نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

آنالیز کیفیت و تولید بیوگاز/متان با تخمیر بی هوازی حاصل از ترکیبات مختلف مواد زاید

محمود محمودی اشکفتکی[۱*]، رحیم ابراهیمی[۲]، عبدالله قاسمی پیربلوطی[۳]

۱- دانشجوی دکتری رشته مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد
۲- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد
۳- دانشیار گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد شهرکرد
* ایمیل مکاتبه کننده: m.mahmoodi5@gmail.com

چکیده

در این تحقیق می خواهیم از ترکیب کود حیوانی، باقیمانده میوه و سبزیجات و فاضلاب شهری بیوگاز/متان تولید کنیم. همچنین از عوامل موثر بر میزان تولید متان/ بیوگاز، ذرات فرار (VS) و ذرات جامد معلق (TS) موجود در ترکیبات اندازه گیری شدند. در ضمن عوامل مختلف محیطی مانند دما، pH، EC و عناصر موجود در مواد شامل کربن (C)، نیتروژن (N)، فسفر، پتاسیم و سولفات که بر دوام تولید بیوگاز/متان و واکنش های اتفاق افتاده موثر هستند، اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که در ترکیباتی که VS و TS بیشتری دارند میزان بیوگاز/متان تولیدی بیشتر است (فاضلاب شهری نسبت به مواد دیگر TS و VS بیشتری داشت). در ضمن از نتایج بدست آمده از اندازه گیری عناصر مشخص شد که در ترکیباتی که نسبت C/N آنها مناسب باشد (در این تحقیق فاضلاب شهری) میزان متان تولیدی بیشتر است.

کلمات کلیدی: ترکیب مواد، ذرات فرار، ذرات معلق جامد، تخمیر بی هوازی، متان.

مقدمه

برای رسیدن به توسعه پایدار، نیاز به منابع بیشتر انرژی است که برای تأمین منابع کافی انرژی دو راه حل وجود دارد: اولاً افزایش بازدهی انرژی دستگاه‌های مورد استفاده، ثانیاً استفاده از منابع جدید انرژی. از طرف دیگر با افزایش جمعیت و سطح رفاه جامعه، مقدار استفاده از منابع غذایی (گیاهی و جانوری) افزایش یافته و در نتیجه برای جبران تقاضا، میزان تولید آنها با رشد روبرو بوده است. با توسعه صنایع دامپروری و کشاورزی و همچنین استفاده بیشتر از منابع غذایی، آلودگی حاصل از فضولات گیاهی و دامی افزایش یافته است. در جهت تصفیه این فضولات می توان از روش تجزیه بی هوازی یا تجزیه هوازی استفاده نمود. روش بی هوازی در مقایسه با روش دیگر نه تنها انرژی بر نیست بلکه مقداری انرژی بصورت بیوگاز تولید می نماید (عمرانی، ۱۳۷۵؛ شایگان، ۱۳۸۰؛ منزوی، ۱۳۸۱).

محفظه‌ای که در آن واکنش‌های بی‌هوازی انجام می‌گیرد هاضم نام دارد. طبق بررسی‌های به عمل آمده، پتانسیل تولید انرژی به صورت بیوگاز از فضولات دامی کشور، معادل ۲۵۵۰۰ بشکه نفت خام در سال می‌باشد (هاشمی و دیانت ، ۱۳۸۹). معمولاً بیوگاز با ترکیب کودهای حیوانی، انسانی، مواد غذایی و بصورت واکنش بی‌هوازی در یک هاضم بوجود می‌آید (Arsova, 2010; Budiyono et al., 2010). درصد ترکیب این مواد بر روی میزان تولید گاز متان موثر است بطوریکه در تحقیق‌های انجام شده ترکیب یک به یک مواد، درصد متان بیشتر تولید کرده است (Chandra et al., 2012; Fantozzi, and Buratti, 2009). در تولید بیوگاز در یک هاضم دما، pH و سمی شدن مواد بسیار مهم می‌باشد بطوریکه با افزایش دما، کاهش pH و سمی شدن محیط باکتری‌های متانزا داخل هاضم می‌میرند و تولید گاز متان متوقف می‌شود. مدت زمان تولید متان داخل هاضم بسیار اهمیت دارد (Fantozzi, and Buratti, 2011; Martin, 2008). برای کنترل این پارامترها در داخل هاضم عملیات‌های زیادی انجام شده است که از آن قبیل می‌توان به افزایش H_2O_2 و NaOH قبل از ورود مواد به هاضم (Miller and Keeney, 1992) و ثابت نگه داشتن دما در حد معینی (Fantozzi, and Buratti, 2011) اشاره نمود. بنا به موارد مذکور اهداف مورد نظر از انجام این تحقیق ۱- بررسی میزان تولید متان ناشی از ترکیب های مختلف مواد مانند فاضلاب شهری، کود گاوی و باقیمانده میوه و سبزیجات، ۲- بررسی اثر عوامل مختلف محیط آزمایش مانند pH، EC و دما بر میزان تولید گاز متان تولیدی و مدت زمان تولید، ۳- بررسی اثر عناصر موجود در مواد بر میزان متان تولیدی و مدت زمان تولید گاز می باشند.

