بررسی راندمان تولید بیوگاز از ترکیب کاه گندم و فضولات دامی

شادان آقاسی[1]، محمد هاشم رحمتی[2]، ایمان مرزبان شیرخوارکلایی[3]

[1]کارشناس ارشد مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران shadan.aghasi93@gmail.com

[1]عضو هیئت علمی (دانشیار) گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران mhrahmati20@gmail.com

[3]کارشناس ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی marzban_iman@yahoo.com

چکیده

مواد آلی در شرایط بی‌هوازی می‌توانند منجربه تولید دی‌اکسیدکربن، آمونیاک، متان، گازهای متفاوت دیگر و هم‌چنین اسیدهای آلی که دارای وزن مولکولی کمی هستند، شود. تجزیه ترکیبی از فضولات گاو با کاه گندم در مخزن ۶۰ لیتری در دمای ۱±۲۷ درجه سانتی‌گراد در مدت ۴۰ روزمورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش با نسبت ترکیبی ۸۰٪ فضولات و ۲۰٪ کاه گندم انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که حجم گاز تولید شده در مدت ۴۰ روز ۴۹/۶ لیتر بوده‌است، که بیشترین حجم گاز ثبت‌شده در روز ۱۷ آزمایش می‌باشد. میزان حجم گاز تولیدی از روز ۱۷ روند نزولی داشته که دلیل این امر می‌تواند کاهش میزان پروتئین به‌عنوان شاخص تغذیه کننده میکروارگانیسم‌ها باشد. هم‌چنین نتایج آزمایش بیانگر این بود که مقدار متان ثبت شده در روز ۱۴ به بیشترین مقدار خود رسید و پس از آن تا روز ۴۰ کاهش یافت. قابل ذکر است که تست شعله از گاز تولید شده از روز ۱۳ مثبت بود.

کلمات کلیدی : هاضم، بیوگاز، فضولات دامی، دایجستر، کاه گندم

Investigating of Biogas Production Efficiency From Combination Of Wheat Straw and Livestock Vaccines

Shadan Aghasi, Mohammad Hashem Rahmati, Iman Marzban Shirkharkolai

[1]MSc in Bio Systems Engineering,Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran shadan.aghasi93@gmail.com

[2] Faculty member (Associate prof.), Bio Systems Engineering Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran hmrahmati20@gmail.com

[3]MSc in Mechanical engineering of agricultural machinery marzban_iman@yahoo.com

Abstract

Organic matter can be used to produce carbon dioxide, ammonia, methane,Different gases are different as well Organic acids with a small molecular weight. Separation of a combination of cow waste with wheat straw was examined in a 60 liter reservoir at 27 ± 1 ° C for 40 days. Experiments were carried out with a combined ratio of 80% wastes and 20% wheat straw. The results of the research showed that the volume of gas produced during the 40 days was 49.6 liters, which is the highest gas volume recorded on day 17 of the experiment. The volume of produced gas has been down 17 days since the decline could be due to a decrease in protein content as a nutrition indicator for microorganisms. Also, the results of the research indicated that the amount of methane recorded on day 14 reached its highest level and then decreased to 40 days. It should be noted that the flame test of the gas produced since the 13th day was positive.

Keywords: biogas, wheat Straw, digester, Livestock Vaccines

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

[1] شادان آقاسی، استان اصفهان، شهرستان شهرضا، خیابان حکیم زاهد، فرعی ۲۴، پلاک ۷۲، شماره تماس ۰۹۳۳۶۸۸۴۱۲۲

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر روند رو به رشد مصرف انرژی، پدیده بحران انرژی را در جهان به وجود آورده است. از طرف دیگر محدودیت منابع فسیلی، غیرقابل تجدیدپذیر بودن این منابع و پیش‌بینی افزایش بی‌شمار قیمت‌ها موجب گردیده است تا سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش انرژی حرکت به سوی سوخت‌های پاک و انرژی‌های تجدیدپذیر را در رئوس برنامه‌های کاری خود قراردهند و یکی از این گزینه‌ها که مورد توجه قرار گرفته، استفاده از انرژی حاصل از منابع زیست‌توده می‌باشد. انباشتگی حجم بالای زائدات کشاورزی در بسیاری از مناطق دنیا سمت و سوی برنامه‌ریزی را به سمت تولید انرژی از این زائدات پیش برده‌است. از جمله راهکارهای مفید و نوین برای رفع مشکلات زائدات کشاورزی تولید بیوگاز از این مواد است که سوختی با ارزش و دوست‌دار محیط زیست می‌باشد (Kalouri Kalour, Tabatabaei, & Hashemi., 2012).

