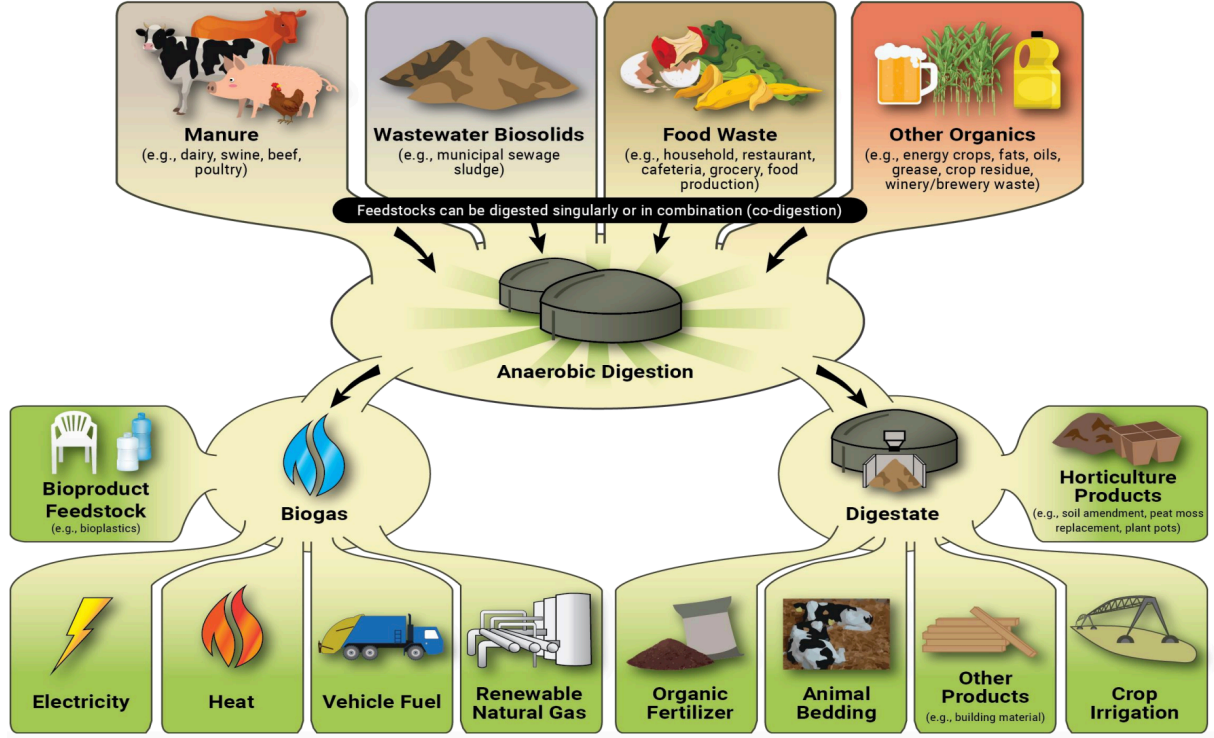


# Anaerobik Çürütmede Kullanılan Atıkların Özellikleri



## 1. Giriş

Verimli biyogaz üretimi için hammaddelerdeki C/N oranının 20–30:1 arasında tutulması gerekir. Çünkü anaerobik mikrobiyal popülasyonlar karbonu azottan 25-30 kat daha hızlı tükettiğinden, atıkların C/N oranının artırılmasıyla gereksiz VFA ve TAN oluşumu önlenir.

Hem karbon hem de nitrojen, mikrobiyal hücre büyümesi ve işleyişi için hayati öneme sahiptir.

Mahsul kalıntılarında olduğu gibi fazla karbon, biyogazda CO<sub>2</sub> birikmesine yol açarken, idrar, mezbaha atıkları, domuz ve kümes hayvanı gübresi gibi nitrojen açısından zengin hammaddeler çürütücüde amonyak birikmesine neden olabilir. Çürütücüdeki N oranları, ürün kalıntıları gibi karbon açısından zengin hammaddelerin hayvan gübresi, idrar ve mezbaha atıkları gibi nitrojen açısından zengin hammaddelerle birlikte çürütülmesiyle elde edilebilir. Birlikte sindirim, bu hammaddelerin tek başına sindirimi ile ilgili sorunu hafifletmenin yanı sıra biyogaz verimini de artırır.

