



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KAHVE TELVESİ VE ÇAY POSASI ATIKLARININ BİYOGAZ
ÜRETİM POTANSİYELİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burcu ÇAL

DANIŞMAN

Doç. Dr. Melayib BİLGİN

AKSARAY, 2021

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 172301408 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Burcu ÇAL tarafından hazırlanan “KAHVE TELVESİ VE ÇAY POSASI ATIKLARININ BİYOGAZ ÜRETİM POTANSİYELİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Melayib BİLGİN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Burcu ÇAL

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans tez çalışmam boyunca ilgisini, desteğini, emeğini, bilgi birikimini ve tecrübelerini benden esirgemeyen, sevgili tez danışmanım ve hocam Doç. Dr. Melayib BİLGİN ve her zaman bilgi ve deneyimlerini paylaşan, yönlendiren Dr. Öğr. Üyesi Şevket TULUN hocama en içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Aldığım her kararda beni destekleyen, çıktığım her yolda varlıklarını hissettiren, bugünlere gelmemde emekleri yadsınamayacak annem Ayşe ÇAL, babam Şenel ÇAL ve her daim iyi ki tanışmışım dediğim manevi annem Fatma SEÇER'e teşekkür ederim.

Burcu ÇAL
AKSARAY, 2021

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	1
1.1.1 Güneş enerjisi.....	2
1.1.2 Rüzgar enerjisi	3
1.1.3 Jeotermal enerjisi	4
1.1.4 Hidrolik enerji	4
1.1.5 Dalga enerjisi	5
1.1.6 Biyokütle enerjisi	6
1.2 Biyogaz	6
1.3 Atıklar	9
1.4 Kahve	10
1.4.1 Türk kahvesi.....	12
1.4.2 Kahve telvesi atıkları.....	13
1.4.3 Kahve telvesinin yapısal özellikleri	14
1.5 Çay	15
1.5.1 Çay posası atıkları	18
1.5.2 Çay posasının yapısal özellikleri.....	18
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	20
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	26
3.1 Numunelerin Temini ve Hazırlanması	26
3.2 Analitik Yöntemler.....	26
3.2.1 Nem tayini	26
3.2.2 Organik madde tayini	27
3.2.3 Askıda katı madde tayini.....	27
3.2.4 pH tayini.....	28
3.2.5 Kimyasal oksijen ihtiyacı tayini.....	29
3.2.6 Çamur hacim indeksi	29
3.2.7 Toplam organik karbon tayini	30
3.2.8 Anyon tayini.....	30
3.2.9 Biyokimyasal metan potansiyel analizi.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	32
4.1 Nem Tayini.....	32
4.2 Organik Madde Tayini	32
4.3 Askıda Katı Madde (AKM) Tayini	32
4.4 pH Tayini	32
4.5 Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Tayini.....	33
4.6 Çamur Hacim İndeksi	33
4.7 Toplam Organik Karbon (TOC) Analizi.....	34
4.8 Anyon Tayini	34
4.9 Biyokimyasal Metan Potansiyel (BMP) Analizi.....	35
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43

KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	52



YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAHVE TELVESİ VE ÇAY POSASI ATIKLARININ BİYOGAZ ÜRETİM POTANSİYELİ

Burcu ÇAL

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Melayib BİLGİN

ÖZET

Her geçen gün ülkemizde ve Dünya’da artan atık üretim hızımıza ek olarak bu atıkları neler yapabileceğimiz konuları da gündeme gelmektedir. Atıkların yönetimi, her alanda çıkan atıkların ayrı ayrı ve türlerine göre toplanarak değerlendirilmesi günden güne önem kazanmaktadır. Ayrıca bu atıklardan enerji elde edilmesi ekonomik olarak yarar sağlayacaktır.

Ülkemizde tüketimi en fazla olan kahve ve çay içeceklerinin, içildikten sonra kalan kahve telvesi ve çay posası atıklarının da fazla olacağı tahmin edilebilmektedir.

Bu bağlamda bu çalışmada, kahve telvesi ve çay posası atıklarının biyogaz üretim potansiyeli araştırılmıştır. Atıkların karakterizasyon analizleri yapılmış ve çeşitli kombinasyonlarla biyokimyasal metan potansiyelleri ölçülmüştür. Çay posası atıklarının biyogaz üretim potansiyelinin kahve telvesine göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Çayın demlenmeden önceki hali ile kahvenin pişirilip içilmeden önceki halleri ile çay posası ve kahve telvesi halleri arasında karşılaştırma yapıldığında ise, çay posasının ham çaya göre metan potansiyelinin daha fazla olduğu, ancak kahve telvesinin ham kahveye göre metan üretim potansiyelinin daha az olduğu tespit edilmiştir. Aşı kullanılan numunelerde daha fazla metan çıkışı gözlemlenmiştir.

Daha sonraki çalışmalar için, her iki atığa ön işlemlerin uygulanmasının biyogaz verimini arttıracığı düşünülmektedir. Ayrıca çay posası ve kahve telvesinin selülozik ve protein analizlerinin de yapılmasının yarar sağlayacağı önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, Kahve telvesi, Çay posası, Atık, Biyokütle.

Haziran, 2021; 52 sayfa

M. Sc. THESIS

**BIOGAS PRODUCTION POTENTIAL OF COFFEE GROUND AND TEA
PAST WASTE**

Burcu ÇAL

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Melayib BİLGİN

ABSTRACT

In addition to the increasing rate of waste production in our country and in the world, the issues of what we can do with these wastes are also on the agenda. The management of wastes and the collection and evaluation of wastes in each area separately and according to their types gain importance day by day. In addition, obtaining energy from these wastes will be economically beneficial.

It can be estimated that coffee and tea beverages, which are the most consumed in our country, will also have more coffee grounds and tea pulp wastes after drinking.

In this context, in this study, the biogas production potential of coffee grounds and tea pulp wastes was investigated. Characterization analyzes of the wastes were made and biochemical methane potentials were measured with various combinations. It has been observed that the biogas production potential of tea pulp waste is higher than that of coffee grounds. When the state of tea before brewing is compared with the state of coffee before it is cooked and drunk, it has been determined that the methane potential of the tea residue is higher than the raw tea, but the methane production potential of the coffee grounds is less than the raw coffee. More methane output was observed in the samples using the vaccine.

For further studies, it is thought that pre-treatment of both wastes will increase the biogas yield. In addition, it is suggested that cellulosic and protein analyzes of tea pulp and coffee grounds will be beneficial.

Keywords: Biogas, Coffee ground, Tea pulp, Waste, Biomass.

June, 2021; 52 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Atık hiyerarşisi	10
Şekil 1.2. Kahve ağacı ve meyveleri.....	11
Şekil 1.3. Kahve bitkisi ve yapısı.....	12
Şekil 1.4. Çay bitkisi.....	16
Şekil 3.1. Organik madde tayini	27
Şekil 3.2. Aşı çamuru için AKM tayini	28
Şekil 3.3. KOİ deneyi öncesi seyreltme işlemleri ve DAS ile titrasyon	29
Şekil 3.4. Numunelerin inkübe edilmesi.....	29
Şekil 4.1. Yer değiştirme yöntemiyle metan ölçümü.....	35
Şekil 4.2. 1 numaralı numune BMP analiz sonuç grafiği	36
Şekil 4.3. 4 numaralı numune BMP analiz sonuç grafiği	37
Şekil 4.4. 7 numaralı numune BMP analiz sonuç grafiği	37
Şekil 4.5. 10 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği	38
Şekil 4.6. 13 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği	38
Şekil 4.7. 16 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği	39
Şekil 4.8. 19 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği	39
Şekil 4.9. 22 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği	40
Şekil 4.10. 25 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği	40
Şekil 4.11. 26 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği	41
Şekil 4.12. BMP analiz sonuçlarının karşılaştırılması	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Biyogaz üretiminde kullanılan bazı hammaddelerin özellikleri.....	8
Çizelge 1.2. Kahve telvesinin kimyasal bileşimi	14
Çizelge 1.3. Kahve telvesinin yapısında bulunan mineraller	15
Çizelge 1.4. Çay yaprağının %kuru maddede bileşimi.....	17
Çizelge 1.5. Kuru temel üzerinden çay posasının elementel analizi	19
Çizelge 4.1. %Nem sonuçları	32
Çizelge 4.2. %Organik madde (kuru maddede).....	32
Çizelge 4.3. Anaerobik aşı çamuru için AKM sonucu	32
Çizelge 4.4. pH tayini	36
Çizelge 4.5. Ham numune ve BMP sonrası çözünmüş KOİ.....	33
Çizelge 4.6. Anaerobik aşı çamuru için AKM sonucu	33
Çizelge 4.7. TOC ve TN (toplam azot) sonuçları	36
Çizelge 4.8. Anyon tayini sonuçları	34
Çizelge 4.9. Hazırlanan numunelerin içerikleri	36

SİMGELER VE KISALTMALAR

AKM	Askıda katı madde
BMP	Biyokimyasal metan potansiyeli
BOİ	Biyolojik oksijen ihtiyacı
BOİ5	5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı
C	Karbon
CaCO₃	Kalsiyum karbonat
CH₄	Metan
CO₂	Karbondioksit
Cu	Bakır
ÇAYKUR	Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü
Çİİ	Çamur hacim indeksi
DAS	Demir amonyum sülfat
DM	Kuru madde içeriği
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GW	Gigawatt
H	Hidrojen
H₂O	Su
H₂S	Hidrojen sülfür
KOH	Potasyum hidroksit
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
KW	Kilowatt
LPG	Sıvılaştırılmış petrol gazı
MW	Megawatt
N	Azot
NaHCO₃	Sodyum bikarbonat
O	Oksijen
ODM	Organik kuru madde içeriği
RES	Yenilenebilir enerji kaynakları
S	Kükürt
TOC	Toplam organik karbon
UKM	Uçucu katı madde
ICO	International Coffee Organization
Zn	Çinko
°C	Santigrat derece
%	Yüzde
µm	Mikro metre
g	Gram
h	Saat
kg	Kilogram
L	Litre
m	Metre
mm	Milimetre
mL	Mililitre
m²	Metrekare

1. GİRİŞ

Enerji, son zamanlarda kamuoyunun en çok konuştuğu ve üzerinde durduğu gündem maddelerinden biridir (World Energy Outlook, 2006; Shell Energy Scenarios to 2050, 2008). İnsanlık tarihinin hiç bir döneminde enerji göz ardı edilmemiştir. Ve enerji göz ardı edilerek gerçekleştirilen bir gelişme olmamıştır. Her ne şekilde olursa olsun ilerlemenin en temel gücü enerji olmuştur. Günümüzde enerji kalkınmışlığın bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ayrıca ülkelerin gelişmişliği kişi başına düşen enerji miktarı ile ölçülmektedir (Kaya, 1999).

Bir başka yönden enerji, insanoğlunun en önemli sorunlarından birisi olurken, 2.4 milyar insan ısınma ve pişirme ihtiyaçlarını odun, tarımsal atıklar, hayvan gübresi gibi geleneksel biyokütle ile karşılamaktadır (Kavak, 2012).

Dünyada 2018 verilerine göre kaynak bazında birincil enerji tüketiminin %81'ini fosil yakıtlar oluşturmaktadır (World Energy Outlook, 2019). Ayrıca ülkemiz fosil kökenli yakıtlara alternatif olabilecek kaynaklara yüksek oranda sahip olduğu halde, kaynakların kullanım oranı da oldukça düşüktür (Gül, 2014).

Enerji kaynakları, oluşumlarındaki zaman sürecinin uzunluğu bakımından yenilenemez enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlardan ilki, meydana gelişleri çok uzun yıllar alan petrol, kömür, doğal gaz gibi klasik enerji kaynakları ile ağır radyoaktif atomların oluşturduğu yenilenemez enerji kaynaklarıdır (Acaroğlu ve Ültanır, 2000). İkincisi ise su, güneş, jeotermal, rüzgar, gel-git, dalga ve biyokütle gibi yenilenemez enerji kaynaklarına göre daha az sürede oluşan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

1.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları temiz enerji olarak kabul edilmekte (Xu vd., 2013) ve çevre dostu yapıları nedeniyle büyük önem taşımaktadır (Saleh vd., 2014), (Qu vd., 2011).

Temiz bir çevre bilincinin artmasıyla, fosil yakıtlara geleneksel bağımlılığın karbondioksit (CO₂) emisyonlarına, sera gazı sorunlarına ve çevre kirliliğine yol açtığı görülmektedir (Lucas vd., 2018, Trop ve Goricanec, 2015). Fosil kökenli yenilenemez

enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükenecek olması da, bu kaynakların verimli olarak kullanımının yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarının da daha etkin ve yaygın bir şekilde kullanımını gerektirmektedir (Eyidoğan, 2008).

Son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynakları (RES) ile ilgili çalışmalar mutlak ve göreceli olarak artmıştır (Rizzi vd., 2014). Aşırı enerji talebini karşılamak için şu anda konvansiyonel yakıtların yerini RES ile değiştirme eğilimi bulunmaktadır (Borovik ve Albers, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynakları yok olmaz ve doğal bir şekilde kendini yenileyebilir. Bu özellik yenilenebilir enerji kaynaklarını diğer enerji kaynaklarından ayıran en önemli özelliktir. Bu kaynakların tek olumsuz yönü ise depolanabilir olmamasıdır (Dil, 2019).

1.1.1 Güneş enerjisi

George W. Crabtree ve Nathan S. Lewis'in Güneş Enerjisi Dönüşümü adlı çalışmalarında, Güneş, buharlaşma döngüsü ve atmosferik akımlara güç verecek kadar, nehir akışlarını yönlendirecek kadar Dünya'ya şaşırtıcı miktarda enerji sağlar. 1906'daki 7.8 büyüklüğünde San Francisco depremi, Güneş'in bir saniyede Dünya'ya sağladığı miktardaki, tahmini 10^{17} joule enerji açığa çıkardı. İnsanların yılda kullandığı enerji miktarı, yaklaşık 4.6×10^{20} joule, Güneş tarafından bir saat içinde Dünya'ya teslim edilir. Güneş'in sürekli olarak Dünya'ya sağladığı muazzam güç, 1.2×10^5 terawatt, yenilenebilir veya yenilenemez diğer tüm enerji kaynaklarını gölgede bırakır ifadeleriyle güneşin sahip olduğu enerjinin büyüklüğü gözler önüne serilmektedir. Bu kaynağın büyüklüğü, geniş kullanılabilirliği, çok yönlülüğü, çevre ve iklim üzerindeki olumlu etkileri onu çekici bir enerji kaynağı haline getirmektedir (Crabtree ve Lewis, 2007).

Sahip olduğu konum nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye'nin, ortalama toplam ışıınım şiddeti $1.311 \text{ kWh/m}^2 \text{ yıl}$ (günlük toplam 3.6 kWh/m^2) ve ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin ise 2.640 saat (günlük toplam 7.2 saat), olduğu tespit edilmiştir (Eldem, 2017).

Güneş enerjisinin ağırlıklı olarak kullanıldığı alanlar; fabrikalar ve endüstriyel alanlar, sıcak su üretiminde, trafik lambaları, işaret lambaları ve sokak lambalarında, seralarda

yetişen meyve ve sebzelerin ısıtılmasında, elektrik enerjisi üretiminde gibi birçok alanda kullanılmaktadır (URL-1).

1.1.2 Rüzgar enerjisi

Rüzgâr, yeryüzünün eşit şekilde olmayan ısınma ve soğuma faktörlerinden dolayı oluşan kuvvetlerin meydana getirdiği hava hareketleri olarak nitelendirilmektedir. Hava akımının sahip olduğu hava hareketleri dolayısıyla rüzgar meydana gelmektedir. Havanın dünyada hareket etmesinde etkili olan kuvvetler; basınç gradyan kuvveti, Coriolis kuvveti, merkezkaç kuvveti, sürtünme kuvvetleri olarak tanımlanmaktadır (Elibüyük ve Üçgül, 2014).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisi, çevre bakımından da temiz bir enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Bu enerjiyi diğer enerji türlerine dönüştüren teknoloji, diğer güç kaynaklarına göre daha ekonomiktir (İlkılıç, 2016).

