

امکان سنجی تولید بیوگاز از ترکیب پسماند ضایعات غذایی و کود مرغی در شرایط

مزوفیلیک و تعیین نسبت بهینه ترکیب

الهام بصیری^۱، جلال برادران مطیع^{۲*}، محمد طبیبی زاده^۳، محمد حسین عباسپور فرد^۳، محمد علی ابراهیمی نیک^۳

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

* ایمیل نویسنده مسئول: Jalal_jbm@yahoo.com

چکیده

امروزه با توجه به کاهش منابع سوخت های فسیلی برنامه ریزی برای استفاده از انرژی حاصل از منابع تجدید پذیر به خصوص انرژی حاصل از زیست توده به صورت بیوگاز، اهمیت ویژه ای یافته است. از طرفی استفاده بهینه از ضایعات پسماند غذایی در جهت کاهش آلودگی های زیست محیطی و همچنین از جهت تولید انرژی حائز اهمیت است. در این تحقیق با ساخت یک مجموعه هاضم آزمایشگاهی، ترکیب های مختلف پسماند مواد غذایی و کود مرغی (۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ به ترتیب درصد کود مرغی و پسماند غذایی) از نظر میزان تولید بیوگاز و درصد متان تولید شده مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. مجموعه هاضم های مورد استفاده دارای سه مخزن هضم به حجم ۶ لیتر و سه مخزن جمع آوری و اندازه گیری گاز تولیدی با سیستم همزن خودکار و کنترل دما بود. آزمایشات در دمای مزوفیلیک (۳۵ درجه سانتیگراد) و در یک دوره ۲۰ روزه اجرا شدند. نتایج نشان داد، بیشترین حجم تولید بیوگاز و درصد متان به ترتیب $47/97 \text{ L/kgVS}$ و ۸۶ درصد مربوط به نسبت ترکیب ۲۵ درصد کود مرغی - ۷۵ درصد پسماند غذایی بود. از طرفی درصد بالاتر کود مرغی در تیمار ها موجب تسریع فرایند تولید بیوگاز می شود. هر چند مقادیر بالاتر پسماند غذایی موجب تولید گاز بیشتر می شوند اما نمی توان نقش کود مرغی را به عنوان کاتالیزور نادیده گرفت.

واژه‌های کلیدی: بیوگاز، پسماند غذایی، کود مرغی، هضم بی هوازی، دمای مزوفیلیک

مقدمه

آنچه اکنون به عنوان بزرگترین مشکل جهانی با توجه به نیاز روافزون به انرژی، بشر را تهدید می کند، کمبود منابع انرژی از یک سو و آلودگی هوا بر اثر استفاده از سوخت های فسیلی از سوی دیگر است. با گذشت زمان و در اثر رشد جوامع و پیچیده شدن صنعت و تکنولوژی، نیاز بشر به منابع انرژی شدت یافت و کشف و بهره برداری وسیع از منابع فسیلی را ناگزیر نمود. به طوری که شوک نفتی دهه هفتاد به عنوان یک نقطه گسست، لزوم توجه به منابع جایگزین و تجدید پذیر را بیش از پیش برای سیاستگذاران انرژی کشورهای صنعتی مطرح نموده است (سازمان انرژی های نو، ۱۳۹۲). انواع مختلفی از انرژی تجدیدپذیر وجود دارند که به



طور مستقیم و یا غیر مستقیم از خورشید و یا از حرارت ایجاد شده از اعماق زمین استحصال می شوند. این انرژی ها عبارتند از: انرژی تولید شده از منابع خورشیدی، بادی، زیست توده، زمین گرمایی، انرژی آبی، امواج و جزر و مد، بیوگاز و سوخت های زیستی مایع (ترازنامه انرژی ایران، ۱۳۸۹).