کاه گندم بقایای کلیدی از محصول گندم است که یکی از مهمترین جزء اصلی غذاهای جهان است. در دسترس بودن فراوان کاه گندم با توسعه مداوم تبدیل به انرژی زیست توده می‌شود. این طرح با هدف استفاده بهینه از منابع زیست توده به‌خصوص فضولات دامی و تبدیل آن به انرژی صورت می‌گیرد. در این آزمایش سعی بر استحصال بیوگاز در شرایط مناسب و هم‌چنین بررسی راندمان دستگاه تولید بیوگاز است. بررسی شرایط فوق کمک قابل توجهی به تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر زیست توده بدون هزینه‌اضافی می‌کند. افزایش کیفیت بیوگاز با تغییر نوع بستر از نوع منفرد به نوع ترکیبی می‌تواند عملکرد بیوگاز را بهبود ببخشد.

در کل زمین سالانه ۷۵ میلیون تن گاز متان از فضولات دامی و ۴۰ میلیون تن گاز از زباله ها بصورت خود به خودی تولید شده و وارد جو می‌شوند که این گازها قابل جمع اوری و استفاده هستند (Omrani., 2010). صفری و عبدی (۱۳۹۱) در طرحی‌با مقایسه دو مخلوط با ترکیب به ترتیب بقایای کلزا و کود دامی و بقایای گندم با کود دامی به این نتیجه رسیدند که از نظر تولید گاز متان، بقایای کلزا در ترکیب با کود دامی، از پتانسیل بالاتری نسبت به گندم برخوردار بود (Safari & Abdi., 2015). صفری و همکاران (۱۳۹۴) در طی یک تحقیق با مقایسه دو مخلوط به‌ترتیب، مخلوط اول ترکیبی از کلزا، محتویات شکمبه گاوی و کود گاوی و مخلوط دوم ترکیبی از کو گاوی و محتویات شکمبه گاوی، به این نتیجه رسیدند که میزان تولید گاز در مخلوط اول بیشتر بوده و استفاده از آن را توصیه کردند (Safari, Abdi, & adl., 2015). افشارکهن و همکاران (۱۳۸۹) در طی تحقیقی به این نتیجه رسیدند که تولید بیوگاز از کود دامی منبع مناسب و مقرون‌به‌صرفه‌ای برای تولید انرژی است (Afsharkohan et al., 2010).

دعاگویی و همکارانش (۱۳۸۹) پس آزمایشات خود روی ترکیب ضایعات گلاب‌گیری گل محمدی در ترکیب با کود دامی به این نتیجه رسیدند که تولید بیوگاز از هضم ترکیبی با ثبات‌تر و بالاتر است (Doagouei, Ghazanfari Moghadam & Fouladi., 2010). کاروسی و همکاران (۲۰۰۵)، آزمایشات کوچکی در مقیاس آزمایشگاهی انجام دادند و با تولید بیوگاز از ترکیب ضایعات غذایی و لجن هوازی از ضایعات صنعتی اظهار کردند که هضم ترکیبی از دو زباله می‌تواند مهار متانوژن را کاهش داده و عملکرد متان را افزایش دهد (Carucci et al,. 2005). ساتیانارایانا و همکارانش (۲۰۰۸) پس از آزمایش روی فرآیند تولید بیوگاز از ترکیب کنجاله خردل و کود دامی به این نتیجه رسیدند که ترکیب ۳۰٪ کنجاله با کود دامی بیوگاز بیشتری در مقایسه با کود دامی به تنهایی تولید می‌کند(Satyanarayan, Murkute, & Ramakant., 2008). فانگ و همکاران در (۲۰۱۰) تحقیقی درمورد هضم بی‌هوازی ترکیبی ملاس چغندرقند با کود گاوی (Fang, Boe, & Angelidaki., 2011). گلیس و همکاران در (۲۰۰۱) (Gelegenis et al., 2007)، لیانهو و همکاران در (۲۰۱۰) (Lianhua et al., 2010)، آشکومازان و همکاران در (۲۰۱۰) در مورد ترکیب برگ و کاه (Ashekuzzaman & Poulsen ., 2011)، ژی و همکاران در (۲۰۱۱) بر روی چمن خشک شده (Xie et al,. 2012) ، کامینو و همکاران در (۲۰۰۹) (Comino, Rosso, & Riggio., 2009)، توماس آمون و همکاران در (۲۰۰۱) (Amon et al., 2007)، ماکیاس و همکاران در (۲۰۰۸) نشان دادند که بیوگاز تولیدی از هضم ترکیبی عملکرد بالاتری نسبت به بیوگاز منفرد دارد (Macias-Corral et al., 2008) هدف از این آزمایش بررسی راندمان و روند تولید بیوگاز از ترکیب بقایای گندم و کود گاوی بود، با توجه به اینکه در این آزمایش از ترکیب دو ماده زائد شامل کاه گندم به‌عنوان منبع کربن و کود گاوی به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده شده‌است این امر در بهبود فرآیند تولید بیوگاز موثر بوده‌است.

۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد استفاده به‌عنوان منبع اصلی نیتروژن ، کود گاوی که به‌مقدار ۱۰ کیلوگرم از گاوداری در روستای شیرسوار- بابل- ایران به‌صورت تصادفی از محل جمع‌آوری گردید و کاه و کلش گندم نیز به‌عنوان منبع کربن برای تولید بیوگاز مقدار ۵ کیلوگرم تهیه و در دمای اتاق (۲۰ درجه سانتی‌گراد) انبار گردید.

۲-۱- خواص شیمیایی و فیزیکی مواد اولیه

برای تولید بیوگاز و شروع آزمایش در ابتدا ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی مواد اولیه مانند درصدرطوبت، چگالی، مقدار کربن، نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن اندازه‌گیری شد. تعیین این خصوصیات برای انتخاب ترکیبی مناسب جهت تولید بیوگاز کمک می‌کند. تمامی ویژگی‌های ذکر شده بر اساس استاندارد APHA اندازه‌گیری شد (APHA,. 1998). سعیدی (۱۳۸۹) (Saeidi,. 2010)، فانگ و همکاران (۲۰۱۰) از استانداردهای APHA برای تعیین ویژگی‌های مواد اولیه استفاده کردند (Fang, Boe, & Angelidaki., 2011). ویژگی‌های مورد بررسی در جدول شماره ۱ ارائه شده‌است. سلولز، همی سلولز، پروتئین، چربی، قند و فیبر به‌طور قابل توجهی تحت تاثیر تشکیل متان و عوامل مهم و ضروری برای عملکرد متان از محصولات انرژی و کود حیوانی قرار می‌گیرد (Macias-Corral et al., 2008).

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه

Table2. Physical and chemical properties of raw materials

C/N	N%	Moisture%	Density	Materials
21.5	1.7	10.3	0.8	Cow Manure
83	1.3	8.2	0.08	Whaet Straw