Rüzgar enerjisinin, atmosferde serbest ve bol olarak bulunması, elde edilmesi kolay ve çevre kirliliği olmayan temiz bir enerji kaynağı olması bazı avantajlarındandır. Güneş ve dünya var olduğu sürece var olacak bu enerjiden yararlanmak için başka bir enerji şekline dönüştürülmesi gerekir. Rüzgar enerjisinin önce mekanik sonra elektrik enerjisine dönüştürülmesi gerekmektedir. Rüzgardan elde edilebilecek enerji, ‘Betz teoremi’ne göre rüzgar hızının üçüncü kuvveti ile orantılı olarak değişmektedir. Küresel ısınmaya neden olan gazların, atmosfere salınmasını azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve kullanılmasına önem verilmektedir (Gourieres, 1982; Hepbasli, 2004).

Rüzgar enerjisinden dünyada ilk kez Mısır’da kayıkların bir sahilden diğer sahile yüzdürülmesi için yararlanılmıştır. Milattan önce 200 yılında ilk olarak bir eksene tutturulmuş pervanelerle dönüş hareketi üreten bir makine şeklinde çalışan yel değirmenlerinin yapıldığı da söylenmektedir. Yel değirmenleri milattan sonra 10. yüzyıla kadar Afganistan ve İran’da değirmenlerde tahıl öğütme işlerinde kullanılmıştır. Yel değirmenleri hakkındaki ilk yazılı kaynaklara 12. yüzyılda rastlanmaktadır. 1889 yılında Amerika’da yel değirmeni üretimi yapan fabrikalar kurulmuştur. Yel değirmenlerinin çok kanatlı olanlarına ise 19. yüzyılın ikinci yarısında Amerika’da yapılmaya başlanmıştır (Frandsen, 1992).

1.1.3 Jeotermal enerjisi

Jeotermal kaynak; yer kabuğunda biriken sıcaklığın meydana getirdiği su, sıcaklık, gaz ve buharlardır. Jeotermal enerji ise yer altında mevcut halde bulunan enerjinin, taşınması durumunda belirli alanda depolanması ve bu depolardan buhar, kuru buhar ve su ile kızgın kuru kayalardan temin edilen enerjidir (Süren, 2012: 28).

Jeotermal enerji, jeotermal kaynaklardan direkt olarak yararlanmayı ifade etmektedir. Düşük ısıya sahip alanların ısınması içi, endüstride ve kimyasal olarak madde üretimleri için kullanılmaktadır. Reenjeksiyon koşullarına ele alınarak ısıtma unsurları da enerji kapsamında üretilmektedir (Kılıç ve Kılıç, 2013: 48).

Kaynak bulunamaması, projelerin uzun zaman alması jeotermal sektörünün gelişmesini zorlaştırmaktadır. Fakat tüm olumsuzluklara rağmen teknolojik atılımlar aktif bir şekilde hareket etmektedir (World Energy Council, 2018: 18)

Türkiye jeotermal enerjiye sahip ilk 10 ülke arasında yer almaktadır (World Energy Council, 2018) Ülkemizde yenilenebilir enerjiler arasında son dönemde en çok dikkat çeken temiz enerji türlerinden biridir. Jeotermal kaynaklarımız sıcaklıklarına bağlı olarak farklı amaçlara hizmet etmek üzere değerlendirilmektedir. Ayrıca, jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretimi ve gelecek yıllarda kapasitesinin artırılması büyük önem taşımaktadır. Diğer alanlar içinde soğutma ve ısıtma amaçlı olarak; örneğin konutlar, termal tesisler ve seraların ısıtılması suretiyle sağlık-tedavi, termal turizm ve genel turizm amaçları ile kullanılmaktadır. Bir başka uygulama sahası da endüstriyel uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Örnek verecek olursak; kurutma, proses ısısı temini, kimyasal madde ve mineral üretimi gibi. Tüm bunlara ek olarak düşük sıcaklıklarda mantar üretimi, kültür balıkçılığı ve mineralli su olarak kullanım alanları da bulunmaktadır (URL-2).

1.1.4 Hidrolik enerji

Dünya var olduğundan bu yana varlığını sürdüren su, insanlar için önceleri sadece su ihtiyacını karşılamak ve tarım için kullanılsa da zamanla denizler üzerine kurulan gemiler sayesinde, ulaşımı kolaylaştırması ve elektriğin bulunması ile birlikte de potansiyelinin kullanılarak elektrik üretilmesi gibi alanlarda kullanılması su kaynaklarının önemini arttırmıştır. Su gücünün potansiyelinin keşfedilmesi çok öncelere dayansa da elektrik enerjisi üretiminde kullanılması çok sonraları başlamıştır.

Bununla ilgili ilk alışmalar Ekim 1881’de Wey Nehri üzerinde yapılmıştır. Ve “Central Power Station” adlı ilk hidroelektrik santral kurulmuştur (YEK, 2016).

Hidrolik enerjisinin tercih edilmesinin sebebine baktığımızda ise öncelikli olarak bu enerji kaynağının yüksek potansiyele sahip olması, kurulduklarında yüksek verimlilikle çalışmaları ve gerekli alanlarda tarımda sulama içinde kullanılıyor olabilesidir (Dinçer vd. 2017).

1.1.5 Dalga enerjisi

Son yıllarda, ön plana çıkan yenilenebilir kaynak dalga enerjisidir. Dalga enerjisi, denizlerde oluşan dalgaların hareketinden elde edilen enerji türü olarak tanımlanabilir. Okyanus ve deniz dalgalarındaki enerji üretimi, dalga enerjisi türbinlerinin inşa edilmesiyle gerçekleşmiş olur. Bu türbinler dalgaların dalga basınçları ve yüzey hareketlerinden faydalanarak enerji üretmektedir. Dalga enerjisinin doğaya hiçbir zararı bulunmamakta olup, çevreyi kirletmez, ekosisteme zarar vermez (URL-3).

Türkiye kıyılarının sadece 1/5’inden yararlanarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli, 18.5 milyar kWh olarak tahmin edilmektedir. Bu da enerji ihtiyacımızın yaklaşık % 13’ne denk gelmektedir (Pehlivan, 2003). Türkiye’nin sahip olduğu denizlerdeki dalga oluşumları ve dalgaların sahip oldukları özellikler bakımından en verimli alan Karadeniz kıyı şerididir. Türkiye’de yenilenebilir enerji potansiyeli bulunan ve enerjiyi kullanım alanına aktarımın kolay olabileceği yreler tespit edilmelidir. Bu kısımlardaki potansiyel enerji değerleri hesaplanmalı ve uygun olan yerlere en kısa zamanda yatırımlar yapılmalıdır (Uygur vd., 2006).

Okyanus ve denizlerde oluşan dalgaların enerjileri sanılandan çok daha yüksektir. İşte bu durum son zamanlardaki çalışmaların artmasının en önemli nedenleri arasındadır. Örneğin; İngiliz ve İskoçya adalarının çevresinde meydana gelen dalgaların sahip olduğu enerji potansiyeli 70 kW/m’yi bulmaktadır (Heath, 2000).

1.1.6 Biyokütle enerjisi

Biyokütle, canlı organizmalar; tarımsal atıklar, odun (saman, mısır koçanı, çim atıkları vb.), şehir kanalizasyon atıkları ve bunlara ek olarak endüstriyel organik atıklara verilen genel adlandırmadır. Biyokütle enerjisi ise bu atıklardan elde edilen enerjiye verilen isimdir (Öztaşkan, 2011).

Biyokütle Dünya'nın nihai enerji ihtiyacının %14'ünü karşılamaktadır. Biyoenerji kullanımının sanayileşmiş ülkelerde endüstriyel enerji üretimi için kullanılırken, geri kalan yaklaşık %75'i gelişmekte olan ülkelerde ısı üretimi için kullanılmaktadır (Parikka,2004). Genel enerji dağılımında biyoenerjinin önemi göz önünde bulundurulduğunda, biyoenerjinin potansiyel faydaları konusunda farkındalık eksikliği olması nedeniyle sektör tarafından gereken ilgiyi görmemiştir. İkinci olarak, küresel ve yerel olarak biyoenerji ile ilgili güvenilir veri eksikliği olduğuna dikkat etmek önemlidir. Biyoenerji üretimi için kullanılan hammadde ve teknolojinin çoğunun gayri resmi ve yerel doğası nedeniyle, biyoenerji gelişmeleriyle ilgili doğru ve güncel bilgileri toplamak, analiz etmek ve raporlamak çok zordur (World Bioenergy Association, 2020).

Biyokütle enerjisi diğer enerji kaynakları gibi tükenme ihtimalini bulunmadığı ve sürekli olarak yenilenebilir bir yapıya sahip olması büyük önem arz etmektedir. Enerjinin her yerde temin edilebilmesi biyokütle enerjisinin artı yönünü oluşturmaktadır. Biyokütle enerjisinin farklı özellikte yakıtlarda meydana gelmektedir. Biyoyakıt tabanlı oluşan bu enerji; biyodizel, etanol ve biyogaz şeklinde sıralanmaktadır. Biyogaz son dönemde dünyada da revaçta olan bir yakıt türüdür. Özellikle tüketimin yoğun olması ve bu tüketim ile birlikte atıkların meydana gelmesi ile biyogaz kavramı daha önem arz etmiştir (Arık, 2016: 5).

Türkiye'de 2017 yılında biyokütleden toplam elektrik üretimi 2796.6 GWh olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin 2023 yılındaki biyokütle hedefi ise 1000 MW olarak planlanıyor (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).

1.2 Biyogaz

Biyogaz; organik kökenli atık veya atıkların oksijensiz (anaerobik) ortamda bozunması sonucu ortaya çıkan kokusuz, renksiz, havadan parlak ve hafif bir gaz

karışımıdır. Bu gaz karışımı mavi bir alev ile yanar. Biyogazın birleşiminde %50-70 değerleri arasında metan, %30-40 değerleri arasında karbondioksit, %5-10 değerleri arasında hidrojen, çok az miktarlarda % 1-2 azot, % 0.3 su buharı ve çok az hidrojen sülfür bulunur (Kaya ve Öztürk, 2012). Gazın bileşim oranları atığın türü, sindirim süresi ve diğer prosesin işletme şartlarına bağlı olarak değişebilir (House, 2007).

Günümüzde genelde biyogaz üretildiği yerlerde tüketilmektedir. Biyogazı da doğal gaz veya diğer gazlar gibi üretildiği yerden ihtiyaç duyulan uzak yerlere nakil edilebilir hale getirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da; içinde bulunan, sıkıştırılmaya veya sıvılaştırmaya engel teşkil eden CO₂, H₂S ve su buharını gidermekle mümkün olmaktadır. Biyogaz, içinde enerji potansiyeli olan metan gazının, enerji seyreltici olan diğer gazlardan (CO₂, H₂S ve H₂O) ayrıştırılması gereklidir (Bahtiyar ve Emin, 2008).

Biyogaz, kırsal kesimde rahatlıkla elde edilerek kullanılabilecek alternatif bir enerji kaynağıdır. Ayrıca benzin, dizel, LPG ve doğal gazın yerine kullanılabilecek bir yakıttır (Gustavsson, 2000).

Biyogaz üretiminin amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Acaroğlu, 2003);

- Çevre kirliliği yaratmayan, temiz bir enerji elde etmek
- Bitki gelişme ve büyümesine uygun kalitede gübre elde etmek
- Gübrede bulunan korozif etkiyi azaltmak
- Gübrenin kokusunu azaltmak
- Gübrede bulunan bitki besin maddelerinin yararlılığını arttırmak
- Gübrede bulunan bitki besin maddelerinin kaybını azaltmak
- Patojenleri gidermek
- Organik katı ve sıvı atıkların sorunlarının çözümüne yardımcı olmak
- Atmosferdeki metan ve amonyak miktarını azaltmak

Biyogaz üretiminin yararları ise aşağıdaki gibidir;

- Ucuz, çevre dostu bir enerji kaynağıdır.
- Gübre kaynağıdır.
- Atık geri kazanımı sağlar.
- Biyogaz üretimiyle hayvan gübresi atıklarının içindeki yabancı ot tohumları

çimlenme özelliğini kaybederler.

- Hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek düzeyde azalır hatta yok olur.
- Hayvan gübrelereinden kaynaklanan, insan sağlığını ve yeraltı sularını tehlikesi altına alan hastalık etmenleri büyük oranda etkinliğini kaybeder.
- Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta, çok daha değerli gübre haline dönüşmektedir.

Anaerobik fermentasyon için bir çok atık kullanılabilir. Bu maddeler, aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- Gıda Atıkları
- Bahçe Atıkları
- Hayvan Gübrelere
- Atık sular
- Gliserin

Biyogaz üretiminde kullanılan bazı hammaddelerin; organik madde içeriği (ODM), kuru madde içeriği (DM), karbon/azot (C/N) oranı ve biyogaz üretim potansiyeli aşağıdaki Çizelge 1.1.'de özetlenmiştir.

Çizelge 1.1. Biyogaz üretiminde kullanılan bazı hammaddelerin özellikleri.

Madde	DM (%)	ODM(%)	C/N Oranı	Biyogaz (m ³ /kg ODM)	Bekletme Süresi
Sığır Gübresi	5-12	75-85	6-20	0.20-0.30	20-30
Kümes					
Hayvanları	10-30	70-80	3-10	0.35-0.60	>30
Gübresi					
Yapraklar	80	90	30-80	0.10-0.30	8-20
Çimen	20-25	90	12-25	0.55	10
Meyve	15-20	75	35	0.25-0.50	8-20
Atıkları					
Saman	70	90	90	0.35-0.45	10-50

Çizelge 1.1.'de verilen değerler, kontrollü laboratuvar verilerine dayanmakta olup, gerçek uygulama koşulları, çevresel koşullar laboratuvar ortamından farklılık gösterebilir (Kaya ve Öztürk, 2012).

Biyogaz teknolojisi, organik temelli atıklardan hem enerji elde edilmesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan sağlamaktadır. Biyogaz üretimi, organik atıkların kontrollü ve ayrıca uygun koşullarda depolanmasını sağlar (Gül, 2014). Biyogaz üretimi ve kompost kalitesindeki elde edilen yüksek verimler, ayrı olarak toplanmış veya kaynağında ayrılmış evsel organik katı atıklarla elde edilirken, mekanik olarak ayrılmış evsel organik katı atıkların biyogaz üretim potansiyeli daha düşük olmaktadır (Bolzonella vd., 2005).

1.3 Atıklar

Teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile birlikte yaşanan hızlı kentleşme ve nüfus artışı, ülkemizde ve tüm dünyada insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskısını hızla arttırmaktadır. Bu süreçte üretim ve pazarlama faaliyetlerindeki genişleme ve gelişmeler, doğal kaynakların daha yoğun kullanımını kaçınılmaz kılmaktadır. Sürekli artan tüketim eğilimiyle birlikte oluşan atıklar da, hem miktar olarak hem de zararlı içerikleri nedeniyle çevre ve insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşmıştır (Kaçtıoğlu ve Şengül, 2010). Atık, ülkemiz 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu'na göre; herhangi bir faaliyet sonucunda oluşan, çevreye atılan veya bırakılan her türlü madde olarak tanımlanmaktadır (Çevre Kanunu, 1983).

Atıkların oluşumlarına göre bir gruplandırma yapıldığında; organik atıklar, elektronik atıklar, metal atıklar ve doğal hayatı en çok tehdit eden atıkların başında gelen plastik atıklar dünya genelinde en sık karşılaşılan atık türleri olarak sayılabilir. Ancak, bu atıklar içerisinde her geçen gün nüfusun artmasına bağlı olarak artış gösteren ve en fazla oluşum yüzdesine sahip atık türü organik atıklardır (Kaya, 2019; Yaydırgan, 2018).

