

Biyogazla Birlikte Oluşan Diğer Ürünlerin Araştırılması

Oğuz Yunus SARIBIYIK*¹ ORCID 0000-0001-9735-8735

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Genetik ve
Biyomühendislik Bölümü, Gümüşhane

Geliş tarihi: 07.03.2022

Kabul tarihi: 30.06.2022

Atıf şekli/ How to cite: SARIBIYIK, O.Y., (2022). Biyogazla Birlikte Oluşan Diğer Ürünlerin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(2), 499-508.

Öz

Gelişmekte olan ülkelerin enerji tüketimindeki yükselme atmosfere karbondioksit salınımını artırarak küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Küresel ısınmaya bağlı olarak ortaya çıkan doğal afetler insanların yaşamlarını olumsuz yönde etkilediklerinden dolayı atmosfere karbondioksit salınımının kontrol altına alınıp sürdürülebilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple fosil kökenli yakıtlara alternatif kaynaklarının araştırılması zorunlu hale gelmektedir. Rüzgâr enerjisi, biyodizel vb. gibi alternatif biyoyakıtlar içerisindeki alternatif enerji üretim yöntemlerinden birisi de biyogaz üretimidir. Biyogaz üretiminde uygun organik atıklar kullanılarak %35-45 CO₂, %55-65 CH₄ oranlarda biyogaz karışımı üretilirken eser miktarda CO, H₂S, NH₃ gibi diğer ürünlerde ortaya çıkmaktadır.

Yapılan bu çalışmada biyogaz üretiminde kullanılan sıvı fazda bulunan toplam karbon miktarı, fenolik içerik miktarları, Azot(N), Fosfor(P₂O₅), Potasyum(K₂O), pH, Hüyük asit, Fülvik asit ve iletkenlik gibi değerlerin değişimi biyogaz üretimi öncesi ve sonrasında test edilerek belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre N, P, K miktarlarında herhangi bir değişim ortaya çıkmazken pH değerinde yükselme, fenolik içerik, toplam karbon içeriği, iletkenlik, Hüyük ve Fülvik asit içeriklerinde biyogaz üretim süreci sonrasında artış meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoyakıt, Biyogaz, Atık bertarafı, Biyoenerji

The Investigation of the Other Component During Biogas Production

Abstract

The rise of the energy consumption of developing countries increases the carbon dioxide emission through to the atmosphere that causes global warming. The releasing of the carbon dioxide into the atmosphere is needed to be under control and sustainable because of the natural disaster appearing

*Corresponding author (Sorumlu yazar): Oğuz Yunus SARIBIYIK, oysaribiyik@gumushane.edu.tr

depending on the global warming that affects human life negatively. Therefore, the investigation of alternative resources is an under obligation instead of fossil-based fuels. The biogas production is one of the methods in alternative fuel manufacturing such as biodiesel, wind power and etc. The mixture of gases %35-45 CO₂, %55-65 CH₄ are produced with trace amount of other gases CO, H₂S, NH₃ by using suitable organic wastes after digestion.

In this study, the amount of phenolic compound, nitrogen (N), phosphorus (P₂O₅), potassium (K₂O), pH, Humic and Fulvic acid, conductivity properties were investigated in liquid phase before and after digestion. According to obtained results, there are any differences for the amount of N, P, K, while the value of the pH increases after digestion and the amount of the total carbon, Humic and Fulvic acid, the phenolic compounds and conductivity increases after digestion.

Keywords: Biofuel, Biogas, Waste treatment, Bioenergy

1. GİRİŞ

Atmosferdeki karbondioksit (CO₂) miktarı 1850 yıllarında endüstrileşmenin başlamasıyla 185 ppm'den 270 ppm değerine yükselmiş ve 2021 yılı Kasım ayı ortalamasına göre 417 ppm olarak ölçülmüştür [1-4]. Karbondioksit miktarındaki bu artış güneş ışınlarının tekrar uzaya yansımını engelleyerek atmosferin sıcaklığının yükselmesine neden olmaktadır [5]. Bu sıcaklık artışı, küresel ısınma olarak tanımlanmaktadır ve dünyada kuraklıklara aşırı yağışlara bağlı sellerin oluşumuna sebep olmaktadır. Bu sebepten dolayı sıcaklık artışının öncelikli olarak 2 °C'nin altında kalması ve ilerleyen süreçlerde sıcaklık artışının kontrol edilebilir olması planlanmıştır. Bu sebeple karbondioksit salınımının kademeli olarak 2030 yılına kadar düşürülmesi kararı alınmış ve 2016 yılında yaklaşık 175 ülkenin katılımıyla Amerika'nın Newyork şehrinde Paris anlaşması (4618 nolu Resmi Gazetede) olarak imzalanmıştır [6]. Alınan kararlarda özellikle fosil kaynaklı yakıtlar yerine, rüzgâr enerjisi [7], jeotermal [8], güneş enerjisi[9], hidroelektrik enerjisi [10] ve biyokütle gibi alternatif kaynakların kullanımının artırılması belirtilmiştir [11-17]. Biyokütle kaynaklı yakıtların dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %14 oranında katkı sağlayabileceği belirtilmektedir [18]. Birinci nesil olarak bilinen biyoyakıtlar genelde yenilebilir hammaddelerden mayalanma ile elde edilen biyoetanol, biyobütanol gibi yakıtların yanı sıra biyodizel üretimi ile de gerçekleştirilmektedir [18-20]. İkinci nesil