مواد و روش ها

آماده سازی نمونه

در این تحقیق به بررسی میزان تولید گاز متان از ترکیب های مختلف از مواد فاضلاب شهری، کود گاوی و باقیمانده میوه و سبزیجات پرداخته شد. برای این منظور مواد به این صورت آماده سازی شدند. فاضلاب شهری از سازمان آب و فاضلاب شهرکرد و از مواد بعد از عملیات آسیاب و و آب شویی اولیه تهیه شدند. غلظت فاضلاب استفاده شده برابر ۱,۰۲٤ gr/mlit بود، همانطور که مشخص است غلظت آن بسیار نزدیک به ۱ (غلظت آب) می باشد و این نشان می دهد که ماده استفاده شده دارای مقدار زیادی آب است (Chandra et al., 2012; Fantozzi, and Buratti, 2009). کود گاوی بکار رفته از مدفوع گاو بود بطوریکه آنرا به آزمایشگاه انتقال دادیم و به آن آب اضافه کردیم و با استفاده از همزن مکانیکی به هم زدیم و هر دفعه غلظت آن اندازه گیری کردیم تا غلظت آن برابر ۱,۰۲٤ gr/mlit شود. مخلوطی از پوست میوه و سبزیجات (پوست سیب درختی، انار، سیب زمینی و سزیجات دورریز) را با استفاده از دستگاه سبزی خردکنی تا حد ممکن خرد کردیم سپس با استفاده از آسیاب بصورت دستی آسیاب کردیم و با اضافه نمودن آب و اندازه گیری غلظت مواد حاصل، غلظت مواد را به ۱,۰۲٤ gr/ml رساندیم.

در ادامه از هر کدام از مواد آماده شده بالا به میزان ۱,۸ lit وارد ظروف تهیه شده جهت بی هوازی سازی اولیه مواد استفاده شد. ظروف بی هوازی مذکور دارای دو لوله بودند. یکی جهت وارد نمودن گاز نیتروژن و دیگری جهت خارج