Atık değerlendirme de gerekli işlemler; atıkların düzenli şekilde toplanması, depo edilmesi, çevreye olan zararlarının önlenmesi, ıslah edilerek en az zararlı toplumdan uzaklaştırılması ya da kullanım alanlarının araştırılarak yeniden kullanıma kazandırılması şeklinde sıralanabilir. Katı atıkların yönetimi; öncelikle sınırlı kaynakların gereksiz tüketiminin önlenmesi, enerji ve hammadde ihtiyaçlarının giderek arttığı tüketim toplumlarında verimli bir kullanım ve en az kayıpla üretimin sağlanması, hava, su ve toprak kirliliğinin önlenmesi, tüketimin düzenlenerek atık oluşumunun en aza indirilmesi, geri dönüşümün desteklenmesi vb. hedefleri olan atık

toplama, depolama, bertaraf, geri kazanım. Bu atık hiyerarşisi aşağıdaki Şekil 1.1.'de gösterilmiştir (Kaya,2019; Yayırdırgan, 2018).



Şekil 1.1. Atık hiyerarşisi.

Tüketimin bilinçsiz olarak artması, hayat standartlarının gelişmesi, teknolojinin gelişmesi, savaş gibi durumların yaşanması, petrol ve petrol türevi kaynakların her geçen gün artan maliyetlerine rağmen kullanılması, atıkların sadece kazanılması değil ıslah edilmesi alanlarında bile birçok eksilik olması, bu alanda yeterince farkındalığın kazandırılmaması vb. nedenler toplumu bir belirsizliğe sürüklemektedir. Gelecekte toplumlarda atık oluşturma hızı olarak öngörülen; çevreye verilen zararın, dünyanın yüz ölçümü ile ilişkilendirildiğinde iki katından fazla olacağıdır (Altuntop, 2016).

1.4 Kahve

500 cins ve 6000'den fazla türü bulunan kahve, kökboyasığiller familyasının coffea cinsine ait olan, bol yağış alan, don olaylarının görülmediği, yüksek rakımlı yerlerde yetişmektedir (Çağanırmak ve Ünal, 1998). Bu ailenin çok sayıda alt cinsleri ve türleri bulunmaktadır. Buna rağmen sadece ikisi ticari anlamda kahve üretiminde kullanılmaktadır. Bunlar; Coffea Arabica ve Coffea Canephora (Robusta)'dır (Abalı vd., 2009). Çok yıllık bir ağaçtır. Hoş kokuya sahiptir ve kırmızı meyvesinin içerisinde iki adet çekirdeği bulunur. Bu çekirdeğin kavrularak, öğütülmesiyle bir toz elde edilir. Elde edilen tozun, süt ya da su ile karıştırılması ile kahve içecek halini alır (Çağanırmak ve Ünal, 1998).

Kamelya çalısı görünümünde olup parlak, koyu ve sivri uçlu yapraklara sahiptir. Olgunlaşmaya bırakıldığında 18 metre'ye kadar uzayabildiği bilinmektedir. Ancak hasadın kolaylaştırılması amacıyla 2-3 m olacak şekilde budamaları yapılır (Abalı vd., 2009).

Yasemine benzeyen keskin kokusu ve son derece narın beyaz çiçeği ile yeşil meyveler verir (URL-6). Meyveler olgunlaştığında ise kırmızımsı kirazı andırır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011). Bu nedenle ‘kahve kirazı’ olarak da adlandırıldığı olmaktadır (URL-7). Fidanın meyve üretebilmesi için 3-5 yıl gibi bir zaman geçmesi gerekir. Meyveleri yılda birkaç kez olgunlaşmaktadır (URL-6). Ağacın ortalama ömrü 30-40 yıl, en verimli zamanları ise 8-10 yaşları arasındadır. En verimli dönemlerinde bir ağaçtan yılda yaklaşık olarak 1 kg kahve elde edilebilir (Wintengs, 2004).

Kahve ağacı ve meyvelerinin görüntüsü Şekil 1.2.’de gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Kahve ağacı ve meyveleri (URL-4).

Potasyum, niasin, magnezyum, tokoferol ve fenol klorojenik asit gibi antioksidan maddeler içeren kahve, aynı zamanda aktif maddelerce zengin olan nikotinik asit, kinolinik asit, tanik asit ve kafein içerir. Şekil 1.3.’de grafiksel olarak yapısı gösterilen kahvenin kafein miktarı, yetiştirilen ağacın yerine, kahve çekirdeğinin cinsine ve kavrulma yönteminin şekline göre değişmektedir. Literatür bilgisine göre 500 cc’lik bir fincanda 188 mg kafein içeriği tespit edilmiştir (Dorea ve Kosta, 2005; Ranheim ve Halvorsen, 2005).



Şekil 1.3. Kahve bitkisi ve yapısı (URL-5).

Kahve, ilk olarak Etiyopya'nın Kaffa bölgesinde Arabica kahve ağaçlarında yetişmeye başlamıştır. Kahve kelimesinin, Arapça'daki qahwa kelimesinden geldiği bilinmektedir. Üretimi ilk defa Yemen'de gerçekleştirilen kahvenin, içme kültürünün 11. yüzyıla kadar dayandığı bilinmektedir. Ayrıca tarihi 15. yüzyılda Mekke, Medine ve daha sonra Mısır'a kadar uzanmaktadır. Asya, Avrupa ve Suriye'de 16. yüzyılda yayılım göstermiştir (Kafadar, 2018).

Bugün Etiyopya ve Kenya'nın bulunmuş olduğu konumda o dönemlerde Afrika'da, kahve ağacının bulunduğu varsayılmaktadır. Belirtilen yerlerde bugün bile yabancı kahve çalılarına rastlanmaktadır (Gürsoy, 2005).

Bazı kaynaklarda, 10. yüzyılda Habeşistan'da keşfedilen kahvenin, Kanuni Sultan Süleyman zamanında İstanbul'a getirilmiş olduğu ve kısa bir süre içerisinde beğenilerek saray mutfağında yerini aldığı söylenmektedir (URL-8).

Bazı kaynaklarda ise; kahvenin ilk olarak I. Selim döneminde içildiği iddia edilmektedir. Kahvenin Osmanlı topraklarındaki tarihi net olarak bilinmemektedir (Şahbaz, 2007: 10).

1.4.1 Türk kahvesi

Türkler tarafından keşfedilen kahve tadı, rengi, kokusu, köpüğü farklı pişirme yöntemleri ve sunumlarıyla geleneksel bir kültüre sahiptir (Belen, 2019). Türk

kahvesi, telvesi ile ikram edilmektedir. En ince çekilmiş kahve türüdür (URL-8). Türk Kahvesi'nin lezzetini belirlemede diğer önemli bir parametre de öğütölme seviyesidir. Öğütölmüş parçacıkların %70-75'i 75-125 mikron arasında olmalıdır (Yüceşen, 2012). Türk kahvesi üretimi için Coffea Arabica kahve çekirdekleri kullanılır (URL-8).

Türk kahvesinin hazırlanışı, dünyanın en eski pişirme yöntemi olarak bilinmektedir. Kahve, bir cezve yardımıyla su ve isteğe göre şeker ilave edilerek pişirilmektedir. Daha hızlı olması için elektrikli kahve makinaları da tercih edilebilir. Küçük fincanlarla servis yapılır. Köpük, kahve, telve ve isteğe bağlı olarak şekerden oluşur. Yumuşak ve kadifemsi bir köpüğü bulunur, bu köpük sayesinde damakta uzun süre tadında bir değişiklik olmadan kalır. Bununla birlikte, içilmeden önce telvesinin dibe çökmesi için kısa bir süre beklenmelidir. Diğer kahve türleri ile karşılaştırıldığında, daha kıvamlı, yumuşak ve aromatiktir (Yüceşen, 2012).

1.4.2 Kahve telvesi atıkları

Kahve ağaçlarının yetiştirilmesi için en uygun bölgeler tropik bölgelerdir. Endonezya, Brezilya, Fildişi Sahilleri ve Kolombiya en fazla kahve üretimi yapan 25 ülke arasındadır. 1998-2000 yılları arasında dünya kahve üretimi 6.7 milyon ton olurken 2010 yılında bu miktar 7 milyon tona çıkmıştır (FAO, 2010).

Ülkemizde ise kahve ithalat miktarı 2000 yılında 17.7 bin ton iken 2003 yılında 29.3 bin tona ve 2007 yılında ise 31.8 bin tona ulaşmıştır. İtalya'da ise bu miktar toplam olarak 347 bin tondur (URL-9). Bununla birlikte, ülkemizde 1999 yılında Gloria Jeans Coffee ile başlayan, 2003 yılında Starbucks ile hız kazanan kahve zincirleriyle kahve tüketimi de her yıl artan bir ivme (pazar büyüme hızı :%40) kazanmaya başlamıştır.

Dünyada kahve, petrolden sonra en büyük ticaret hacmine sahip olan üründür. Hazır kahve üretimi sırasında işlenmemiş kahve, sıcak su ya da buhar ile temas ettirilerek aroma verici bileşenlerin ve kahve çekirdeğindeki diğer bileşenlerin suya serbest bırakılması sağlanır. Kalan katı madde de kahve telvesi olarak adlandırılır (Zuorro ve Lavecchia, 2011).

Hazır kahve üretimi sırasında açığa çıkan atık miktarı yıllık 6 milyon tondur ve bu maddenin ticari bir değeri yoktur (Tokimoto vd., 2004; Mussatto vd, 2011).

Kahve tüketiminin neredeyse yarısı Marmara Bölgesi'nde gerçekleşmektedir. Marmara Bölgesinde de tüketimde en iddialı şehir tabi ki İstanbul'dur. Ayrıca ülkemizde kişi başı kahve tüketiminin de son yıllarda yaklaşık 700 grama ulaştığını görülmektedir. Kahve tüketiminin giderek artmasıyla, beraberinde kahve telvesi atıklarının da büyük bir potansiyel oluşturduğu ve değerlendirilmesi gerektiği gerçeğini gündemimize taşımaktadır (Akgün vd., 2013).

1.4.3 Kahve telvesinin yapısal özellikleri

Silva vd. kahve tavelerinin yapısında C (%59.5), H (%7.3), N (%2.5) ve O (%30.7) yer aldığını belirtmektedirler. Musatta vd. de tavelerin yarıselölüz ve selüloz yapıda polimerize olmuş şeker açısından (yarıselölüzlardan; mannoz, galaktoz, arabinoz ve selülozlardan; glikoz olmak üzere) zengin olduğunu, galaktan ve mannanın ise tavelerde yer alan temel şekerler olduğunu belirtmiştir. Telve, şeker bileşimi içinde mannoz %46.8, galaktoz %30.4, glikoz %19.0 ve arabinoz %3.8 oranında yer almaktadır. Kimyasal bileşimi ise Çizelge 1.2.'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 1.2. Kahve telvesinin kimyasal bileşimi (Mussatto vd., 2014).

Bileşeni	Kuru ağırlık (g/100 g)
Mannan	21.2
Galaktan	13.8
Protein	13.6
Selüloz (glukan)	8.6
Hemiselüloz	6.7
Asetil grupları	2.2
Arabinan	1.7
Kül	1.6

Kahve yapısında bulunan mineraller kahvenin yetiştiği bölgenin özelliklerine göre değişir. Örneğin, Musatto vd.'nin vurguladığı gibi Çizelge 1.3.'teki değerleri alabilir.

Çizelge 1.3. Kahve telvesinin yapısında bulunan mineraller (Mussatto vd., 2011).

Mineraller	(mg/kg)
Potasyum	3549.0
Fosfor	1475.1
Magnezyum	1293.3
Kalsiyum	777.4
Çinko	15.1
Demir	118.7
Bakır	32.3
Manganez	40.1
Alüminyum	279.3
Krom	-
Sülfür	-

Ferrari vd. ise 2010 yılında yaptıkları çalışmalarında; kahve tvelerinin yapısında %7-17 arasında değişen miktarlarda yağ bulunduğunu, bu değerlerin Arabica için ortalama %15, Robusta için ise %10 olduğunu, kavrulmuş kahve yağının kahverengi viskoz yapıda, yoğun ve hoş, aromatik özelliklere sahip olduğunu belirtmiştir.

Abalı vd. ise ülkemize özgü Türk kahvesi telvesinin sahip olduğu yağın asitlik değerinin % 4 olduğunu vurgulamıştır.

1.5 Çay

Çay, *Camellia Sinensis* bitkisi olarak adlandırılan çay bitkisinin yapraklarının işlem görmesiyle elde edilmektedir. Çay yaprakları, çözünmeyen hücre duvarı yapısında büyük oranda, selüloz, hemiselüloz, lignin, yoğun tannenler ve yapısal proteinlerden oluşmaktadır. Lignin, tanendeki bağlı gruplar yada diğer fenolik bileşikler, temel olarak karboksilat, aromatik karboksilat, fenolik hidroksil ve oksil grupları olarak adlandırılır. 4000’den fazla kimyasal içerdiği de bilinmektedir (URL-10; URL-11).

Çay bitkisinin görünümü Şekil 1.4.’te gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Çay bitkisi (URL-12).

Farklı kullanımı ve üretim aşamalarında uygulanan işlemlere göre farklı türde çaylar üretilir. Üretim aşamaları sırasıyla; soldurma, kıvrırma, fermentasyon/oksidasyon, kurutma, tasnif aşamalarıdır. Yaygın olarak üretimi yapılan çay türleri, yeşil çay, siyah çay, beyaz çay ve oolong çayı olarak bilinmektedir (Çelik, 2006; URL-13)

Çay yapraklarının çözünmeyen hücre duvarları büyük oranda, selüloz, hemiselüloz, lignin, yoğun tanninler ve yapısal proteinlerden oluşmaktadır. Diğer yandan, çay yapraklarında ki toplam kuru maddenin 3'te 1'i, çözümlenen ve fonksiyonel grupları fazlaca içermektedir. Lignin, tanendeki bağlı gruplar yada diğer fenolik bileşikler, temel olarak karboksilat, aromatik karboksilat, fenolik hidroksil ve oksil gruplarıdır (Tea Research Association, 1997).

Çizelge 1.4. Çay yaprağının %kuru maddede bileşimi (Tosun ve Karadeniz, 2005; Zhen, 2002)

Bileşen	% Kuru Maddede
Epikateşin	1-3
Kateşin	1-2
Gallokateşin	3-4
Flavanoller	17-30
Epikateşin gallat	3-6
Epigallokateşin gallat	9-13
Epigallokateşin	3-6
Flavonoller ve flavonol glikozitleri	3-4
Leykoantosiyeninler	2-3
Uçucu Bileşik	0.01-0.02
Polifenolik asitler ve depsitler	5
Mineral Madde	3.5-7
Toplam polifenoller	30-36
Kafein	3-4
Aminoasit ve protein	15-19
Pigmentler	0.5-1.5
Basit karbohidratlar	4
Kül	5
Selüloz	7
Polisakkaritler	13
Lignin	6
Lipitler	2-3
Vitamin	0.6-1.0
Saponin	0.004-0.007
Organik asitler	0.5

Arkeolojik çalışmalara göre çayın tarihi, yaklaşık 5000 yıl öncelere dayanmaktadır. Çay milattan önce 2737 yılında, Çin imparatoru ‘Shen Nung’ tarafından kaynamış olan suya çay yaprağının düşmesiyle bulunmuştur. İsmi Çincede ki “ça”dan alır. Benzer şekilde Ruslar “chay” Araplar “shaye” Japonlar “cha” diye kullanmaktadır. Dünya nüfusunun üçte ikisi tarafından tüketilen çay, 1589 yılında Venedikli yazarın Asyalıların çayı içtikleri için uzun ömürlü olduklarını yazması, çayın Avrupa’ya taşınmasını sağlamıştır (Cooper vd., 2005; Henning vd., 2003).