biyoyakıtlar ise artan dünya nüfusuna bağlı gıda ihtiyacı sebebiyle yenilenemeyen yağlar ve lignoselüloz gibi hammadde kaynakları biyoyakıt üretiminde kullanılmaktadır [20]. Üçüncü nesil biyoyakıt kaynakları ise ilk iki nesilde olan ihtiyaçlardan dolayı hammadde kaynağı olarak sadece atık organik maddeler kullanılarak üretilmektedir. Bu atık organik maddeler uygun şartlarda biyoreaktörlerde gerçekleştirilen süreçlerde, biyodizel üretimi, biyohidrojen, biyoetanol ve biyogaz gibi farklı ürünlere dönüştürülmektedir [11,18,20-22]. Alternatif biyoyakıtlar içerisinde en önemli alternatif yakıt kaynaklarından birisi de yüksek kalorili 5200 kcal/Nm³ enerji değerlerine sahip biyogazdır [23,24]. Biyogaz içerdiği (CH₄) metanın molekül formülündeki karbon başına yapısında bulunan hidrojen miktarının yüksek oluşu sebebiyle yanması sonucu oluşturduğu karbondioksit miktarı diğer karbon kökenli yakıtlara göre daha düşüktür. Bunun dışında uygun oksijen içeriğindeki yanma işlemi yaklaşık % 100 olarak gerçekleşmektedir.

Biyogaz üretimi büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan elde edilen biyokütle kaynaklarından üretilebildiği gibi evsel ve sanayi atıklarından, tarımsal faaliyetlerden sonra oluşan zirai atıklardan da üretilebilmektedir [11,12]. Önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre farklı atık maddelerinin kullanımı biyogaz oluşumunu artırmaktadır [12]. Ayrıca, farklı reaktör tiplerinin biyogaz oluşum miktarını etkilediği görülmüştür. Biyogaz oluşum sürecinde uygulanan farklı

sıcaklıkların, karıştırmanın, C/N miktarındaki değişimlerin, basıncın, proses şartları gibi farklı durumların biyogaz üretim verimi üzerine etkileri detaylı şekilde araştırılmaya devam etmektedir [18].

Yapılan bu araştırmalar biyogaz üretim miktarını ve kalitesini artırmaya yönelik olsa da biyosürecin geçmemiş biyokütlenin hava, su ve toprak kirliliği üzerine etkilerinin yeterince irdelenmediği görülmüştür. Bu nedenle biyosürecin sonrası oluşan biyokütle ve içeriğinin ne olduğu ve hangi amaçlar için kullanılabilmesi gibi konulara katkı sağlanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, yapılan incelemeler genellikle elementel düzeyde olup biyosürecin sonrası oluşan moleküller ve moleküllerin özellikleri belirtilmemektedir [25]. Bu sebeple, yapılan bu araştırmada biyogaz oluşum sürecinden sonra özellikle sıvı fazda meydana gelen değişimler pH, toplam organik madde içeriği, toplam fenolik madde miktarı, Hümik ve Fülvik asit içerikleri gibi ligant karakterli metallerle kompleks oluşturarak minerallerin aşınımı sağlayıp toprakta organik besin içeriğini farklılaştırabilecek maddelerin varlığı araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Biyogaz üretiminde daha önceki çalışmalara benzer olarak daha da geliştirilen biyoreaktör kullanılmıştır [11,12]. Biyogaz üretim sürecinde daha önce kullanılan biyoreaktör 70 litrelik gaz sızdırmaz şekilde ve (316) paslanmaz çelik kullanılarak imal edilen reaktörde ısıtma işlemi kontak termometre kontrollü olarak su ceketli ısıtıcı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Karıştırma işlemi mekanik karıştırıcı olarak 5 dk/devirde gerçekleştirilmiştir. Önceki çalışmalara uygun olarak reaktör sıcaklığı 38 °C'ye ayarlanmıştır. Biyoproses sonrası oluşan gaz miktarını belirlemek için Mastech MS6310 Gaz Dedektörü kullanılmıştır. Proses sonrası oluşan gazların analizleri ise G5000 portatif gaz analizörü yardımıyla yapılmıştır. Oluşan biyogazlardan örnek gaz almak için (Flexfoilplus) numune çantası kullanılmıştır. Ayrıca oluşan gazlar

Agilent (6820) gaz kromatografisi kolon (molesieve 5A 30 m x 0,53 mm x 50 µm) kullanılarak belirlenmiştir.

Biyogaz üretiminde biyokütle kaynağı çok önem arz etmektedir. Bu sebeple yapılan bütün deneysel çalışmalarda aynı beslenme diyetine sahip aynı büyükbaş hayvandan elde edilen biyokütle kullanılmıştır. Ayrıca, biyokütle kaynağı herhangi bulaşa izin verilmeden en kısasürede ortamdan alınarak kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada önceki çalışmalara benzer olarak % 60 kaba yem % 40 yoğunlaştırılmış yem karışımıyla beslenen 6 yaşındaki dişi doğurganlık döneminde olmayan (Simental) hayvandan temin edilmiştir.