شدن بیوگاز تولید شده اولیه از آن می باشد. برای این منظور از گاز نیتروژن ۹۹,۵٪ استفاده شد و شیلنگ مربوط به خروج بیوگاز تولیدی در یک ظرف آب قرار داده شد تا هوا وارد آن نشود. پس از تزریق گاز نیتروژن به مدت ٤-٥ دقیقه در هر ظرف شیلنگ مربوط به تزریق گاز نیتروژن با استفاده از گیره مسدود شد تا مانع ورود هوا به داخل ظروف شود. این تجهیزات را به مدت ٤-٦ روز به همین حالت رها کرده و هر ۸ ساعت یکبار ظروف را به آرامی تکان دادیم و ظرف آب را مشاهده کردیم (Fantozzi, and Buratti, 2011). در صورتیکه بیوگاز تولیدی از شیلنگ تخلیه وارد ظرف آب شود بصورت حباب هایی از داخل آب بالا می آید که نشان دهنده درستی عملیات ها می باشد. این عملیات ها برای هر سه ظرف حاوی مواد انجام گرفت. پس از ٦ روز مواد را داخل بطری ها کوچک آماده شده (بطری ها با حجم ۲۵۰ میلی لیتر) ریختیم. بر روی درب بطری ها قبل از ریختن مواد آماده شده سوراخ هایی قرار داده شد تا برداشت گاز از ظروف از طریق این سوراخ ها انجام گیرید. از داخل و بیرون درب ها بر روی این روزنه ها چسب آکواریوم زدیم تا روزنه ها را ببندد در ضمن منعطف باشد تا سوزن سرنگ بتواند وارد بطری شود. این عملیات ها باعث می شود واکنش های انجام گرفته در بطری ها کاملاً بی هوازی باشند. مواد را داخل بطری ها می ریزیم. سه ماده آماده شده بالا در بطری ها تحت سه تکرار در حالت ها موجود در جدول ۱ با هم ترکیب شدند (تعداد کل بطری ها ۲۱ عدد بود) و در یک حمام آب گرم در دمای ۳۷ درجه نگه داری شدند (Martin, 2008). استفاده از حمام آب گرم به جای انکوباتور به دو دلیل انجام گرفت: ۱- نزدیک کردن شرایط آزمایشگاه به شرایط واقعی و ۲- بیشتر بودن ظریب انتقال حرارت آب نسبت به هوا. بطری ها در داخل حمام به مدت ٤۰ روز قرار داده شدند و هر ۵ روز یکبار میزان متان تولیدی از هر کدام از بطری ها اندازه گیری شد.

همانطور که قبلاً هم بیان شد عناصر موجود و پارامترهای مختلف در مواد بازیافتی بر روی میزان متان تولیدی موثر هستند (Martin, 2008; Miller and Keeney, 1992) برای این منظور یک سری از عناصر مهم و پارامترها در هر یک از سه ماده فاضلاب شهری، کود گاوی و باقیمانده میوه و سبزیجات قبل و بعد از ٤۰ روز از انجام واکنش های بی هوازی اندازه گیری شدند.

جدول ۱- ترکیب های مختلف مواد بی هوازی شده با هم جهت تولید بیوگاز

تکرار	فاضلاب شهری (gr)	کود گاوی (gr)	باقیمانده میوه و سبزیجات (gr)
۱	۲۰۰	۰	۰
۲	۰	۲۰۰	۰
۳	۰	۰	۲۰۰
۴	۶۶/۶۷	۶۶/۶۷	۶۶/۶۷
۵	۱۰۰	۱۰۰	۰
۶	۰	۱۰۰	۱۰۰
۷	۱۰۰	۰	۱۰۰

اندازه گیری TS

برای این منظور از بطری های اولیه (قبل از آزمایش) حاوی مواد بی هوازی شده مقادیری با سرنگ استخراج شدند و در ظروفی که قبلاً وزن شده بودند، ریختیه شد وزن ظروف همراه مواد اندازه گیری شد. سپس ظروف حاوی مواد در آون در دمای ۷۰ °C به مدت ۲٤ ساعت قرار گرفت تا آب موجود در آن خشک شود، ماده حاصل وزن شده و تفاضل بین مواد اولیه و نهایی مقدار TS را می دهد (Rongping et al., 2010).

اندازه گیری VS

نمونه هایی که در دمای ۷۰ °C خشک شده بود به کوره منتقل شد و در دمای ۵۵۰ °C به مدت ٤ ساعت قرار گرفت تا کلیه مواد فرار آن تبخیر شود، سپس مواد باقیمانده را وزن نموده و تفاضل آنها از مواد اولیه میزان VS مواد را نشان داد (Rongping et al., 2010).

اندازه گیری عناصر

بعضی از عناصر که طبق تحقیق های دیگر محققین عناصر موثری در تولید متان / بیوگاز هستند در سه ماده مذکور بعد از بی هوازی سازی اولیه اندازه گیری شدند. عناصر اندازه گیری شده و روش اندازه گیری آنها عبارتند از:

کربن (C) به روش تیتراسیون بر اساس منبع (Rongping et al., 2010) اندازه گیری شد.

نیتروژن (N) با استفاده از دستگاه کلدار، فسفر (P) با استفاده از Spectphotometer، پتاسیم (K) با استفاده از Flame photometer، سولفات (SO_4^{2-}) به روش وزن سنجی و EC و pH با استفاده از دستگاه های pH متر و EC متر به روش های موجود در منبع (۱۰) اندازه گیری شدند.

