 1 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi.....	29
4.2.6. Çim 2 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi.....	30
4.2.7. Çim 3 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi.....	31
4.2.8. Tüm Örneklerin Metan Üretim Ortalamalarının İncelenmesi	32
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Çim ve çim silajı materyalleri	8
Şekil 3.2. Öğütücü	8
Şekil 3.3. Öğütülmüş materyaller	9
Şekil 3.4. Mikro terazi	9
Şekil 3.5. Kül fırını	10
Şekil 3.6. Etüv	10
Şekil 3.7. Protein tayin cihazı.....	11
Şekil 3.8. Yağ tayin cihazı.....	11
Şekil 3.9. Aşı (İnoculum)	12
Şekil 3.10. Laboratuvar cam ve plastik malzemeleri.....	12
Şekil 3.11. ANKOM NDF/ADF lif analiz cihazı	12
Şekil 3.12. ADF/NDF torbaları	13
Şekil 3.13. Torba mühür cihazı	13
Şekil 3.14. Kimyasallar	14
Şekil 3.15. Manyetik karıştırıcı ve balık.....	14
Şekil 3.16. Silinmez kalem	15
Şekil 3.17. HBT şırıngası	15
Şekil 3.18. Su banyosu	16
Şekil 3.19. Metan ölçüm cihazı	16
Şekil 3.20. Kroze	18
Şekil 4.1. İnoculum kümülatif metan üretimi.....	26
Şekil 4.2. Silaj 1 materyalinin kümülatif metan üretimi.....	27
Şekil 4.3. Silaj 2 materyalinin kümülatif metan üretimi.....	28
Şekil 4.4. Silaj 3 materyalinin kümülatif metan üretimi.....	29

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Kimyasal analiz ve metan potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan materyaller.....	17
Çizelge 4.1. Materyallerin kimyasal özellikleri.....	24
Çizelge 4.2. Materyallerin kimyasal özelliklerinin varyans tablosu	25
Çizelge 4.3. Materyallerin ortalama kümülatif özgül metan, biyogaz değerleri ve biyogazdaki metan oranları	33
Çizelge 4.4. Materyallerin biyogaz, metan üretimi ve biyogazdaki metan oranlarının varyans analizi	34

1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle (biyogaz, biyodizel, biyoetanol, biyopelet) vb.) temiz enerji anlayışı ve kullanımından kaynaklı olarak yoğun ilgi görmektedir. Biyokütle enerjisi, doğrudan ya da dolaylı olarak üretilebilir. Doğada var olan bitkisel veya hayvansal atıkların, doğrudan yakılması ve dolaylı olarak farklı yakıtlara dönüştürülmesinden meydana gelmektedir (Fanchi, 2011). Biyokütle kaynakları arasında yer alan biyogaz teknolojisi ile atıkların doğrudan yakma haricinde gazlaştırma ile en basit ve en etkili şekilde değerlendirilmesi yapılmaktadır. Öncelikle Asya ülkeleri (Çin ve Hindistan) olmak üzere Danimarka, İsviçre, Finlandiya ABD ve Almanya gibi pek çok ülkede kullanılmaktadır. Tarımsal (bitkisel ve hayvansal) ve endüstriyel üretim sonucunda kullanılmayan geriye kalan atıkların veya insanların kullanması sonucu meydana gelen organik kökenli çöplerin anaerobik ortamda arkealar ile biyokimyasal dönüşüm sayesinde yüksek oranda metan ve karbondioksit, eser miktarda hidrojen sülfür, hidrojen olmak üzere biyogaz üretimi gerçekleştirilir (Akova, 2008). Biyogaz, organik kökenli atıkların belli bir sıcaklık ortamında havasız ortamda elde edilmekte (Christy ve ark., 2014; Peyman ve ark., 2016) ve renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve içeriğinde organik madde miktarına göre yaklaşık; % 50-75 metan, % 30-60 karbondioksit ve eser miktarda hidrojen sülfür, azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır (Angelidaki ve ark., 2003; Arkutman, 2003). Biyogaz içerik olarak yoğunluk değeri 0.83 gL^{-1} , yaklaşık oktan değeri 110, maksimum yanma sıcaklığı $700 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ve alev sıcaklığı $870 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olan gaz karışımıdır. Biyogaz içerisindeki gaz oranları organik maddelerin kimyasal içerikleri, cinsi ve fermentasyon şekline göre değişiklik göstermektedir (Bayrakçeken, 2007). Atıklardan biyogaz üretimi sayesinde enerji elde edilmesi, atık bertarafı ve organik gübre üretimi sağlanmaktadır (Onursal ve ark., 2011).

Biyogaz üretimine yönelim ve ilgili atıkların düzensiz depolama ile toprağı kirletme ve çevresel sorunlara yol açmasını (koku, sineklenme vb.) önleyerek bu atıkların değere dönüştürülmesini sağlamasındandır. Özellikle, hayvancılık işletmelerinde ve hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı yörelerde oluşan atıklar biyogaz üretimi için önemli girdi olmaktadır. Aksi takdirde toprak üzerinde uzun zaman bekletilerek gübre olarak ya da tezek haline getirilerek verimsiz halde yakılmaktadır. Bu şekilde kırsal kesimde oluşan atıkların değerlendirilmesi amacıyla kullanılan aile veya çiftlik tipi biyogaz teknolojisi sistemleri önem taşımaktadır. Bu sistemler ile fermante olan hayvansal atıklar biyogaz üretiminin yanında yüksek azot içeriğine sahip ve yabancı otların oluşumunu azaltan

verimli organik gübre üretilmekte ve çevresel sorunu azaltmaktadır. Hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı Türkiye’de atık potansiyelin yüksek olmasına rağmen biyogaz teknolojisi çok az kullanılmaktadır (Yaldız, 2004; Eryaşar, 2007; Anonim, 2011; Aybek ve ark., 2015).

Son yıllarda il ve ilçe merkezlerinde, özellikle yol kenarları, peyzaj alanları ve parklarda, çim kaplı alanlarda önemli düzeyde artış olmuştur. Bu çim alanlardan elde edilen atıklar önemli bir potansiyele sahiptir. Bu organik atıklar değerlendirilmemektedir. Şanlıurfa ilinde, Park ve Bahçeler Müdürlüğünden elde edilen bilgilere göre il merkezinde yol kenarları, peyzajlar dahil parklardaki çim alanları ile birlikte yaklaşık olarak 980.000 m² (980 da) çim alanının bulunduğu ve normal koşullar altında bir dekar çim alanından 1500- 2500 kg yıl⁻¹ arasında yeşil ot elde edildiği bildirilmiştir. Bu bilgilere göre ilde; 1.470-2.450 ton yıl⁻¹ atık çim oluşmaktadır (Bilgili ve ark., 2011).

Çim bitkileri adaptasyon şekillerine göre iki ana gruba ayrılmaktadır. Serin ve sıcak iklim çim bitkilerinden meydana gelmektedir. Serin iklim çimleri büyüme ve gelişme sıcaklık aralıkları 10-21 °C iken sıcak iklim çimleri sıcaklık aralıkları 15-27 °C olmaktadır. Yaygın olarak kullanılan serin iklim çim bitkileri stolonlu tavus otu, narin tavusotu rizomlu kırmızı yumak, rizomsuz kırmızı yumak, narin kırmızı yumak, koyun yumağı, kamışsı yumak, çok yıllık çim ve çayır salkım otundan oluşurken, sıcak iklim çim bitkilerine ise bermuda çim, uganda çimi, japon çimi, yengeç otu, kikuyu çimi ve tuzcul yalancı darıdan meydana gelmektedir. Serin iklim çim ya da sıcak iklim çim türlerinin birbirlerine göre bazı farklılıkları olmaktadır. Bundan dolayı türlerinin tespit edilip buna göre yetiştirilmesi önem taşımaktadır. Çimlerin oluşturulmasında farklı yöntemler olup bunlar; suyla püskürterek ekim, vejetatif üretim, tohumlu toprak örtüsü ve hazır çim kalıpları gibi yöntemlerden oluşmaktadır (Salman, 2013).

Bu çalışmanın amacı, park bahçeleri ve yol kenarlarında önemli miktarlarda açığa çıkan, çim atıklarının biyogaz enerjisine dönüştürülerek değerlendirilmesidir. Çim atıklarının kimyasal özellikleri (ham protein, ham yağ, kuru madde, ADF ve NDF), biyogaz ve metan verimleri (m³kg⁻¹ OKM) deneysel olarak belirlenmiştir.

Erişilecek çıktılar;

- Park bahçelerinden açığa çıkan çim atıklarının kimyasal özelliklerini (ham protein, ham yağ, kuru madde, ADF ve NDF) belirlemek,
- Park bahçelerinden açığa çıkan çim atıklarının biyogaz ve metan verimlerini (m³kg⁻¹ OKM) deneysel olarak ortaya koymak,

- Organik kökenli atıkların enerji amaçlı kullanılarak ekonomiye katkı sağlanabileceğini ortaya koymak.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Konuyla ilgili yapılan bazı araştırmalar kronolojik olarak aşağıda verilmiştir.

Mähnert ve ark. (2005), üç çeşit farklı türde çimden maksimum biyogaz, metan üretimi ve metan oranının belirlenmesi, çim ve büyükbaş hayvan materyallerinin karışımlarının organik yükleme oranının biyogaz, metan üretimine etkisini incelemişlerdir. Ayrıca materyallerin kimyasal analizleri (KM, OKM, pH, C:N, selüloz ve yağ) belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kesikli reaktörlerde, biyogaz üretimleri $0.65-0.86 \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ OKM ve metan üretimi $0.31-0.36 \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ OKM aralığında, Yarı sürekli reaktörlerde ise biyogaz üretimi 0.61 ve $0.56 \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ OKM, metan üretimi 0.7 ve $1.4 \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ OKM⁻¹ belirlenmiştir.