Fermentasyon işlemlerinde 13 kg saf su, 13 kg yukarıda belirtilen hayvandan alınan biyokütle kullanılmıştır. Biyoreaktöre yükleme yapıldıktan sonra 225 dk/dvr 5 dk'lık ön karıştırma işleminden sonra analizler için 100 mL'lik numune alınmıştır. Alınan numune adi süzgeç kâğıdından süzildikten sonra ilgili analizler yapılmıştır. Aynı analizler 15 günlük fermentasyon süresi tamamlandıktan sonra 100 mL'lik örnek alınarak filtre işleminden sonra yapılmıştır. Yapılan analizlerde organik madde tayini TS 8336, organik karbon tayini standart metod 5310 kullanılarak, Humik-Fulvik asit miktarı için TS 5869, N-P-K analizleri için TS 2832, iletkenlik tayini için TS 9748 yöntemi kullanılmış ve Toplam Fenolik Madde (TFM) içeriği Colin Ciocalteu [26-28] yöntemi yardımıyla belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma bulgularının tartışılmasına geçilmeden öncelikle büyükbaş hayvanlardan elde edilen biyokütleden biyogaz üretiminin neden önemli olduğunun anlaşılması gerekmektedir [15,29]. Bu sebeple, biyokütlenin biyogaz üretimi yapılmadan tarım arazilerine uygulamalarındaki problemlerin belirlenmesi gerekmektedir [30]. Biyokütle biyogaz üretimi yapılmadan tarım arazilerinde verimi artırmak için kullanılmakta ve ürünlerde artış gösterdiği belirtilmektedir [30,31]. Ancak bu noktada toprak, hava ve tarım arazilerindeki

sularda meydana gelen sürecin belirlenmesi gerekmektedir. Biyokütle biyogaz süreci olmadan toprağa uygulandığı zaman biyobozunma süreci toprakta meydana gelmektedir [23]. Bu süreçte, selüloz, lignin, lipit, protein vb. büyük moleküllerden daha küçük uçucu moleküller oluşmaktadır [32]. Bu süreçle birlikte biyobozunma sırasında meydana gelen metan gibi uçucu moleküller doğrudan atmosfere karışmaktadır [33]. Biyobozunma süreçlerindeki bu olay aslında küresel ısınma ile yakından alakalıdır. Atmosfer gazları içerisinde bulunan metanın küresel ısınmaya katkısının 84 kat daha yüksek olduğu ve sanayileşme dönemine kıyasla 2.5 kat daha yüksek olduğu belirtilmektedir [4]. Ayrıca, sanayileşmenin başladığı 1750 yılından günümüze atmosferdeki metan miktarı % 150 artış göstererek 1803 (parts per billion) ppb seviyesine ulaşmıştır [4,30,31]. Zirai faaliyetlerin toplam sera gazı salınımına katkısı %23 olarak tahmin edilirken bu miktar içerisinde metan salınımı % 44 olarak tahmin edilmektedir [30]. Ormanların tarım arazilerine dönüştürülerek zirai faaliyete açılması zirai kökenli metan salınımını daha da artırmaktadır. Ayrıca, bu alanlarda besi çiftliklerinin kurulması metan salınımını artırarak hava kirliliğinin ve küresel ısınmanın etkilerini artırmaktadır [4,32,34]. Bunlara ilaveten biyokütlenin direkt uygulanması sulardaki biyolojik oksijen miktarı ihtiyacının artmasına, balıkların ve suda yaşayan diğer canlıların olumsuz etkilenmesine, alglerin düzensiz ve aşırı çoğalmasına sebep olabilmektedir [31]. Bunların yanı sıra özellikle büyükbaş hayvan çiftlikleri ve köylerde oluşan biyokütlelerin muhafazası, görüntü kirliliğine, süreç içerisinde biyobozunmaların gerçekleşmesine bağlı kötü koku oluşumu, salgın hastalıkların yayılması, özellikle bahar dönemi yağışları ile birlikte meydana gelen problemlerle biyokütlelerin yaya ve taşıt yollarına dağılması gibi problemlere sebep olmaktadır. Bunlara ek olarak, Bosch-Haber sentetik gübre üretiminde yüksek kararlılığa sahip N₂ bağının kırılarak (amonyak) NH₃ üretildiği ve yüksek enerji gerektiren reaksiyondan elde edilen gübrelerin kullanımlarının azaltılması gerekmektedir [35,36].

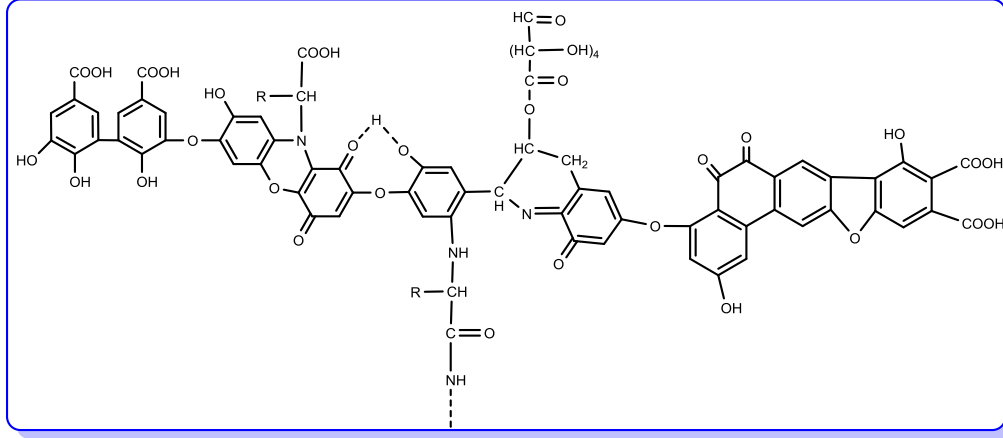
Çizelge 1. Biyogaz üretimi sonucu elde edilen diğer ürünler