Çayın uluslararası üretimi açısından önemli bir adımı olan Doğu Hindistan Şirketinin kurulması 1600 yılında I. Elizabeth tarafından gerçekleştirilmiştir. 1610 yılında Avrupa’ya gelen çay, ilk zamanlarda, ilaç şeklinde piyasa da satışa sunulmuş olsa da, bazı doktorların zararlı yanı olduğu açıklamaları da karışıklığa sebep olmuştur. 19. yüzyılda ise Moğol hükümdarının I. Çar Michael’e 1838 yılında hediye gönderilen

çayla Rusya’da tanışır. Çin’de ilk defa 1824 yılında dikilmeye başlayan çay bitkisi, 1836’da İngilizlerin çay kültürünü Hindistan’a 1867’de ise Seylan’a taşımasıyla yaygın hale gelmiştir. 19. Yüzyıldan itibaren Orta Asya Türk Cumhuriyetleri, Azerbaycan, Rusya ve İran’da kullanılan çayın, 1912 de tohumunu getiren kişi ziraat odası başkanı Hulusi Karadeniz’dir (URL-9; URL-10).

Çay’ın Türkiye de üretimi ise; ilk girişim 1888 yılında yapılmıştır. 1892 yılında Bursa’da üretim için denenen çay tohumlarının havanın nemli oluşu ve yağışlı iklime sahip olmaması nedeniyle şartlarda uygunluk sağlamadığı görülmüştür. 1917 ekolojik şartların Doğu Karadeniz Bölgesinde uygunluğu tespit edilip rapor hazırlanmıştır. Savaş döneminin ardından 1924 yılında Rize başta olmak üzere Doğu Karadeniz Bölgesinde çay fidan tohumu ekimleri için çalışmalar yapılmıştır (Belen,2019).

1.5.1 Çay posası atıkları

Çay posası, evsel atık niteliği taşıyan, çay demleme sonrasında demlikte kalan posayı ifade etmektedir.

Trabzon Ticaret Borsası (2016) raporuna göre ülkemizde kişi başı yıllık 3.16 kg kuru çay tüketiminin olduğu, Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü’nün (2016) raporuna göre ise Türkiye’nin kuru çay üretiminin 254 bin ton/yıl, tüketiminin ise 250 bin ton/yıl olduğu ifade edilmektedir. Mevcut veriler ışığında ülkemiz için değerlendirilmesi gereken “atık çay posası rezervinin” oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Taşar, 2018).

1.5.2 Çay posasının yapısal özellikleri

Çay posası kütlece % 48.69 C, % 5.906 H, % 42.086 O, % 3.048 N, % 0.27 S içermektedir. Kimyasal analiz sonuçları selülozik yapının ağırlıklı olduğunu göstermektedir (Taşar, 2018). Kuru temel üzerinden çay posasının elementel analizi Çizelge 1.5.’te verilmiştir.

Çizelge 1.5. Kuru temel üzerinden çay posasının elementel analizi (Taşar, 2018).

Elementel Analiz	%
C	48.69
H	5.906
N	3.048
O	42.086
S	0.270

Ayrıca çay posası Esen'in 2016 yaptığı çalışmaya göre % 6.18 ekstraktif madde, %35.23 hemiselüloz, % 22.42 selüloz, % 32.04 lignin ve % 4.13 kül içermektedir (Esen, 2016).

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ülkemizde yapılan çalışmaların çoğu yaprak halindeki çaylıklardan toplanan yaş çaylardan siyah çay üretimi esnasında fabrikalardan çıkan çay atıklarını kapsamaktadır.

Kütük vd. (1995), Çay Atıklarının Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanabilme Olanakları adlı çalışmalarında, Çaykur (Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü) tarafından alınan yaş çay yapraklarının fabrikalarda işlenerek siyah çaya dönüştürülmesi esnasında lif ve çöpten oluşan kaba atık ve ince atıkları kullanmışlardır.

Belen, 2019 yılında çay atığı ve kahve telvesi atıkları ile bir çalışma yürütmüş, yine kullanılan çay atıkları fabrikalardan çayın işlenmesi aşamasında oluşan atıkları temsil etmektedir. Kahve telvesi atıkları ile yapılan çalışma ise bizim çalışmamıza ışık tutmaktadır.

Bilgin vd. (2016), çay fabrikası atıklarının peletlenmesi ve katı yakıt olarak kullanılması konusunda çalışma yürütmüşlerdir ve elde edilen yoğunluk sonuçlarında literatürün üzerinde sonuçlar almışlardır.

Taşar, 2018 yılında, çay posası atıklarını bazı ön işlemlerden geçirerek temel bileşenlerinin izolasyonunu sağlayarak, izole edilen hemiselülozun polimerik film üretiminde değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Çalışmalarının sonucunda; sentezlenen hemiselüloz bazlı jel filmlerin beklendiği gibi biyobozunur nitelik taşıdığı tespit edilmiştir. Farklı şartlarda üretilen polimerik filmlerin 60 günlük süre sonunda toprak florasında, % 80-98 oranında bozunduğu gözlenmiştir. Yapılan kinetik analiz sonucu antimikrobiyal uçucu yağ türlerinin, biyobozunma hızını yaklaşık 5 kat düşürdüğü belirlenmiştir. Tez kapsamında üretilen polimerik filmlerin ortalama çözünürlük değerlerinin, yaklaşık olarak % 0.4 ile % 1.8 arasında değiştiği, nem tutuma kapasite değerlerinin ise % 1'in altında olduğu belirlenmiştir (Taşar, 2018). Taşar bu çalışmasında evsel nitelikli çay posası atıklarını kullanmış, değerlendirme alanı bulunamayan çay posası atıklarının değerlendirilmesi olanağı sağlamıştır.

Hut, 2016 yılındaki bir çalışmasında çay fabrikalarından yaş çay yaprağının siyah çaya dönüştürülmesi esnasında çıkan çay çöpü atıklarını kullanmıştır. Bu atıklardan kompost eldesi ve elde edilen kompostun biber üzerindeki etkisini araştırmıştır.

Köse, 2015 yılında farklı oranlardaki ahır gübresi ve çay posasını kullanarak sedimentlerin üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkileri araştırmıştır. Kullanılan çay posası Çaykur Arhavi çay fabrikasından temin edilmiş olup, çayın fabrikalarda işlenmesi sırasında oluşan atıklar kullanılmıştır.

Yapılan bir başka çalışmada Akgün ve arkadaşları tarafından 2013 yılında kahve telvesi kullanılarak atık sulardan bakır giderimi üzerine araştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak, kahve tvelerinin orijinal olarak kullanımıyla hem atık suyun giderilmesi kısa sürede sağlanmış hem de adsorbanın aktivitesini arttırmak için ısı ya da kimyasal ön işlemler uygulanmamasından dolayı kimyasal, zaman ve emek sarfiyatından tasarruf edildiği bildirilmiştir.

Bozkurt'un 2012'de yapmış olduğu çalışmada ise, kahve telvesiyle atıksulardan ağır metal adsorpsiyonu denenmiştir. Sonuç olarak, kolon adsorpsiyonunun daha başarılı sonuçlar alınmıştır. Atık sulardan Cu^{+2} ve Zn^{+2} iyonlarının limit değerlerinin altına kadar uzaklaştırılabildiği tespit edilmiştir.

Abalı ve arkadaşları, Türk kahvesi telvesinden biyodizel üretimi konusunda çalışmalar yapmışlardır. Ve çalışma sonucunda bir atık olan kahve telvesinden ekstraksiyon ile yağ elde etmiş, klasik ester reaksiyonu ile de biyodizel üretimini gerçekleştirmişlerdir.

Yüceşen, kahve telvesinin çeşitli alanlarda kullanım olanaklarını belirlemek amacıyla çalışmalar yürütmüş, kahve telvesi atıklarının, yağ ekstraksiyonu, biyodizel üretimi ve toprak şartlandırıcı olarak kullanımlarının fazla enerji sarf etmeden çevreci ürünlere dönüştürülebileceğini ortaya koymuştur(Yüceşen, 2012).

Tulun, 2018'de yaptığı çalışmada elma posasının ve arıtma çamurunun ön işlemlerindeki temel stratejiler, ultrases, termal ve kimyasal ön işlemlerdir. Her bir ön arıtım yöntemi için, sıcaklık (25, 40, 50 ve 60 °C) ve işletme süreleri (5, 15, 30 ve 45 dakika) sabit tutularak, ön arıtımın etkileri, atıkların çözünebilir protein, kimyasal oksijen konsantrasyonlarındaki değişimleri ölçülerek anaerobik çürümedeki değişimler, biyokimyasal metan potansiyeli analizi kullanılarak belirlenmiştir. Sıcaklık ve süre çeşitli ön arıtlarda BMP'de artırıcı etkiye sahipken, bazı durumlarda ise inhibe edici etkisi gözlemlenmiştir. Metan artışı üzerinde belirli ön arıtım yöntemlerinin etkinliği kanıtlanmıştır.

Eyidoğan, biyogazın saflaştırılması ve motorlu taşıt yakıtı olarak kullanılması konusunda yaptığı araştırmada, biyogazın motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilmesi için içeriğindeki metan oranının en az %96-97 ve H₂S'in en çok 17 ppm olması gerektiğinden bahsetmektedir. Metan ve H₂S miktarının istenilen değerlere ulaşması ile biyogaz, yüksek basınç altında sıkıştırılarak biyogaz ve sıkıştırılmış doğalgaz ile çalışan motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilmektedir. Çalışmada biyogazın saflaştırılma yöntemlerinden de bahsedilmiştir.

Battista ve arkadaşları, kahve üretim atıklarından biyogaz üretiminin optimizasyonu adlı çalışmasında, kimyasal ön işlemlerin kahve atıklarından biyogaz üretimi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılmışlardır. Kesikli modda bazik ve asit ön işlemleri gerçekleştirilmiş ve performansları herhangi bir ön işlem aşaması olmayan bir karışımdan üretilen biyogaz ile karşılaştırılmıştır. Temel ön işlem, lignin ve selülozun hidrolizi üzerinde çok iyi bir etki gösterdiği ve çalışmalar sonucunda yüksek bir biyogaz verimi elde edildiği ve yaklaşık %83'lük bir işlem verimi elde etmişlerdir.

Dalgıç, 1998 yılında zeytin küspesinden biyogaz üretimi adlı doktora çalışmasında kesikli ve yarı kesikli reaktörlerde, katı madde miktarı ve alıkonma süreleri değiştirilerek biyogaz oluşum hızı belirlenmiştir. Kesikli sistemde en yüksek biyogaz üretim miktarının gerçekleştiği ve %80 oranında metan içerdiği tespit edilmiştir. Yarı kesikli sistemde ise alıkonma süresi 20 gün ve katı madde miktarı %10 olan deneyde en yüksek biyogaz oluşumu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu reaktörde biyogaz hacimsel olarak %81 metan içermektedir.

Bir başka çalışmada Alkanok, çeşitli süpermarket atıklarının biyogaz üretim potansiyelini araştırmış, 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 (Alkonak, 2013).

Luza vd., (2016), sıvı fraksiyonlu kahve telvesinin laboratuvar ortamında biyogaz potansiyelinin belirlenmesi için çalışmalar yürütmüş, kahve telvesi ile inek gübresinin karışımının biyogaz verimini %48 arttırdığı, ayrıca üretilen biyogazın metan içeriğinin de %50'den fazla olduğu ortaya koyulmuştur.

Vitez vd., (2016), kullanılmış kahve telvesi atıklarından biyogaz üretimi konusunda çalışmalar yapmışlardır. Bu atıkların işlenmesi için alternatif bir yol bulmak, toksisite azalması ile çevreye olan etkisinin azalmasına katkıda bulunacağı için büyük önem taşımakta olduğu, anaerobik sindirimin bu tür bir atığın işlenmesi konusunda bir seçenek olduğu sonuçları çıkarılmıştır.

Yosun, kanalizasyon çamuru ve öğütülmüş kahvenin birlikte anaerobik sindirimi ile ilgili yapılan bir araştırmada da, kahve telvesinin C:N oranı 20'nin üzerinde olmasına rağmen, daha düşük C:N oranlarına sahip substrat ile birlikte sindirilmesi optimal olmadığı, substrat olarak öğütülmüş kahve dahil sindirimin sonunda pH 5 civarında olduğu ancak optimum pH'ın 7 civarında olması gerektiği, sisteme sonradan eklenen kahve telvesinin aşıya göre oranının yüksek olmaması, yosunları yardımcı madde olarak kullanmanın kolay olduğu, mevcut çalışmanın daha fazla çalışma yapılması gerektiği sonuçlarını çıkarmıştır (Flisberg, 2016).

Bir başka çalışmada, otomatik kahve makinalarından çıkartılan kahve tvelerinin tek başına ve domuz bulamacı ile birlikte biyometanasyon potansiyeli değerlendirilmiştir. Domuz bulamacını anaerobik çürütme proseslerinde süspansiyona ihtiyaç duyulması durumunda, kahve telvesinin düşük nem içeriğinden dolayı hidrasyon ortamı olarak rahatlıkla kullanılabileceği sonucunu çıkarmıştır. Kahve telvesi ve domuz bulamacının birlikte sindirimi için hammadde bileşenleri arasında kimyasal ve fiziksel etkileşimlerinin araştırılması gerektiği söylenmektedir (Vasmara ve Marchetti, 2018).

Hindistan'da insan idrarı kullanılarak çay atıkları ve balkabağı atıklarının metan üretiminin arttırılmasına yönelik yapılan bir çalışma sonucunda, çay ve balkabağı atıklarının üzerine katalizör olarak idrar eklenmesiyle biyometanlaştırma işleminde biyogaz üretimi olasılığının yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Çay ve balkabağı atığı üzerine sırasıyla 150 mL ve 200 mL idrar ilave edilmiş ve maksimum metan verimi elde edilmiştir. Deneyler benzer idrar seviyelerinde balkabağı çay atığına kıyasla daha fazla metan üretmiştir (Sau vd., 2013).

Laboratuvar ortamında kullanılmış çay atıklarının inek gübresi ile birlikte biyogaz potansiyellerinin araştırıldığı bir başka çalışmada, %70'lik maksimum bir metan içeren biyogaz elde etmek için birlikte kullanılabileceği, 25 günlük bir sindirim sürecinde %30 kullanılmış çay atıklarından ve %70 inek gübresi içeren karışımından maksimum biyogaz eldesi sağlanabildiği aktarılmaktadır (Kyahum vd., 2018).

Goel ve arkadaşları, kullanılmış çay yapraklarının iki fazlı anaerobik sindirimi ile biyogaz ve gübre üretimi konusunda yaptıkları çalışmada, bir hazır çay üretim fabrikasından alınan kullanılmış çay yapraklarının anaerobik parçalanması iki fazlı bir çürütücüde incelenmiştir. Hidroliz ve asitleştirme aşaması, 10 günlük tutma süresi içinde, 12.880 mg/L'lik bir kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ile sızıntı suyu adı verilen yüksek organik mukavemetli sıvının oluşmasıyla sonuçlandı. Sızıntı suyu, biyogaz üretimi için bir toplu metanojenez reaktöründe test edildi. %93'lük bir ortalama KOİ azalması ile 0.48 m³/kg KOİ'nin ortalama biyogaz verimi elde edildi. Biyogaz %73 metan içeriği açısından analiz edilmiştir.

Sawyer ve arkadaşları, 2019 yılında yayınlanan bir makalede, biyogaz üretimine genel bir bakış yaparak, temelleri, uygulamaları ve gelecek araştırması yapmışlardır. Biyogaz üretimi için anaerobik çürütme süreci ile ilgili en son teknolojiye ve gelecekteki bakış açılarına genel bir bakış sunmuşlardır. Anaerobik çürütmenin biyogaz üretiminde değerli bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Ek olarak atık akışının kaynağına bağlı olarak, çeşitli toksik veya engelleyici bileşikler anaerobik çürümeye zararlı olabilir ve biyogaz üretimini veya metan gazı oluşumunu olumsuz etkileyebileceği belirlenmiştir.

Kahve, Dünya üzerinde en çok tüketilen içeceklerin başında gelmektedir. Araştırmalar sonucunda Dünya'da yıllık 1.5-2 milyon ton kahve tüketimi olduğu belirlenmiştir. Bu da tahmin edileceği üzere neredeyse 1.5-2 milyon ton kahve atığı demektir (Abalı vd., 2009).