C/N= نسبت کربن به نیتروژن مواد اولیه

N%= درصد نیتروژن (ازت) مواد اولیه

۲-۲- پیش تیمار کاه گندم

کاه و کلش گندم که در دسته مواد فیبری قرار می‌گیرند دارای ترکیباتی دیرتجزیه هستند، که مهم‌ترین های آن‌ها لیگنین، سلولز و همی‌سلولز می‌باشند. در این آزمایش برای پیش‌تیمار کاه و کلش گندم که به‌عنوان منبع کربن به‌کار رفت از قیچی دستی استفاده شد و کاه و کلش به ذرات ریز ۲۰-۳۰ میلی‌متری خرد شد. سپس مواد خرد شده در کیسه نایلونی و در دمای اتاق (۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد. کوچک بودن اندازه ذرات برای ایجاد سطح مناسب جهت حمله و تغذیه میکروارگانیسم‌ها ضروری است. در غیر این‌صورت به‌علت وجود رطوبت یک سطح غیر قابل نفوذ و لخته‌ای ایجاد شده و عدم فعالیت تغذیه‌ای برای میکروارگانیسم‌ها را به‌دنبال دارد. افزایش غلظت مواد جامد سرعت تولید بیوگاز را کاهش می‌دهد، از این رو تعیین غلظت مناسب ضروری است. تگماری و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقاتشان روی کاه و کلش برنج(Teghammar et al., 2012)، سیگرید و همکاران (۲۰۱۱) بر روی سبوس جو (Kusch et al,. 2011)، آشکوزامان و همکاران (۲۰۱۰) بر روی برگ و کاه (Ashekuzzaman & Poulsen ., 2011)، ژی و همکاران (۲۰۱۱) برروی چمن خشک (Xie et al,. 2012)، فانگ و همکاران (۲۰۱۰) (Fang, Boe, & Angelidaki., 2011)، تحقیقاتی در زمینه تولید بیوگاز از ترکیب ملاس چغندر با کود گاو و شیناوی و همکاران (۱۹۸۹) در مورد برنج، ساقه ذرت و پنبه (El-Shinnawi et al., 1989)، به این نتیجه رسیدند که شکست ساختار کریستالی مواد لیگنوسلولزی باعث دسترسی بیشتر باکتری‌ها به سلولز و همی‌سلولز و در نتیجه ۹۵-۷۹٪ افزایش عملکرد متان بوده‌است.

(ب) (الف)

شکل۱- روند آماده‌سازی و خرد کردن کاه و کلش گندم با قیچی جهت استفاده در هاضم ترکیبی (الف) نگه‌داری کاه خرد شده در کیسه نایلونی (ب)

Figure 1. The process of preparing and crushing wheat straw and chop with scissors for use in combination digesters (A) Maintain chopped straw in a nylon bag (B)

۲-۳- طراحی و ساخت پایلوت بیوگاز

طرح پایلوت برای تولید بیوگاز و انجام آزمایش مطابق شکل۲ می‌باشد. این پایلوت شامل یک مخزن پلاستیکی با حجم ۶۰ لیتر به‌عنوان مخزن هضم، لوله انعطاف پذیری از جنس پلاستیک همراه با شیر کنترل گاز خروجی از نوع کنترل فشار که در بالای مخزن متصل شده‌است.

شکل۲- مخزن هاضم ترکیبی

Figure 2 - Combined digester tank

۲-۴- نحوه تغذیه کاه و کلش گندم و فضولات گاو به درون هاضم

پس از آماده‌سازی مواد اولیه، ترکیبی به نسبت جرمی۱/۱ به‌ترتیب برای آب و مواد آلی تهیه شد تا فرآیند تولید بیوگاز در حالت رقیق و مناسب انجام شود. در جدول۲ محاسبات انجام‌شده برای ترکیب مواد اولیه ارائه شده‌است. وجود آب برای حرکت باکتری‌ها، تغذیه میکروارگانیسم‌ها، فعالیت آنزیم‌های سلولی، تسهیل شکست سلول‌ها و هیدراسیون بیوپلیمرها ضروری است، از این رو باید آب به میزان کافی در دسترس باشد. هم‌چنین باید این نکته مد نظر باشد که میزان رطوبت خیلی زیاد، مشکلات و موانع متعددی می‌تواند در جهت روند تولید بیوگاز و فرآیند مناسب تخمیر به‌وجود آورد. تحقیقات ژی و همکاران (۲۰۱۱) بر روی چمن خشک (Xie et al,. 2012)، تگماری و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی بر روی کاه برنج (Teghammar et al., 2012)، آشکومازان و همکاران (۲۰۱۰) بر روی کاه و برگ (Ashekuzzaman & Poulsen ., 2011)، نشان داد که بهترین نسبت ترکیب مواد آلی و آب برای هضم ترکیبی در هاضم نسبت ۱/۱ می‌باشد.