İçerikler	Biyosüreç önce	Biyosüreç sonra
% N	-	-
% K ₂ O	-	-
% P ₂ O ₅	-	-
% pH	7,1	7,4
İletkenlik (mS)	4,36	10,21
Fenolik (mg/100g)	4,57	7,83
% Organik karbon	0,65	1,42
% Organik madde	0,86	3,01
% Hümik fülvik	0,81	1,71

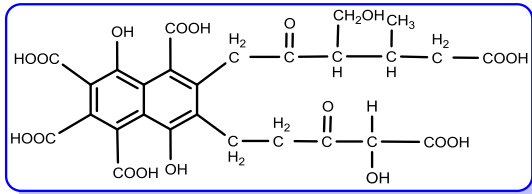
Yukarıda açıklanan bu sebeplerden dolayı biyo kütle ve uygun organik atıklar, zirai faaliyetlerde ortaya çıkan atıklar gibi atıkların biyogaz üretiminde kullanılması yenilenebilir enerji katkısını artırıp sera gazı etkisini azaltarak su, toprak ve havanın daha temiz kalmasına katkı sağlamaktadır [21,37]. Biyogaz üretiminde elde edilen biyogaz dışında oluşan diğer maddelerin ne olduğu ve hangi alanda kullanılabileceği çok önemlidir [36]. Bu sebeple özellikle biyogaz sürecinden geçirilmiş bir biyokütle ile biyogaz üretim sürecinden geçirilmemiş biyokütlenin farkları çok önem arz etmektedir [37]. N, K₂O, P₂O₅ gibi bitki beslenmesinde önem arz eden inorganik bileşiklerde biyogaz üretimi öncesi ve sonrasında herhangi bir değişim gözlemlenmemiştir Çizelge 1.

Yapılan çalışmada elde edilen verilere göre pH çok küçük (0,3) bir artış göstererek önceki çalışmalarla oldukça uyumlu sonuçlar elde edilmiştir [34]. Biyosüreç sonrası oluşan organik madde ve organik karbon miktarındaki değişim pH değişimi ile yakından alakalıdır [38]. Biyosüreçte ilk basamak olan hidroliz süreci sonucunda büyük organik maddelerin daha küçük moleküllere dönüşmesi suda çözünebilir moleküllerin oluşmasını sağlamaktadır [32,39].

Biyosürecin son kısmında ise asidogenik bakteriler hidrolizden sonra oluşan molekülleri organik asitlere dönüştürmektedir [39]. Bu verilere göre organik madde miktarının ve pH'nın değişimi oluşan farklı organik asitlerin oluştuğunu göstermektedir [32,38].



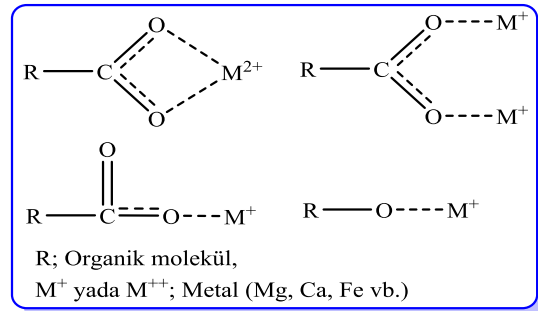
Şekil 1. Hümik asit temsili gösterimi [40]



Şekil 2. Fülvik asit temsili gösterimi [41]

Sentetik gübre üretiminde etilen di amin tetraasetik asit (EDTA) vb gibi şelatlaştırıcı moleküller kullanılarak Zn, Fe gibi elementlerin salınımlarını yavaşlatarak bitkinin gübre kullanımından uzun süre sonra dahi beslenebilmesini sağlamaktadır [42]. Bu amaç için tartarik asit, sitrik asit, maleik asit gibi çok dişli ligand karakterli organik asitlerin kullanımının etkileri araştırılmaktadır [42]. Daha önceki çalışmalarımızdan elde edilen sonuçlara göre yapısında karboksilik $-(COOH)$ ve $-(OH)$ gibi fonksiyonel grupları içeren organik moleküller metallerle kompleks yapılar oluşturabilmektedir [43,44]. Özellikle, moleküler yapısında suda çözünebilmeyi sağlayan fonksiyonel grupları içeren ve elektrik iletkenliğe katkı sunan Hümik-Fülvik asit gibi fenolik ve karboksilik yük taşıyıcı molekül ve iyonların oluşması diğer elde edilen verilerle çok güzel şekilde örtüşmektedir Çizelge 1, Şekil 1 [44]. Bu sebeple, iletkenlik biyosüreç öncesi ve sonrasında en fazla değişim gösteren faktör olarak görülmektedir. Bunun dışında biyosüreç sırasında oluşan asetik, Hümik, Fülvik

asit gibi küçük organik asidin ağır metaller ile kompleks yapılar oluşturabildiği ve sulu çözeltilerde tampon görevi yaptığı belirtilmektedir [32,38]. Ayrıca organik asitlerin varlığının i) pH'yı düşürüp minerallerin çözünürlük sabitinin değişmesine ve bu şartlarda aşınarak bitki beslenmesinde kullanılabilir forma geçmesine, ii) minerallerdeki yüzey metalleri ile kompleks oluşturulmasına, iii) Al^{3+} gibi sulu çözeltilerdeki iyonik metallerle kompleks oluşturarak sulu çözeltilerdeki konsantrasyonunun değişmesine ve kimyasal aktivitelerinin düşmesine sebep olmaktadır [45].