C/N oranı <16 olduğunda karbona göre çok fazla azot, yüksek amonyum konsantrasyonlarına neden olacak, anaerobik bakteriler için toksik etki yapacak ve biyogaz üretimini ve verimini olumsuz etkileyecektir. Bu yüzden C/N oranı düşük olan kanatlı gübresine C/N oranı yüksek talaş eklenmektedir. Süt ineği gübresinin C/N oranı bakterilerin ihtiyaç duyduğu oranın biraz altındadır.

Mikroorganizmalar için besinler (azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve eser elementler) uygun konsantrasyonda olmalıdır. Tuzluluk uygun olmalı.

Her biyobozulur atık anaerobik çürütme için önemli hammaddesidir.

Anaerobik çürütücüye atığın dengeli beslemesi reçetesi C/N oranı 20-30:1 olacak şekilde hesaplanır ve besleme yapılır.

Hayvan gübresi biyogaz üretim potansiyelini etkileyen hayvan türüne, diyetine ve gübre yönetimine vb. bağlı olarak fizikokimyasal özellikler bakımından farklılık gösterir.

C/N oranının yanı sıra hayvan gübresinin su ve katı organik içeriği de metan üretimini etkileyen diğer hayati parametrelerdir. Farklı gübrelerin katı içeriği, farklı toplama yöntemleri nedeniyle önemli ölçüde farklılık gösterir. Örneğin, sığır gübresi yataklık malzemeyle birlikte veya yataklık malzeme olmadan toplanabilir, bu da %5~12'lik bir katı içerik aralığı sağlar. Bununla birlikte, domuz gübresi sıklıkla yıkama suyuyla toplanır, bu da toplam katı (TS) içeriğinin düşük olmasına neden olur (TS <%10). Tavuk gübresi ve ördek gübresi tipik olarak daha yüksek toplam katı maddeye sahiptir (TS >%20). Yine de bu materyal, ciddi amonyak inhibisyonunu hafifletmek için anaerobik sindirim sürecine girmeden önce sıklıkla %10'luk TS'nin altına kadar seyreltilir. Yüksek su içeriği ve yüksek lignoselüloz içeriği nedeniyle, sığır gübresi genellikle nispeten düşük bir biyogaz üretme potansiyeline sahiptir (0,2-0,3 L/g uçucu katı, VS). Tavuk gübresi, özellikle protein olmak üzere daha yüksek bir organik madde içeriğine (VS/TS) sahiptir ve bu da daha yüksek metan üretim potansiyeline yol açar. Tavuk gübresinin metan üretme potansiyeli, Tablo 1'de özetlendiği gibi, domuz gübresi için 0,25–0,45 m<sup>3</sup>/kg VS'ye ve domuz gübresi için 0,20–0,40 m<sup>3</sup>/kg VS'ye ulaşabilir.

**Tablo 1**'de bazı yaygın hayvancılık atıklarının biyometan potansiyelini (BMP) gösterilmektedir. Hayvancılık atıklarına ek olarak, yakındaki gıda işleme tesislerinden gelen artıklarda metan üretimini artırmak için anaerobik çürütücü sistemi içerisinde etkin bir şekilde kullanılmıştır. Anaerobik çürütme tesislerinde kullanılan atıkların bazı özellikleri, biyogaz üretim verimi, istenmeyen maddeler, engelleyici maddeler ve sık sık yaşanan problemler detaylı olarak Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1** Hayvan gübresinin ve tarımsal atıkların ortak özellikleri ve bu substratların anaerobik çürütülmesinde sıklıkla kullanılan çalışma parametreleri.