Arıcı (2009), farklı çeşit tarımsal materyallerin biyogaz ve metan üretimlerini belirlemiştir. Araştırma mezofilik ortamda 69 gün süreyle reaktörlerde yapılmıştır. Çalışmada sığır, tavuk, koyun, keçi gübresi ile silaj ve çim materyalleri belli oranda karıştırılarak metan üretimleri bulunmuştur. Araştırmada, %50 sığır atığı +%50 silaj karışımında en yüksek metan üretimi $325 \text{ mL CH}_4 \text{ g}^{-1}\text{OKM}^{-1}$ olurken %50 sığır +% 25 koyun+% 25 silaj karışımında ise maksimum biyogaz üretimi ise $560 \text{ mL biyogaz/gOKM}$ meydana gelmiştir. Araştırma sonucunda yapılan analizlerde karbonhidrat, toplam katı, uçucu katı ve KOİ değerlerinde azalma olmuştur.

Sabuncu (2010), araştırmada tavuk gübresi, yeşil sebze meyve atıkları, büyükbaş hayvan atıklarından biyogaz üretimi gerçekleştirilmiştir. Kocaeli’nde kurulan anaerobik ko-fermantasyon tesisini incelenmiştir. Çevresel analiz sonucunda $3.68 \text{ tCO}_2/\text{yıl}$ azalımı ve tesis planlanmasında, 16.165 ton çim atığı, 5.61 ton hal ve market atığı, 1.17 ton mezbaha atığı, 5.34 ton tavuk gübresi ile 0.95 ton büyükbaş hayvan gübresi kullanılacağı öngörülmüştür.

Nizami ve ark. (2012), araştırmalarında 3 farklı BMP sistemi ve CSTR reaktörlerde çim atıklarının biyogaz, metan ve biyogazdaki metan oranlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, BMP sisteminde metan üretim değerleri $0.35-0.49 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ arasında, CSTR sistemde ise 50 günlük HRT ile $0.45 \text{ CH}_4\text{kg}^{-1}$ OKM üretim meydana gelmiştir.

De Moor ve ark. (2013), araştırmalarında %30 gübre+%30 mısır silajı+%40 diğer atıklar (çim ve vb.) karışımı sonucunda metan ve biyogaz üretimlerini belirlemişlerdir.

Çalışmada, çim oranı artıkça karışımın kuru madde miktarı ve vizkozitesinde artma meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda çimlerinin %20 oranına kadar kullanılmasında herhangi bir soruna yol açmayacağı belirlenmiştir.

McEniry ve ark. (2014), biyogaz tesislerinde hammadde olarak çim atıkları ve bu atıkların silajının kullanımını araştırmışlardır. Bu amaçla 6 farklı silajlama tekniğinin BMP test ile biyogaz ve metan üretimine etkisinin olup olmadığına bakmışlardır. Çalışma sonucunda silajlama tekniğinin biyogaz ve metan üretimine etkisinin üzerine düşük bir etkisi olduğunu ($344-383 \text{ L CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}$) ortaya koymuşlardır.

Wang ve ark. (2017), yüksek selüloz içeriğine sahip olan biçilmiş çimlerden biyogaz üretmeyi denemişlerdir. Bu üretimden önce çim atıklarının ultrases dalgası ve alkali ön işlem uygulamışlardır. Çalışmada biyoreaktördeki organik atığın şeker veriminin ölçülmesi amaçlanmıştır. Harcanan şeker verimi ultrases dalgası ön işlemi sayesinde 3.5 kat daha fazla olmuştur. Verim de buna bağlı olarak artış göstermiştir.

Aybek ve Üçok (2017), pazarlarda ve hallerde meydana gelen sebze ve meyve atıklarının kümülatif biyogaz, metan üretimlerini ve biyogaz içindeki metan oranlarını HBT (Hohenheim Batch Yield Test) yöntemi ile deneysel olarak ve ayrıca bu atıkların kimyasal içeriklerini, belirlenmiştir. Sebze ve meyve atıklarının biyogaz üretimleri $0.54-0.73 \text{ Nm}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$, metan üretimleri ise $0.29-0.37 \text{ Nm}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Kümülatif özgül metan üretim değeri maksimum domates atıklarında ($0.37 \text{ Nm}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) minimum ise marul atıklarında ($0.29 \text{ Nm}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) meydana gelmiştir. Tüm atıkların karışımında ortalama kümülatif özgül metan üretim değerleri $0.34 \text{ Nm}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Dağtekin ve ark. (2018), narenciye endüstrisi atıklarından biyogaz elde edilmesi ve narenciye atıklarına belli oranlarda mısır silajının eklenmesi ile elde edilen materyallerin biyogaz verimlerini belirlemişlerdir. Çalışmada, portakal ve mandalina atıklarına (kabuk ve posaları) %25, %50, %75 oranlarında mısır silajı eklenmiştir. Elde edilen karışımların kimyasal özellikleri (kuru madde, organik kuru madde, ham kül, ham protein, ham yağ, ADF, NDF), biyogaz üretimleri ve biyogazdaki metan oranları HBT yöntemi ile belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, en yüksek metan üretimi %100 mandalina ve %50 mandalina + %50 portakal atıkları karışımında ($0.46 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) biyogaz üretimi ise, %50 portakal + %50

mandalina atıkları karışımında ($0.90 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) belirlenmiştir. Portakal ve mandalina atıklarına farklı oranlarda mısır silajı eklenen karışımlarda metan ve biyogaz üretimi sırası ile $0.31\text{-}0.46 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$, $0.62\text{-}0.90 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ değerleri arasında değişmiştir. Portakal ve mandalina atıklarına eklenen mısır silajı oranının artması karışımın metan ve biyogaz üretimini önemli oranda düşürdüğü tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucu ele alınan tarımsal atıkların hem metan, hem biyogaz üretimlerinde önemli düzeyde ($P \leq 0.05$) farklılık bulunmuştur.

Aybek ve ark. (2019), büyükbaş hayvan gübresine (BHG) portakal işleme atıklarının (PİA) (kabuk ve posa) farklı oranlarda (%25, %50, %75) karışımı ile biyogaz, metan üretimlerini ve biyogaz içindeki metan oranlarının etkisini, HBT yöntemi ile deneysel olarak araştırmışlardır. Büyükbaş hayvan gübresi ve portakal işleme atıkları ilk olarak doğal yolla kurutulmuş ve ardından 1 mm çapta elekten geçirilmiştir. Öğütülen atıklardan beş farklı karışım(%100 PİA, %100 BHG, %25 PİA + %75 BHG, %50 PİA + %50 BHG, %75 PİA + %25 BHG) oluşturulmuştur. Ayrıca her bir karışımın kimyasal içerik analizleri belirlenmiştir. Bu kapsamda maksimum protein oranı (%12.06) ve ham yağ oranı (%2.30) %100 PİA kuru madde oranı (%90.75) %100 BHG materyalinden, organik kuru madde oranı (%95.56) %100 PİA materyalinden, ADF oranı (%60.20) %100 BHG materyalinden ve NDF oranı (%26.50) %25 PİA + %75 BHG materyalinde meydana gelmiştir. 35 günlük mezofilik ortamda anaerobik fermentasyon sonucu maksimum metan üretimi $0.37 \text{ Nm}^3/\text{kg OKM}$ ve biyogaz üretimi $0.70 \text{ Nm}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ ile %75 PİA + %25 BHG materyalinde gerçekleşmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda ko-fermantasyonun metan ve biyogaz üretimini arttırdığı istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P \leq 0.05$) belirlenmiştir.

Üçok (2020), büyükbaş hayvan materyalleri ve makroalg atıklarını BMP ve CSTR reaktörlerinde biyogaz ve metan üretimlerini araştırmıştır. Biyogaz tesisleri için hammadde olarak kullanılabilecek büyükbaş hayvan gübresi ve makroalg atıklarının, en uygun karışım oranlarında, ko-fermantasyonu ile biyogaz ve metan verimlerini belirlemiştir. İlk olarak 60 gün mezofilik ortamda BMP testinde %7 ve %9 katılıkla, C/N oranına göre 5 farklı karışım (Karışım-1, Karışım-2, Karışım-3, Karışım-4, Karışım-5) oluşturulmuştur. BMP testinde karışımlar arasında maksimum biyogaz ve metan üretimi belirlendikten sonra en uygun

karışım CSTR’de ise 30 günlük sürede bekletilmiştir. Çalışma sonucunda; BMP test yönteminde maksimum biyogaz üretiminin elde edildiği Karışım-4 için C/N oranı %7 katılıkta 14.56, %9 katılıkta ise 15.45 olarak belirlenmiştir. BMP test yönteminde karışımların %7 katılıkta; metan oranı %25-62, günlük biyogaz üretimi 0.02-1.61 L gün⁻¹, günlük metan üretimi 0.01-0.94 L gün⁻¹, kümülatif biyogaz üretimi 2.5-27.42 L, kümülatif metan üretimi 1.15-15.77 L, özgül metan üretimi 10.67-186.41 NmLg⁻¹OM⁻¹, %9 katılıkta ise metan oranı %24-62, günlük biyogaz üretimi 0.01-1.40 L gün⁻¹, günlük metan üretimi 0.01-0.91 L gün⁻¹, kümülatif biyogaz üretimi 2.14-28.10 L, kümülatif metan üretimi 1.25-16.07 L, özgül metan üretimi 15.60-192.15 NmL g⁻¹OM⁻¹ olarak bulunmuştur. CSTR test yönteminde ise reaktörlerde oluşan günlük biyogaz üretimi 28.71-57.30 L gün⁻¹, günlük metan üretimi 17.36-35.50 L gün⁻¹, günlük metan oranı %57.5-64.5, kümülatif biyogaz üretimi 1101.06- 1271.47 L, kümülatif metan üretimi 666.93-786.99 L ve CO₂ oranı % 33.75-41.25 olarak belirlenmiştir. BMP test yönteminde; biyogaz parametrelerinde katılık oranı, karışımlar, katılık oranları ve karışımların interaksiyonun etkisi istatistiksel olarak önemli düzeyde (P<0.05) bulunurken, CSTR test yönteminde ise; karbondioksit hariç, biyogaz parametrelerinde reaktörler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde (P<0.05) bulunmuştur.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çim ve Çim Silajı Materyalleri