اندازه گیری متان

جهت اندازه گیری گاز متان تولیدی بطری های حاوی مواد هر ۵ روز به شرکت گاز شهرکرد منتقل شده و با استفاده از سرنگ همیلتون، ۱۰۰ µl از گاز تولید شده از بالای هر کدام از بطری ها استخراج شده و در دستگاه گاز سنج مدل GT-42 موجود در اداره گاز تزریق شد. این دستگاه دارای یک پمپ است که گاز را به داخل دستگاه منتقل کرده و میزان متان تولیدی را بر حسب ppm اندازه گیری می کند. قابل ذکر است اگر میزان متان تولیدی کم باشد آنرا بر حسب ppm بیان می کند و در صورت تولید بیشتر، میزان گاز تولیدی را بر حسب LEL بیان می کند (۱ LEL کمترین میزان غلظت متان در گاز موجود است که باعث اشتعال می شود). پس از خارج کردن سوزن سرنگ از بطری ها، سوراخ‌های ایجاد شده با استفاده از چسب آکواریوم مجدداً بسته می شوند.

نتایج

همانطور که بیان شد از ترکیب مقادیر مختلف فاضلاب شهری، کود گاوی و باقیمانده میوه و سبزیجات، ۷ حالت مختلف ایجاد شد و میزان متان تولیدی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت ۲۰ ml مایع برداشته شده با استفاده از نمونه گیر از فاضلاب قبل از هضم ۱,۰٦۸ gr/ml ، کود گاوی ۱,۰۹۳ gr/ml و باقیمانده میوه و سبزیجات ۰,۹۹٦ gr/ml بود در حالیکه این غلظت ها بعد از هضم (تخلیه مواد از بطری ها) به ترتیب برابر ۱,۰۰۵ gr/ml ، ۱,۰۰۳ gr/ml و ۱,۰۰۲ gr/ml بدست آمد. همانطور که مشخص است چگالی فاضلاب شهری و کود گاوی کاهش یافته است در حالیکه غلظت باقیمانده میوه و سبزیجات افزایش یافته است. دلیل این امر می تواند منحل شدن ذرات میوه و سبزیجات بعد از هضم کامل داخل آب باشد که باعث افزایش ذرات معلق موجود در مایع شده و غلظت را بالا می برد. این موضوع در TS و VS اندازه گیری شده قابل بررسی است. همانطور که در جدول ۲ هم دیده می شود میانگین TS و VS مربوط به قبل و بعد از هضم برای هر ۷ نمونه ارائه شده است. از جدول ۲ مشخص است که در اکثر ترکیبات، ذرات معلق موجود در ۲۰ ml از محلول انتخاب شده کاهش یافته است و تنها در بطری هایی که حاوی باقیمانده میوه و سزیجات این کاهش کمتر بوده حتی در بطری سوم که کاملاً حاوی باقیمانده میوه و سبزجات بوده افزایش TS داشتیم. این بحث بخوبی می تواند افزایش غلظت را توجیه کند و تنها دلیلی که می توان برای آن آورد این است که میوه و سبزیجات خرد و آسیاب شده در ابتدا کاملاً در آب منحل نشده بود و بعد از هضم، این انحلال رخ داده است. این امر می تواند بر روی تولید طولانی تر بیوگاز/متان اثر گذار باشد که در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بیشترین کاهش TS بین جامدات معلق اولیه قبل از هضم و جامدات معلق نهایی بعد از هضم مربوط به ظرف اول است و نشان دهنده این است ذرات معلق جامد موجود در فاضلاب شهری در اثر هضم و تولید بیوگاز کاهش بیشتری پیدا کرده اند که ناشی از هضم بیشتر آن است این امر می تواند بخاطر میزان بالای نیتروژن نسبت به کربن بوده باشد که باعث واکنش بیشتر کربن ها، تولید متان بیشتر و سوختن و هضم مواد موجود در فاضلاب شهری باشد. کمترین کاهش TS در ظرف هفتم اتفاق افتاده است و نشان دهنده این امر است که بخاطر اتفاقاتی که در ظرف هفتم در طی هضم افتاده واکنش ها کمتر انجام شده و هضم کمتری اتفاق افتاده است بنابراین به احتمال زیاد میزان متان/بیوگاز کمتری نیز باید تولید شده باشد که در ادامه بررسی می شود. جهت بررسی بیشتر واکنش‌های انجام گرفته به بررسی ذرات فرار موجود در ابتدا و انتهای واکنش ها در ظروف واکنش پرداخته شد. همانطور که در جدول ۲ دیده می شود بیشترین میزان ذرات فرار در کود گاوی است به طوریکه در ظروف ۲ و ۵ بیشترین مقادیر VS وجود دارد. کمترین مقدار VS در استفاده از باقیمانده میوه و سبزیجات وجود دارد بطوریکه در ظروف ۳ و ۷ بخوبی قابل رویت است (جدول ۲).