Atık hammadde	TS (%)	Uçucu Katı Madde (TS'nin %)	C/N oranı	Biyogaz verimi <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /kg VS)	Bekleme süresi (gün)	CH <sub>4</sub> içeriği (%)	İstenmeyen maddeler	Engelleyici maddeler	Anaerobik çürütmede sık sık yaşanan problemler
Domuz gübresi	3-8 <sup>4</sup>	70-80	3-10	0,25-0,35	20-40	70-80	Talaşlar, amonyak inh.H <sub>2</sub> S kıllar, kum, kordonlar, saman, köpük katmanları	Antibiyotikler, dezenfektanlar	Köpük tabakaları, tortular
Sığır gübresi	5-14 <sup>4</sup>	75-95	15-30 <sup>1</sup>	0,15-0,30	20-30	55-65	Kıllar, Köpük katmanları, düşük hidroliz, düşük bozulma, zayıf biyogaz verimitoprak, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , saman, ahşap	Antibiyotikler, dezenfektanlar	Köpük tabakaları, odun talaşı, kum, zayıf biyogaz verimi
Tavuk/ördek gübresi	10-30 <sup>4</sup>	70-80	3-10	0,35-0,60	>30	60-80	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> inhibisyonu, hidrojen sülfür, yüksek katı içeriği; çakıl, kum, tüyler, tortular,	Antibiyotikler, dezenfektanlar	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> inhibisyonu, kireç taşı, mermer tozu, kum, köpük tabakası
Samansız at gübresi	28 <sup>1</sup>	75	15	0,063			Saman	Antibiyotikler	
Peynir altı suyu	1-5	80-95	n.a.	0,80-0,95	3-10	60-80	Ulaşım kirlilikleri		pH'ı düşürmesi
Fermente olmuş slopları	1-5	80-95	4-10	0,35-0,55	3-10	55-75	Parçalanamayan meyve kalıntıları		Yüksek asit kons. VFA inhibisyonu
Yapraklar	80	90	30-80	0,10-0,30 <sup>2</sup>	8-20	n.a.	Toprak	Pestisitler	
Odun Talaşı	80	95	511	n.a.	n.a.	n.a.	İstenmeyen materyaller		Mekanik problemler
Saman	70	90	90-200	0,35-0,45 <sup>5</sup>	10-50 <sup>5</sup>	n.a.	Kum, çakıl		Köpük tabakası, zayıf çürüme
Yulaf samanı	50,4		120						
Pirinç samanı	18		60-70						
Ahşap atıkları	60-79	99,6	723	n.a.	∞	n.a.	İstenmeyen materyaller		Zayıf anaerobik biyolojik bozulma
Bahçe atıkları	60-70	90	100-150	0,20-0,50	8-30	n.a.	Toprak, selülozik bileşenler	Pestisitler	Selülozik bileşiklerinin zayıf degradesyonu
Çim	20-25	90	12-25	0,55	10	n.a.	Çakıl	Pestisitler	pH'ı düşürmesi
Çim silajı	15-25	90	10-25	0,56	10	n.a.	Çakıl		pH'ı düşürmesi
Yeşil çavdar silajı	25	90		0,15					
Meyve atıkları	15-20	75	35	0,25-0,50	8-20	n.a.	Parçalanamayan meyve kalıntıları, çakıl	Pestisitler	pH'ı düşürmesi
Meyve püresi	45	93	50	0,40	-	n.a.			
Yemek artıkları (bakıyeleri)	10	80	15-20	0,50-0,60	10-20	70-80	Kemik, plastik malzeme, kürdan	Dezenfektanlar	Sedimentler, mekanik problemler

<b>Kesilmiş sütün suyu</b>	1-5	85-95	n.a.	0,80-0,95	3-10	60-80	Transpirasyon kirlilikleri		pH'ı düşürmesi
<b>Biyobozulur çöp kutusu (süspansiyon)</b>	5,5	66	20	0,4		27			Ayrıntılı hazırlık
<b>Biyobozulur organik kutu+ berrak çamur (%69)</b>	7,7,5	65	20	0,54		27			
<b>Mısır Silajı</b>	28-30	85-98	5	0,56-0,7	56-60	60			
<b>Mısır sapı</b>	80	91	30-70	0,56-0,65		52-59			
<b>Şeker pancarı</b>	23	90	5,9-6,0	0,73-0,77		53			
<b>Hububat silajı</b>	68	70		0,263		60			
<b>Ayçiçeği silajı</b>	26	90	n.a.	0,12					
<b>Patates kabuğu</b>	9,2-15,3	82,0	10,7-16,1	0,375-0,565	50	55-65			
<b>Pazar atığı</b>	8-20	75-95	50-60	0,54		30	Olası kirlilikler (ambalaj malzemeleri)		Ön işlem (parçalama) gerekli
<b>Damıtma bulamacı</b>	2-8	65-85	10-25	0,42		14			
<b>Fermantasyon bulamacı</b>	2-5	90-95	3-10	0,85		35			
<b>Yüzen yağlar (kesimhane)</b>	5-24	83-98							
<b>Elma posası</b>	2-3	88-95		0,5-1.1	3-10				
<b>Hayvan kanı</b>	9,7	95		0,65					
<b>Hayvansal yağ</b>	89-90	90-93		1,00					
<b>Fermentasyon slup</b>	1,8	98		0,78					
<b>Yumurta atığı</b>	25	92	25	0,97	45				Yumurta kabukları ağır tortulara neden olabilir: yüksek protein sertliği nedeniyle amonyum kirliliği
<b>Atık Hayvan yağları (işleme tesisi)</b>	89-90	90-93		1,0					
<b>Pamuk tohumu</b>	12,5		5						