جدول۳- محاسبه نسبت C/N ترکیب هاضم

Table3 . Calculation of the C/N ratio of digesters

C_T/N_T	$C_T=N_T\times C/N$	$N_T=M\times\%N$	M	%N	C/N	Materials
	3435.7	159.8	9400	1.7	21.5	Cow Manure
22.48	230. 4	3.25	250	1.3	83	Wheat Straw
	3666.04	163.05		Total		

C/N= نسبت کربن به نیتروژن مواد اولیه

%N= درصد نیتروژن (ازت) مواد اولیه

M= وزن هریک از مواد در ترکیب بر حسب گرم

N_T= درصد نیتروژن کل هریک از مواد (حاصل ضرب وزن هر ماده در میزان ازت آن)

C_T= درصد کربن کل هریک از مواد (حاصل ضرب میزان ازت کل هر ماده در نسبت کربن به نیتروژن آن ماده)

C_T/N_T= نسبت کربن به نیتروژن کل ترکیب

۲-۵- روش سنجش حجم گاز

سنجش میزان گاز تولیدی در ۴۰ مرحله به فاصله زمانی ۱ روز برای هر مرحله انجام شد. دمای مخزن با استفاده از سنسور شکل ۳ اندازه‌گیری و ثبت شد. در هر مرحله رأس ساعت ۱:۳۰ بعد از ظهر مقدار گاز اندازه‌گیری شد، هم‌چنین مقدار متان موجود در گاز خروجی با استفاده از سنسور شکل۳ اندازه‌گیری شد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

شکل۳- سنسور مخصوص دما و متان

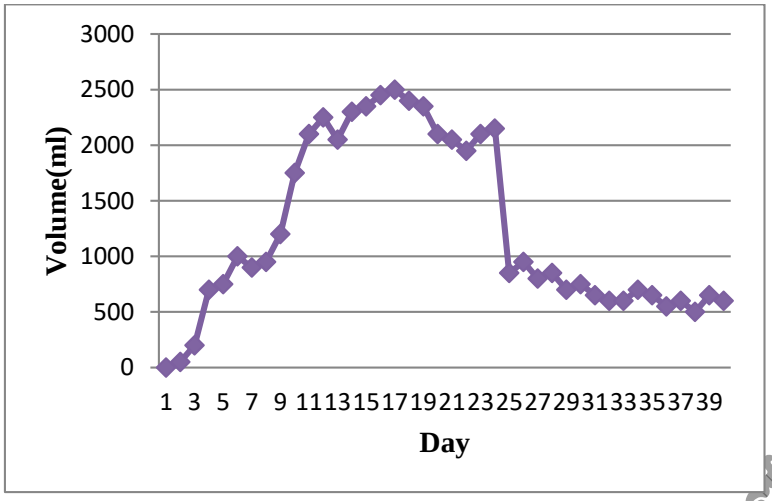
Figure3. Specific temperature sensor and methane

۳- نتایج و بحث

در این آزمایش برای هاضم ترکیبی با نسبت C/N= ۲۲/۴۸، در طی مدت ۴۰ روز، در شرایط دمایی محیط ۱±۲۷ درجه سانتی‌گراد، هر روز حجم کل گاز، دما و غلظت متان سنجیده شد. در ۴۰ مرحله گازگیری شاهد تغییرات واضح گاز بودیم. کل زمان طی‌شده ۹۶۰ ساعت و حجم کل گاز تولید شده ۴۹/۶ لیتر می‌باشد. بیشترین مقدار گاز تولیدی در روز ۱۷ و مقدار آن ۲۵۰۰ میلی‌لیتر بود. در شکل ۴ و ۵ مقدار گاز اندازه‌گیری‌شده در طی ۴۰ مرحله ارائه شده‌است. در طی گذشت ۴۰ روز دوره تولید بیوگاز، بیشترین مقدار متان اندازه‌گیری شده ۱۸۴۲۵/۱۲ ppm بود که مربوط به روز ۱۴ آزمایش است. مقادیر متان در ۴۰ مرحله اندازه‌گیری در شکل شماره ۶ و ۷ ارائه شده‌است.