Araştırmada, çim atıkları (Şekil 3.1), Temmuz ayında Malatya ili park bahçelerinde 3 farklı çim alanından alınmıştır. Alınan çim atıklarının her biri için 2 materyal (kurutulmuş çim ve çim silajı) elde edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çim ve çim silajı materyalleri

3.1.2. Öğütücü

Çim silajı ve kurutulmuş çim atıkları sanayi tipi öğütücü (Şekil 3.2) ile 1 mm boyutunda öğütülmüştür. Öğütülmüş materyaller Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.2. Öğütücü



Şekil 3.3. Öğütülmüş materyaller

3.1.3. Mikro Terazi

Denemelerde hammaddenin ve elde edilen materyallerin tartımı için Kern marka mikro terazi kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Mikro terazi

3.1.4. Kül Fırını

Materyallerin kül ve organik madde içeriklerinin belirlenmesinde Microtest marka kül fırını kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kül fırını

3.1.5. Etüv

Denemede kullanılan materyallerin nem içeriklerinin belirlenmesi amacıyla Nüve marka etüv kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Etüv

3.1.6. Protein Tayin Cihazı

Materyallerin protein içerikleri Velp UDK 139 marka protein cihazı (Şekil 3.7) ile belirlemiştir.



Şekil 3.7. Protein tayin cihazı

3.1.7. Yağ Tayin Cihazı

Araştırmada, yağ içerik tayini için Ankom XT10 marka yağ cihazı (Şekil 3.8) kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Yağ tayin cihazı

3.1.8. Aşı (İnokulum)

Katılık oranı yaklaşık 2 olan aşı (Şekil 3.9) Kahramanmaraş Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ) merkez atık su arıtma tesisindeki mezofilik ortamda ve pH değeri 6.8 olan biyogaz reaktörlerinden alınmıştır.



Şekil 3.9. Aşı (İnoculum)

3.1.9. Laboratuvar Malzemeleri

Çözelti ve karışımların hazırlanmasında çeşitli boyutlarda erlenmayer, beher ve mezür kaplar (Şekil 3.10) kullanılmıştır.



Şekil 3.10. Laboratuvar cam ve plastik malzemeleri

3.1.10. NDF/ADF Lif Analiz Cihazı

Hazır hale getirilen materyallerin NDF ve ADF içerikleri ANKOM NDF/ADF Lif Analiz Cihazı (Şekil 3.11) ile yapılmıştır.



Şekil 3.11. ANKOM NDF/ADF lif analiz cihazı

3.1.11. ADF/NDF Torbaları

Materyallerin ADF/NDF içeriklerini belirlemek için ANKOM F57 filter marka torbalar (Şekil 3.12) kullanılmıştır.



Şekil 3.12. ADF/NDF torbaları

3.1.12. Torba Kilitleme Cihazı

Materyallerin cihazda ve torbalardan herhangi kayıp olmaması için ADF/NDF torbaların ağzını kilitlemek için Heat Sealer-Isıtcılı Torba Kilit Cihazı (Şekil 3.13) (ANKOM 1915) kullanılmıştır.



Şekil 3.13. Torba mühür cihazı

3.1.13. Kimyasallar

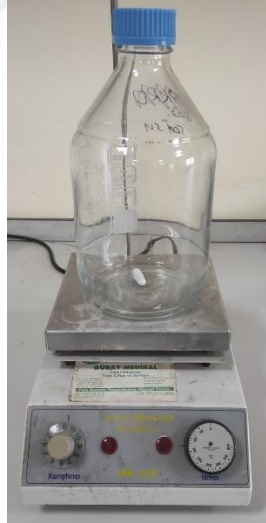
Materyallerin ADF/NDF içeriklerinin tayininde standart gereği kullanılan kimyasallar; Sodyum sülfat, Trietilen glikol. Alfa-amilaz, Sülfürik asit, Acid Detergent Solution, Nötral Detergent Solution Ankom marka kimyasallardan (Şekil 3.14) meydana gelmektedir.



Şekil 3.14. Kimyasallar

3.1.14. Manyetik Karıştırıcı ve Balık

Kimyasalların tam homojen şekilde olması MR 350 marka manyetik karıştırıcı ve balık (Şekil 3.15) ile yapılmıştır.



Şekil 3.15. Manyetik karıştırıcı ve balık

3.1.15. Çözücü Dirençli Kalem

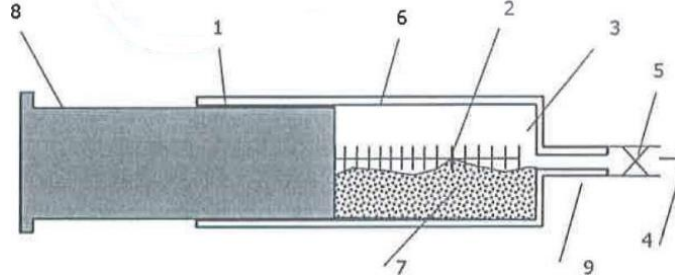
Torbalardaki sayıların ısı ve suyla temas etmesi sonucunda numaralarının kaybolmaması amacıyla ANKOM F08 marka kalem (Şekil 3.16) kullanılmıştır.



Şekil 3.16. Silinmez kalem

3.1.16. Hohenheim Batch Test (HBT) Şıngası

HBT yönteminde, 100 mL cam şıngalardan oluşmaktadır. Şekil 3.17' de patentli Hohenheim batch test şıngası verilmiştir. Şıngası; (1) Kayganlık ve sızdırmazlık sağlama, (2) 1 mL'lik bölme, (3) gaz haznesi, (4) gaz analizi için açıklık, (5) kelepçe, (6) cam şıngası, (7) fermentasyon materyalleri, (8) piston ve (9) ince borudan meydana gelmektedir. Şınganın ucu kısmına sızdırmaz bir hortum ve gaz kaçağını önlemek amacıyla kelepçe takılmaktadır. Oluşan gaz sebebiyle kayganlığın oluşması için piston ve şıngası arasına vazelin uygulanmaktadır.



Şekil 3.17. HBT şıngası

3.1.17. Su Banyosu (İnkubator)

Hohenheim batch test şıngaları, 128 hazneye ve içindeki sıcak suyu ısıtmak için ısıtıcıya sahip, sıcak su banyosu (Şekil 3.18) içerisine yerleştirilmektedir.



Şekil 3.18. Su banyosu

3.1.18. Hacimsel Metan Ölçüm Cihazı

Biyogaz içerisindeki metan oranını belirlemek için 20 mL hassasiyete sahip infrared-spectrometric methane-sensor "Advanced Gasmitter" D-AGM Plus 1010 cihazı (Şekil 3.19) kullanılmıştır.



Şekil 3.19. Metan ölçüm cihazı

3.2. Yöntem

3.2.1. Materyallerin Hazırlanması

Üç farklı alandan alınan çim atıklarının bir kısmı kurutulmuş kalan kısmı ise biçimden hemen sonra silaj elde edilmiştir. Kurutma doğal yöntemle gerçekleştirilmiştir. Silajlık çimler, 2 L'lik plastik kaplarda 21 gün bekletilerek yapılmıştır. Silaj yapımından sonra tüm materyaller kurutulmuş ve 1 mm çapında elekte öğütülmüştür. Üç farklı çim alanından elde edilen, normal çimler (Çim 1, Çim 2, Çim 3) ve çim silajları (Silaj 1, Silaj 2, Silaj 3) materyalleri (Çizelge 3.1) için kimyasal analizler ve metan potansiyelinin belirlenmesi amacıyla tüm numuneler kuru bazda 0.2 g tartım yapıp, 3 tekerrürlü şekilde 100 mL'lik test şırıngalarına yerleştirilmiştir (VDI 4630, 2006).

Çizelge 3.1. Kimyasal analiz ve metan potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan materyaller

Materyaller	Örnek Sayısı
Silaj 1	3
Silaj 2	3
Silaj 3	3
Çim 1	3
Çim 2	3
Çim 3	3

3.2.2. Kuru Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Test öncesi örnek kabı (Şekil 3.20) tartılmıştır. Daha sonra materyaller örnek kabı ile birlikte tartılıp kaydedilmiştir. Son olarak 105 °C sıcaklıkta 24 saat kurutma fırınında kurutulmuş, kurutma sonrası kütleleri tartılarak hesaplanmıştır. Kuru madde içeriği Eşitlik 3.1 yardımı ile hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$M = \frac{m_{p2} - m_{p3}}{m_{p2} - m_{p1}} \times 100 \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

M : Kuru madde içeriği (% y.b.),

m_{p1} : Boş kroze kütlesi (g),

m_{p2} : Kurutma öncesi kroze ve materyal kütlesi (g),

m_{p3} : Kurutma sonrası kroze ve materyal kütlesi (g)'dir.



Şekil 3.20. Kroze

3.2.3. Ham Kül (HK) ve Organik Madde İçeriği Analizi (OKM)

Ham kül ve organik madde tayini için ilk olarak analizde kullanılacak olan porselen krezeler (Şekil 3.20) etüve 105 °C'de 1 saat konulup porselen krozenin nemi uçurularak desikatöre yerleştirilip oda sıcaklığına gelene kadar soğutulma yapılmıştır.