Yapılan araştırmalar sonucunda, Dünya'da ve ülkemizde en çok tüketilen içeceklerin kahve ve çay olduğu, buna bağlı olarak kahve telvesi ve çay posası atıklarının çok fazla olduğu sonuçları çıkmaktadır. Ancak bu atıkların değerlendirilmediği görülmektedir. Ülkemizde ise kahve telvesi ve çay posası atıklarının kullanımı konusunda çalışmalar yapılmış olsa da biyogaz değil de, başka alanlarda kullanılması konuları araştırılmıştır.

Bunun yanında hammadde olarak genellikle çay fabrikalarından çıkan atıklar kullanılmıştır.

Bu bağlamda bu tez çalışması ülkemizde ve Dünya’da tüketimi en fazla olan ve buna bağlı olarak atık miktarının da fazla olduğu evsel nitelikli çay posası ve kahve telvesi atıklarının biyogaz potansiyelini belirlemek amacıyla yapılmıştır. ay posası ve kahve telvesi atıklarının değerlendirilmesi konusunda farklı bir bakış açısı ortaya koymaktadır. Son zamanlarda ülkemizin gündemindeki sıfır atık projeleri için de bir altlık oluşturacaktır. Bu iki atık türü için ilk olacak bu çalışma, atıkların oluşması açısından mevsimsel şartlardan etkilenmeyecek ve diğer çalışmalar için de altyapı oluşturacaktır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Numunelerin Temini ve Hazırlanması

Çalışmada kullanılan çay posası ev ortamında demlenen çay içeceği sonucu demlikte kalan çay posalarından alınmıştır. Kahve telvesi atıkları ise ev ortamında yapılan sade (şekersiz) Türk kahvesinin dip kısmında kalan kahve taveleri toplanarak elde edilmiştir.

Örnekler kısa sürede laboratuvara getirilmiş, tam kuruma sağlanabilmesi için 3 gün boyunca 75 °C’de etüvde (Memmert, UNB-400) kurutulmuştur. Kurutulan örnekler öğütücü (Arnica, GH21520) kullanılarak 0.02 mm gözenek çapına sahip elekten geçirilmiştir ve diğer deneysel çalışmalar için saklama kaplarına konularak ağzı sıkıca kapatılmış ve +4 °C’deki buzdolabında saklanmıştır. Kurutulmayan örneklerde atık karakterini belirlemek için kullanılmıştır.

Anaerobik çürütme için örneklerin üzerine belirlenen miktarlarda aşı çamuru ilave edilmiştir. Anaerobik çamur Aksaray Yapılcanlar Biyogaz Üretim Tesisinden temin edilmiştir.

3.2 Analitik Yöntemler

3.2.1 Nem tayini

Saat camları 2.5 saat 103 °C’de etüvde bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan saat camları desikatöre koyularak 45 dk. oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. Sabit tartıma gelen saat camlarının hassas terazi (Presisa, XB 220A) ile daraları alınmıştır (X g). Ham numunelerden homojen olarak 25 gr. saat camlarına koyulmuştur. 2.5 saat 103 °C’de bekletildikten sonra, örnekler desikatörde 45 dk. bekletilmiştir. Daha sonra örneklerin 2. tartım sonuçları alınmıştır (Y g). Bu işlemlere göre örneklerdeki nem miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (ASTM D 3173). Numunelerin karakterinin belirlenmesi için yapılan bir işlemdir. %Nem değerleri Denklem 3.1’e göre hesaplanmıştır.

$$\%Nem = 100 - [(Y - X) * 4] \quad (3.1)$$

3.2.2 Organik madde tayini

Porselen krezeler 2.5 saat 103 °C’de etüvde bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan krezeler desikatöre alınmı, 45 dakikada burda bekletilmiştir. Sabit tartıma gelen porselen krezeler hassas terazi (Presisa, XB 220A) ile tartılarak daraları alınmıştır (X g). Nemi giderilmiş örnekler kullanılarak porselen krezelerin içine 2 g olacak şekilde numuneler alınmıştır. 550 °C’de 2 saat kül fırınında (Photherm, 100/3) bekletilmiştir. Daha sonra kül fırınından çıkartılan porselen krezeler desikatöre alınarak 45 dakika bekletildikten sonra tekrar tartımı yapılmış ve kaydedilmiştir (Y g). Organik madde miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (ASTM D 1102). %Organik madde değerleri Denklem 3.2’ye göre hesaplanmıştır. Ayrıca numunelerin kül fırınında görüntüsü Şekil 3.1.’de gösterilmektedir.

$$\%Organik\ Madde = 100 - [(Y - X) * 50] \quad (3.2)$$

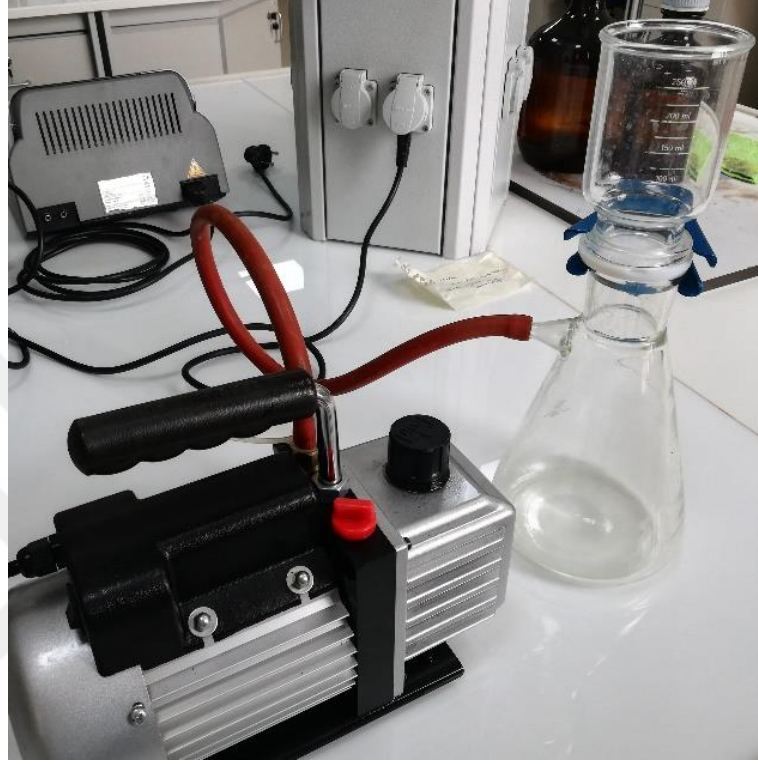


Şekil 3.1. Organik madde tayini.

3.2.3 Askıda katı madde tayini

Deneylerde kullanılan aşı çamuru için askıda katı madde (AKM) miktarı hesaplanmıştır. AKM, filtreden geçmeyen katı maddeler olarak ifade edilir. Öncelikle

filtre kağıdı 2.5 saat 103 °C’de etüvde bekletilmiştir. Desikatöre alınarak 45 dakika burada da bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir (Y g). Aşı numunesi bu filtre kağıdından filtre edilmiştir. Filtre kağıdı üzerinde kalan maddelerle 103°C’de kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra tekrar tartımı yapılmıştır (X g).



Şekil 3.2. Aşı çamuru için AKM tayini.

Tartımlar arasındaki farktan aşağıdaki formül kullanılarak AKM konsantrasyonu tayin edilmiştir (SM 2540 D). Aşı çamurunun askıda katı madde değeri Denklem 3.3’e göre hesaplanmıştır.

$$\text{AKM (mg/L)} = (X - Y) * (1000 / \text{mL numune}) \quad (3.3)$$

3.2.4 pH tayini

Kurutulmuş ham numunelerden 10’ar g alınmış, 160 mL saf suda 24 saat karıştırılmıştır. Ertesi gün üst sıvıları alınmış ve pH cihazı (Hach, HQ440d Multi) ile pH okumaları yapılmıştır. Numunelerin karakterizasyonunu belirlemek amacıyla yapılmıştır.

3.2.5 Kimyasal oksijen ihtiyacı tayini

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), kapalı reflux-titrimetrik yöntemiyle tespit edilmiştir. Örneklerin üst sıvılarından 2.5 mL alınmış, 3.5 mL H_2SO_4 ve 1.5 mL parçalama çözeltisi eklenmiştir. 2 saat $148^\circ C$ sıcaklıkta temoreaktörde (WTW, CR 4200) bekletilmiş ve oda sıcaklığına geldikten sonra ferroin indikatörü kullanılarak demir amonyum sülfat (DAS) ile titre edilerek harcanan miktardan KOİ değerleri hesaplanmıştır. DAS molaritesinde değişmeler oluşması nedeniyle DAS'ın normalitesi 10 mL saf suyun üzerine 5 mL parçalama çözeltisi konularak seyreltilmiş ferroin indikatörü yardımıyla sarf edilen DAS miktarından molaritesi hesaplanmıştır (SM 5220 C). Aynı işlemler üst sıvı süzülerek gerçekleştirildiğinden dolayı çözünmüş KOİ değerleri belirlenmiştir. Deney öncesi seyreltme işlemleri ve DAS ile titrasyon işlemleri Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. KOİ deneyi öncesi seyreltme işlemleri ve DAS ile titrasyon.

3.2.6 Çamur hacim indeksi

Son zamanlarda çamurun çökebilirliğini ölçmek için çamur hacim indeksi (ÇHİ) kullanılmaktadır. Genel olarak 150 mL/g'dan büyük ÇHİ çamur şişmesi olarak kabul edilir. Çamurun AKM miktarı belirlenmiştir. Örnek karıştırılarak ve 1000 mL imhof hunisine konulmuştur. 30 dakika çökelme süresi sonunda ıslak hacmi tespit edilmiştir. Bu değer AKM değerine bölünerek ÇHİ belirlenmiştir (Han vd., 2017). Aşı çamurunun karakterizasyonun belirlenmesinde kullanılmıştır.

3.2.7 Toplam organik karbon tayini

Toplam organik karbon (TOC) derişimini belirlemek için numune homojen bir hale getirilmiş, gerekli oranlarda seyreltmeler yapılmıştır. TOC ölçüm cihazında, oksitlemeye yardımcı bir katalizörün (kobalt oksit gibi) yer aldığı fırın bölgesine numune mikro ölçekte enjekte edilmiştir. Yüksek sıcaklık etkisi ile su buharlaşır ve organik karbonlar CO₂ gazına ve su buharına dönüştürülmüştür. Organik ve inorganik karbonun oksitlenmesinden oluşan karbondioksit taşıyıcı gaz ile taşınır. Kızılötesi ışınlar yardımıyla da (Shimadzu, TOC-VCPN/TNM-1) TOC miktarları ölçülmüştür (SM 5310 B).

3.2.8 Anyon tayini

Numunelerin üst sıvıları alınarak 0.45 µm filtrelerden süzölmüştür. Örneklerdeki anyonlar iyon kromatografisi (IC, Dionex) cihazı ile tespit edilmiştir. Süzölen örnekler eluent akışı içine enjekte edilmiştir ve iyon değiştirme serilerinin içinden geçirilmiştir. Güçlü bazik anyon değiştirici, düşük kapasitesi için bağıl eğilimleri temeline dayanarak ilgilenilen anyonlar ayrılmıştır (gard ve analitik kolonlar). Alıkonma süreleri standartlar değerler ile karşılaştırılmış, pik yükseklikleri ile pik alanlarından konsantrasyonları hesaplanmıştır (SM 4110 B).

3.2.9 Biyokimyasal metan potansiyel analizi

Biyokimyasal metan potansiyeli (BMP) substratlar arasında hangi tür substratın metan oluşturma potansiyelinin uygun olacağını belirlemede kullanılır. Buna ek olarak BMP deneyleri, birlikte parçalama amaçlandığında birlikte sindirimler arasında optimum oranı tahmin etmek için de kullanılabilir. Ayrıca BMP deney sonuçları, substratın anaerobik parçalanabilirliğinin belirlenmesinde kullanılır. BMP testleri için ayrıntılı prosedür olmamasına rağmen, çeşitli BMP testlerinde benzer prosedürler izlenmiştir. Birçok araştırmacı aşından metan üretimi için blank (kör) yaklaşımını kullanmıştır. Blank deney yönteminde substrattan elde edilen metan miktarından aşından üretilen metan miktarı çıkartılır (Elbeshbishy vd., 2012).

Farklı kombinasyonlarla hazırlanan numunelerin bazılarında 4000 mgCaCO₃/l alkalinite konsantrasyonunun sağlanması amacıyla sodyum bikarbonat (NaHCO₃) ilavesi yapılmıştır. Bazı numune şişelerine aşı ilave edilmiş ve bazı şişelere aşı

konulmamıştır. Tüm şişelere aynı miktarda mineral ortam hazırlanarak eklenmiştir. Örneklerin ağızları sızdırmazlık kauçuk tapalarla kapatılmıştır. 2'şer dakika azot gazından geçirilmiştir. 37 °C'de inkübasyona (Zhicheng, ZHWY-221D) koyulmuştur. 3 saat sonra her bir tüpün gazı alınmıştır. 24 saat sonrasında ise BMP değerlerinin ölçümüne başlanmıştır. BMP ölçümleri 57 gün boyunca yapılmıştır. BMP testleri sıvı yer değiştirme yöntemiyle belirlenmiştir (Kim vd., 2006).

%11 KOH çözelti hazırlanmıştır. Çözeltinin içerisine timol mavisi ilave edilmiştir. Metan miktarı sıvıdaki yer değiştirmeye göre hesaplanmıştır.

Numunelerin inkübe edilmesinin görüntüsü Şekil 3.4.'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Numunelerin inkübe edilmesi.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Nem Tayini

Ham kahve telvesi ve çay posası atıklarının karakterizasyonunu belirlemek için %Nem miktarları belirlenmiştir. Yapılan çalışmaların sonucu aşağıdaki Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Nem tayini sonuçları.

Atık Türü	% Nem
Kahve Telvesi	89.0256
Çay Posası	86.5012

4.2 Organik Madde Tayini

Kurutulmuş kahve telvesi ve çay posası atıklarının 550 °C'de 2 saat kül fırınında yakılarak %Organik Madde miktarları belirlenmiştir. Deney çalışmalarının sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.2.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Organik madde tayini sonuçları (kuru maddede).

Atık Türü	% Organik Madde
Kahve Telvesi	98.6450
Çay Posası	97.6916

4.3 Askıda Katı Madde (AKM) Tayini

Çalışmada kullanılan anaerobik aşı çamurunun askıda katı madde miktarının belirlenmesi için yapılmıştır. Deney sonucu aşağıda Çizelge 4.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Anaerobik aşı çamuru için AKM sonucu.

Numune	AKM (mg/L)
Anaerobik Aşı Çamuru	21250

4.4 pH Tayini

Kurutulan numunelerden 10'ar g alınarak 160 mL saf suda 24 saat karıştırılmıştır. Ertesi gün üst sıvıları süzülerek, pH cihazı (Hach, HQ440d Multi) ile pH okumaları yapılmıştır. Ölçüm sonuçları iki ayrı atığımız için aşağıdaki Çizelge 4.4.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. pH tayini sonuçları.

Atık Türü	pH
Kahve Telvesi	5.65
Çay Posası	5.36

4.5 Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Tayini

Kurutulmuş eluard testi yapılmış numunelerin üst sıvılarından alınarak KOİ tayini yapılmış, ham numunelerin karakterizasyonunu belirlemede kullanılmıştır. Biyokimyasal metan potansiyeli analizi sonrasında şişedeki numunelerin üst sıvıları süzülerek KOİ tayinleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.5'te listelenmiştir.

Çizelge 4.5. Ham numune ve BMP sonrası çözünmüş KOİ sonuçları.

Materyal	KOİ (Çözünmüş) (mg/l)
1	44190
4	47238
7	42667
10	47238
13	46933
16	51200
19	46476
22	51810
25	46629
26	49524
Kahve Telvesi	49212
Çay Posası	41212

4.6 Çamur Hacim İndeksi

Anaerobik aşı çamurunun karakterizasyonunu belirlemek amacıyla gerekli seyreltmeler yapılarak imhof hunisinde 1 litre örnek dökülerek, 30 dk. bekletilmiştir. 30 dakika sonrasında çökelme 8 mL olarak gözlemlenmiştir. AKM değerine bölünerek çamur hacim indeksi değeri hesaplanmıştır.