Şekil 3. Karboksilik asit ve fenolik metal kompleks [43]

Yapılan çalışmada biyosüreç sonrası oluşan ürün incelendiğinde meydana gelen değişim organik madde ve organik karbon içeriğinin özellikle Hümik ve Fülvik asit açısından arttığı görülmektedir Çizelge 1. Hümik Şekil 1

(Stevenson 1982) ve Fülvik asit Şekil 2 (Buffle 1977) moleküllerinin kimyasal formülleri farklı kaynaklarda farklı şekillerde gösterilmektedir [40,41]. Hümik ve Fülvik asit toprakta bulunan faydalı mineralleri bitkilerin kullanılabilmesi için uygulanan ligant karakterli kompleks oluşturu moleküllerdir Şekil 3 [43,44,46]. Ayrıca bu moleküller, yapılarında hidroksil, karboksilik asit gibi farklı fonksiyonel gruplara sahip iyon değişim kapasitesi yüksek olan şelat (metallere bağlanarak kompleks oluşturma kapasitesine sahip moleküller) karakterli moleküllerdir Şekil 1 ve Şekil 2 [47,48]. Polielektrolitik özelliklerinden dolayı biyosürecin sonrası elde edilen sıvı numunede elektrik iletkenliği yaklaşık olarak 2.5 kat artış göstermiştir [44,46]. Ayrıca elektrolitik özelliğinden dolayı bulunduğu şartlara göre elektron kabul eden veya sunabilen molekül olarak davranabilmektedir [44].

Biyosürecindeki biyokütle kaynağı, büyükbaş hayvana uygulanan beslenme diyeti, biyosüreci kullanan reaktör ve bakteri grubu gibi etmenler süreçte oluşan organik maddelerin farklılaşmasına sebep olmaktadır [11,12]. Bu sebepten dolayı oluşan maddeler moleküler düzeyde ayrı ayrı incelenmemiştir.

Hümik ve Fülvik asit toprakta bulunan minerallerin aşınımını kolaylaştırarak bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürmesi bitkilerin beslenme ve gelişimi açısından önemli rol oynayabileceğini göstermektedir [44,45,47,49-51]. Salatalık bitkisine Hümik ve Fülvik asit uygulamaları sonucu hem salatalık bitki gelişimini hem de elde edilen ürün veriminin arttığını göstermiştir [52]. Bir diğer çalışmada Hümik asit uygulanan bitkilerde kök ve filiz gelişimiyle birlikte yaprak büyüklüğü ve klorofil içeriğinin arttığı tespit edilmiştir [53,54]. Yapılan bir diğer çalışmada tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde Hümik asit kullanımının hem bitki gelişimini hem de ürün miktarını artırdığı gözlemlenmiştir [51,53]. Çeri domateslerine yapılan Hümik asit uygulamaları sonucu verimin, likopen miktarının ve askorbik asit miktarının arttığı gözlemlenmiştir [55]. Hümik asit kullanılarak bitkilerin kuraklık stresindeki gelişimleri incelendiğinde topraktaki besin değerlerinin ve su içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir [56]. Fesleğen ile yapılan bir diğer çalışmada ise

Hümik asit kullanımı sonucu bitkide uçucu yağ asitlerinin, antioksidan, antimikrobiyal aktivitenin ve klorofil içeriğinin arttığı bulunmuştur [57]. Okaliptüs ağacına uygulanan Hümik asit bitki metabolizmasını ve toprağın özelliğini değiştirerek bitkinin gelişimini artırdığı ve topraktaki besin miktarını artırdığı ortaya konulmuştur [58]. Yer fıstığına uygulanan Hümik asit ürün veriminin ve klorofil miktarının arttığı gözlemlenmiştir [59]. Bunların dışında bitkilere fosfat, magnezyum, kalsiyum ve azot alımını artırarak bitki gelişimine katkı sağlamaktadır [48].

Elde edilen sonuçlara göre biyogaz üretimi öncesi ve sonrasındaki Hümik ve Fülvik asit içeriğinin değişimi incelendiğinde yaklaşık olarak %1 oranında bir artış olduğu görülmektedir. Önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlara bakıldığında bu artışın bitki gelişiminde çok önemli rol oynayabileceği kuraklık ve tuz stresine karşı etkin rol oynayabileceği görülmektedir.