جدول ۲- مواد جامد معلق و فرار موجود در ترکیبات استفاده شده جهت تولید متان

	ترکیبات مختلف مواد						
پارامترها	ظرف ۱	ظرف ۲	ظرف ۳	ظرف ۴	ظرف ۵	ظرف ۶	ظرف ۷
TS اولیه	۰,۲۰۰۳	۰,۰۹۹۱	۰,۰۹۹۵	۰,۱۰۰۴	۰,۱۰۱۲	۰,۰۹۸۷	۰,۰۹۸۲
TS نهایی	۰,۱۳۳۵	۰,۰۶۶۳	۰,۱۱۰۳	۰,۰۶۵۸	۰,۰۶۷۰	۰,۰۶۶۶	۰,۰۹۳۳
VS اولیه	۰,۰۹۳۷	۰,۱۰۰۶	۰,۰۲۴۰	۰,۰۹۴۳	۰,۱۱۰۵	۰,۰۸۲۵	۰,۰۷۴۳
VS نهایی	۰,۰۲۱۹	۰,۰۰۵۶	۰,۰۰۴۴	۰,۰۲۶۶	۰,۰۲۸۳	۰,۰۱۸۹	۰,۰۱۴۴
TS اولیه-TS نهایی	۰,۰۶۶۸	۰,۰۳۲۸	-۰,۰۱۰۸	۰,۰۳۴۶	۰,۰۳۴۲	۰,۰۳۲۱	۰,۰۰۴۹
VS اولیه-VS نهایی	۰,۰۷۱۸	۰,۰۹۵	۰,۰۱۹۶	۰,۰۶۷۷	۰,۰۸۲۲	۰,۰۶۳۶	۰,۰۵۹۹

بیشترین کاهش VS در اثر هضم مواد در ظروف ۲و ۵ اتفاق افتاده است که نشان دهنده این است که در اثر واکنش های اتفاق افتاده جهت تولید گاز در مواد کود گاوی، بیشتر ذرات فرار کاهش می یابد البته ذرات جامد معلق نیز کاهش یافته اما میزان کاهش آن چشمگیر نیست. کمترین مقدار VS مواد بعد از هضم به ظرف ۳ بر می گردد که شامل باقیمانده میوه و سبزیجات است و این نشان می دهد که میزان تولید گاز در اثر ذرات فرار کاهش می یابد. بنابراین طبق بررسی های انجام گرفته مشخص می شود که علارغم TS بالای باقیمانده میوه و سبزیجات اما VS آن کم است و این نشان می دهد که با اینکه ذرات جامد معلق در محلول بالاست اما ذرات فرار قابل تبدیل به گاز/متان آن، کم می باشد بنابراین در ظرف های ۳ و ۷ که شامل مقادیر بیشتر باقیمانده میوه و سبزیجات است تولید بیوگاز/متان کم خواهد بود و یا تولید آن سریع کاهش می یابد. با توجه به جدول ۲ مشخص است که با ترکیب هر سه ماده در ظروف ٤-۷، VS بعد از هضم بیشتر است و نشان می دهد که با ترکیب مواد می توان در مدت طولانی تری بیوگاز/متان تولید نمود، البته در ظرف ۷ که میزان باقیمانده میوه و سبزیجات در ظرف زیاد است، VS بیشتر کاهش یافته است. در بررسی این موضوع تنها ذرات فرار و معلق موثر نیستند بلکه پارامترهای دیگری هم اثر گذار خواهند بود که از آن قبیل می توان به میزان کربن، نیتروژن، pH و غیره اشاره نمود. بر این اساس همانطور که بیان شد برای هر سه ماده مذکور پارامترهای کربن، نیتروژن، pH، EC، پتاسیم، فسفر و سولفات قبل از هضم و بعد از هضم اندازه گیری شدند. نتایج آنها در جدول ۳ نشان داده شده است.