زیست توده

عبارت است از اجزای قابل تجزیه زیستی از محصولات، ضایعات و زائدات کشاورزی (شامل مواد گیاهی و دامی)، جنگل ها و صنایع وابسته و همچنین زائدات صنعتی و شهری قابل تجزیه که می توانند در فرایند تولید انرژی مورد استفاده قرار گیرند. انرژی زیست توده تنها منبع انرژی تجدیدپذیر می باشد که انرژی را به اشکال برق، حرارت، سرما و سوخت خودرو و به صورت جامد، مایع و گاز تولید می کند. به علاوه مواد زیستی می توانند به عنوان خوراک پتروشیمی نیز مورد استفاده قرار گیرند. انرژی حاصل از زیست توده یکی از بهترین و پر کاربرد ترین انواع انرژی است که از گذشته دور نیز مورد توجه بشر قرار داشته است. در سال های اخیر، استفاده از زیست توده به عنوان یک منبع انرژی، نه تنها از نظر زیست محیطی، بلکه به دلایل اقتصادی، اجتماعی و همچنین سهولت کاربرد، جذاب شده است (ترازنامه انرژی ایران، ۱۳۸۹).

بیوگاز

باکتری های بی هوازی با تجزیه مواد آلی، تولید بیوگاز می کنند. این گاز اساساً شامل متان (CH_4) و دی اکسید کربن (CO_2) می باشد و غلظت متان به ترکیب مواد بستگی دارد. در جدول ۱ میزان غلظت هر یک از ترکیبات موجود در بیوگاز مشاهده می شود (Krautkremer, 2010). متان می تواند در گرمایش خانگی و تجاری، در تامین انرژی حرارتی صنایع، در موتورهای احتراق داخلی، در موتورهای استرلینگ، در توربین های گازی و بویلرهای نیروگاهی و همچنین در برخی از پیل های سوختی برای تولید برق به کار برده شود (نجفی، ۱۳۹۰).

جدول ۱- ترکیبات موجود در بیوگاز (Krautkremer et al., 2010)

ترکیب	غلظت در حجم، %
متان CH_4	۵۰-۷۵
دی اکسید کربن CO_2	۲۵-۴۵
آب H_2O	۲-۷
سولفید هیدروژن H_2S	<۲
هیدروژن H_2	<۱
نیتروژن N_2	<۲
اکسیژن O_2	<۲

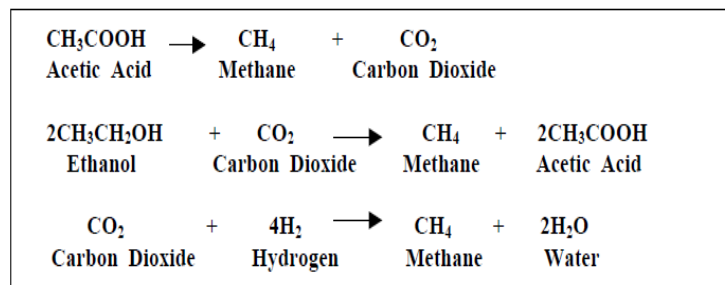
مراحل تولید بیوگاز

مرحله اول: هیدرولیز مواد که طی آن کربو هیدرات ها، چربی ها، پروتئین های موجود در مواد زائد گیاهی و جانوری تحت تاثیر آنزیم های خارج سلولی مانند سلولاز، آمیلاز، پروتئاز و لیپاز که بوسیله برخی باکتری ها ترشح می شوند، به اشکال ساده تر و قابل حل در آب تبدیل می گردند (فلاح راد، ۱۳۸۱).

مرحله دوم: مواد محلول در آب حاصل از هیدرولیز در این مرحله به اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه تر (به طور عمده استیک، پروپیونیک و بوتیریک اسید)، الکل ها (به عنوان مثال اتانول) و CO_2 و H_2 . در شرایط نامطلوب والریک، کاپریک یا انانتیک اسیدها ممکن است تولید شود (Krautkremer., 2010).

مرحله سوم: استوژنس بین مرحله اسیدسازی و متان سازی است و بین این دو مرحله ارتباط برقرار می کند. باکتری های کاهش دهنده پروتون اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه و الکل ها را عمدتاً به استات (استیک اسید) و همچنین H_2 و CO_2 تبدیل می کند (Krautkremer., 2010).