Tüm numuneler için 3 tekerrürlü olacak şekilde porselen kroze kullanılmıştır. Öncelikle mikro terazide porselen krezelerin darası alınıp (A), daha sonra kroze içerisine 2-3 g arasında materyal (B) konulmuştur. Her porselen krozeye kurşun kalemle numaralandırma yapıp 550°C'lik kül fırınında 4 saat süre ile yakma işlemi yapılmıştır. 4 saat süre sonunda kül fırını ortam sıcaklığına gelene kadar bekletilip içerisinde olan materyale sahip porselen krezeler desikatöre yerleştirilip ortam sıcaklığına gelmesinin ardından mikro terazide tartımı (C) gerçekleştirilmiştir. HK ve OKM içeriği (AOAC, 1990)'a göre belirlenmiştir. Bulunan veriler Eşitlik 3.2 ve 3.3 ile hesaplanmıştır.

$$HK = ((Z-X)/Y*100) \quad (3.2)$$

$$OKM = 100 - HK \quad (3.3)$$

Burada;

HK : Ham kül içeriği (%),

X : Boş olan porselen kroze kütlesi (g),

Y : Numune olan porselen kroze kütlesi (g),

Z : Yakma sonrası porselen kroze kütlesi (g),.

OKM : Organik madde içeriği (%)’dir.

3.2.4. Ham Protein Tayini

Kjeldahl yöntemine göre; numuneler örnekler derişik sülfürik asit (H_2SO_4) ile yakılmasının ardından içinde mevcut olan azot (N) öncelikle amonyum sülfata daha sonrada amonyağa dönüştürölüp titrasyon yapılarak amonyaktaki azot miktarına karşılık gelen ham protein (AOAC, 1990) içeriğı belirlenir.

Ham protein analizi 3 aşamadan oluşmaktadır.

Bunlar;

I. Yaş yakma

II. Destilasyon

III. Titrasyon

I. Yaş Yakma

0.5-1 g materyaller hassas terazide tartılmasının ardından kjeldahl tüplerine yerleştirilir. Her örnek için 3 tekerrür olup ve 3 tekerrür olacak şekilde de kör deneme oluşturulmasından sonra her bir tüpe 1 adet katalizör tablet ve 15-25 ml H_2SO_4 arasında konulmaktadır. Hazır hale getirilen tüpler yaş yakma ünitesine konulmaktadır. Öncelikli olarak 30 dk. $200\ ^\circ C$ de ön ısıtmanın ardından 45 dk. $400\ ^\circ C$ de son yakma yapılır. Tüp içindeki sıvı renk yeşilimsi sarı olana kadar yakma işlemine devam edilmektedir.

II. Destilasyon

Yakma işlemi sonrası, ilk olarak erlenmayerlere 25 ml %4' lük borik asit konulmasının ardından destilasyon cihazının standart kimyasal ve saf suyu kontrolü yapılmıştır. Yakma işlemi sonrası oluşan kjeldahl tüplerine 50 ml saf su ve 100 ml NaOH konulup destilasyon süresi 3 dk ayarlanıp tüpler destilasyon ünitesine teker teker yerleştirilir. Analiz standart gereğı Kjeldahl tüpü ve erlenmayer yerleştirilerek düzenek bir sefer boş olarak çalıştırılır. Kjeldahl tüplerindeki azot erlenmayerdeki borik asidin içine damıtılarak asıl rengi açık pembe iken yeşil tonlarında renk oluşmasından sonra erlenmayerler titrasyon işlemine için hazır hale getirilmiştir.

III. Titrasyon

Destilasyon sonrası cihazdan alınan erlenmayerler dijital büret içerisinde bulunan 0.1 HCL çözeltisiyle yavaş şekilde titrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Erlenmayer içerisindeki yeşil renkte bulunan çözeltinin rengi açık pembe rengini alana kadar HCL çözeltisi yavaş yavaş çalkalanarak ilave edilip renk oluştuğu zaman HCL çözeltisi ekleme işlemi durdurulup ve kullanılan 0.1 N HCL miktarı belirlenir. Kullanılan HCL miktarı formülde yerine yerleştirilerek ham protein içeriği Eşitlik 3.4 ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ HP} = \frac{(V_1 - V_0) \times 0.1 \times 1.4 \times 6.25 \times F \times 100}{m} \quad (3.4)$$

Burada;

HP : Ham protein

V_1 : Kullanılan HCL Miktarı

V_0 : Kör için Kullanılan HCL

F : Gıdalara ait protein katsayısı

m : Numune Miktarı

3.2.5. Ham Yağ Tayini

Soxhlet ekstraktor yöntemine göre; atık örneklerinden 2 g (A) hassas terazide tartılmasının ardından numuneler Soxhlet kartuşu içine yerleştirilip, kartuşun uç kısımda mevcut olan ekstraksiyon kısmında numunenin dışarı çıkışını önlemek amacıyla pamukla sıkıştırılma işlemi yapılmıştır. Hazır hale getirilen kartuşlar ve yağ balonları 95 °C de 2 saat süreyle etüve konulmuştur. Etüv sonrası numuneler oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutulmasının ardından her bir balon hassas terazide daraları tartılmış (B) Soxhlet aletine konulmuştur. Etüv sonrası kartuşlar ise Soxhletin ekstraksiyon kısmına yerleştirilmiştir. Kartuşlar ve balonlar cihaza konulmasının ardından eter ilave edilmektedir. Hazır hale getirilen cihaz sonrası ısıtma 70 °C de 4 saat bekletilmesinden sonra ekstraksiyon kısmında mevcut olan eter ayrı bir kısma alınarak yağ ile eter birbirinden ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonrası içerisinde yağ bulunan balonlar 95 °C deki etüvde 1 saat bekletilmesinin ardından desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelene kadar soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Soğutma işlemi sonrası tartılan balonların ağırlığı (g) formülde yerine konarak örneğin % ham yağ içeriği (AOAC, 1990) Eşitlik 3.5 ile bulunmuştur.

$$\% \text{ HY} = (Z-X) / Y * 100 \quad (3.5)$$

Burada;

HY: Ham yağ (g)

X : Materyal miktarı (g)

Y : Daraları alınmış balonlar (g)

Z : Soğutma işlemi sonrası balon kütlesi (g)'dir.

3.2.6. NDF (Neutral Detergent Fibre) Tayini

Standart gereği hazır hale getirilen materyallerin NDF tayini Vansoset ve ark.. 1991'e göre belirlenmiştir.

Çözelti hazırlanması ve analiz uygulaması

Her 24 adet örnek için cihaza en az 1900-2000 ml çözelti hazırlanmıştır. 24 örneklik çözelti için 1800 ml saf suda 120 g Neutral Detergent Fibre solüsyonuna çözündürülüp ve içerisine 20 ml trietilen glikol eklendikten sonra çözelti saf su ile 2000 ml'ye tamamlanır. Bu çözelti içerisine 20 g sodyum sülfid ve 4 ml alfa amilaz eklenerek NDF içeriğini belirlemek çözelti hazır hale getirilmiştir. Çözeltinin hazır hale getirilmesinin ardından numunelerin karışmaması için silinmez kalemle F57 torbalarını üzerleri numaralandırılıp darası alındıktan (W1) sonra her bir torba içerisine 1mm boyutunda öğütülmüş 0.5-0.7 g (W2) materyaller konulmaktadır. Materyallerin içinde olduğu torbalar heat sealer aleti ile kapatılmaktadır. Her numune için 3 tekrerrür olacak şekilde torbalar oluşturulmuştur. Bu hazır haldeki torbalar ANKOM cihazı içinde mevcut olan katlı torba raflarına yerleştirilip 75 dakika süreyle bekletilmektedir. Bu analiz süresi sonrası torbalar katlı torba rafından alınıp asetonlu behere konulmuştur. Beherde 3 dakika bekletilmesi sonrası torbalar asetonun uzaklaştırılması için çeker ocakta bir süre bekletilip 105 °C'de 12 saat süreyle etüvde bekletilir. Bekletme sonrası torbalar desikatöre alınıp oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletildikten sonra torbalar (W3) hassas terazide tartımları yapılmıştır.

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

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

Çözelti hazırlanması ve analiz uygulaması

24 örnek için; 2000 ml saf suya 40 g asit deterjan solüsyonu ve 55.6 mL sülfürik asit ilave edilip analiz çözeltisi hazır hale getirilmiştir. NDF tayini sonrası tartılan F57 torbaları katlı torba rafına yerleştirilip hazırlanan çözelti ANKOM cihazına konulmaktadır. Cihaz kontrolü sonrası torbalar 75 dakika süreyle cihazda bekletme yapılmıştır. Süre sonrası torbalar alınıp hafifçe sıkılmasından sonra torbalar oda sıcaklığından bir süre bekletme sonrası 105 °C’de 12 saat süreyle etüvde kurulmuştur. Süre sonunda torbalar desikatöre alınıp oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletildikten sonra torbalar (W4) hassas terazide tartımları yapılmıştır.

Hesaplama

$$\% \text{ NDF} = \frac{W_3 - W_1}{W_2} * 100 \quad (3.6)$$

$$\% \text{ ADF} = \frac{W_4 - W_1}{W_2} * 100 \quad (3.7)$$

Burada;

W1: Torbaların darası (g)

W2: Materyal kütlesi (g)

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

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

3.2.8. İnoculum (Aşı) Hazırlanışı

Yaklaşık % 2 katılık oranında ph değeri 6.5 ve EC değeri 11.13 olan karışım, yaklaşık 30 gün biyogaz reaktöründe çürütülmüş (anaerobik ortamdan alınmış) aşı, Kahramanmaraş Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ) merkez atık su arıtma tesisindeki mezofilik oratamda bulunan biyogaz rektörlerinden alınmıştır. Aşı içerisinde herhangi kalıntı kalmaması amacıyla üç katlı tülbentten geçirilip homojen hale getirilmiştir.