Buna göre anaerobik aşı çamurun çamur hacim indeksi aşağıdaki Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Anaerobik aşı çamuru için AKM sonucu.

Numune	ÇHI mL/g
Anaerobik Aşı Çamuru	37.64

Anaerobik aşı çamurunun çamur hacim indeksi değerine 100 mL/g'dan küçük olması nedeniyle iyi çökelebilen çamur olarak değerlendirebilir.

4.7 Toplam Organik Karbon (TOC) Analizi

Ham numuneler ve BMP sonrası numunelerin üst sıvıları süzülerek, uygun seyreltmeler yapılarak TOC analizi için numuneler hazırlanmıştır.

Analiz sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. TOC ve TN (toplam azot) sonuçları.

Numune	TOC (mg/L)	TN (mg/L)
1	383	122
4	1312	937
7	727	144
10	1521	930
13	766	166
16	2594	1152
19	871	184
22	2640	1089
25	2864	1083
26	1957	934
Kahve Telvesi	2998	266
Çay Posası	1295	100

4.8 Anyon Tayini

Ham numuneler ve BMP ölçümleri sonrası numunelerin üst sıvılarından belirli seyreltmeler ve süzme işlemleri yapılarak anyon tayini yapılmıştır. Analiz sonuçları aşağıdaki 4.8.'de listelenmektedir.

Çizelge 4.8. Anyon tayini sonuçları.

Numune	Florür	Bromat	Klorür	Nitrit	Bromür	Nitrat	Fosfat	Sülfat
1	6.62	13.08	113.50	-	0.07	10.04	181.70	0.63
4	26.76	539.52	865.30	-	66.00	47.88	65.25	0.39
7	14.42	-	69.45	-	1.14	6.65	226.07	0.41
10	125.48	-	845.86	-	65.58	32.25	322.28	0.007
13	13.37	7.54	87.32	-	1.15	5.29	298.91	0.35
16	130.03	-	778.53	86.39	0.89	43.99	397.980	0.042
19	4.48	-	414.38	-	0.56	22.17	235.13	0.47
22	121.84	-	665.79	7.01	1.47	9.70	332.32	0.64
25	25.86	434.24	976.75	-	74.28	58.82	47.90	0.034
26	26.59	-	748.34	-	1.54	6.98	106.18	-
Kahve Telvesi	34.49	-	154.20	0.0016	1.49	35.19	3.36	8.72
Çay Posası	3.24	18.85	86.93	-	-	13.26	334.12	-

4.9 Biyokimyasal Metan Potansiyel (BMP) Analizi

Hazırlanan numunelerin biyokimyasal metan potansiyelleri yer değiştirme metoduyla ölçölmüştür. Yer değiştirme metodu ile biyokimyasal metan potansiyeli aşağıdaki şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



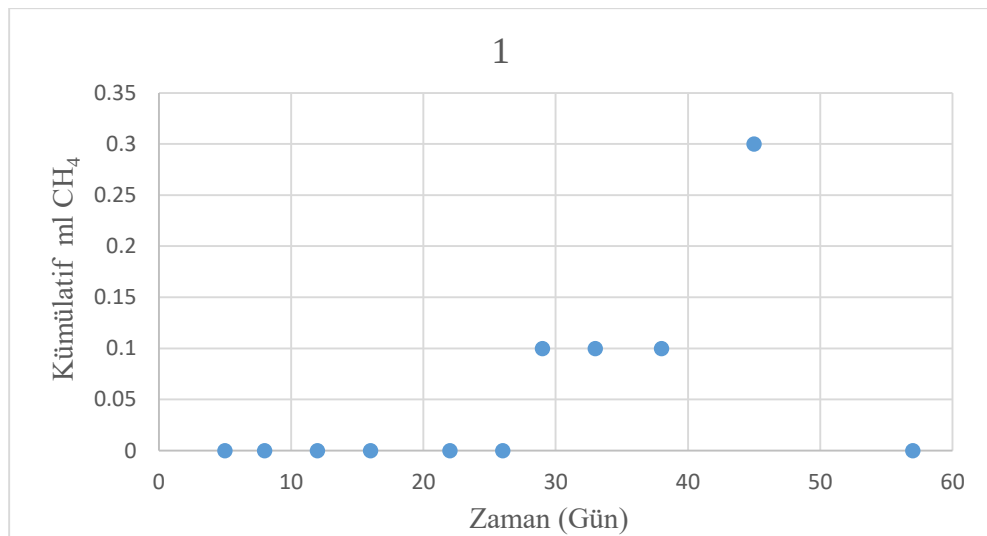
şekil 4.1. Yer değiştirme yöntemiyle metan ölçümü.

Aşağıdaki Çizelge 4.9.'de BMP analizlerinin yapıldığı numunelerin içerikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Numunelerde aynı oranda mineral, aynı oranda aşı, aynı oranda bikarbonat kullanılmış olup, su ile şişe hacminin %75'i dolacak şekilde tamamlanmıştır. Numunelerden aynı içeriklere sahip 3'er numune hazırlanmıştır. Yedekli çalışılmasının sebebi kendi iç kontrolümüzü sağlamaktır. Aynı içeriklere sahip numunelerden yaklaşık olarak aynı oranda metan üretimi gözlemlenmiştir. Anaerobik ortam için uygun şartların sağlandığı numunelerde ise maksimum metan çıkışı gözlenmiştir.

Çizelge 4.9. Hazırlanan numunelerin içerikleri.

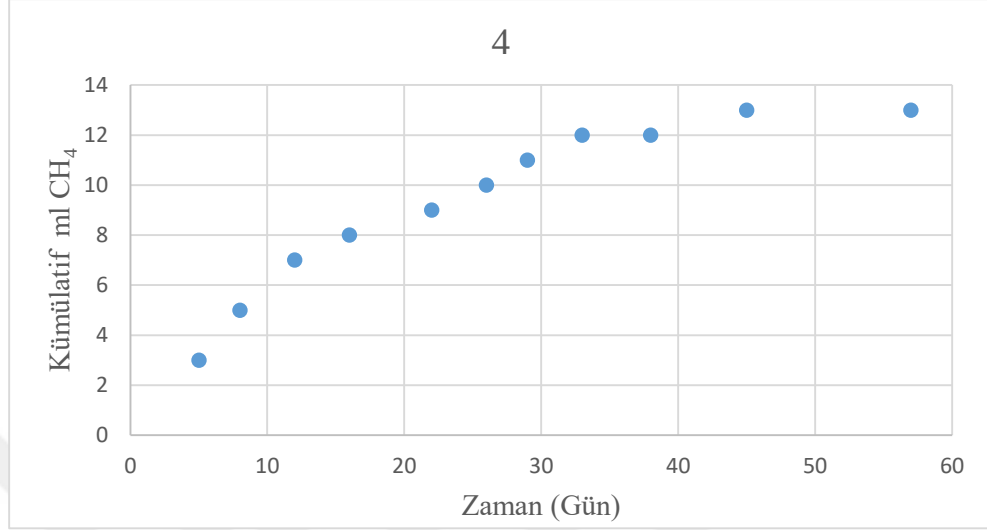
No	Numune	Mineral	Aşı	NaHCO ₃	Su
1	Çay Posası	Var	Yok	Yok	Var
4	Çay Posası	Var	Var	Yok	Var
5	Çay Posası	Var	Var	Yok	Var
6	Çay Posası	Var	Var	Yok	Var
7	Çay Posası	Var	Yok	Var	Var
8	Çay Posası	Var	Yok	Var	Var
9	Çay Posası	Var	Yok	Var	Var
10	Çay Posası	Var	Var	Var	Var
11	Çay Posası	Var	Var	Var	Var
12	Çay Posası	Var	Var	Var	Var
13	Kahve Telvesi	Var	Yok	Yok	Var
16	Kahve Telvesi	Var	Var	Yok	Var
17	Kahve Telvesi	Var	Var	Yok	Var
18	Kahve Telvesi	Var	Var	Yok	Var
19	Kahve Telvesi	Var	Yok	Var	Var
20	Kahve Telvesi	Var	Yok	Var	Var
21	Kahve Telvesi	Var	Yok	Var	Var
22	Kahve Telvesi	Var	Var	Var	Var
23	Kahve Telvesi	Var	Var	Var	Var
24	Kahve Telvesi	Var	Var	Var	Var
25	Kahve	Var	Var	Var	Var
26	Çay	Var	Var	Var	Var

1 numaralı numunenin, BMP analizi sonuçları aşağıdaki Şekil 4.2.'de gösterilmektedir. 1 numaralı numune içeriğinde belli oranlarda çay posası atığı, mineral ortam ve su bulunmaktadır.



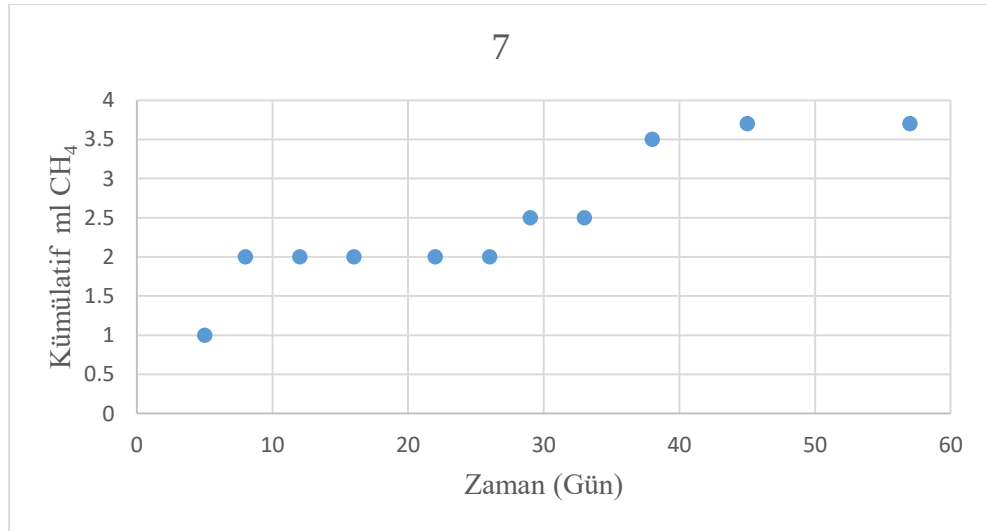
Şekil 4.2. 1 numaralı numune BMP analiz sonuç grafiği.

4 numaralı numunenin BMP analiz sonuçları aşağıdaki Şekil 4.3.'de gösterilmektedir. 4 numaralı numunede belli oranlarda çay posası atığı, mineral ortam, su ve anaerobik aşı bulunmaktadır.



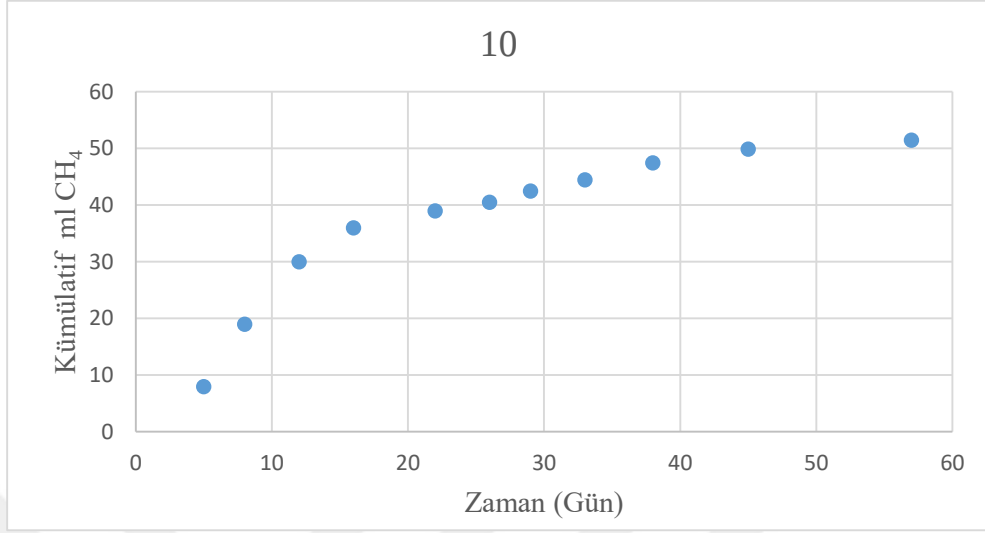
Şekil 4.3. 4 numaralı numune BMP analiz sonuç grafiği.

7 numaralı numune içeriğinde çay posası atığı, mineral ortam, su ve sodyum bikarbonat (NaHCO₃) bulunmaktadır. BMP ölçüm analiz sonuçları Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



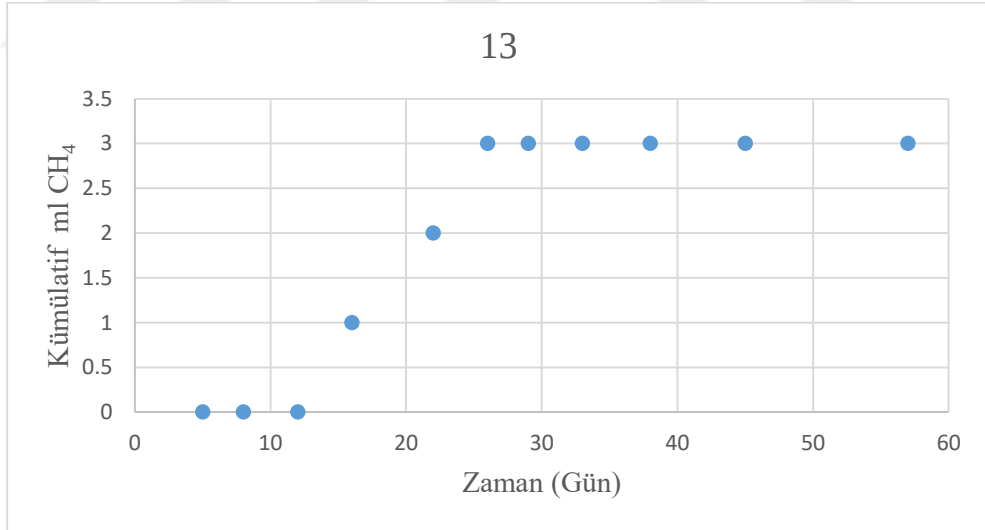
Şekil 4.4. 7 numaralı numune BMP analiz sonuç grafiği.

10 numaralı numunede çay posası atıkları, mineral ortam, NaHCO_3 , anaerobik aşı kullanılmıştır. BMP sonuçları aşağıdaki grafikte, Şekil 4.5.'te gösterilmektedir.



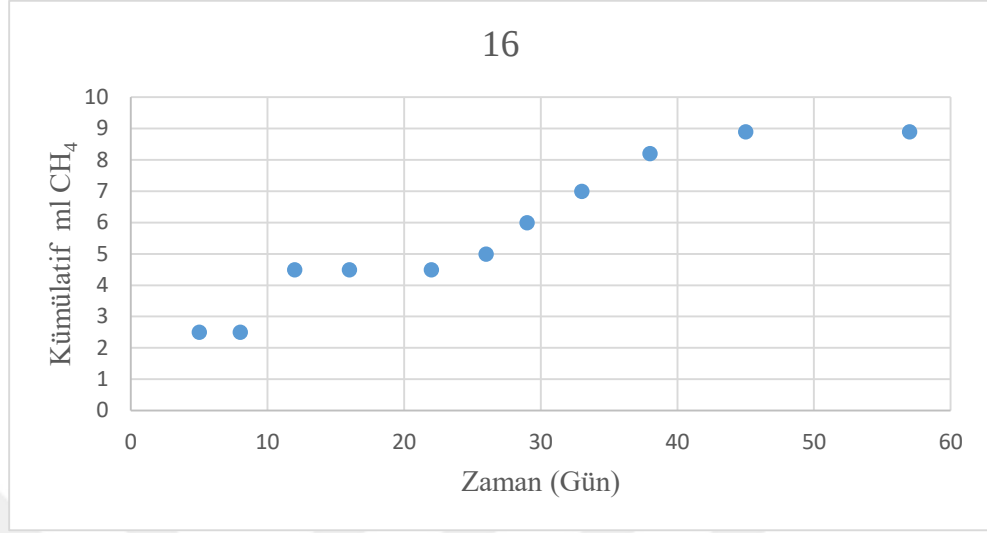
Şekil 4.5. 10 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği.