مرحله چهارم: تولید متان. در این مرحله، باکتری های متان ساز اسیدهای تولیدی در مرحله استوژنس را مصرف کرده و تولید متان می نمایند. برخی دیگر از انواع باکتری ها نیز هیدروژن و دی اکسید کربن را جهت تولید متان به مصرف می رسانند. در حقیقت، این مرحله است که فعل و انفعالات اصلی متان زایی را شامل می شود. این فعل و انفعالات شیمیایی به صورت زیر تشریح می شوند (فلاح راد، ۱۳۸۱).



شکل ۱- فعل و انفعالات متان زایی (فلاح راد، ۱۳۸۱)

پارامترهای تاثیر گذار در میزان تولید بیوگاز

به طور کلی عوامل تاثیر گذار در تولید بیوگاز را می توان به دو دسته الف) پارامترهای فیزیکی - شیمیایی (وابسته به نوع مواد و شرایط اولیه آنها) و ب) پارامترهای مهندسی (مربوط به ساختار هاضم و شیوه مدیریت سیستم بیوگاز) تقسیم نمود.

الف) پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

نسبت مواد مغذی: این عامل نشان دهنده وجود میزان کربن به عنوان منبع تغذیه میکروارگانیسم ها و نیتروژن به عنوان ماده مورد نیاز برای ساخت و سازهای سلولی در طی فرایند تجزیه مواد آلی است (کلوری و همکاران، ۱۳۹۱). میزان مصرف کربن نسبت به



ازت در فرایند تولید بیوگاز ۳۰ تا ۳۵ برابر سریع تر است. لذا نسبت کربن به ازت موجود در مواد اولیه جهت فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی و سرعت تخمیر و متعاقب آن تولید گاز متان بسیار موثر است (سرداری و همکاران، ۱۳۹۱).

غلظت جامدات کل : مقدار ماده آلی قابل تجزیه در واحد حجم که در فاصله‌های معین زمانی به مخزن هضم وارد می‌شود به عنوان غلظت جامدات تعریف می‌گردد.

اسیدیته: دومین عامل مهمی که در روند تولید بیوگاز نقش تعیین کننده ای ایفا می‌کند، PH مواد درون هاضم است (فلاح راد، ۱۳۸۱). محیط داخل هاضم تاثیر عمده ای در تکثیر و فعالیت باکتری‌های هضم کننده داشته و چنانچه میزان PH محیط به کمتر از ۵/۵ برسد این باکتری‌ها غیر فعال می‌گردند (دعاگویی و همکاران، ۱۳۸۹). محدوده PH بین ۶ تا ۸ بهترین وضعیت برای فعالیت باکتری‌های هضم کننده شناخته می‌شود (Alvarez and Liden, 2008).

دما: دمای یکی از مهمترین عوامل محیطی تاثیر گذار در سرعت تولید بیوگاز می‌باشد. فرایند هضم بی‌هوازی در محدوده دمای مزوفیلیک بخصوص در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بسیار متداول است. با این حال آنچه که بیشتر اهمیت دارد این است که تولید بیوگاز نسبت به تغییرات دما بسیار حساس است. اگر تغییرات دما زیاد باشد و یا اینکه مدت زمان زیادی به طول انجامد در اینصورت تولید بیوگاز کاملاً متوقف می‌گردد (رجبعلی پور و همکاران، ۱۳۹۰).

(ب) پارامترهای مهندسی

زمان ماند هیدرولیکی مواد: زمان ماند هیدرولیکی (HRT)، میانگین زمانی است که مواد آلی درون هاضم باقی می‌مانند. هر چقدر زمان ماند بیشتر باشد، مواد مدت بیشتری در شرایط مناسب انجام واکنش قرار می‌گیرند. این امر تجزیه کامل آنها و تولید گاز بیشتر را به دنبال خواهد داشت (Buekenes, 2005).