3.2.9. Verilerin Değerlendirilmesi

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölüm laboratuvarında standart gereği hazır hale getirilen materyallerin kimyasal özellikleri

(HP (%), HY (%), %KM, % OKM, ADF (%), NDF (%), biyogaz ve metan üretimleri ve biyogaz içerisindeki metan oranı belirlenmiştir.

Üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilen ölçümlerin, ortalama ve standart sapma değerleri, istatistiksel farkları ve varyans analizleri belirlenmiş sonuçlar çizelge ve şekillere aktararak yorumlanmıştır.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Materyallerin Kimyasal Özellikleri

Çalışma sonunda materyallerin protein, yağ, ADF ve NDF, kuru madde ve organik madde oranları belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Protein, yağ, ADF ve NDF, kuru madde (KM) ve OKM oranları sırasıyla %16.93-17.49, %3.17-5.13, %46-68, %29-41, %82.21-90.92 ve %85.90-92.59 olarak değişmiştir. Çim ve çim silajı kimyasal bakımdan farklılık göstermiştir. Silaj halde protein, yağ ve OKM oranlarında çim halde ise ADF, NDF ve KM oranlarında artma meydana gelmiştir. En yüksek protein (%17.49) oranı Çim 3’de, yağ (%5.13) oranı Silaj 1’de, NDF (%68) Çim 1’de, ADF (%41) Çim 1’de, KM (%90.92) Çim 2’de ve OKM (%92.59) Silaj 2’de meydana gelirken en düşük protein (%16.93) oranı Silaj 2’de, yağ (%3.17) oranı Çim 1’de, NDF (%46) Silaj 1-3’te, ADF (%29) Silaj 1-3’te, KM (%82.21) Silaj 3’de ve OKM (%85.90) Çim 3’te oluşmuştur.

Çizelge 4.1. Materyallerin kimyasal özellikleri

Materyaller	% Protein	% Yağ	NDF	ADF	KM	OKM
Silaj 1	17.42a	5.13a	46b	29b	83.48b	92.48a
Silaj 2	17.49a	5.11a	50b	30b	82.87b	92.59a
Silaj 3	17.48a	4.73a	46b	29b	82.21b	92.47a
Çim 1	17.05b	3.17b	68a	41a	90.52a	86.18b
Çim 2	16.94b	3.45b	66a	40a	90.92a	86.45b
Çim 3	16.93b	3.77b	63a	40a	90.24a	85.90b

Yapılan istatistiksel karşılaştırmada ele alınan tüm materyallerin Protein, yağ, ADF ve NDF, kuru madde (KM) ve organik madde (OKM) oranlarında önemli düzeyde ($P \leq 0.05$) farklılık meydana gelmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Materyallerin kimyasal özelliklerinin varyans tablosu

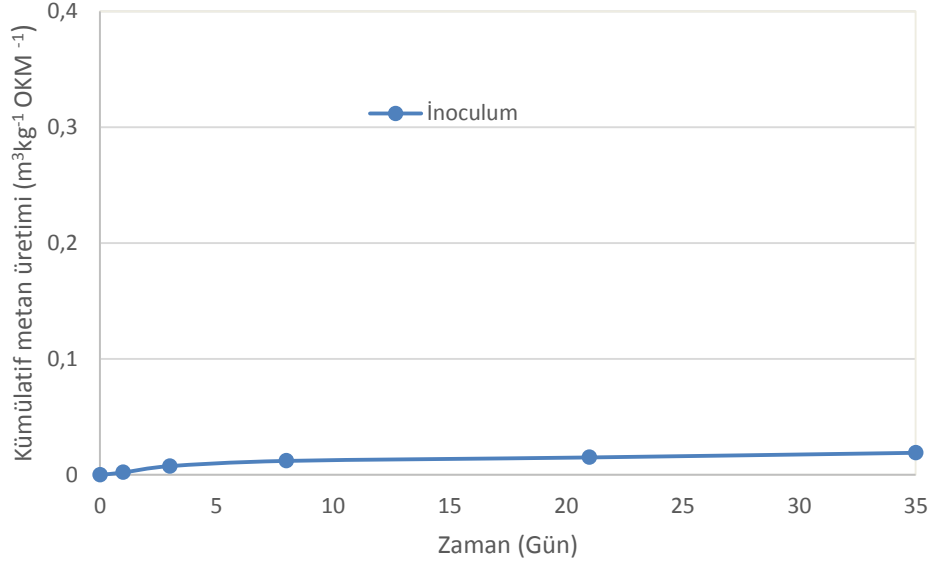
	Varyasyon kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	SHO
Protein (%)	Gruplar arası	4.807	5	.961	13.208	.000
	Gruplar içinde	.873	12	.073		
	Toplam	5.681	17			
Yağ (%)	Gruplar arası	11.320	5	2.264	47.448	.000
	Gruplar içinde	.573	12	.048		
	Toplam	11.893	17			
NDF (%)	Gruplar arası	.161	5	.032	82.747	.000
	Gruplar içinde	.005	12	.000		
	Toplam	.166	17			
ADF (%)	Gruplar arası	.052	5	.010	18.415	.000
	Gruplar içinde	.007	12	.001		
	Toplam	.059	17			
KM (%)	Gruplar arası	291.837	5	58.367	127.587	.000
	Gruplar içinde	5.490	12	.457		
	Toplam	297.327	17			
OKM (%)	Gruplar arası	181.298	5	36.260	218.965	.000
	Gruplar içinde	1.987	12	.166		
	Toplam	183.285	17			

4.2. Materyallerin Biyogaz ve Metan Üretim Değerleri

Deneysel olarak yapılan bu çalışmada mezofilik sıcaklıkta anaerobik şartlarda aşının ve diğer materyallerin biyogaz metan üretimleri belirlenmiştir. Kümülatif metan üretimlerinin zamana bağlı grafikleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

4.2.1. İnoculum Metan Üretimi

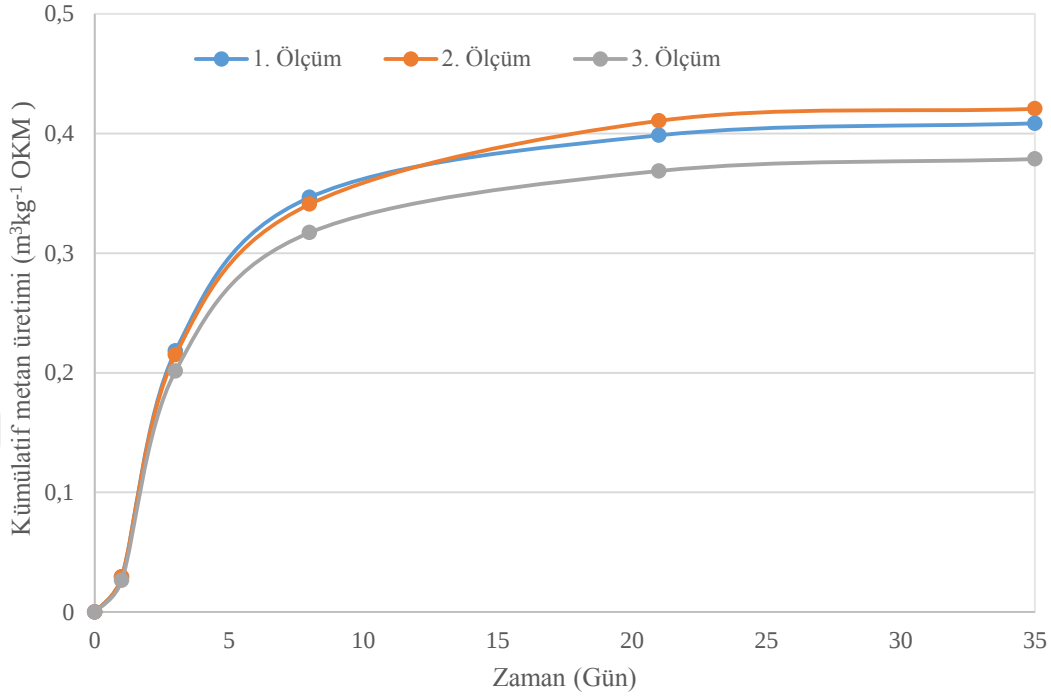
Yapılan ölçümler sonucunda anaerobik (oksijensiz) parçalanma sonucunda inoculumun (aşı) kümülatif metan üretimi yaklaşık $0.02 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1). Materyallerin net gaz üretimi için aşı gaz üretimleri çıkarılmıştır. Aşı gaz üretimi 1.-35. günler arasında üretim sağlamıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. İnoculum kümülatif metan üretimi

4.2.2. Silaj 1 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi

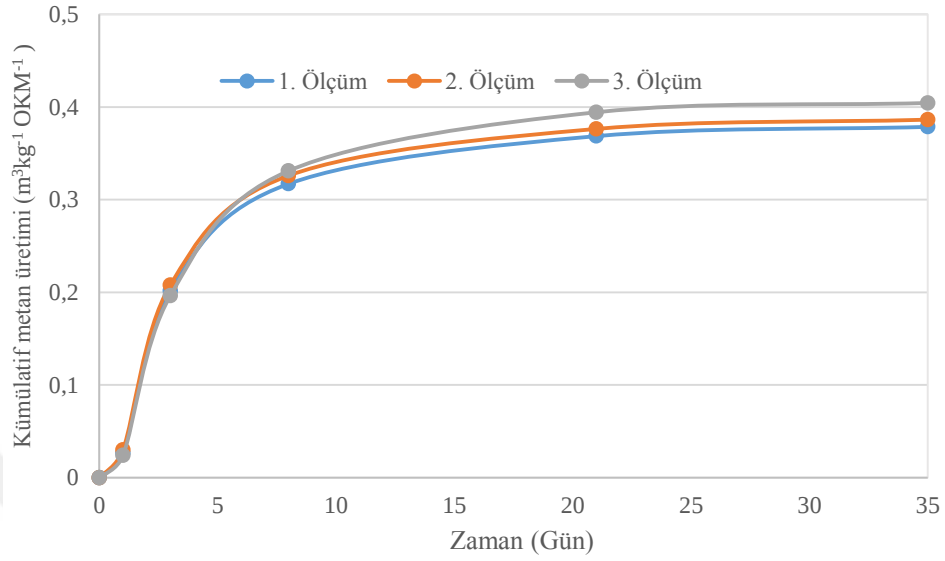
Silaj 1 materyalinin kümülatif özgül metan üretimi, her üç örnek için 1. günde başlamakta, 8. güne kadar hızlı şekilde artmakta, 8.-21. günler arasında artış hızı giderek yavaşlamakta ve organik madde miktarının bitmeye başlaması ve arkeaların tükenmeye başlamasıyla 21.-35. günler arasında hızlı bir şekilde azalıp üretim durma noktasına gelmekte olup maksimum kümülatif üretim 35. günde meydana gelmektedir. Yapılan 3 tekrarlı ölçüm sonucunda kümülatif metan üretim değerleri 1. ölçüm için $0.40 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$, 2. ölçüm için $0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ ve 3. ölçüm için $0.38 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olup ortalama üretim $0.40 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olarak meydana gelmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Silaj 1 materyalinin kümülatif metan üretimi