13 numaralı numunede ise sadece kahve telvesi atıkları, mineral ortam ve su bulunmaktadır. BMP analiz sonuçları Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



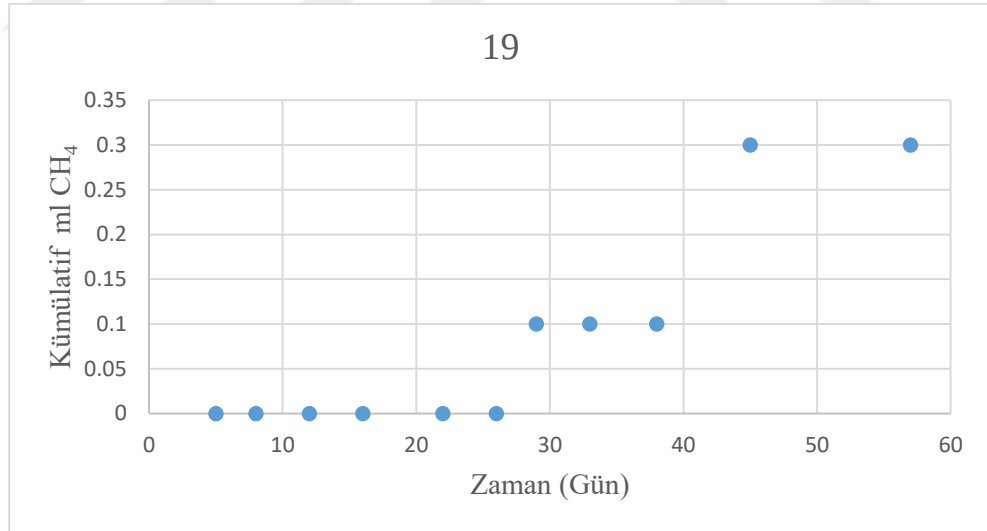
Şekil 4.6. 13 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği.

16 numaralı numunenin içeriğinde ise kahve telvesi atıkları, mineral ortam, su ve anaerobik aşı mevcuttur. BMP analiz sonuçları ise Şekil 4.7.'de grafikte gösterilmiştir.



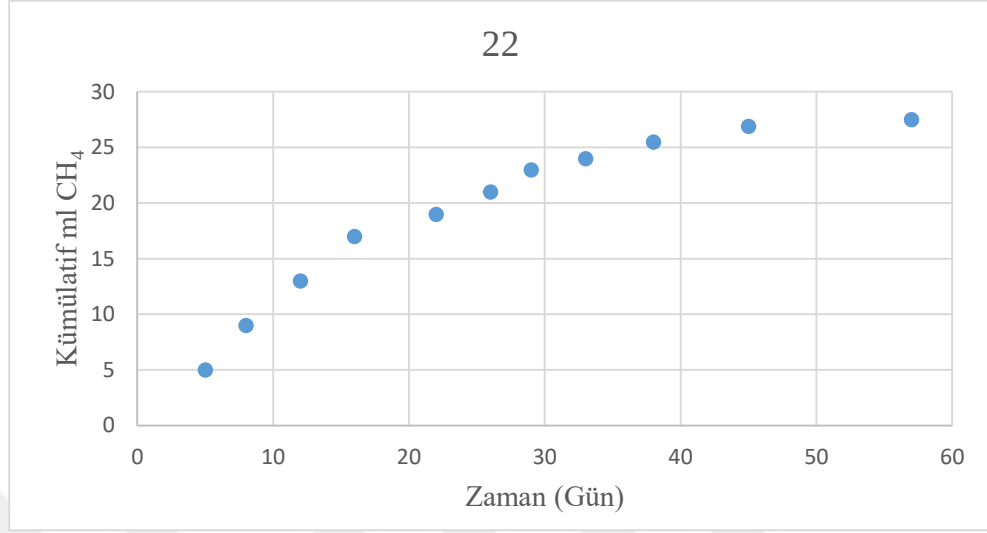
Şekil 4.7. 16 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği.

19 numaralı numunede ise, kahve telvesi atıkları, mineral ortam, su ve NaHCO₃ bulunmaktadır. BMP analiz sonuçları Şekil 4.8.'de grafikte gösterilmiştir.



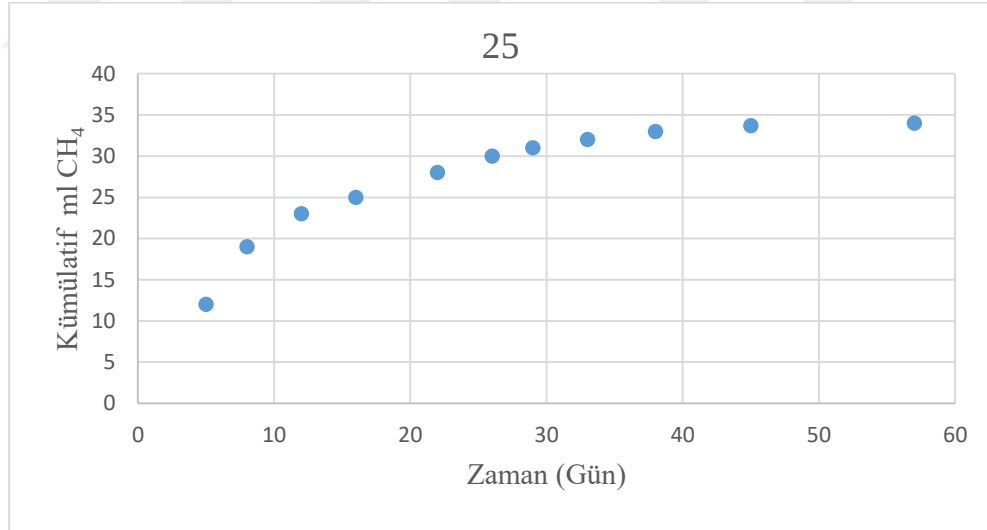
Şekil 4.8. 19 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği.

22 numaralı kahve telvesi atıkları, mineral ortam, su, NaHCO_3 ve anaerobik aşı ile hazırlanan numunenin BMP sonuçları aşağıdaki Şekil 4.9.'da gösterilmektedir.



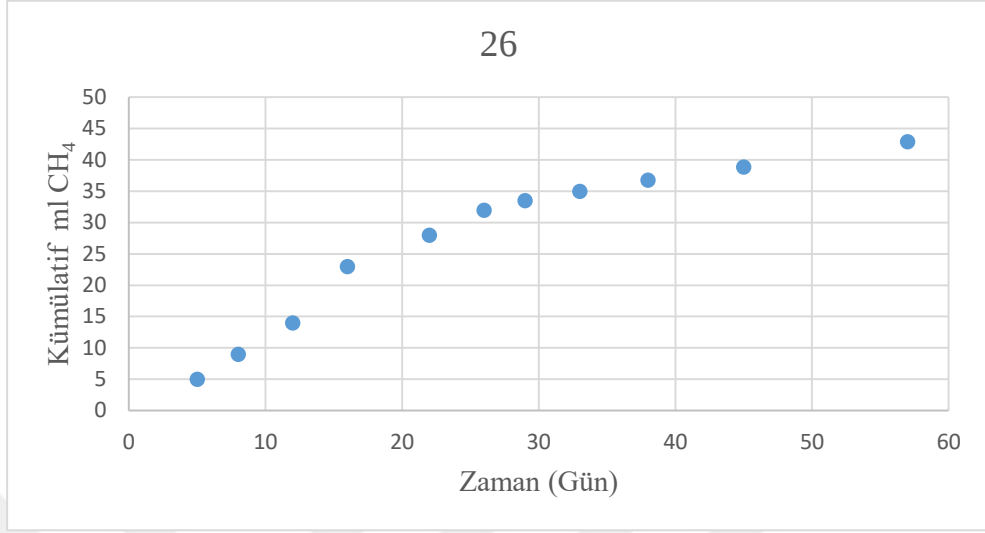
Şekil 4.9. 22 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği.

25 numaralı numune içeriğinde ham pişirilmemiş kahve, mineral ortam, su, NaHCO_3 ve anaerobik aşı bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil 4.10.'da gösterilmektedir.



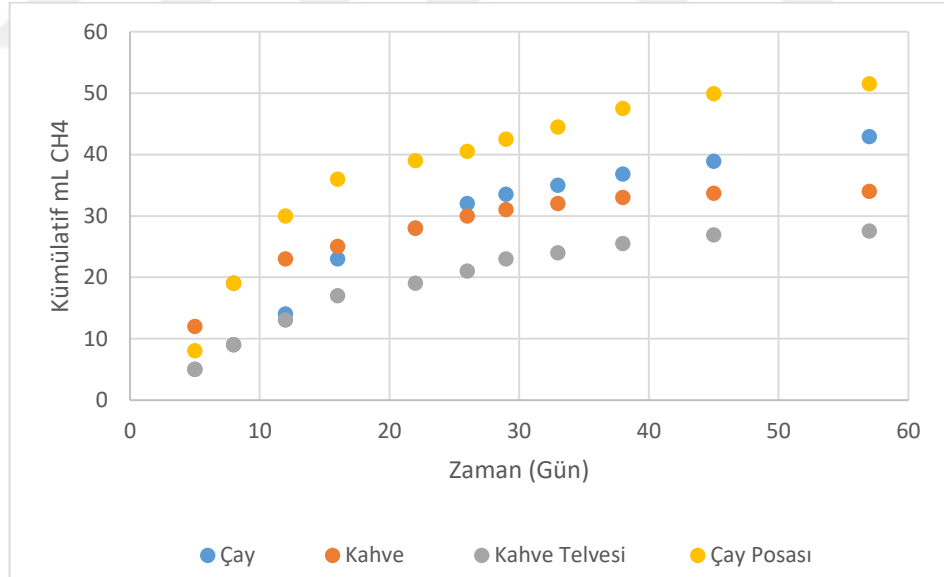
Şekil 4.10. 25 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği.

26 numaralı numunede demlenmemiş ham halde çay, mineral ortam, su, NaHCO_3 , anaerobik aşı bulunmakta olup, BMP analiz sonuçları Şekil 4.11.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. 26 numaralı numunenin BMP analiz sonuç grafiği.

Şekil 4.12.'de çay, kahve, çay posası ve kahve telvesi atıkları kullanılarak anaerobik ortamın tam sağlandığı numunelerin BMP analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.12. BMP analiz sonuçlarının karşılaştırılması.

Her gün yapılacak ölçümlerde istenilen düzeyde, gazın sıvı çözeltiye baskı uygulayacak miktarlarda oluşmamasından dolayı, gaz miktarları aralıklı olarak ölçülmüştür.

Kümülatif olarak en çok metan miktarı sırasıyla çay posası, ham çay, kahve ve kehve telvesinde görölmüştür. Sıcaklık, demlenme süresi, su ile temas gibi faktörlerin bunda etkili olduğu düşünölmektedir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizde en fazla tüketilen içecekler arasında olan çay posası ve kahve telvesi atıklarının ayrı toplanarak değerlendirilmesi ve bu atıklardan enerji elde edilmesi ekonomik olarak yarar sağlayacaktır. Şu an da gündemimizde olan Sıfır Atık Projeleri için de farklı bir bakış açısı oluşturacaktır.

Bu çalışmada kahve telvesi ve çay posası atıklarının biyogaz üretim potansiyelleri araştırılmıştır. 57 gün boyunca aralıklı olarak BMP analizleri yapılarak grafiklere aktarılmış ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

Deneyssel çalışmalar sonucunda 1, 7, 13 ve 19 numaralı aşı kullanılmayan şişelerde metan üretimi görülmemiştir. Ya da eser miktarda metan üretimi gerçekleşmiştir.

Anaerobik aşının kullanıldığı numunelerde (4, 10, 16 ve 22 numaralı) kullanılmayan (1,7,13 ve 19 numaralı) numunelere göre daha fazla metan gazı oluşumu gerçekleştiği tespit edilmiştir.

En fazla metan üretimi anaerobik aşı ve anaerobik ortam için en uygun koşulların sağlandığı 10 (Kümülatif mL CH₄=51.5) ve 22 (Kümülatif mL CH₄=27.5) numaralı numunelerde gerçekleşmiş olup, çay posasının metan potansiyeli kahve telvesine göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Kahve telvesi atıkları ile anaerobik şartların tam olarak sağlandığı numunede (22 numaralı numune) (Kümülatif mL CH₄=27.5), kahvenin ham halinin (25 numaralı numune) (Kümülatif mL CH₄=34) yine aynı şartlarda yapılan BMP analizleri karşılaştırıldığında kahvenin ham halinin biyogaz potansiyelinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Çay posası atıkları ile anaerobik şartların tam olarak sağlandığı numune (10 numaralı numune) (Kümülatif mL CH₄=51.5) ve çayın demlenmeden önceki siyah çay halinden alınarak hazırlanan 26 numaralı numuneler (Kümülatif mL CH₄= 42.9) karşılaştırıldığında biyogaz potansiyelleri arasında 8.6 mL fark olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca çay posasının, çayın ham halinden daha fazla metan üretim potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Nedeninin organik maddelerin daha iyi çözünmesi olarak düşünülmektedir.

Kullanılan hammaddelerin pH değerlerinin literatür araştırmalarında 6-7 arasının optimum biyogaz üretimi için gerekli olduğu verilmektedir (Kaya ve Öztürk 2012). Bizim çalışmamızda kullanılan hammaddelerin pH düzeyleri 5-6 arasında olduğu görölmüştür. Fermantasyon sırasında asit üreten bakterilerin de asit üreterek ortamın pH 'ını 5'ten aşağıya düşürdüğü düşünölürse bu asidik ortamda bakterilerin işlevi önlenmiş olabilir. Ancak bu durumun önlenmesi açısından bazı şişelerde NaHCO_3 kullanılmıştır.

Bu hammaddelerin biyogaz üretiminde kullanılması sırasında aşı çamurunun kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.

Her iki atık türü için de ön işlemlerin uygulanması durumunda metan veriminin artacağı öngörülmektedir. Ayrıca çay posası ve kahve telvesi atıklarının selülozik ve protein analizlerinin yapılmasının da yarar sağlayacağı düşünölmektedir.

Ölkemizde yapılan çalışmalara bakılınca, genelde evsel nitelikte çay demleme sonrası çıkan çay posası atıklarına yönelik çalışmaların olmadığı görölmüştür. Aynı zamanda kahve telvesi atıklarının da başka alanlarda kullanımları incelenmiş ancak biyogaz üretim potansiyeli ile ilgili çalışmalar görölememiştir. Araştırmaların bu atıklar adına çoğaltılabileceği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abalı, Y., Gümüş, R., Vatansever, S. ve Ersöz, N., 2009. Türk kahvesi telvesinden biodizel üretimi, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.
- Acaroğlu, M., 2003. Alternatif enerji kaynakları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, ISBN:975-6574-25-9.
- Acaroğlu, M. ve Ültanır, M. Ö., 2000. Türkiye’de biyokütle (Biomass) enerji potansiyeli ve değerlendirilmesi için öneriler, Türkiye 8. Enerji Kongresi, WEC-TNC, Ankara, Bildiriler Kitabı, 161-171.
- Akgün, A. N., Bozkurt, B. ve Salt, İ., 2013. Kahve telvesiyle atıksulardan bakır giderimi Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 31, 44-52.
- Alkanok, G., 2013. Çeşitli süpermarket atıklarının biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Altuntop, E., Bozlu, H., ve Karabıyık, E., 2014. Evsel atıkların ekonomiye kazandırılması TR62 (Adana, Mersin) Bölgesi. Çukurova Kalkınma Ajansı Evsel Atık Raporu, http://www.cka.org.tr/dosyalar/evsel_atik_raporu.pdf Erişim tarihi: 21.11. 2016.
- Arık, A., 2016. Yenilenebilir enerji politikalarının sürdürülebilirliği: AB ülkeleri ve Türkiye açısından bir değerlendirme, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Asachi, G., 2018. Technical University of Iasi, Romania , Environmental Engineering and Management Journal, 17, 10, 2401-2408.
- ASTM, 2004. American Society for Testing and Materials, United States.
- Bahtiyar, Ö. ve Emin O., 2008. Membran yöntemiyle biyogazdan karbondioksitin ayrıştırılması ve metan saflaştırma projesi, 105Y084.
- Battista, F., Fino, D. ve Mancini, G., 2016. Optimization of biogas production from coffee production waste, Bioresource Technology 200, 884-890.
- Belen, S. N., 2019. Çay atığı ve kahve telvesiyle aktif karbon üretimi, üretilen adsorbentin ağır metal adsorpsiyonu proseslerinde incelenmesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bilgin, S., Koçer, A., Yılmaz, H., Acar, M. ve Dok, M., 2016. Çay fabrikası atıklarının peletlenmesi ve pelet fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33, 70-80.