مخلوط کردن مواد درون هاضم: با این کار تماس و فعالیت میکروارگانیسم‌ها تشدید شده و تولید گاز تسریع می‌گردد. مخلوط کردن می‌تواند شرایط مناسبی برای هیدرولیز سریع زائدات ایجاد نماید. از مزایای هم زدن می‌توان به پیشگیری از ته نشینی مواد، یکنواخت کردن دما در تمام مخزن، حذف یا کاهش تشکیل کف در سطح مواد و حفظ یکنواختی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زائدات درون هاضم در سرتاسر مخزن اشاره کرد (کلوری و همکاران، ۱۳۹۱).

هدف از این تحقیق امکان سنجی تولید بیوگاز از پسماند مواد غذایی در ترکیب با کود مرغی به عنوان کاتالیزور و تعیین نسبت بهینه ترکیب می‌باشد. پسماند مواد غذایی بخش عمده ای از ضایعات تولیدی می‌باشند که به طور روزمره در رستوران‌ها، آشپزخانه‌ها و منازل تولید و دور ریخته می‌شوند. این مواد قابلیت بالقوه ای در تولید بیوگاز داشته که در این مقاله میزان متان و حجم آن مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، نسبت‌های مختلفی از ترکیب پسماند مواد غذایی با کود مرغی تهیه و درون یک مجموعه هاضم‌های بی‌هوازی از نوع ناپیوسته که در کارگاه گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد ساخته شده بود، قرار داده شد. این مجموعه هاضم آزمایشگاهی دارای سه مخزن هضم جداگانه با سیستم جمع‌آوری گاز مجزا بود. بدین معنی که همزمان سه ترکیب مختلف از مواد را می‌توان مورد بررسی قرار داد. میزان حجم گاز تولید شده در مخازن بصورت روزانه جمع‌آوری و اندازه‌گیری گردید. درصد متان گاز تولیدی به طور روزانه تعیین و با سایر ترکیب‌ها در یک طرح آزمایشی کامل تصادفی، مقایسه شد.

نمونه‌های مورد استفاده برای انجام آزمایش

نمونه‌های مورد استفاده در فرآیند شامل پسماندهای غذایی و کود مرغی بود. پسماندهای غذایی مورد استفاده به صورت مخلوطی از مواد غذایی، شامل ماکارونی ۲۰٪، برنج ۲۰٪، سیب زمینی ۲۰٪، نان ۱۵٪، حبوبات ۱۰٪، سویا ۵٪، سبزیجات ۵٪ و گوجه فرنگی ۵٪ می‌باشد (بصیری و همکاران، ۱۳۹۲). هر کدام از این مواد پس از تبدیل به ذرات بسیار ریز با نسبت‌های تعیین شده با هم مخلوط و سپس در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. کود مرغی نیز از مرغداری به صورت تازه تهیه شد و به یخچال در همان دما منتقل شد. قبل از شروع آزمایشات مواد (شامل پسماند غذایی و کود مرغی) را به صورت محلول در آب با میزان ماده خشک ۷٪ آماده شد (ثنایی مقدم، ۱۳۹۱ و رضایی، ۱۳۹۲). سپس محلول‌های حاصل با نسبت‌های ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ به ترتیب درصد کود مرغی و درصد پسماند غذایی ترکیب شدند. آزمایشات در آزمایشگاه بیوگاز گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

مشخصات مجموعه هاضم

سیستم مجموعه هاضم‌ها که برای اجرای آزمایشات این تحقیق طراحی و ساخته شد، شامل سه مخزن هضم، سه مخزن جمع‌آوری و اندازه‌گیری حجم گاز تولیدی، سیستم کنترل دمای هاضم‌ها (حمام روغن گرم)، سیستم همزن با تایمر قابل تنظیم و شیرهای تخلیه و شستشوی مخازن بود. مخازن مورد استفاده برای هاضم‌ها از جنس لوله پلیکا و دارای حجم ۶ لیتر بود. حجم مخازن جمع‌آوری گاز ۰/۳۹۲ لیتر بود، که به دفعات در طول فرایند پر و خالی می‌شد. در این آزمایشات دمای هاضم‌ها در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد در زمان ماند ۲۰ روز، ثابت نگه داشته شد (Lim, 2011). شکل ۲ مجموعه هاضم‌های بی‌هوازی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مجموعه هاضم‌های بی‌هوازی