4. SONUÇ

Yapılan çalışma ile büyükbaş hayvandan elde edilen biyokütle hammadde kaynağı kullanılarak pilot biyoreaktörle alternatif yakıt olan 0,5 m³/ton biyogaz üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Atıklardan alternatif yakıt üretimi artan enerji ihtiyaçlarının sebep olduğu hava kirliliğinin azaltılabileceği görülmektedir. Ayrıca biyogaz gibi hammadde kaynağı bol ve ucuz olan farklı amaçlar için kullanılacak alternatif enerjilerin üretiminin ülke ekonomisine katkı sağlayabileceği anlaşılmaktadır.

Özellikle köylerde ve besi çiftliklerinde oluşan biyokütle kullanılarak bu kaynaklara bağlı kötü görüntü, koku, bulaş oluşumu gibi faktörlerin azaltılıp bu atık kaynaklardan biyogaz üretimi yapılarak çevresel problemlerin azaltılabileceği görülmektedir. Bu sebepten dolayı, köylerde planlı şekilde yapılacak biyogaz üniteleri ile elde edilecek biyogaz ulaşım, tarım, elektrik üretimi gibi amaçlar için kullanılarak köylerde yaşayan insanların daha konforlu yaşam alanlarına ulaşmalarını sağlanabilir. Bunların dışında, biyosürecin geçmiş biyokütlenin Hümik ve Fülvik asit gibi zengin ligant karakterli şelatlaştırıcı moleküllerin içeriği tarım arazilerinde

kullanılmaktadır. Ligant karakterli bu moleküller minerallere koordine olarak oluşturdukları kompleks yapılar ile hem minerallerin aşınımlarını hızlandırır hem de oluşturdukları metal kompleksleri ile minerallerin bitki beslenmesinde daha etkin kullanımına yardımcı olmaktadır. Böylece hem sentetik gübre ihtiyacı azaltılarak toprakların sentetik gübrelerden gelen ağır metallerle kirlenmesi engellenmiş olur hem de ekonomik anlamda sentetik gübrelerle verilen yüksek maliyet azaltılarak değerli çiftçilerimize ekonomik anlamda da katkı sağlamış olacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Environmental Protection Agency (EPA), 2021. Understanding Global Warming Potentials <https://www.epa.gov/> Erişim Tarihi 02.03.2022.
2. National Aeronautics and Space Administration (NASA) 2021. <http://www.climate.nasa.gov/> Erişim Tarihi 02.03.2022
3. Lindsey, R., 2021. Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. In: Dlugokencky E (ed), <https://www.climate.gov/> Erişim Tarihi 03.02.2022
4. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, T.K.M., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B., 2021. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
5. Bonneuil, C., Choquet, P. L., Franta, B., 2021. Early Warnings and Emerging Accountability: Total's Responses To Global Warming, 1971–2021. *Global Environmental Change* 71, 102386.
6. Paris Antlaşması, Resmi Gazete 2021 <https://www.resmigazete.gov.tr/> Erişim Tarihi 03.02.2022.
7. Zhoua, B., Or, S.W., Chan, K.W., Duan, H., Wu, Q., Wang, H., Meng, Y., 2021. Short-Term Prediction of Wind Power and its Ramp Events Based on Semisupervised Generative Adversarial Network. *Electrical Power and Energy Systems*, 125:106411.
8. Ren, S., Dou, B., Ning, F., 2021. Geothermal Energy Exploitation from Depleted High-temperature Gas Reservoirs By Recycling CO₂: The Superiority and Existing Problems. *Geoscience Frontiers*, 12:6, 101078.
9. Zhang, Q.L.Y., Mieghem, A.V., Chen, Y.C., Yu, N., Yang, Y., Yin, H., 2020. Design and Experiment of a Sun-powered Smart Building Envelope with Automatic Control. *Energy & Buildings* 223, 110173.
10. Qaiser, I., 2022. A Comparison of Renewable and Sustainable Energy Sector of the South Asian Countries: An Application of SWOT Methodology. *Renewable Energy*, 181, 417-425.
11. Sarıbiyık, O.Y., Kılınc, R., 2021. The Investigation of the Alternative Fuel Biogas Potential for Model Town. *European Journal of Science and Technology*, 25, 192-197.
12. Uçar, I.R., Özer, Z., Sarıbiyık, O.Y., 2021. The Investigation of the Waste Effect on Biogas Production. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering*, 36, 581-589.
13. Association, S.G., 2021. Basic Data on Biogas. Swedish Gas Technology Centre: Basic Data on Biogas. <https://www.enerdigas.se/> Erişim Tarihi 03.02.2022.
14. Boreka, K., Romaniuk, W., 2020. Biogas Installation for Harvesting Energy and Utilization of Natural Fertilisers. *Sciencio Agricultural Engineering*, 24:1-14.
15. Diamantis, V., Eftaxias, A., Stamatelatos, K., Noutsopoulos, C., Vlachokostas, C., Aivasidis, A., 2021. Bioenergy in the Era of Circular Economy: Anaerobic Digestion Technological Solutions to Produce Biogas from Lipid-rich Wastes. *Renewable Energy*, 168, 438-447.
16. Winqvist, E., Rikkonen, P., Pyysiäinen, J., Varho, V., 2019. Is Biogas an Energy or a Sustainability Product?-Business Opportunities in the Finnish Biogas Branch. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1344-1354.
17. Bernard, S.S., Srinivasan, T., Suresh, G., Paul, A.I., Fowzan, K.M., Kishore, V.A., 2020. Production of Biogas from Anaerobic Digestion of Vegetable Waste and Cow Dung. *Materials Today: Proceedings*, 33.