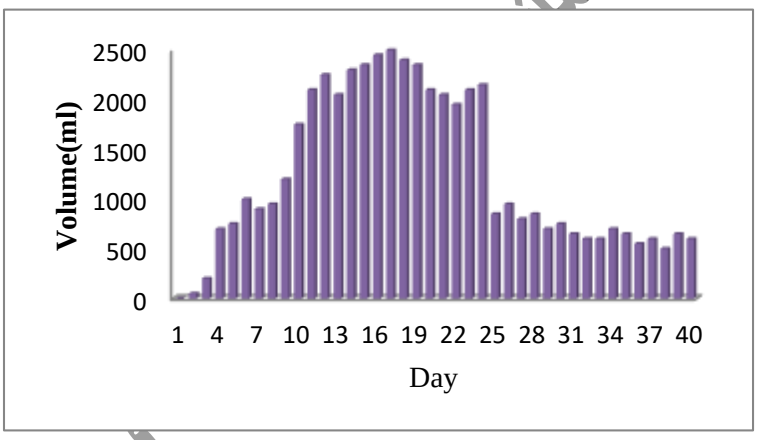
همانطور که سیگرید و همکاران (۲۰۱۰) (Kusch et al,. 2011)، تایمر و همکاران (۲۰۱۰) (Timmer, Block, & Dawe,. 2010)، ملر، تانگ و همکاران (۱۹۹۰) (Tong, Smith, & McCarty,. 1990)، لیانهو و همکاران (۲۰۱۰) (Lianhua et al., 2010)، تگماری و همکاران (۲۰۱۰) (Teghammar et al., 2012)، شیناوی و همکاران (۱۹۸۹) (El-Shinnawi et al., 1989)، شویمیلیم و همکاران (۲۰۱۲) (Lim et al,. 2012)، چاندرا و همکاران (۲۰۱۲) (Chandra, Takeuchi, & Hasegawa,. 2012) در تحقیقات خود نشان دادند که بقایای کشاورزی می‌توانند بیوگاز تولید کنند در این آزمایش نیز ما به نتیجه‌ای مشابه رسیدیم.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران



شکل۴- مراحل سنجش حجم گاز

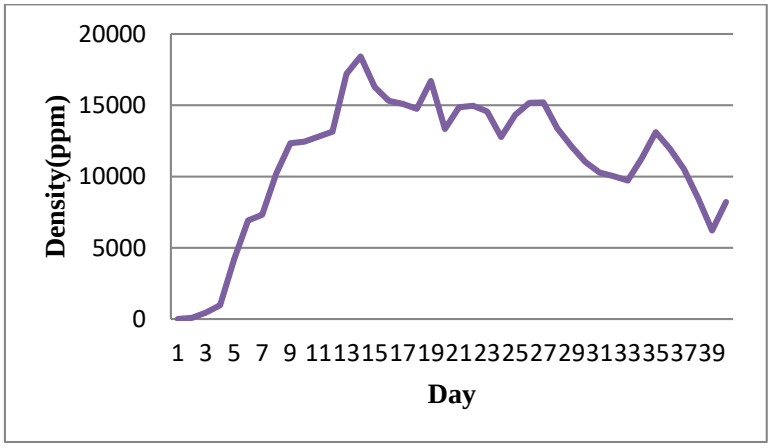
Figure 4. Gas volume measurement steps



شکل۵- نمودار حجم گاز مخزن بر حسب مراحل اندازه‌گیری

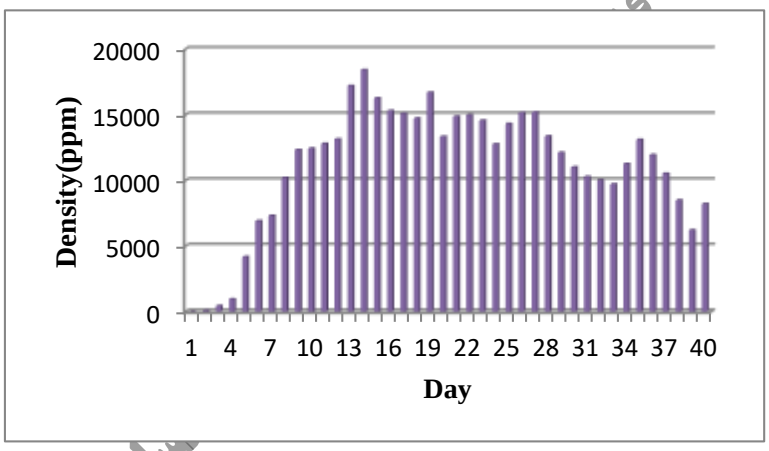
Figure. 5 shows the volume of the reservoir gas according to the measurement steps