4.2.3. Silaj 2 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi

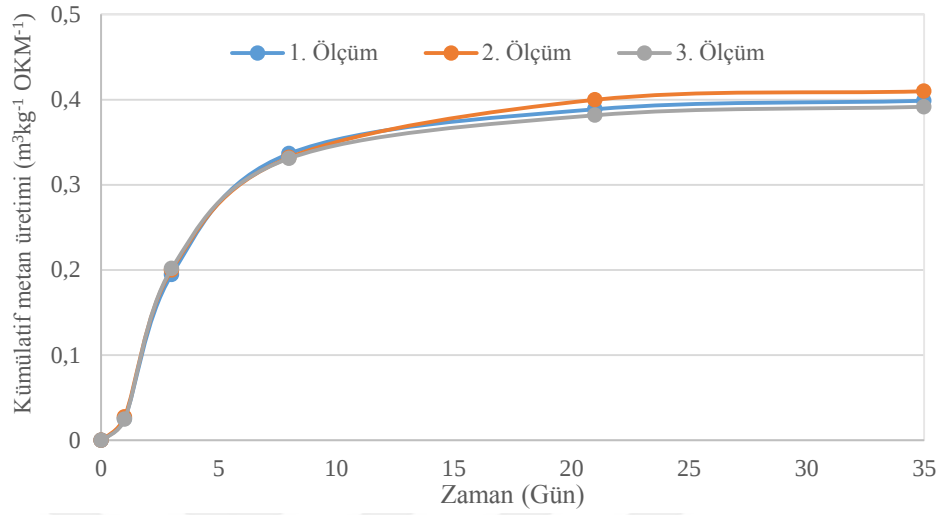
Kümülatif metan üretimi için ölçümler 1., 3., 8., 21. ve 35. günlerde alınmıştır. Metan üretimi 1. günde başlamakta, hidroliz aşamasının olduğu 8. güne kadar hızlı şekilde artmakta, 8-21. günler arasında artış hızı giderek yavaşlamakta ve organik madde miktarının bitmeye başlaması ve arkeaların tükenmeye başlamasıyla 21.-35. günler arasında hızlı bir şekilde azalmakta, üretim durma noktasına gelmekte ve maksimum kümülatif üretim 35. günde meydana gelmektedir. Yapılan 3 tekrarlı ölçüm sonucunda kümülatif metan üretim değerleri 1. ölçüm için $0.37 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$, 2. ölçüm için $0.38 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ ve 3. ölçüm için $0.40 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olup ortalama üretim $0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olarak meydana gelmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Silaj 2 materyalinin kümülatif metan üretimi

4.2.4. Silaj 3 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi

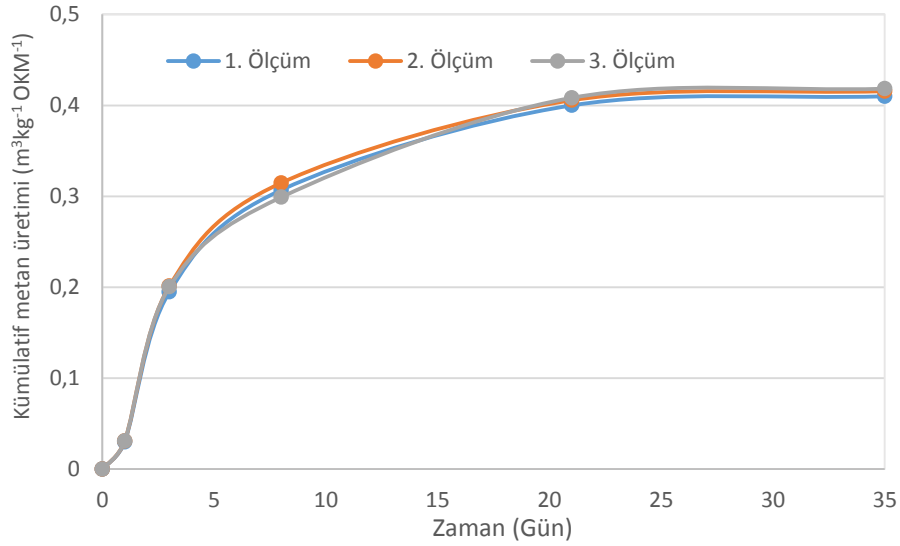
Kümülatif metan üretimi için ölçümler 1., 3., 8., 21. ve 35. günlerde alınmıştır. Metan üretimi 1. günde başlamakta, hidroliz aşamasının olduğu 8. güne kadar hızlı şekilde artmakta, 8.-21. günler arasında artış hızı giderek yavaşlamakta ve organik madde miktarının bitmeye başlaması ve arkeaların tükenmeye başlamasıyla 21.-35. günler arasında hızlı bir şekilde azalmakta, üretim durma noktasına gelmekte ve maksimum kümülatif üretim 35. günde meydana gelmektedir. Yapılan 3 tekrarlı ölçüm sonucunda kümülatif metan üretim değerleri 1. ölçüm için $0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$, 2. ölçüm için $0.40 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ ve 3. ölçüm için $0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olup ortalama üretim $0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olarak meydana gelmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Silaj 3 materyalinin kümülatif metan üretimi

4.2.5. Çim 1 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi

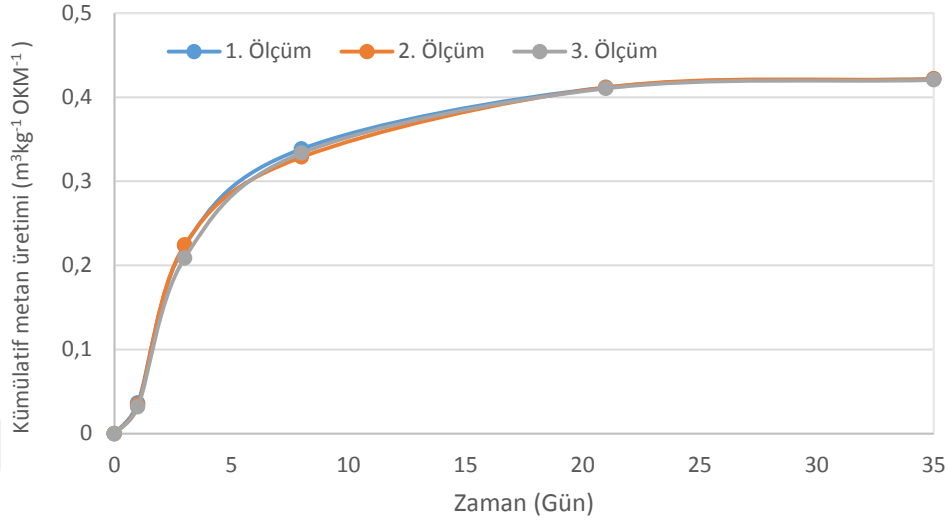
Kümülatif metan üretimi için ölçümler 1., 3., 8., 21. ve 35. günlerde alınmıştır. Metan üretimi 1. günde başlamakta, hidroliz aşamasının olduğu 8. güne kadar hızlı şekilde artmakta, 8.-21. günler arasında artış hızı giderek yavaşlamakta ve organik madde miktarının bitmeye başlaması ve arkeaların tükenmeye başlamasıyla 21-35. günler arasında hızlı bir şekilde azalmakta, üretim durma noktasına gelmekte ve maksimum kümülatif üretim 35. günde meydana gelmektedir. Yapılan 3 tekrarlı ölçüm sonucunda kümülatif metan üretim değerleri 1. ölçüm için $0.41 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$, 2. ölçüm için $0.41 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ ve 3. ölçüm için $0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olup ortalama üretim $0.40 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olarak meydana gelmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Çim 1 materyalinin kümülatif metan üretimi