18. Sindhu, R., Binod, P., Pandey, A., Ankaram, S., Duan, Y., Awasthi, M.K., 2019. Chapter 5-Biofuel Production from Biomass: Toward Sustainable Development. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering, Elsevier, 79-92.
19. Özcanlı, M., Serin, H., Sarıbiyık, O.Y., Aydın, K., Serin, S., 2012. Performance and Emission Studies of Castor Bean (*Ricinus Communis*) Oil Biodiesel and its Blends with Diesel Fuel. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 34, 1808-1814.
20. Sarıbiyık, O.Y., Özcanlı, M., Serin, H., Serin, S., Aydın, K., 2010. Biodiesel Production from *Ricinus Communis* Oil and its Blends with Soybean Biodiesel. Strojniški Vestnik-Journal of Mechanical Engineering, 56, 811-816.
21. Quiroz, M., Varnero, M.T., Cuevas, J.G., Sierra, H., 2021. Cactus Pear (*Opuntia Ficus-Indica*) in Areas with Limited Rainfall for the Production of Biogas and Biofertilizer. Journal of Cleaner Production, 289, 125839.
22. Nergiz, U., Sert, B., Cemalettin, A., Sarıbiyık, O.Y., 2021. The Effect of the Light and Feeding on Growth of Algae in Bioreactor. European Journal of Science and Technology, 23, 475-480.
23. Azadbakht, M., Ardebili, S.M.S., Rahmani, M., 2021. Potential for the Production of Biofuels from Agricultural Waste, Livestock, and Slaughterhouse Waste in Golestan Province, Iran. Biomass Conversion and Biorefinery.
24. Bassey, A., James, E., Bassey, A., Em, A., 2013. Four Potentials of Biogas Yield from Cow Dung-CD. European Journal of Experimental Biology 3.
25. Ma, Y., Yin, Y., Liu, Y., 2017. New Insights Into Co-digestion of Activated Sludge and Food Waste: Biogas Versus Biofertilizer. Bioresource Technology, 241, 448-453.
26. Uyar, B.B., Karadağ, M.G., Sanlier, N., Günyel, S., 2013. Toplumumuzda Sıklıkla Kullanılan Bazı Bitkilerin Toplam Fenolik Madde Miktarlarının Saptanması. Gıda, 38, 23-29.
27. Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamying, A., Sirichakwal, P.P., 2008. Changes of Antioxidant Activity and Total Phenolic Compounds During Storage of Selected Fruits. Journal of Food Composition and Analysis, 21, 241-248.
28. Martins, G.R., Monteiro, A.F., Amaral, F.R.L., da Silva, A.S.A., 2021. A Validated Folin-ciocalteu Method for Total Phenolics Quantification of Condensed Tannin-rich Açai (*Euterpe Oleracea* Mart.) Seeds Extract. Journal of Food Science and Technology, 58, 4693-4702.
29. Abdallah, M., Shanableh, A., Adghim, M., Ghenai, C., Saad, S., 2018. Biogas Production from Different Types of Cow Manure. Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET).
30. Thompson, L.R., Rowntree, J.E., 2020. Invited Review: Methane Sources, Quantification, and Mitigation in Grazing Beef Systems. Applied Animal Science, 36, 556-573.
31. Font Palma, C., 2019. Methods for the Treatment of Cattle Manure A Review. C 5:27.
32. Getabalew, M., Alemneh, T., Akeberegn, D., 2019. Methane Production in Ruminant Animals: Implication for Their Impact on Climate Change. Concepts of Dairy & Veterinary Sciences, 2, 204-210.
33. Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Zollitsch, W., Mayer, K., Gruber, L., 2007. Biogas Production From Maize and Dairy Cattle Manure-Influence of Biomass Composition on the Methane Yield. Agriculture, Ecosystems and Environment, 118.
34. Rani, P., Bansal, M., Pathak, V.V., 2022. Experimental and Kinetic Studies for Improvement of Biogas Production from KOH Pretreated Wheat Straw. Current Research in Green and Sustainable Chemistry, 5, 100283.
35. Wang, Y., Meyer, T.J., 2019. A Route to Renewable Energy Triggered by the Haber-bosch Process. Chem, 5, 496-497.
36. Chojnacka, K., Moustakas, K., Witek-Krowiak, A., 2020. Bio-Based Fertilizers: A Practical Approach Towards Circular Economy. Bioresource Technology, 295, 122223.
37. Jurgutis, L., Šlepėtienė, A., Amalevičiūtė-Volungė, K., Volungevičius, J., Šlepėtys, J., 2021. The Effect of Digestate Fertilisation On Grass Biogas Yield And Soil Properties In Field-Biomass-Biogas-Field Renewable Energy