1) Saman ilavesine bağlı;

2) Kurutma oranına bağlı;

3) Hidrolik bekleme süresine bağlı;

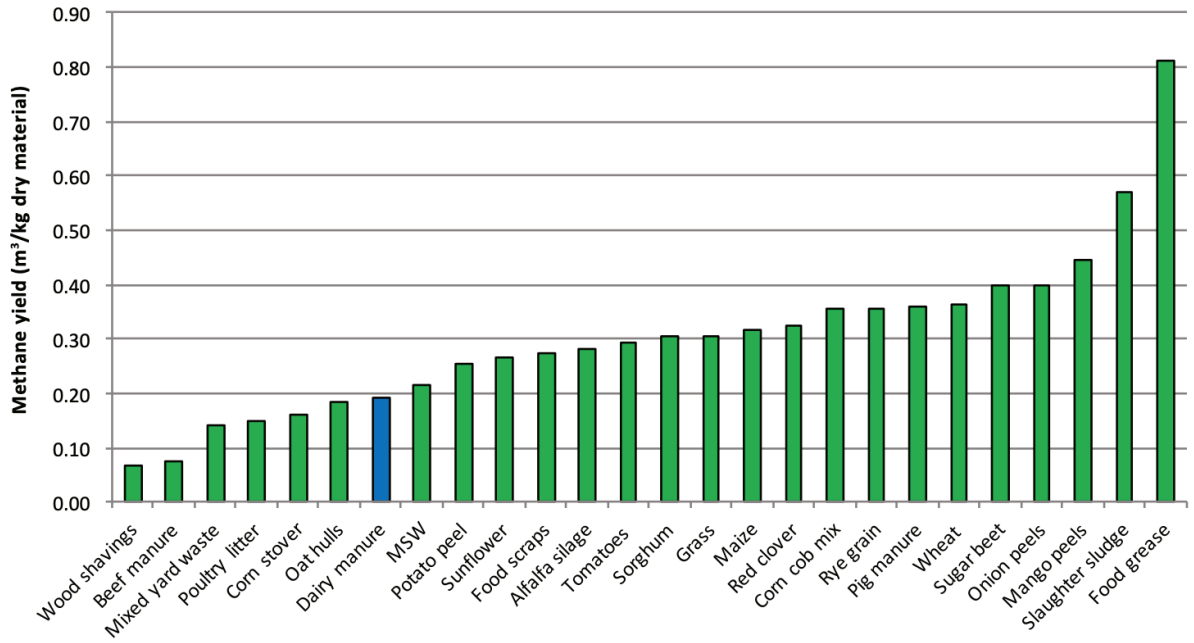
4) Seyreltmeye bağlı;

5) Partikül boyutuna bağlı;

*n.a.; veri yok, TS, Toplam Katı Madde, VFA; Uçucu Yağ Asidi, VS; Uçucu Katılar*

C/N hesaplamalarında devamlı kuru madde esas alınır. Enerji üretiminde gübre içindeki su katkısı sıfırdır. Bakteriler organik maddeleri besi maddesi olarak kullanırlar. Optimum C/N oranı farklı organik maddelerin karıştırılması ile elde edilebilir. Sabit karışım sürekli gaz üretimini garanti etmek için gereklidir.

Şekil 1., Tüm uçucu katı maddelerin eşit oluşmadığı aksiyomunu göstermektedir. Daha yüksek biyogaz verimleri, çeşitli hammaddeler arasında biyogaza dönüştürülen uçucu katı madde miktarındaki göreceli farklılıkları göstermektedir. Önemli olan sadece belirli bir hammaddedeki uçucu katı maddelerin varlığı değil, bu uçucu katı maddeleri biyogaza dönüştürme kabiliyetidir. Bu fark, çürütücüye verilen birim hacim başına daha yüksek biyogaz üretimini açıklamaktadır.