4.2.6. Çim 2 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi

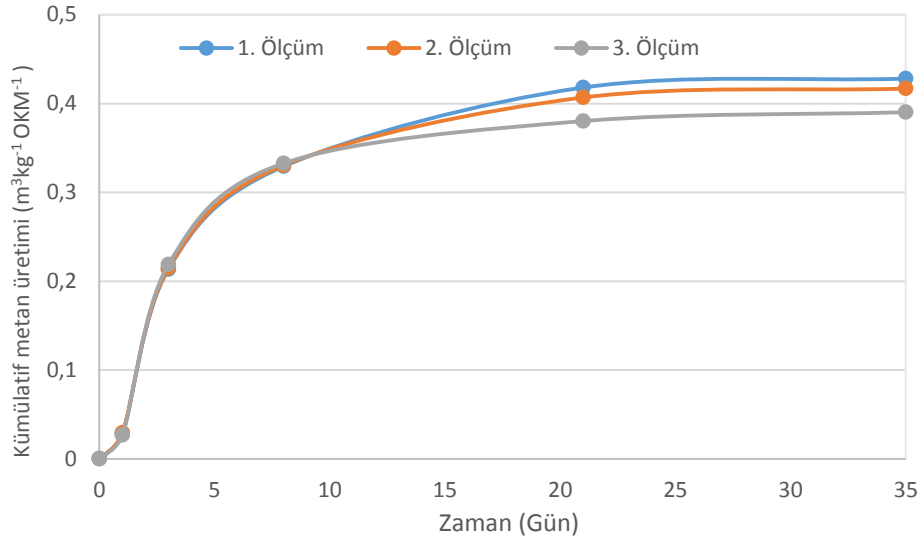
Kümülatif metan üretimi için ölçümler 1., 3., 8., 21. ve 35. günlerde alınmıştır. Metan üretimi 1. günde başlamakta, hidroliz aşamasının olduğu 8. güne kadar hızlı şekilde artmakta, 8.-21. günler arasında artış hızı giderek yavaşlamakta ve organik madde miktarının bitmeye başlaması ve arkeaların tükenmeye başlamasıyla 21.-35. günler arasında hızlı bir şekilde azalmakta, üretim durma noktasına gelmekte ve maksimum kümülatif üretim 35. günde meydana gelmektedir. Yapılan 3 tekrarlı ölçüm sonucunda kümülatif metan üretim değerleri 1. ölçüm için $0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$, 2. ölçüm için $0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ ve 3. ölçüm için $0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olup ortalama üretim $0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olarak meydana gelmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Çim 2 materyalinin kümülatif metan üretimi

4.2.7. Çim 3 Materyalinin Kümülatif Metan Üretimi

Kümülatif metan üretimi için ölçümler 1., 3., 8., 21. ve 35. günlerde alınmıştır. Metan üretimi 1. günde başlamakta, hidroliz aşamasının olduğu 8. güne kadar hızlı şekilde artmakta, 8.-21. günler arasında artış hızı giderek yavaşlamakta ve organik madde miktarının bitmeye başlaması ve arkeaların tükenmeye başlamasıyla 21.-35. günler arasında hızlı bir şekilde azalmakta, üretim durma noktasına gelmekte ve maksimum kümülatif üretim 35. günde meydana gelmektedir. Yapılan 3 tekrarlı ölçüm sonucunda kümülatif metan üretim değerleri 1. ölçüm için $0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$, 2. ölçüm için $0.41 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ ve 3. ölçüm için $0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olup ortalama üretim $0.41 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olarak meydana gelmiştir (Şekil 4.7).

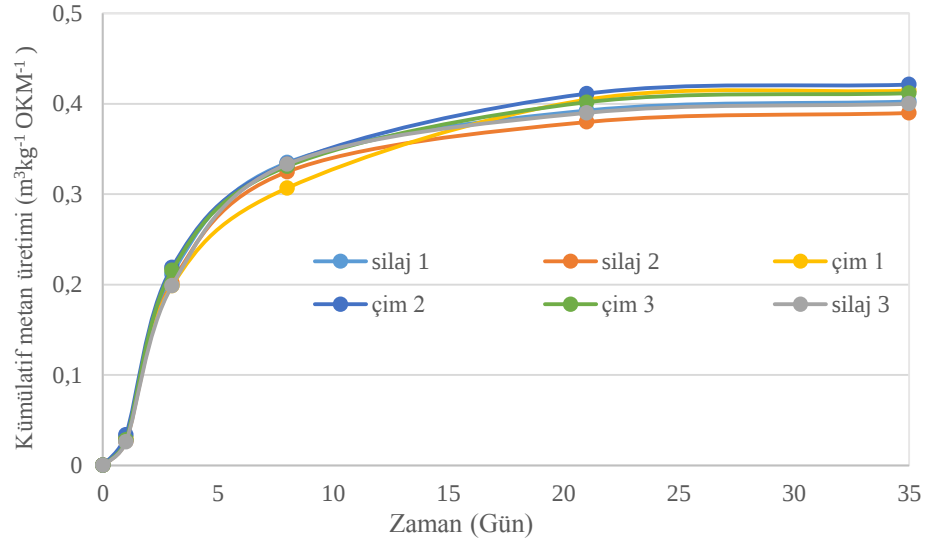


Şekil 4.7. Çim 3 materyalinin kümülatif metan üretimi

4.2.8. Tüm Örneklerin Metan Üretim Ortalamalarının İncelenmesi

Çalışmada ele alınan tüm materyallerin (Silaj 1, Silaj 2, Silaj 3, Çim 1, Çim 2 ve Çim 3); zamana bağlı olarak oluşan ortalama kümülatif özgül metan üretimleri Şekil 4.8’de, ortalama kümülatif özgül metan, biyogaz değerleri ve biyogazdaki metan oranları Çizelge 4.3’de, biyogaz, metan üretimi ve biyogazdaki metan oranlarının varyans analizi Çizelge 4.4’de ve ortalama kümülatif özgül metan ve biyogaz üretimlerinin değişimi Şekil 4.9’da verilmiştir.

Tüm materyallerin ortalama kümülatif metan üretim değerleri $0.39-0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek kümülatif metan üretimi Çim 2’de ($0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) olurken en düşük ise Silaj 3’de ($0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) meydana gelmiştir. Tüm materyallerin ortalama kümülatif biyogaz üretim değerleri $0.65-0.71 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ arasında olup en yüksek kümülatif biyogaz üretimi Çim 2’de ($0.71 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) olurken en düşük ise Silaj 2’de ($0.65 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) meydana gelmiştir (Şekil 4.8; Çizelge 4.3). Biyogazdaki metan oranları %59.01-60.19 arasında değişmiş olup metan oranı; maksimum Silaj 3’de olurken minimum ise Silaj 2’de olmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.8 Tüm ortalamalara ait metan üretim grafiği

Çizelge 4.3. Materyallerin ortalama kümülatif özgül metan, biyogaz değerleri ve biyogazdaki metan oranları

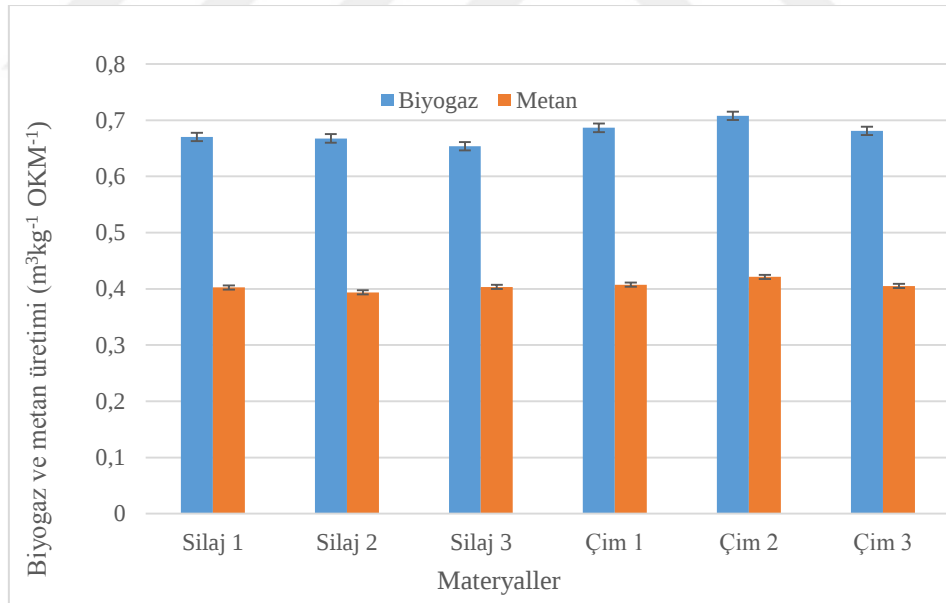
Materyaller	Metan (m ³ kg ⁻¹ OKM ⁻¹)				Biyogaz (m ³ kg ⁻¹ OKM ⁻¹)				Biyogazdaki metan oranı (%)
	Ölçümler			Ort. ±Std hata	Ölçümler			Ort. ±Std hata	
	1	2	3		1	2	3		
Silaj 1	0.41	0.42	0.38	0.40±0.009a	0.67	0.70	0.64	0.67±0.012a	60.04a
Silaj 2	0.39	0.40	0.39	0.39±0.009a	0.68	0.68	0.64	0.67±0.009	59.01a
Silaj 3	0.41	0.41	0.39	0.40±0.004a	0.63	0.69	0.65	0.65±0.013	60.19a
Çim 1	0.41	0.42	0.40	0.41±0.004a	0.69	0.69	0.67	0.69±0.004	59.30a
Çim 2	0.42	0.42	0.42	0.42±0.001a	0.71	0.70	0.71	0.71±0.001	59.52a
Çim 3	0.41	0.42	0.39	0.41±0.006a	0.67	0.71	0.67	0.68±0.009	59.48a

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

Yapılan istatistiksel karşılaştırmada ele alınan tüm materyallerin kümülatif özgül metan, biyogaz değerleri ve biyogazdaki metan oranları önemli düzeyde ($P \leq 0.05$) farklılık meydana gelmemiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4.4. Materyallerin biyogaz, metan üretimi ve biyogazdaki metan oranlarının varyans analizi

Metan/biyogaz	Varyasyon kaynağı	SD	KT	KO	F değeri	SHO
Metan ($\text{m}^3\text{kg}^{-1}\text{OKM}$)	Gruplar arası	.001	5	.000	1.552	.246
	Gruplar içinde	.002	12	.000		
	Toplam	.003	17			
Biyogaz ($\text{m}^3\text{kg}^{-1}\text{OKM}$)	Gruplar arası	.005	5	.001	2.302	.110
	Gruplar içinde	.005	12	.000		
	Toplam	.011	17			
Biyogaz içindeki metan oranı (%)	Gruplar arası	14.681	5	2.936	1.062	.427
	Gruplar içinde	33.170	12	2.764		
	Toplam	47.851	17			