تعیین عناصر و شاخص‌های مربوطه

در مطالعات آزمایشگاهی طی نمونه‌گیری از پسماندهای غذایی و کود مرغی فاکتورهای میزان کربن، نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن، درصد رطوبت، اسیدیته، میزان ماده جامد خشک، میزان ماده جامد فرار، نسبت ماده جامد فرار به ماده جامد آلی و درصد خاکستر اندازه‌گیری شد (جدول ۲). برای تعیین میزان نیتروژن، کربن، خاکستر و مقدار رطوبت در مواد از استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۳۲۰ استفاده شد. میزان ماده خشک، میزان وزن ماده باقی مانده حاصل از تبخیر کامل آب موجود در نمونه تر می‌باشد و آنرا با TS نشان می‌دهند و به صورت درصدی از ماده تر بیان می‌شود. ماده جامد فرار، اختلاف وزنی ماده خشک آلی و خاکستر آن می‌باشد و آنرا با VS نشان می‌دهند و واحد آن درصدی از ماده خشک است. اسیدیته نیز توسط دستگاه پی‌اچ متر (PH-201) اندازه‌گیری شد.

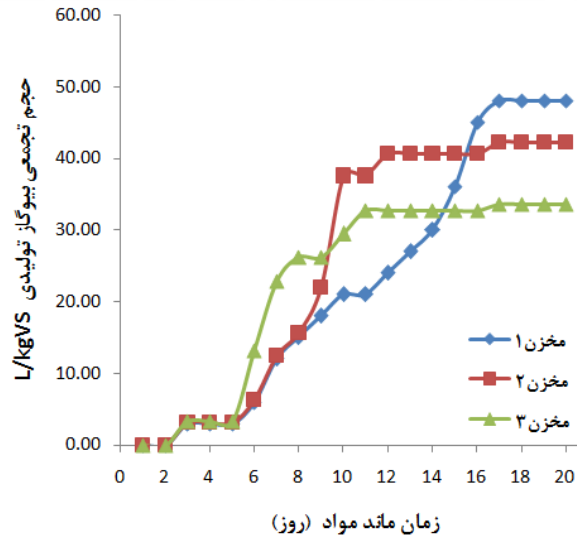
جدول ۲- مشخصات حاصل از اندازه گیری های اولیه برای هر دو نمونه پسماند غذایی و کود مرغی

کود مرغی	پسماند غذایی	
۴/۸۰	۵/۰۵	PH
۲۷/۲	۲۷/۲	TS%
۸۱/۷	۹۷/۳	VS%
۷۲/۸	۷۲/۸	رطوبت%
۳۹/۵	۲۷/۵	کربن% (C)
۱/۶۳	۱/۸۷	نیتروژن% (N)
۲۴/۲	۱۴/۷	نسبت C/N