نتایج موجود در جدول ۳ نشان می دهد که pH مواد قبل از هضم در حد خنثی بوده است و تنها در باقیمانده میوه و سبزیجات کمی حالت بازی دارد. پس از انجام واکنش در بطری ها، pH تغییر چشمگیری نکرده است این در حالی است که در نتایج دیگر محققین بیان شده است که با انجام واکنش در زمان طولانی محیط باید اسیدی شود (pH کاهش یابد). بنابراین مشخص است که با انجام واکنش ها در ٤۰ روز محیط اسیدی نشده است بنابراین مواد استفاده شده در این تحقیق می‌توانند در زمان طولانی تری در بطری ها جهت انجام واکنش بی هوازی نگهداری شوند.

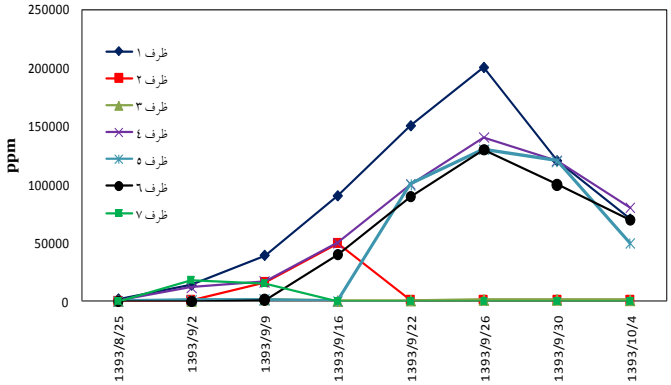
جدول ۳- پارامترهای و عناصر اندازه گیری شده از مواد اصلی مورد استفاده در این تحقیق

پارامتر	قبل از هضم			بعد از هضم		
	فاضلاب شهری	کود گاو	میوه و سبزیجات	فاضلاب شهری	کود گاو	میوه و سبزیجات
pH	۷,۶۲	۷,۵۱	۸,۲	۷,۴۲	۷,۹۱	۸,۳۵
EC (ds/M)	۲,۵	۱,۷۶	۲,۴	۱,۸۲۴	۱,۸۲۹	۱,۶۸۳
کربن (٪)	۳۵,۹	۱۵,۹	۱۵,۴	۲۲,۴	۱۰,۷	۵,۴
نیتروژن (٪)	۲,۳	۰,۵۳	۱,۹۸	۰,۹۱	۰,۴۲	۰,۴۵
پتاسیم (ppm)	۱۶۷,۵	۱۳۵	۱۴۰	۹۱,۴	۲۴۴,۳	۲۱۲,۲
فسفر (ppm)	۲۸,۰۶	۲۰,۷۰	۱۱,۸۲	۱۰,۷۶۵	۸,۰۳۸	۷,۱۹۶
سولفات (ppm)	۳,۱۴	۲,۴۲	۲,۳۹	۱,۴۳	۰,۸۳	۱,۴۹
C/N	۱۵,۶	۳۰	۷,۷۸	۲۴,۶۱	۲۵,۴۷	۱۲

یک از دلایل اسیدی نشدن محیط می تواند کم بودن غلظت عناصر اسیدی قوی مانند پتاسیم در محیط باشد. در ضمن همانطور که در جدول هم قابل رویت است غلظت سولفات موجود در مواد اولیه استفاده نیز کم می باشد که باعث شده است محیط اسیدی نشود. از عناصر بسیار موثر در تولید گاز متان در واکنش بی هوازی کربن و نیتروژن است که کربن عامل تولید گاز متان و نیتروژن عامل سوختن و واکنش در محیط می باشد. نسبت C/N از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است بطوریکه در تحقیق های دیگر محققین آمده است نسبت C/N بین ۲۰ تا ۳۰ برای انجام واکنش‌های بی هوازی بسیار مناسب است.