**Şekil 1.** Anaerobik Sindirim Yoluyla Enerji Üretmek İçin Bazı Yaygın Organik Girdilerin Kuru Madde Kilogramı Başına Metan Verimi

## 2. Notlar

1. Anaerobik çürütme öncesi biyokütle depolamada aerobik reaksiyonların ve istenmeyen gaz reaksiyonlarının oluşmasını önlemek için traktörle preslenmesi veya üzeri örtülmesi tavsiye edilir.



**Şekil 2.** Biyogaz Tesisi Üzeri Kapalı Biyokütle Yığını (A) veya Traktör Tarafından Beton Bunker Silosunda Preslenmiş Biyokütle (B)

2. Gübrede bulunması muhtemel kum, taş, moloz veya kaya gibi diğer materyallerden arındırılmalıdır.
3. Çürütücüye beslenecek atığın pH uygun olmalı.
4. Diğer yataklık malzemeleri yerine sindirilmiş gübre kullanılarak yıllık yataklık maliyetleri azaltılmalıdır.
5. Biyogaz teknolojisinde, besleme sistemi dışında tehlikeli gazların oluşumunun en aza indirilmesi gerektiğini belirten koruyucu önlemlerin organizasyonunun genel ilkesine göre kimyasal reaksiyonları ve hidrojen sülfür, karbondioksit veya amonyak gibi tehlikeli gazların oluşumunu önlemek için substratların kapalı tankların dışına karıştırılmasından kaçınılmalıdır.
6. Çimler, geç hasat edildiğinde, daha yüksek lignin içeriğine neden olarak metan veriminin yavaşlamasına ve azalmasına neden olur. Bu yüzden çimler taze iken hasat edilmeli.
7. Silaj kalitesi, en yüksek laktik asit içeriği (ortalama: kuru madde (DM)'nin %3.0'ı) ve en düşük pH (ortalama: 4.39) nedeniyle Ekim ayı ortalarında hasat edildiğinde, Eylül ayının ortası ve Ekim ayının başındaki hasatlara kıyasla daha iyidir. Aksine, mısırın geç hibritleri, orta erken hibritlere kıyasla, büyüme mevsiminden tam olarak yararlanarak ve daha yüksek tüm bitki DM konsantrasyonu sağlayarak son hasat tarihinde en yüksek spesifik metan ve maksimum metan üretim verimi elde edilir. Sonuç olarak, biyogaz için mısırın yem mısırından daha sonra hasat edilmesi önerilir.