- Production Approach In Lithuania. Biomass and Bioenergy 153:106211.
38. Xu, J., Mohamed, E., Li, Q., Lu, T., Yu, H., Jiang, W., 2021. Effect of Humic Acid Addition on Buffering Capacity and Nutrient Storage Capacity of Soilless Substrates. *Frontiers in Plant Science* 12.
39. Govarathanan, M., Manikandan, S., Subbaiya, R., Krishnan, R.Y., Srinivasan, S., Karmegam, N., Kim, W., 2022. Emerging Trends and Nanotechnology Advances for Sustainable Biogas Production from Lignocellulosic Waste Biomass: A Critical Review. *Fuel* 312:122928.
40. Stevenson, F.J., 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley & Sons.
41. Buffle, J., 1977. Les Substances Humiques et Leurs Interactions Avec Les Ions Minéraux. *Conference Proceedings De La Commission d'Hydrologie Appliquée de A.G.H.T.M. l'Université d'Orsay*:3-10.
42. Lazo, De., Dyer, L.G., Alorro, R.D., 2017. Silicate, Phosphate and Carbonate Mineral Dissolution Behaviour in the Presence of Organic Acids: A Review. *Minerals Engineering*, 100, 115-123.
43. Demetgül, C., Delikanlı, A., Sarıbiyık, O.Y., Karakaplan, M., Serin, S., 2012. Schiff Base Polymers Obtained by Oxidative Polycondensation and Their Co(II), Mn(II) and Ru(III) Complexes: Synthesis, Characterization and Catalytic Activity in Epoxidation of Styrene. *Designed Monomers and Polymers*, 15, 75-91.
44. Melo, B.A.G., Motta, F.L., Santana, M.H.A., 2016. Humic Acids: Structural Properties and Multiple Functionalities for Novel Technological Developments. *Materials Science and Engineering: C* 62, 967-974.
45. Drever, J.I., Stillings, L.L., 1997. The Role of Organic Acids in Mineral Weathering. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 120, 167-181.
46. Mirza, M.A., Agarwal, S.P., Rahman, M.A., Rauf, A., Ahmad, N., Alam, A., Iqbal, Z., 2011. Role of Humic Acid on Oral Drug Delivery of an Antiepileptic Drug. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 37, 310-319.
47. Elisabetta, L.N.S., 2006. The Role of Humic Substances in the Fate of Anthropogenic Organic Pollutants in Soil with Emphasis on Endocrine Disruptor Compounds. *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation*, 69-92.
48. Rostami, M., Shokouhian, A., Mohebodini, M., 2022. Effect of Humic Acid, Nitrogen Concentrations and Application Method on the Morphological, Yield and Biochemical Characteristics of Strawberry 'Paros'. *International Journal of Fruit Science*, 22, 203-214.
49. Braziene, Z., Paltanavicius, V., Avizienytė, D., 2021. The Influence of Fulvic Acid on Spring Cereals and Sugar Beets Seed Germination and Plant Productivity. *Environ Res*, 195, 110824.
50. Akcin, A., 2021. The Effects of Fulvic Acid on Physiological and Anatomical Characteristics of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Flamura 85 Exposed to Chromium Stress. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 30, 590-609.
51. Liu, X., Yang, J., Tao, J., Yao, R., 2022. Integrated Application of Inorganic Fertilizer with Fulvic Acid for Improving Soil Nutrient Supply and Nutrient Use Efficiency of Winter Wheat in a Salt-Affected Soil. *Applied Soil Ecology*, 170, 104255.
52. Xu, J., Mohamed, E., Li, Q., Lu, T., Yu, H., Jiang, W., 2021. Effect of Humic Acid Addition on Buffering Capacity and Nutrient Storage Capacity of Soilless Substrates. *Frontiers in Plant Science*, 12, 644229-644229.
53. Hamy, A.R.A., Enas, Z., Hassan, A., El-Zehery, H.R.A., Salem, A.A., 2021. New Strains of Plant Growth-promoting Rhizobacteria in Combinations with Humic Acid to Enhance Squash Growth Under Saline Stress. *Egyptian Journal of Science*, 61, 129-146.
54. Amer, A., Ghoneim, M., Shoala, T., Mohamed, H.I., 2021. Comparative Studies of Eco-friendly Compounds Like Humic Acid, Salicylic, and Glycyrrhizic Acids and Their Nanocomposites on French Basil (*Ocimum Basilicum* L. Cv. Grand Verde). *Environ Sci Pollut Res Int*, 28, 47196-47212.

55. Deng, A.N., Luo, J.H., Su, C.L., Wu, X.F., Zhao, M., 2021. Reduced Inorganic Fertiliser in Combination with an Alkaline Humic Acid Fertiliser Amendment on Acid Growth Media Properties and Cherry Tomato Growth. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 49, 225-242.
56. Chen, Q., Qu, Z., Ma, G., Wang, W., Dai, J., Zhang, M., Wei, Z., Liu, Z., 2022. Humic Acid Modulates Growth, Photosynthesis, Hormone and Osmolytes System of Maize Under Drought Conditions. *Agricultural Water Management*, 263, 107447.
57. Khalili, S., Khandan-Mirkohi, A., 2021. Humic Acid Improves Morpho-physiological and Biochemical Traits of *Phyla Nodiflora*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 43, 1-11.
58. Morais, E.G., Silva, C.A., Maluf, H.J.G.M., 2021. Soaking of Seedlings Roots in Humic Acid as an Effective Practice to Improve Eucalyptus Nutrition and Growth. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52, 1399-1415.
59. Li, Y., Fang, F., Wei, J., Cui, R., Li, G., Zheng, F., Tan, D., 2021. Physiological Effects of Humic Acid in Peanut Growing in Continuous Cropping Soil. *Agronomy Journal*, 113, 550-559.