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



شکل ۶-نمودار مقدار متان در ۴۰ روز اندازه‌گیری

Figure 6. Methane concentration graph for 40 days measurement



شکل۷- مقادیر متان در تمامی مراحل ثبت‌شده

Figure 7. Methane values in all recorded processes

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج ارائه شده، تحلیل‌های به عمل آمده بصورت زیر هستند:

- ✓ با توجه به جدول شماره ۱ چگالی فضولات گاوی بیشتر از چگالی کاه گندم است، پس در ترکیب مورد استفاده در هاضم همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده‌است میزان وزن فضولات گاو بیشتر از کاه گندم بوده که کاه گندم به‌عنوان منبع کربن و فضولات گاو به‌عنوان منبع نیتروژن است. هرچه میزان ترکیبی کاه گندم بیشتر باشد، نسبت C/N افزایش می‌یابد و اگر میزان فضولات بیشتر باشد شاهد کاهش مقدار C/N خواهیم بود.

- ✓ در روز ۱۷ آزمایش حجم گاز تولید شده با اختلاف کمی نسبت به روز قبل و بعد خود به ۲/۵ لیتر، بیشترین مقدار در طول دوره رسید. از ابتدای آزمایش تا روز ۱۷ همانطور که در شکل‌های شماره ۴ و ۵ مشهود است حجم گاز به طور تقریبی روند صعودی و پس از آن روند نزولی داشت به‌طوری که از روز ۲۴ آزمایش شدت کاهش حجم گاز بسیار چشم‌گیر است. حجم گاز تولید شده در ۴۰ روز به ۴۹/۶ لیتر رسید.
- ✓ با توجه به اینکه در این آزمایش هرروز با استفاده از سنسور مخصوص، متان موجود در گاز تولید شده اندازه‌گیری شد بیشترین مقدار متان ثبت شده ppm ۱۸۴۲۵/۱۲ در روز ۱۴ آزمایش بود. طبق نمودارهای ارائه شده در شکل‌های شماره ۶ و ۷ از ابتدای دوره، مقدار متان به‌طور چشمگیری تا روز ۱۴ افزایش داشت اما پس از آن تا پایان دوره بصورت نامنظم کاهش و در نقاطی افزایش داشت. از ابتدای دوره هر روز گاز تولید شده برای شعله دهی تست شد، که از روز ۱۳ گاز تولیدی دارای مقدار ناچیزی شعله بود.

۵- تقدیر و تشکر

تشکر و سپاس از استاد دانشمند و پر مایه‌ام جناب آقای دکتر محمد هاشم رحمتی که از محضر پر فیض تدریسشان، بهره‌ها برده‌ام و به عنوان استاد راهنما همراه اینجانب بوده‌اند و با امتنان بیکران از مساعدت‌های بی شائبه استاد مشاور محترم جناب آقای مهندس ایمان مرزبان.

۶- منابع

Afsharkohan, N., Kazemi, M., Mohebrad, B., Toorani, A., Bagheri, A., & Majidian, S. (2010). *Preparation of livestock biogas and quality control of fertilizer at laboratory level.* Paper presented at the National Environmental Health, Iran,Kerman.

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 & Environment, 118*(1-4), 173-182. doi:10.1016/j.agee.2006.05.007

APHA, (1998). *standard methods for the examination of water and waste water*, 19 thed edited by American public health Association Washington, Dc.

Ashekuzzaman, S. M., & Poulsen, T. G. (2011). Optimizing feed composition for improved methane yield during anaerobic digestion of cow manure based waste mixtures. *Bioresource Technology, 102*(3), 2213-2218. doi:10.1016/j.biortech.2010.09.118

Chandra, R., Takeuchi, H., & Hasegawa, T. (2012). Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: A review in context to second generation of biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16*(3), 1462-1476. doi:10.1016/j.rser.2011.11.035

Comino, E., Rosso, M., & Riggio, V. (2009). Development of a pilot scale anaerobic digester for biogas production from cow manure and whey mix. *Bioresource Technology, 100*(21), 5072-5078. doi:10.1016/j.biortech.2009.05.059

Doagouei, A., Ghazanfari Moghadam, A., & Fouladi, M. (2010). Investigation of kinetics and modeling of the process of biogas production from Golmohammadi Rose Pollution,. *Iranian Journal of Biosystem Engineering, 42*(1), 95-102.