8. Akışkanlar dinamiği ve dolayısıyla bozulma davranışının yanı sıra biyogaz verimi, saman, odun talaşı, kum, cam, moloz, metal ve mermer tozu gibi inorganik maddeler veya plastik gibi polimerik bileşenler gibi bileşenlerden önemli ölçüde etkilenir. Bu istenmeyen malzemeler genellikle proses arızalarına neden olabilir (örneğin faz ayırma, çökeltme, yüzdürme vb.) ve çürütücülerin yukarı yönündeki bu bileşenlerden kaçınılmasına çok önem verilmelidir. Özellikle inek ve domuz bulamacındaki (gübresindeki) uzun saman parçacıkları ve balçık bileşenleri, sindirim sırasında kontrol edilmesi zor olan önemli miktarda tabaka oluşumuna neden olabilir. Bununla birlikte, reaktör tipine ve özellikle saman partikül boyutuna bağlı olarak, rahatsız edici etki azaltılabilir ve saman biyogaz verimini önemli ölçüde artırabilir. Genellikle tavuk bulamacı ile meydana gelen kum ve mermer tozu girişi gibi kirleticilerin hızlı çökmesi nedeniyle çürütücü hacminin azalmasına neden olur. Bu da biyogaz verimlilik düşüşüne, fermente ürünün stabilize olmamasına ve proses arızalarına neden olur.
9. Sık sık rahatsız edici bileşenler, biyogenik atıklar (cam, kum, plastik vb.) veya endüstriyel eğimler (tuzlar, yağlar vb.) gibi co-substratlarla birlikte verilir. Sonuç olarak, bu bileşenlerin yüksek miktarlarını içeren atıklar dikkatli değerlendirilmeli ve mümkün olduğunda tercihen önceden sıralanmalıdır. Çürütücüye girdikten sonra, sindirim sürecini düzgün bir şekilde kontrol etmek neredeyse imkansızdır.
10. Tarımsal atıklar arasında inek ve domuz gübresi bulamacı, tavuk gübresi ve çiftlik gübresi birincil öneme sahiptir. Hasat artıkları ve bahçe atıkları, prensip olarak anaerobik çürümeye uygulanabilir, ancak çoğu durumda kompostlama, toprak şartlandırma ve gübreleme amacıyla geleneksel yollarla arıtılır. Silajın depolanması ve uygulanması, nadas alanlarının kullanılmasına olası bir alternatif olarak bölgesel öneme sahip olabilmesine rağmen, enerji bitkileri şimdiye kadar AB ülkelerinde herhangi bir önem kazanmamıştır.
11. Patates kabuğu %15-25 oranında nişasta, %25-30 oranında nişastasız polisakkarit, %15-20 oranında asitte çözünmeyen ve asitte çözünen lignin, %18 oranında protein, %1 oranında lipitler ve %6-10 oranında kül içermektedir.
12. Anaerobik çürütme tesisinde atıkların içinde maddelerin çökmesi sonucu oluşan killi, mermerli, kumlu ve organik maddeli dibe çökmüş çamurlar, ortamdan alınıp dekantörde ve benzeri tesiste susuzlaştırıldıktan sonra çimento sanayi için hem önemli bir hammadde hemde enerji kaynağı olarak kullanılabilir.
13. Hayvan gübreleri geçici depolama alanları sızdırmaz ortamlar olmalı ve koku kirliliği oluşturmamalı.
14. Süt, bira, maya, nişasta, meyve suyu ve şarap sanayi konsantre atıksuları önemli oranda biyobozunur organik madde içerir. Anaerobik çürütülmesi için değerlendirilmeli.
15. Tavuk gübresi kullanımında toplam azot miktarı mutlaka dikkat edilmelidir. Tavuklar çok az sıvı salgıladıkları için dışkılarında kristal halinde amonyak bulunabilir. Tavuk gübresinde, yaklaşık 8 g/L gibi yüksek oranda amonyum azotu içerir. Ortaya çıkan



yüksek amonyak içeriği, sindirim sırasında engelleyici etkilere (inhibite edici) etkiye yol açarak, besi alanlarında gübre depolama sırasında yüksek amonyum ( $\text{NH}_4^-$ ) emisyonlarına neden olabilir

16. Tavukların açık besi yerlerinde tutulması tipik olarak gübrenin kumla önemli ölçüde kirlenmesine neden olur. Çoğu çürütücü sisteminde kum, bir alt tabaka oluşturan tortulardır ve anaerobik çürütücüde sıklıkla işletme sorunlarına neden olur ve çürütücü reaktör hacimlerinin azalmasına neden olur.
17. Anaerobik çürütücüye beslenen her atık türü değişikliğinde karbon/azot/fosfor oranı atık besleme değişiklik esnasında mutlaka periyodik olarak ölçülmelidir.
18. Amonyak salımını ve besi maddesi kaçmasını önlemek için hayvan gübresi, tavuk gübresi ve digestate pH'nın 6,4 civarında tutulması tavsiye edilir. Yüksek seviyedeki pH ayarlamada sülfürik asit kullanılması tavsiye edilir.
19. Hidrojen sülfürü ( $\text{H}_2\text{S}$ ) gidermek için ya anaerobik reaktör içine demir talaşı (toz halinde) ile edilir veya baca sisteminde demir talaşı ile  $\text{H}_2\text{S}$  giderme ünitesi yapılır. Her iki metotla  $\text{H}_2\text{S}$ , %89-%90 oranında giderilir. Bu konuda ayrı çalışma yapılmalıdır. Bu konuda projelendirmede teknik destek verilir.
20. Anaerobik çürütme reaktöründe ölü bölgeler periyodik olarak tespit edilmelidir.