نتایج و بحث

حجم بیوگاز تولید شده

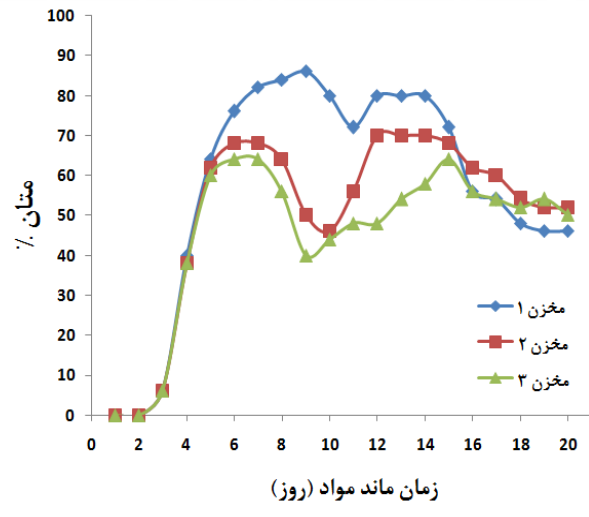
پس از ۲۰ روز ماند مواد درون هاضم ها حجم گاز تولیدی به طور تجمعی محاسبه گردید (شکل ۳). نتایج نشان داد تولید گاز برای هر سه مخزن از روز سوم آغاز و تا روز هفدهم ادامه داشت. بیشترین میزان تولید بیوگاز برای نسبت ترکیب ۲۵٪ کود مرغی - ۷۵٪ پسماند غذایی (مخزن ۱) بین روزهای ۱۱ تا ۱۶ بود در حالیکه برای نسبت ترکیب ۵۰٪ کود مرغی - ۵۰٪ پسماند غذایی (مخزن ۲) بیشترین تولید در بین روزهای ۸ تا ۱۰ مشاهده شد. بیشترین تولید برای سومین مخزن (۷۵٪ کود مرغی - ۲۵٪ پسماند غذایی) بین روز های ۵ تا ۸ ثبت گردید. بدین ترتیب مشاهده می شود هر چه درصد کود مرغی در مخازن بیشتر باشد، حداکثر تولید بیوگاز در زمان کوتاه تری اتفاق می افتد که این نتیجه با نتایج حاصل از آزمایشات رضایی، ۱۳۹۲ مطابقت دارد. همانطور که در نمودار شکل ۳ نشان داده شده، میزان تولید بیوگاز برای مخزن یک بیشترین و برای مخزن ۳ که کمترین درصد پسماند غذایی را دارد، کمترین مقدار است. زیاد تر بودن تولید بیوگاز در مخزن یک (۷۵٪ پسماند غذایی) نسبت به مخازن دو (۵۰٪ پسماند غذایی) و سه (۲۵٪ پسماند غذایی) به علت وجود مقادیر بیشتر کربوهیدرات، چربی و پروتئین می باشد که وجود این مواد باعث تولید گاز بیشتر شده است (Krautkremer *et al.*, 2010). سائو و همکاران، ۲۰۰۹، در تحقیقی به بررسی درصد های مختلف ترکیب ضایعات گوجه فرنگی و کود گاوی پرداختند. نتایج آنها نیز نشان داد که با افزایش درصد ضایعات گوجه فرنگی در هاضم ها، میزان تولید بیوگاز افزایش می یابد (Saev *et al.*, 2009).



شکل ۳- نمودار تولید تجمعی حجم بیوگاز در نسبت‌های ترکیب مختلف در فشار مطلق ۹۳/۶ کیلوپاسکال، مخزن ۱ (۲۵٪ کود مرغی - ۷۵٪ پسماند غذایی)، مخزن ۲ (۵۰٪ کود مرغی - ۵۰٪ پسماند غذایی)، مخزن ۳ (۷۵٪ کود مرغی - ۲۵٪ پسماند غذایی).

درصد متان روزانه

تغییرات درصد گاز متان داخل هاضم‌ها به‌طور روزانه در نمودار شکل ۴ آمده است. مطابق با این نمودار، تولید متان از همان روز سوم آغاز و تا روز هفدهم ادامه داشته است. روند رشد درصد متان روزانه تا روز پنجم برای هر سه هاضم یکسان است و سپس از روز ششم تولید متان در مخزن ۱ (۲۵٪ کود مرغی - ۷۵٪ پسماند غذایی) روند افزایشی خود را تا روز نهم (۸۶ درصد متان) ادامه داده است و سپس تا ۷۲ درصد در روز یازدهم کاهش یافته است. درصد متان مخازن ۲ و ۳ به ترتیب با ۵۰ و ۲۵ درصد پسماند غذایی، در روزهای ششم و هفتم ثابت مانده و سپس تا روز نهم برای مخزن ۳ (۴۰ درصد) و روز دهم برای مخزن ۲ (۴۶ درصد) کاهش یافته است. درصد بالاتر متان در مخزن یک به دلیل وجود مقادیر بیشتری از پسماند غذایی در هاضم بود، که سائو و همکاران نیز در سال ۲۰۰۹ نتیجه مشابهی در مورد ضایعات گوجه فرنگی بدست آوردند (Saev et al., 2009). کاهش متان در مخازن و سپس افزایش آن را می‌توان به تغییرات PH مواد داخل مخازن مربوط دانست. زیرا با اسیدی شدن مواد فعالیت باکتری‌های متان‌ساز کاهش و گاهی متوقف می‌گردد. سپس با افزایش PH و اتمام مرحله اسیدسازی، روند تولید متان از سرگرفته شده و نمودار روند افزایشی را نشان می‌دهد. تفاوت رفتار مواد در مخزن یک با مخازن ۲ و ۳ را به علت متفاوت بودن درصد کود مرغی درون آنهاست. کود مرغی استفاده شده در این تحقیق دارای PH اولیه ۴/۸ بود که درصد بالاتر آن در مخازن ۲ و ۳ موجب بیشتر اسیدی شدن آنها نسبت به مخزن یک شده بود. در پایان با اتمام فرایند تولید بیوگاز درصد متان در هر سه مخزن کاهش یافت (جدول ۳).