همانطور که در جدول هم آمده است در ابتدای واکنش ها نسبت C/N کود گاوی ۳۰ است و در رنج مناسب است اما در فاضلاب شهری این نسبت ۱۵,٦ است و پایین تر از رنج مناسب است اما همانطور که در جدول هم مشخص است پایین بودن نسبت C/N بخاطر غلظت بالای نیتروژن است، بطوریکه غظت کربن در فاضلاب شهری خیلی بیشتر از کود گاوی است. این موارد نشان می دهد که با انجام واکنش ها بخاطر کربن بیشتر و نیتروژن بیشتر میزان متان تولیدی در فاضلاب شهری خیلی بیشتر از کود گاوی باشد. اما با توجه به رنج مناسب C/N در کود گاوی، این ماده هم می تواند بطور متوسط متان تولید کند. بالا بودن میزان کربن و نیتروژن در فاضلاب شهری باعث انجام واکنش های بیشتر در این هاضم ها شده و متان تولیدی بالا می رود اما با انجام واکنش ها نیتروژن نسبت به کربن بیشتر کاهش یافته و باعث شده است C/N پس از واکنش ها بیشتر شود (۲٤,٦۱=). در حالیکه در کود گاوی کاهش C/N کم بوده و در رنج مناسب باقیمانده است (۲۵,٤۷=). این نتایج نشان می دهد در بطری هایی که حاوی کود گاوی و فاضلاب شهری هستند می توان همچنان انتظار تولید بالای متان داشت. نتایج بدست آمده را می توان با بررسی روند تولید متان در طول ٤۰ روز در شکل ۱ بررسی نمود.

همانطور که از شکل مشخص است تنها ظروف ۱، ٤، ٥ و٦ قادرند بعد از ٤٠ روز متان تولید نمایند و ظروف ۲، ۳ و ۷ دیگر قادر به تولید گاز متان نیستند. طبق بررسی های قبل ظروف ۳ و ۷ به دلیل کم بودن عنصر کربن و بالا بودن نسبی نیتروژن نسبت به کربن سریع تر واکنش کرده و به سرعت تولید متان آن پایان می‌آید.



شکل ۱- روند تولید متان در ترکیبات مختلف مواد با هم

این موضوع از مقادیر بدست آمده از VS نیز بخوبی نشان داده شده است. بطوریکه مقدار VS این ظروف در پایان واکنش پایین است (VS ظرف ۳ برابر ۰,۰۰٤٤ و ظرف ۷ برابر ۰,۰۱٤٤). اما در ظرف ۲ مقدار کربن و نیتروژن مناسب است اما با توجه به مقدار بسیار پایین VS در این ظرف (۰,۰۰٥٦=) در پایان واکنش ها تولید متان متوقف شده است. بنابراین می توان نتیجه گرفت تنها عناصر کربن و نیتروژن بر میزان متان تولیدی اثر گذار نمی باشند بلکه پارامترهای مختلفی بر تولید متان اثر گذار خواهد بود که در این تحقیق اثرات بعضی از این پارامترها در حد امکان بررسی شد. در ضمن بطور متوسط میزان متان تولیدی از فاضلاب شهری نسبت به مواد دیگر بیشتر می باشد. البته با ترکیب آن با مواد مختلف (ظرف ٤) می توان میزان و دوام تولید گاز متان را بالا برد. این موضوع بطور سنتی از زمان باستان در هاضم های سنتی ساخته شده اثبات شده است بطوریکه در گزارشات موجود بیان شده است که میزان متان تولیدی در هاضم هایی که مواد مختلف وارد آنها می شود بالاتر است.

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که عوامل گوناگونی بر تولید متان ناشی از واکنش های بی هوازی در یک هاضم موثر هستند و تاثیر متقابل همه این پارامترها باعث تولید متان می شود. مثلاً با بالا بودن نسبت C/N به تنهایی نمی توان متان زیاد تولید نمود بلکه در ضمن بالا بودن این ضریب خود مقادیر کربن و نیتروژن موجود در مواد نیز حائز اهمیت است. همچنین بالا بودن این مقادیر بدون زیاد بودن ذرات فرار و معلق موجود در مواد تولید زیاد متان نمی کند، بلکه باید همه شرایط مناسب فراهم شود. همچنین از نتایج مشخص شد که اسیدی نشدن محیط به تنهایی باعث دوام در تولید متان ندارد بلکه شرایط دیگر نیز باید فراهم شود.