## **2.1. Great Lakes Bölgesel Biyokütle Enerjisi Programı tarafından yaptırılan bir çalışmada, süt ürünleri operasyonları için aşağıdaki faydalar belgelenmiştir:**

- Yıllık elektrik satışlarından veya maliyet dengelemelerinden elde edilen gelir kişi başına 32 ila 78 ABD Doları arasında gerçekleşir.
- Diğer yataklık malzemeleri yerine sindirilmiş gübre kullanılarak yıllık yataklık maliyetleri azaltılır.
- Sindirimden sonra gübre besin bulunabilirliğini artırır, asitliği azaltır ve kokuyu azaltır. Üreticiler gübre alımından kaçınarak kişi başına 41 ila 60 dolar tasarruf edilir (süt sığırlarından).
- Koku kontrolü, daha iyi bir komşu olmanın önemli bir faydasıdır. Çiftlikte ve çiftlik dışında yaşam kalitesini artırır, üreticilerin şikayet ve davalardan kaçınmasına yardımcı olur, operasyonun devam etmesine veya yeni tesisler kurma olanağına olanak sağlar ve operasyonel esnekliği artırır.
- AD gübre deşarjlarıyla ilişkili patojenleri azaltır.

## 2.2. Narenciye

Narenciye endüstrisi dünya ekonomisinde önemli bir rol oynamaktadır: Narenciye, 2021 yılında 10,2 milyon hektardan fazla alanda üretilen 161,8 milyon ton ile dünya çapında en çok üretilen ikinci meyve olmuştur.

Narenciye meyvelerinin (portakal, limon, misket limonu, greyfurt, vb.) dönüştürülmesi büyük miktarda atık üretir; işlenen meyvenin yaklaşık %50-65'i narenciye kabuğu atığına (kabuk, tohum ve zar kalıntılarından oluşur) dönüşür ve ciddi çevre kirliliğini önlemek için bu atıkların doğru şekilde işlenmesi gerekir

Narenciye meyvelerinin meyve suyu elde etmek için işlenmesi, işlenen her 1000 ton meyve başına yaklaşık en az 500 ton atık üretmektedir.

Narenciye kabuğu yağı monoterpenlerden limonen (%65-77),  $\gamma$ -terpinen (%13-21),  $\alpha$ -pinen (%1.5-3.0),  $\beta$ -pinen (%1.3-2.5),  $\beta$ -mirsen (%1.5-2.5) içerir. Kabuk yağında ayrıca sitronellol, geraniol ve linalool alkollerini (toplam %1-1,5) ve daha az miktarda aldehit, ester ve fenol bulunmaktadır.

Portakal kabuğundan biyogaz üretmenin asıl zorluğu, antimikrobiyal bir bileşik olan "D-limonen" bulunmasıdır ve bu problem çözülmeden doğrudan anaerobik çürütmeden kullanılması sakıncalı. Bu kimyasal portakal esansiyel yağının %90'ını, portakalın kuru maddesinin %2-3'ünü oluşturur. Narenciye atıkları (CW), D-limonen gibi tatlar nedeniyle normalde anaerobik sindirim (AD) için toksiktir. Mezofilik çürütmede 400 L/m<sup>3</sup> konsantrasyonda prosesin nihai başarısızlığına neden olmaktadır.

Portakal kabuğunun öğütülmesi (2,5 glimonen L-1) The biochemical methane potential BMP değerlerini etkilememiş, ancak öğütmenin neden olduğu artan citrus essential oils (CEO) kullanılabilirliği nedeniyle kinetiği yavaşlatmıştır.

Narenciye kabuğundaki d-limonen, anaerobik çürütücüdeki 200 mg/kg'den daha yüksek konsantrasyonlar için anaerobik çürütme üzerinde inhibe edici bir etkiye sahiptir. Bu inhibitör etkinin, anaerobik çürütme sırasında d-limonenden üretilen cymene'den kaynaklanıyor gibi görünmektedir.

Narenciye kabuğunun öğütülmesi d-limoneni ortama salar ve inhibitör etkisini artırır. Limonenin biyolojik olarak parçalanmasından sonra toksisite gözlenir ve bu da diğer inhibitör bileşiklere biyotransformasyonuna bağlanır.

Narenciye atıklarının IC50 inhibitör konsantrasyonu, yarı sürekli anaerobik sindirimde d-limonenin inhibitör dozlarının 24 mg/L/d ile 75 mg/L/d arasında değiştiği rapor edilmiştir.