Şekil 4.9. Materyallerin ortalama kümülatif özgül metan ve biyogaz üretimlerinin değişimi

Chiumenti ve ark., (2018) yaptıkları araştırmada bahar ve yazın oluşan çim atıklarının metan ve biyogaz içerisindeki metan oranlarını belirlemişlerdir. Araştırmada metan üretimi bahar ayında biçilen çimlerden $0.31 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ olurken yaz ayında biçilen çimlerden $0.34 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ ve biyogaz içerisindeki metan değerleri de maksimum %55 olmuştur. Mahnert

ve ark., (2005), farklı türdeki çimlerden BMP ve yarı kesikli sistemle metan, biyogaz ve metan içerisindeki metan oranını belirlemişlerdir. Çalışmada biyogaz üretim değerleri $0.65-0.86 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$, metan üretim değerleri $0.31-0.36 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ ve biyogaz içerisindeki metan değerleri %59-63 arasında değişmiştir. Nizami ve ark., (2012), çimlerden yaklaşık 35 gün bekletilerek çim silajı elde ettikten sonra bu silajların metan üretimlerini ve biyogaz içerisindeki metan oranlarını farklı yöntemlerle araştırmışlardır. Çalışma sonucunda metan üretim değerlerini $0.36-0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ arasında ve biyogaz içerisindeki metan oranını %54 olarak belirlemişlerdir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, elde edilen metan üretimleri Nizami ve ark., (2012) ile aynı aralıkta iken diğer yapılan çalışmalardan yüksek bulunmuştur. Bu farklılıkların olması çimlerin farklı zamanlarda kesilmiş olması, kimyasal içerik farklılığı, mevsimsel farklılık, silaj yapılması ve aşı içeriklerinden kaynaklanabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde özellikle yaz aylarında belli aralıklarla biçilen ve önemli bir potansiyele sahip olan çim atıkları ve bu atıkların silaj yapılarak değerlendirilmesine yönelik yapılan bu çalışmada elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- Protein (%17.49) oranı en yüksek Çim 3’de iken en düşük protein (%16.93) oranı Silaj 2’de oluşmuştur.
- Yağ (%5.13) oranı en yüksek Silaj 1’de iken en düşük yağ (%3.17) oranı Çim 1’de meydana gelmiştir.
- NDF (%68) oranı en yüksek Çim 1’de iken en düşük NDF (%46) oranı Silaj 1-3’de meydana gelmiştir.
- ADF (%41) oranı en yüksek Çim 1’de iken en düşük ADF (%29) oranı Silaj 1-3’de oluşmuştur.
- KM (%90.92) oranı en yüksek Çim 2’de iken en düşük KM (%82.21) oranı Silaj 3’de oluşmuştur.
- OKM (%92.59) oranı en yüksek Silaj 2’de meydana gelirken en düşük OKM (%85.90) Çim 3’de oluşmuştur.
- Tüm materyallerin ortalama kümülatif metan üretim değerleri $0.39-0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ arasında değişmiştir.
- Kümülatif metan üretimi en yüksek Çim 2’de ($0.42 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) olurken en düşük ise Silaj 3’de ($0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) meydana gelmiştir.
- Tüm materyallerin ortalama kümülatif biyogaz üretim değerleri $0.65-0.71 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$ arasında olmuştur.
- Kümülatif biyogaz üretimi en yüksek Çim 2’de ($0.71 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) olurken en düşük ise Silaj 2’de ($0.65 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ OKM}^{-1}$) meydana gelmiştir.
- Biyogazdaki metan oranları %59.01-60.19 arasında değişmiş olup maksimum metan oranı Silaj 3’de olurken minimum ise Silaj 2’de olmuştur.
- Çim materyalleri ve bu materyallerden yapılan silajdan oluşan metan, biyogaz ve metan oranı arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.
- Çim ve silaj materyallerinin kimyasal parametrelerinde önemli farklılık oluşmuştur.

Bu çalışmayla ilgili öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir

- Yaz aylarında oluşan çim atıkları biyogaz üretim tesislerinde mevsimsel olarak kullanılabilmesinin yanı sıra bu atıklardan silaj yapılarak yaz ayları dışında yine biyogaz üretim materyali olarak kullanılabilir.
- Çim ve çim silajı materyalleri biyogaz üretimi için süreklilik sağlayabilecek materyal olarak kullanılabilir.
- Günümüzde hayvan atıklarına yönelik biyogaz tesisi kurulmasından dolayı, çim materyalleri hayvan atıkları ile belli oranda karışım yapılarak biyogaz ve metan üretim değerleri belirlenebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2011. Türkiye'de Biyogaz Yatırımları İçin Geçerli Koşulların ve Potansiyelin Değerlendirilmesi. Türk-Alman Biyogaz Projesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Akova, İ. 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları (1. Basım). Nobel Yayın No: 1294, Ankara.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. US.
- Arıcı, Ş., 2009. Biyogaz üretiminde farklı tarımsal atıkların birlikte fermentasyonunun biyokimyasal parametreler açısından incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir.
- Aybek, A., Üçok, S., İspir, M. A., Bilgili, M. E., 2015. Türkiye’de Kullanılabilir Hayvansal Gübre ve Tahıl Sap Atıklarının Biyogaz ve Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12 (03): 109-12.
- 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, 10 (4): 207-215.
- Aybek, A., Albayram, L. G., Üçok, S., 2019. Co-fermentation of processed orange wastes with cattle manure. KSU J Eng Sci, 22 (Special Issue): 109-117.
- Angelidaki I, Ellegaard L., Ahring, B. K., 2003. Application of the anaerobic digestion process. Advances in biochemical engineering/biotechnology biomethanation, 82:189-194.
- Arkutman, F., 2003. Atıksu Arıtımı ve Arıtma Teknikleri. Bilim ve Teknik 428:42-52.
- Bayrakçıken, H., 2007. Biyogaz Üretim Sistemi Tasarımı ve Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Bilgili, A. V., Yıldız, O., Yıldız, O., Bilgili, A., 2011. Kompost ve Biyogaz Tesisi Fizibilite Raporu. Şanlıurfa.

- Chiumenti, A., Boscaro, D., Da Borso, F., Sartori, L., & Pezzuolo, A. (2018). Biogas from fresh spring and summer grass: Effect of the harvesting period. *Energies*, 11(6), 1466.
- Christy P.M., Gopinath, L.R., Divya, D., 2014. A review on anaerobic decomposition and enhancement of biogas production through enzymes and micro organisms. *Renew Sustain Energy Rev.* 34: 167–173.
- Dağtekin, M., Aybek, A., Üçok, S., Beyaz, A., 2018. The effect of adding corn silage at different ratios to orange and tangerine wastes on biogas production efficiency. *Ankara University Faculty of Agriculture, Journal of Agricultural Sciences* 24 (4): 531-538.
- De Moor, S., Velghe, F., Wierinck, I., Michels, E., Ryckaert, B., De Vocht, A., Meers, E., 2013. Feasibility of grass co-digestion in an agricultural digester, influence on process parameters and residue composition. *Bioresource technology*, 150, 187-194.
- Eryaşar, A., 2007. Kırsal Kesime Yönelik Bir Biyogaz Sisteminin Tasarımı, Kurulumu, Testi ve Performansına Etki Eden Parametrelerin Araştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Fanchi, J.R ., 2011. *Energy in the 21st Century*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 5 Toh Tuck Link, Singapore 596224.
- Mähnert, P., Heiermann M., Linke B., 2005. Batch- and semi-continuous biogas production from different grass species *Agricultural Engineering International*, VII (December), pp. 1-11 the CIGER journal.
- Mahnert, P., Heiermann, M., & Linke, B. (2005). Batch-and semi-continuous biogas production from different grass species. Erişim: 20.12.2022 <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/10439/EE%2005%20010%20Mahnert%20final%2020Dec2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- McEniry, J., Allen, E., Murphy, J. D., O'Kiely, P., 2014. Grass for biogas production: the impact of silage fermentation characteristics on methane yield in two contrasting biomethane potential test systems. *Renewable Energy*, 63, 524- 530.
- Nizami, A. S., Orozco, A., Groom, E., Dieterich, B., Murphy, J.D., 2012. How much gas can we get from grass?. *Applied Energy*, 92, 783-790.

- Onursal, E., Ekin, K., Oechsner, H., 2011. Biogas Production Potential of Rose Oil Processing Wastes and Quail Manure in Türkiye: Assessment by Hohenheim Batch Test. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 7(4): 393-398.
- Öztürk, M., 2005. Hayvan gübresinden biyogaz üretimi. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 5, 8-18.
- Peyman, A., Jeng, S.L, Wai, S.L., Chew, T.L., 2016. Potential of Biogas Production from Farm Animal Waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60: 714-723.
- Sabuncu, Ö.C., 2010. Biyogaz Üretiminin Teknik, Ekonomik Ve Çevresel Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Salman, A., 2013. Çim Alanların Tesisi. *Plant Peyzaj ve Süs Bitkiciliği Dergisi*.
- Üçok, S., 2020. Büyükbaş hayvan gübresi ve makroalg (*cladophora* sp.) atıklarının ko-fermantasyonu ile biyometan üretimi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 139s.
- 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*.
- Yıldız, O., 2004. Biyogaz Teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi Yayın No: 78, 181s, Antalya.
- Wang, S., Ruan, Y., Zhou W., Li, Z., Wu J., Liu, D., 2017. Net energy analysis of small-scale biogas self-supply anaerobic digestion system operated at psychrophilic to thermophilic conditions, *Journal of Cleaner Production*, 174, 226 - 236.

ÖZGEÇMİŞ