تشکر و قدردانی

با تمام وجود از شرکت گاز شهرکرد بخاطر در اختیار گذاشتن دستگاه گاز سنج قدردانی می کنم. در ضمن از دانشگاه شهرکرد نیز بخاطر فراهم نمودن تجهیزات آزمایشگاهی کمال تشکر را دارم.

مراجع

۱. شایگان، ج. ۱۳۸۰. تبدیل مواد آلی فاضلاب به گاز متان با استفاده از روش‌های بی‌هوازی، اولین سمینار بیوگاز در ایران.
۲. عمرانی، ق.ع. ۱۳۷۵. روند توسعه بیوگاز در ایران و جهان، سمینار بیوگاز.
۳. منزوی، م. ۱۳۸۱. تصفیه فاضلاب شهری، انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، چاپ دهم.
٤. هاشمی، ا. ا. ودیانت، ا. ۱۳۸۹. کاربرد فرمول‌های ریاضی در تولید بیوگاز، فصل نامه کاربرد شیمی در محیط زیست، سال دوم، شماره ۵، ص. ۳۹– ۵۰.

5. Arsova, L. 2010. Anaerobic Digestion of Food Waste: Current Status, Problems and an Alternative Product. Submitted in Partial Fulfillment of Requirements for M.S. Degree in Earth Resources Engineering Department of Earth and Environmental Engineering Fu Foundation of Engineering and Applied Science Columbia University.
6. Budiyono, I. N. Widiasa, S. and Sunarso, J. 2010. The Kinetic of Biogas Production Rate from Cattle Manure in Batch Mode. International Journal of Chemical and Biological Engineering, Vol. 3, No. 1, pp.110–118.
7. Chandra, R. Takeuchi, H. Hasegawa, T. and Kumar, R. 2012. Improving Biodegradability and Biogas Production of Wheat Straw Substrates using Sodium Hydroxide and Hydrothermal Pretreatments. Energy, Vol. 43, pp. 273–282.
8. Fantozzi, F. and Buratti, C. 2009. Biogas Production from Different Substrates in an Experimental Continuously Stirred Tank Reactor Anaerobic Digester. Bioresource Technology, Vol. 100, pp. 5783–5789.
9. Fantozzi, F. and Buratti, C. 2011. Anaerobic Digestion of Mechanically Treated OFMSW: Experimental Data on Biogas/Methane Production and Residues Characterization. Bioresource Technology, Vol. 102, pp. 8885–8892.
10. Federation, W. E. and Association, A. P. H. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA.
11. Martin, J. H. 2008. A New Method to Evaluate H_2S Removal from Biogas", A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science, Biological and Agriculture Engineering Raleigh, North Carolina.
12. Miller R. H. and Keeney D. R. 1992. Methods of Soil Analysis, In:I,II. Physical, Chemical and Mineralogical Properties", SSSA Pub., Madison.
13. Rongping, L. Shulin, C. and Xiujiu, L. 2010. Biogas Production from Anaerobic Co-Digestion of Food Waste with Dairy Manure in a Two-Phase Digestion System", Appl. Biochem. Biotechnol. Vol. 160, pp. 643–654.

Analysis of Quality and Biogas Yield Produced by Anaerobic Digestion of Different Combination of Waste Materials

Abstract

In this research we would produce methane/biogas from combination of sewage, waste of fruit and vegetable, and cow dung. For considering the parameters affecting methane/biogas production, volatile solid (VS) and total solid (TS) were measured. Furthermore some environmental condition such as temperature, pH, EC of desired substrate and some of the most important elements of substrate such as amount of C, N, P, K, and SO_4^{2-} were determined. The result show that for each substrate in which the VS and TS was high, amount of its produced biogas/methane was high, too (sewage had the most of VS and TS among the materials). Furthermore the determined results of measured elements show that the substrate with suitable C/N produced more methane/biogas (sewage had the most suitable among the materials).

Keywords: Volatile solid, total solid, material combination, anaerobic digestion, methane