Limonenin tahmini IC50 değerleri narenciye atığındaki normal konsantrasyonundan daha düşüktür, bu da narenciye atığının anaerobik sindiriminin engellenmesinin her zaman beklenebileceğini göstermektedir.

Narenciye kabuğu atığı (OPW) için etkili, uygun ve evre dostu bir arıtma gereklidir. Anaerobik ürütme (AD) süreci ile kontrollü koşullar altında biyogaz üretimi son derece tavsiye edilir ve OPW substrat olarak kullanıldığında potansiyel olarak yüksek verimli olduğu gösterilmiştir.

Anaerobik ürütücü içindeki düşük limonen konsantrasyonu bu inhibisyonu önlemek için etkili olabilir.

Kararlı anaerobik birlikte ürütme süreci performansıyla sonuçlanan maksimum OLR, 26,7 mg Limonen (L/sindirici/gün) limonen dozajına karşılık gelen 2 gVS (L<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup>) idi.

Narenciye atıkları, düşük substrat yüklemesinde kontrollü anaerobik sindirim yoluyla uçucu yağ asitlerine (VFA)'lara dönüştürülebilir. Pratik uygulamada, pH'ın kontrol edilmesi büyük olasılıkla VFA verimini belirleyen en önemli faktördür.

Çiftlik hayvanı gübresinin anaerobik ürütülmesi (AD), büyük organik atık yüklerini ve büyük yemliklerde ve kapalı hayvan besleme operasyonlarında karşılaşılan ilgili sorunları yönetmek için alternatif bir yoldur. Doğru planlandığında, AD enerji satışından gelir veya çiftlik içi enerji üretiminde tasarruf sağlayabilir. AD yeni bir teknoloji olmasa da çiftliklerde uygulanması yaygın olmasa da faydalarından yararlanmak için dikkatli bir planlama ve uygulama gerektirir. Genel olarak, AD teknolojileri hayvancılık üretiminin topluluklar içinde korunmasına ve entegre edilmesine yardımcı olabilir ve kırsal topluluklarda büyüyen bir biyoekonomiye hizmet etmek için yenilenebilir enerji kaynakları yaratabilir.

### 3. Çiftlikte Bir AD Tesisi Kurulması

Çiftlikte bir AD tesisi kurulması planlanırken dikkatli planlama, temel değişkenlerin anlaşılmasını içermelidir. Aşağıdaki kontrol listesi, bu sistemin çiftliğe kurulmasının fizibilitesinin belirlenmesine yönelik başlangıç sürecine fayda sağlayacaktır:

- Operasyon en az 500 baş süt sığırı/besi sığırı veya 2000 dişi domuz/besleyici domuzla sınırlı bir besleme operasyonu mu?
- Gübrenin %90'ı düzenli olarak toplanıyor mu?
- Gübre üretimi ve toplanması yıl boyunca istikrarlı mı?
- Biyogaz enerji üretimiyle uyumlu olması için gübre sıvı, çamur veya yarı katı olarak mı yönetiliyor?
- Gübrede kum veya kaya gibi diğer materyallerden arındırılmış mı?
- Çiftlikte geri kazanılan enerjinin hazır bir kullanımı var mı (ısıtma, havalandırma fanları vb.)?
- Operatör sistemi düzenli dikkat, onarım ve bakımla yönetebiliyor mu ve sistemin başarılı bir şekilde çalıştığını görmek istiyor mu?
- Hayvancılık üretim sistemi, çürütücüye nispeten taze gübre eklenecek ve çürütülmüş gübrenin depolanacağı şekilde değiştirilebilir mi?
- Fazla elektriği şebekeye satarken güvenlik her zaman önemli bir husustur. Güç hatlarının kapalı olduğu zamanlarda elektrik çarpmasını önlemek için özel kablolama hususları gereklidir. Biyogaz da son derece dikkatli kullanılmalıdır.

Yılda milyonlarca evin elektrik ihtiyacını yenilenebilir biyogaz enerjisinden sağlamak mümkün.

#### 4. Kaynaklar

1. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=293ea2a9a8d8315548b8d749f60e4b28378d9dfa>
2. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/id/id-406-w.pdf>
3. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/psr-2021-0068/html>
4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124079090000171>
5. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-12/documents/agstar-handbook.pdf>