شکل ۴- نمودار درصد متان روزانه در نسبت های ترکیب مختلف، مخزن ۱ (۲۵٪ کود مرغی - ۷۵٪ پسماند غذایی)، مخزن ۲ (۵۰٪ کود مرغی - ۵۰٪ پسماند غذایی)، مخزن ۳ (۷۵٪ کود مرغی - ۲۵٪ پسماند غذایی).

جدول ۳- مقایسه بین نسبت های ترکیب کود مرغی و پسماند غذایی، در حجم بیوگاز و درصد متان تولید شده در یک دوره هضم ۲۰ روزه. مخزن ۱ (۲۵٪ کود مرغی - ۷۵٪ پسماند غذایی)، مخزن ۲ (۵۰٪ کود مرغی - ۵۰٪ پسماند غذایی)، مخزن ۳ (۷۵٪ کود مرغی - ۲۵٪ پسماند غذایی).

نسبت ترکیب	مخزن ۱	مخزن ۲	مخزن ۳
حجم بیوگاز تولید شده (L/kgVS)	۴۷/۹۷	۴۲/۲۳	۳۵/۵۳
حداکثر درصد متان در بیوگاز تولید شده (درصد)	۸۶	۷۰	۶۴
PH ابتدای فرایند	۶/۵۹	۶/۷	۵/۳
PH انتهای فرایند	۶/۸۲	۷/۰۲	۷

نتیجه گیری کلی

نتایج هضم بی هوازی سه نسبت ترکیب مختلف پسماند مواد غذایی با کود مرغی در دمای مزوفلیک ۳۵ درجه سانتیگراد نشان داد که بیشترین حجم تولید بیوگاز و درصد متان مربوط به نسبت ترکیب ۲۵ درصد کود مرغی - ۷۵ درصد پسماند غذایی بود که آن را می توان به وجود مقادیر بیشتر کربوهیدرات، چربی و پروتئین نسبت به سایر ترکیب ها با مقادیر کمتر پسماند غذایی مربوط دانست. وجود مقادیر بیشتر کود مرغی به عنوان کاتالیزور در مخازن هاضم موجب تسریع در آغاز فرایند تولید بیوگاز شد. بدین ترتیب می توان نسبت ترکیب ۲۵ درصد کود مرغی - ۷۵ درصد پسماند غذایی را به عنوان نسبت ترکیب بهینه پیشنهاد نمود. هر چند مقادیر بالاتر پسماند غذایی موجب تولید گاز بیشتر می شوند اما نمی توان نقش کود مرغی را به عنوان کاتالیزور نادیده گرفت. به طور کلی پسماند مواد غذایی دارای قابلیت بالقوه ای در تبدیل شدن به بیوگاز را دارد و استفاده از آن برای تولید انرژی می تواند از نظر اقتصادی توجیه پذیر باشد.



سپاسگذاری

از همکاری صمیمانه مجموعه کارگاه های گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد قدردانی می شود. نویسندگان نهایت سپاس خود را از آقای مهندس محمدنژاد برای ساخت دستگاه ابراز می دارند.