- Bolzonella, D., Pavan, P. ve Fatone, F., 2005. Anaerobic fermentation of organic municipa solid wastes for the production of soluble organic compounds, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44, 10, 3412-3418.
- Borovik, M. R., ve Albers, J. D., 2018. Participation in the illinois solar renewable energy market *Electr. J.*, 31, 33-39.
- Bozkurt, B., 2012. Kahve telvesiyle atık sulardan şğır metal adsorpsiyonu, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Cooper, R., Morré, D.J. ve Morré, D.M., 2005. Medical benefits of green tea: part I. review of non-cancer health benefits. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 11, 3, 521-528.
- Çağlarırnak, N. ve Ünal, K., 1998. Kahve tanesinde (C.Arabica) mineral maddelerin belirlenmesi üzerine bir araştırma, *Gıda Dergisi*, 24, 53-57.
- Çelik, F, 2006. Çay (camellia sinensis); içeriği, sağlık üzerindeki koruyucu etkisi ve önerilen tüketimi. *Türkiye Klinikleri J. Med. Sci.* 26, 642-648.
- Dalgıç, A. C., 1998. Zeytin küspesinden biyogaz üretimi, Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gaziantep.
- Dil, H., 2019. Finansal yönüyle yenilenebilir enerji kaynaklarının içerik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İzmir.
- Dinçer, F., Atik, İ., Yılmaz, Ş. ve Çıngı, A., 2017. Hidrolik enerjisinden yararlanmada ülkemiz ve gelişmiş ülkelerin mevcut durumlarının analizi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kilis.
- Dorea, J.G. ve Costa, T. H .M., 2005. Is coffee a functional food, *British Journal of Nutrition*, 93, 773-782.
- Elbeshbishy, E., Nakhla, G. ve Hafez, H., 2012. Biochemical methane potential (BMP)of food waste and primary sludge: Influence of inoculum pre-incubation and inoculum source, *Bioresource Technology*, 110, 18-25.
- Eldem, M. O., 2017. Güneş Enerjisi TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni 2017/5.
- Elibüyük, U. ve Üçgül, İ. 2014. Rüzgar türbinleri, çeşitleri ve rüzgar enerjisi depolama yöntemleri, *Yekarum e-Dergi*, 2, 3, 1-14.
- Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, 2016. 2016 Yılı Enerji Dengesi, www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari.
- Eyidoğan, M., 2008. Biyogazın saflaştırılması ve motorlu taşıt yakıtı olarak kullanımı *Mühendis ve Makine*, 49, 584.

- Rizzi, F., Van, Eck N. J. ve Frey, M., 2014. The production of scientific knowledge on renewable energies: Worldwide trends, dynamics and challenges and implications for management," *Renew. Energy*, 62, 657-671.
- FAO, 2010. Medium-term prospects for agricultural commodities, Projections To The Year 2010, Rome.
- Ferrari, M., Ravera, F., De Angelis, E., Liverani, F.S. ve Navarini, L., 2010. Interfacial properties of coffee oils, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 365, 79-82.
- Flisberg, K., 2016. Anaerobic co-digestion of algae, sewage sludge and coffee ground result and discussion, Of University Boras, Scholl Of Engineering.
- Frandsen, S., ve Christensen, C. J., 1992. Accuracy of estimation of energy production from wind power plants, *Wind Engineering* 16, 5, Denmark.
- George, W., Crabtree, ve Nathan, S. L., 2007 American Institute of Physics, S-0031-9228-0703-010-4.
- Goel, B., Pant, D.C. ve Kishore, V. V. N., 2001. Two-phase anaerobic digestion of Spent tea leaves for biogas and manure generation, *Bioresource Teknology* 80, 153-156, India.
- Gourieres, D.L. 1982. Wind power plants theory and design, Pergamon Press, Oxford.
- Gustavsson, M., 2000. Biogas technology solution in search of its problem, Göteborg University, Göteborg.
- Gül, A., 2014. Sebze ve meyve atıklarının biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Heath, T., 2000. Realities of wave technology, 0312.
- Henning, S.M., Fajardo- Lira, C., Lee, H., Youssefian, A.A., Go, V.L.W. ve Heber, D., 2003. Catechin content of 18 teas and a green tea extract supplement correlates with antioxidant capacity. *Nutrition and Cancer*. 45, 2, 226- 235.
- Hepbasli, ve Ozgener, O., 2014. A review on the development of wind energy in Turkey, *Renewable Sustainable Energy Reviews* 8, 257–276.
- House, H., 2007. Alternative energy sources - biogas production, London Swine Conference – Today’s Challenges Tomorrow’s Opportunities.
- Hut, D., 2016. Çay çöpü kompostu ve tuz uygulamalarının biber bitkisinin gelişimi üzerine etkileri, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu.

- İlkılıç, Z., 2016. Türkiye’de rüzgar enerjisi ve rüzgar enerji sistemlerinin gelişimi, Batman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, Yaşam Bilimleri Dergisi, 6, 2/2.
- Kaçtıoğlu, S. ve Şengül, Ü., 2010. Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımı ve bir karma tam sayılı programlama modeli. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 24, 1.
- Kafadar, C., 2018. A history of coffee, <https://sites.duke.edu/rethinkingglobalcities/files/2014/09/64Kafadar16-coffeehistory.pdf>.
- Kavak, K., 2012. Avrupa Birliği’nde ve Türkiye’de kentsel enerji uygulamaları, Türk Akademisi Siyasi Sosyal Stratejik Araştırmalar Vakfı, Enerji Araştırmaları Merkezi.
- Kaya, D. ve Öztürk, H., 2012, Umuttepe Yayınları, Kocaeli.
- Kaya, M. Ç., 2019. Evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve depolanması hususunda yapılan maliyet analizi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Kaya, O., 1999. Yemek artıklarından biyogaz enerjisi üreten sistemin tasarımı ve imalatı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Khayum, N., Anbarasu, S. ve Murugan, S., 2018. Biogas potential from spent tea waste: A laboratory scale investigation of co-digestion with cow manure, Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology Rourkela, Hindistan, Elsevier, 165, 760-768.
- Kılıç, F. Ç. ve Kılıç, M. K., 2013. Jeotermal enerji ve Türkiye, Mühendis ve Makina, 54, 639, 45-56.
- Ki, D. H., Han, S.K., Kim, S.H. ve Shin, H.S., 2006. Effect of gas sparging on continuous fermentative hydrogen production, International Journal of Hydrogen Energy, 31, 2158-2169.
- Köse, B., 2015. Farklı oranlardaki ahır gübresi ve çay posası uygulamalarının sedimentlerin bazı fiziksel kimyasal özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Kütük, C., Çaycı, G. ve Baran, A., 1995. Çay atıklarının bitki yetiştirme ortamı olarak kullanabilme olanakları, Tarım Bilimleri Dergisi, 1, 1, 35-40.
- Lucas, H., Pinnington, S., ve Cabeza, L. F., 2018. Education and training gaps in the renewable energy sector, Sol. Energy, 173, 449-455.

- Luza, F. C., Cordinera, S., Mannia, A., Mulonea, V. ve Roccoa, V., 2016. Anaerobic digestion of liquid fraction coffee grounds at laboratory scale: Evaluation of the biogas yield, 8. Uluslararası Uygulamalı Enerji Konferansı, 105, 1096-1101.
- Mussatto, S. I., Carneiro, L. M., Silva, J. P. A., Roberto, I. C., Teixeira, J. A., (2011). A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds, Carbohydrate Polymers 83, 368–374.
- Qu, M., Ahponen, P., Tahvanainen, L., Gritten, D., Mola-Yudego, B., ve Pelkonen, P., 2011. Chinese university students knowledge and attitudes regarding forest bio-energy, Renew., Sustain. Energy Rev., 15, 3649-3657.
- Öztaşkan, G., 2011. Avrupa Birliği sürdürülebilir kalkınma politikaları kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ve Türkiye'nin durumunun değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Trop, P. ve Goricanec D., 2015. Comparisons between energy carriers productions for exploiting renewable energy sources, Energy, 108, 155-161.
- Parikka, M., 2004. Global biomass fuel resources. Biomass Bioenergy, 27, 6, 613-620.
- Pehlivan, Y., 2003. Bor, toryum, nebtünyum gerçeği ve Türkiye'deki enerji sorununa bir bakış, İTÜ., Fen Edebiyat Fakültesi, İstanbul.
- Ranheim, T. ve Halvorsen, B., 2005. Coffee consumption and human health – beneficial or detrimental – Mechanisms for effects of coffee consumption on different risk factors for cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus Mol. Nutr. Food Res., 49, 274-284.
- Saleh, A. M., Bin Haris, A., ve Ahmad, N. B., 2014. Towards a UTAUT-based model for the intention to use solar water heaters by Libyan households, Int. J. Energy Econ. Policy, 4, 1, 26.
- Sau, K. S., Nandi, K., Giri, A. ve Manna, T. K., 2013. Enhancement of methane production from tea waste and pumpkin waste using human urine, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), 2, 12, 2107-2110.
- Sawyer, N., Trois, C., Workneh, T. ve Okudoh, V., 2019. An Overview of Biogas Production: Fundamentals, Applications and Future Research, International Journal of Energy Economics and Policy, 9, 2, 105-116.
- Shell International, 2008. Shell Energy Scenarios to 2050.
- Süren, H., 2012. Jeotermal sistemlerde flash buhar ve binary sistemlerin birlikte kullanımının enerji ve ekserji analizi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

- Şahbaz, S., 2007. Geçmişten günümüze kahvehaneler, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- T.C Milli Eğitim Bakanlığı, 2011. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Yiyecek İçecek Hizmetleri Kahve ve Hazırlama Servisi, cygm.meb.gov.tr.
- T.C. Resmi Gazete Çevre Kanunu, 1983. RG. 18132, 2.
- Taşar, Ş., 2018. Atık çay posasından biyobozunur ve antimikrobiyal polimerik jel-film üretimi ve karakterizasyonu, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ.
- Tea Research Association, 1997. USA.
- Tokimoto, T., Kawasaki, N., Nakamura, T., Akutagawa, J. ve Tanada, S., 2004. Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass, Journal of Colloid and Interface Science, 281, 56–61.
- Tosun, İ. ve Karadeniz, B., 2005. Çay ve çay fenollerinin antioksidan aktivitesi. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 20, 1, 78-83.
- Uluslar Arası Enerji Ajansı (IEA), 2019. World Energy Outlook.
- Uluslar Arası Enerji Ajansı (IEA), 2006. World Energy Outlook.
- Uygur, İ., Demirci R., Saruhan H., Özkan A. ve Belenli İ., 2006. Batı Karadeniz bölgesindeki dalga enerjisi potansiyelinin araştırılması, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1, 12, 7-13.
- Vasmara, C. ve Marchetti, R., 2018. Spent coffee grounds from coffee vending machines as feedstock for biogas production, 17, 10, 2401-2408.
- Wintengs, J. N., 2004. The Coffee Plant, Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- World Bioenergy Association Global Bioenergy Statistics, 2020. 201210 WBA GBS.
- World Energy Council 2018, Global Status Report.
- Yaydırgan, T., 2018. Mahalli idareler için evsel katı atık tarife belirleme yöntemi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Yüceşen, D., 2012. Kahve telvesinin çeşitli alanlarda kullanım olanaklarının belirlenmesi Yıldız Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Zhen, Y., 2002. Tea: bioactivity and therapeutic potential, New Fetter Lane, London, 257, 11.

- Zuorro, A. ve Lavecchia, R., 2011. Spent Coffee Grounds as a Valuable Source of Phenolic Compounds and Bioenergy, Journal of Cleaner Production, 68, 6, 1-8.
- Xu, Q., Lan, P., Zhang, B., Ren, Z. ve Yan, Y., 2013. Energy sources, part A: Recovery, utilization, and environmental effects, Energy Sources, 35, 21, 848-858.
- URL-1 <<https://www.myenerjisolar.com/gunes-enerjisinin-kullanım-alanları-nelerdir/>>, Erişim Tarihi: 27.05.2021
- URL-2 <ETKB, "Jeotermal," 2010. <http://www.enerji.gov.tr/index.php?sf=webpages&b=jeotermal>>, Erişim tarihi: 9.12.2012
- URL-3 <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569115001544?via%3Dihub>> Erişim Tarihi: 25.05.2021.
- URL-4<<https://www.hurriyet.com.tr/mahmure/kahve-nasil-yetisir-kahve-turkiyede-en-cok-ve-en-iyi-nerede-yetisir-ve-nasil-yetistirilir-41743750>> Erişim Tarihi:27.05.2021.
- URL-5 <MissionRoaster Inc., Coffee and Tea, www.missionroaster.com> Son Erişim tarihi: 10 Ekim 2011.
- URL 6 < Starbucks Protects Environment by Offering Grounds for Your Garden.” Resource Conservation Challenge (RCC). Eighteen DEC2008. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Six Mar 2008 <http://www.epa.gov/epaoswer/osw/conservation/2004news/04-star.htm> Erişim Tarihi: 2018.
- URL-7 < file://localhost/I:/Untitled%20Document.htm > Erişim Tarihi: 2012.
- URL-8 Kuru Kahveci Mehmet Efendi Mahdumları, <<http://www.mehmetefendi.com/mehmetefendi/index.html>>, Erişim Tarihi: 25 Nisan 2012.
- URL-9 <ICO, <http://www.ico.org>>, Erişim Tarihi: 29 Mart 2012.
- URL 10 <www.caykur.gov.tr/detay.aspx?ID=1>, Erişim tarihi: 2018.
- URL-11 < <http://blog.dunyacayevi.com> >, Erişim tarihi: 2018.
- URL-12 <[https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ay_\(bitki\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ay_(bitki))> Erişim Tarihi:25.05.2021.
- URL-13 <<http://www.biriz.biz/cay/>> Erişim tarihi: 2018.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : BURCU ÇAL

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Ön Lisans : Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Harita ve Kadastro Bölümü, 2008-2010

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2014-2017

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 2017-2021

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Set Harita / Harita ve Kadastro Teknikeri Yaz Stajı
2. Konak Belediyesi / Harita ve Kadastro Teknikeri Yaz Stajı
3. Ertaş Harita / Harita ve Kadastro Teknikeri
4. Ulubol İnşaat A. Ş./ Harita ve Kadastro Teknikeri
5. Muğla Büyükşehir Belediyesi Marmaris İçmesuyu Analiz Laboratuvarı/ Çevre Müh. Yaz Stajı
6. Muğla Büyükşehir Belediyesi Muğla Atıksu Arıtma Tesisi / Çevre Müh. Yaz Stajı
7. Aksaray Referans İş Sağlığı ve Güvenliği Ölçüm Laboratuvarı/ Kalite Müdürü-Deney Personeli
8. EGS Çevre Müh. Dan. ve Eğt. Hiz. Tic. Ltd. Şti. /Çevre Mühendisi

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler

- 1.
- 2.