El-Shinnawi, M. M., El-Tahawi, B. S., El-Houssieni, M., & Fahmy, S. S. (1989). Changes of organic constituents of crop residues and poultry wastes during fermentation for biogas production. *Mircen Journal of Applied Microbiology and Biotechnology, 5*(4), 475-486. doi:10.1007/bf01741823

Fang, C., Boe, K., & Angelidaki, I. (2011). Anaerobic co-digestion of desugared molasses with cow manure; focusing on sodium and potassium inhibition. *Bioresour Technol, 102*(2), 1005-1011. doi:10.1016/j.biortech.2010.09.077

Gelegenis, J., Georgakakis, D., Angelidaki, I., Christopoulou, N., & Goumenaki, M. (2007). Optimization of biogas production from olive-oil mill wastewater, by codigesting with diluted poultry-manure. *Applied Energy, 84*(6), 646-663. doi:10.1016/j.apenergy.2006.12.001

Kalouri Kalour, A., Tabatabaei, S. R., & Hashemi, S. j. (2012). *Investigation of Factors Affecting the Production of Biogas from Manure and Rice Chips.* (Masters) Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources,(Persian)

Kusch, S., Schumacher, B., Oechsner, H., & Schäfer, W. (2011). Methane yield of oat husks. *Biomass and bioenergy, 35*(7), 2627-2633. doi:10.1016/j.biombioe.2011.02.044

Lianhua, L., Dong, L., Yongming, S., Longlong, M., Zhenhong, Y., & Xiaoying, K. (2010). Effect of temperature and solid concentration on anaerobic digestion of rice straw in South China. *International Journal of Hydrogen Energy, 35*(13), 7261-7266. doi:10.1016/j.ijhydene.2010.03.074

Lim, J. S., Abdul Manan, Z., Wan Alwi, S. R., & Hashim, H. (2012). A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16*(5), 3084-3094. doi:10.1016/j.rser.2012.02.051

Macias-Corral, M., Samani, Z., Hanson, A., Smith, G., Funk, P., Yu, H., & Longworth, J. (2008). Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure. *Bioresource Technology, 99*(17), 8288-8293. doi:10.1016/j.biortech.2008.03.057

Omrani, G. (2010). *Biogas Development Company in Iran and the World*. Paper presented at the Collected Articles of the First Biogas Seminar in Iran.(Persian)

Saeidi, S. (2010). *Quantitative and qualitative study of biogas produced from manure manure in urban waste in combination with agricultural waste.* University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran (Persian)

Safari, M., Abdi, R., & Adl, M. (2015). Biogas evacuated by the compressor, the contents of the conveyor belt. *Mechanical Engineering Research, Ministry of Agriculture, 16*, 93-108.(Persian)

Safari, M., & Abdi, R. (2016). Comparison of biogas production from rape and wheat residues in combination with cattle manure. *Agricultural Machinery, 6*(2), 476-487.(Persian)

Satyanarayan, S., Murkute, P., & Ramakant, B. (2008). Biogas production enhancement by brassica compestries amendment in cattle dung digesters. *Biomass and bioenergy, 32*, 210-215. doi:10.1016/j.biombioe.2007.09.008

Teghammar, A., Karimi, K., Sárvári Horváth, I., & Taherzadeh, M. J. (2012). Enhanced biogas production from rice straw, triticale straw and softwood spruce by NMMO pretreatment. *Biomass and bioenergy, 36*, 116-120. doi:10.1016/j.biombioe.2011.10.019

Timmer, C., Block, S., & Dawe, D. (2010). long- run dynamics of rice consumption , 1960-2050. In *Rice in the global economy strategic research and policy issues for food security* (pp. 139).

Tong, X., Smith, L. H., & McCarty, P. L. (1990). Methane fermentation of selected lignocellulosic materials. *Biomass, 21*(4), 239-255. doi:10.1016/0144-4565(90)90075-u

Xie, S., Wu, G., Lawlor, P. G., Frost, J. P., & Zhan, X. (2012). Methane production from anaerobic co-digestion of the separated solid fraction of pig manure with dried grass silage. *Bioresource Technology, 104*, 289-297. doi:10.1016/j.biortech.2011.11.076