منابع

بصری، الف. طوسی زاده، م. عباسپور فرد، م. ابراهیمی نیک، م. (۱۳۹۲). "ارزیابی قابلیت تولید بیوگاز از پسماندهای غذایی و کود مرغی بر پایه ی تعیین خصوصیات آنها." هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

ترازنامه انرژی ایران (۱۳۸۹). وزارت نیروی جمهوری اسلامی ایران.

ثنایی مقدم، الف. (۱۳۹۱). "ارزیابی تولید بیوگاز از ضایعات کارخانجات صنایع غذایی (مطالعه موردی سیب زمینی)." پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد.

دعاگویی، ع. غضنفری مقدم، الف. فولادی، م. (۱۳۸۹). "بررسی سینتتیک و مدل سازی فرایند تولید بیوگاز از ضایعات گلاب گیری گل محمدی." مجله مهندسی بیوسیستم ایران. (۴۲) ۱، ۱۳۹۰، ۹۵-۱۰۲.

رجبعلیپور چشمه گز، ع. کوهی، ن. آزاد شهرکی، ف. افضلی، ه. (۱۳۹۰). "اصلاح الگوی تولید و مصرف انرژی با استفاده از ضایعات کشاورزی و مواد غذایی." همایش ملی اصلاح الگوی تولید و مصرف، کرمان، ایران.

رحیمی سرداری، ف. حاجی آقا علیزاده، ح. احمدی، الف. و باریکلو، ح. (۱۳۹۱). "ارائه راه کارها و روش های مختلف به منظور سرعت بخشیدن فرایند هضم و افزایش تولید بیوگاز در جاذب های بی هوازی و بهینه کردن تولید بیوگاز در این سیستم ها." اولین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران.

رحیمی سرداری، ف. حاجی آقا علیزاده، ح. احمدی، الف. و باریکلو، ح. (۱۳۹۱). "اصول و فرایند های شیمیایی تولید بیوگاز." اولین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران.

رضایی، م. (۱۳۹۲). "اثر تلفیق کود مرغی با ضایعات آلی جامد شهری در تولید بیوگاز." پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

سازمان انرژی های نو ایران، سانا، www.suna.org.ir، ۱۳۹۲

فلاح راد، م. (۱۳۸۱). "بیوگاز اصول و کاربرد ها." دومین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران - سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور.

کلوری، ع. طباطبائی کلور، ر. و هاشمی، ج. (۱۳۹۱). "بررسی تاثیر مقادیر ترکیبات مختلف فضولات گاوی و مرغی به همراه کلش برنج بر میزان تولید بیوگاز." سومین همایش بیوانرژی ایران (بیوماس و بیوگاز)، تهران، ایران.



نجفی، ب. (۱۳۹۰). "بررسی تجربی تاثیر استفاده از بیودیزل و بیوگاز به جای گازوئیل و گاز طبیعی در موتور دیزل دوگانه سوز."

مجله علمی پژوهشی سوخت و احتراق، سال چهارم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۰.

Alvarez, R. Liden, G. (2008). "Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, fruit and vegetable waste." *Renewable Energy*, v(33):726-734

Buekenes, A. (2005). "Energy recovery from residual waste by means of anaerobic digestion technologies." conference of the future of residual waste management in Europe, 17th AND 18th november 2005, luxembourg.

Krautkremer, B., Schunemeyer, F., Hoffstede, U. and Lensch, D. (2010). Assessment report on testing of packed digester and ultrasonic disintegration. www.Biogasmx.eu. Visited: 2013/2/1

Lim, J.W. (2011). "Anaerobic Co-digestion of Brown Water and Food Waste for Energy Recovery." 11th edition of the World Wide Workshop for Young Environmental Scientists (WWYES-2011) - Urban Waters: resource or risks, Arcueil : France (2011).

Saev, M. and Koumanova, B. and Simeonov, Iv. (2009). anaerobic co-digestion of wasted tomatoes and cattle dung for biogas production. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 44, 1, 2009, 55-60