



## تولید سوخت زیستی بیوگاز

محمد رضا سعیدی نیچاران<sup>۱\*</sup>

۱- استادیار، دکترای مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه مراغه  
\*مراغه ۵۵۱۳۸۵۵۷۹۶، mrsaiedi2000@yahoo.com

### چکیده:

در سال‌های اخیر روند رو به رشد مصرف انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی در جهان، بشر را با دو بحران بزرگ آلودگی محیط زیست و شتاب فزاینده در تهی نمودن منابع انرژی روبرو نموده است، از این رو حرکت به سوی تأمین انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر در رأس برنامه‌های اصلی در جهان قرار گرفته است. یکی از این انرژی‌ها، بیوگاز می‌باشد. بیوگاز مخلوطی است قابل اشتعال که در اثر تخمیر مواد آلی در یک دامنه دمای معین و PH مشخص در شرایط غیرهوازی توسط میکروپها بوجود می‌آید. واکنش‌های تخمیری در دستگاه بیوگاز شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های شیمیایی و بیولوژیکی دو گروه از باکتری‌های اسیدزا و متان‌زا در محفظه تخمیر است که رشد، ادامه حیات و میزان بیوگاز تولیدی آن‌ها به شرایط محیط تخمیر بستگی دارد. جداسازی هیدروژن سولفور، گاز کربنیک و بخار آب از بیوگاز ضرورت دارد در غیر اینصورت مقدار ناخالصی گاز متان زیاد بوده و از ارزش سوختی آن کاسته می‌شود. بیوگاز تولیدی، بی‌رنگ، بی‌بو و درحین سوختن بدون دود بوده و دارای ارزش حرارتی ۴۵۸۰ الی ۵۴۹۵ کیلوکالری در هر متر مکعب به ازای درجه خلوص ۵۰ درصد الی ۶۵ درصد متان می‌باشد. از بیوگاز می‌توان جهت مصارف گرمایی، سوخت موتورهای احتراق داخلی و واحدهای تولید برق، مواد اولیه صنایع شیمیایی و تولید کود آلی استفاده نمود.

**کلید واژگان:** سوخت زیستی، انرژی پاک و تجدیدپذیر، بیوگاز، محیط زیست

## Biogas Production

Mohammad Reza Saeidi Neicharan<sup>1\*</sup>

1-Department of Mechanical Engineering of Biosystem, University of Maragheh, Maragheh, Iran  
\*P.O.B. 5513855796, Maragheh, Iran, mrsaiedi2000@yahoo.com

Received: 25 June 2015 Accepted: 21 September 2015

### Abstract

In recent years, the growing rate of fossil fuels consumption all over the world has faced the humankind with two big crises: environment pollution and increasing rate of resource depleting. Therefore, movement towards clean and renewable energies is a top priority decision in the world. Biogas is one of these energies, which is flammable blend caused by fermentation of organic materials in a given temperature range and exact PH in anaerobe environment in presence of microbes. Fermentation reaction inside biogas production unit consists of chemical and biological activities of two groups of acid and methane-generating bacteria. Bacteria growth and survival and also the amount of biogas depend on fermentation environment condition. Separation of H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, and steam from biogas is essential, otherwise, the gross amount of methane will be higher and then its heating value will be decreased. The biogas is a colorless and odorless gas without any smoke which has heating value of about 4580-5495 kcal/m<sup>3</sup> for 50% to 65% purity of methane. Biogas can be utilized for thermal applications, as fuel for internal combustion engines and electricity production units and also providing raw materials for chemical industries and organic fertilizer production.

**Keywords:** Biofuel, Clean and Renewable Energy, Environment



## ۱- مقدمه

سوخت‌های تجدیدپذیر در ترابری این کشور، برای شرکت‌های دست‌اندرکار فعالیت‌های انرژی مانند شرکت‌های نفتی، مؤسسات واردکننده نفت و گاز و دیگر نهادهای عرضه‌کننده سوخت، لازم‌الاجرا خواهد بود [۹-۱۰].

## ۲- بیوگاز

مجموعه گازهای تولید شده از تجزیه و تخمیر زباله‌ها، فضولات حیوانی یا انسانی و ضایعات گیاهی را که در نتیجه فقدان اکسیژن و فعالیت باکتری‌های غیرهوازی، به ویژه متان‌زا در یک محفظه تخمیر به وجود می‌آید بیوگاز می‌نامند. گاز حاصل بی‌بو، بی‌رنگ، و قابل اشتعال بوده و در هنگام سوختن دارای شعله آبی‌رنگ و بدون دود می‌باشد. قسمت اعظم این گاز عموماً از متان و گاز کربنیک تشکیل شده و ترکیبات مختلف آن بستگی به نوع مواد اولیه‌ای دارد که برای تولید گاز مصرف می‌شود. حجم و فرم ساختمانی تولید کننده گاز بستگی کامل به میزان حرارت و زمان ماندن مواد در مخزن تخمیر دارد [۱۱-۱۲].

## ۳- دستگاه تولیدکننده بیوگاز

ساختمان اصلی این دستگاه شامل دو حوضچه ورودی و خروجی و یک مخزن تخمیر است که عموماً در قسمت بالا به مخزن گاز منتهی می‌گردد. اخیراً دستگاه‌های بیوگاز با فرم و ابعاد مختلف و متناسب با شرایط اقلیمی متفاوت مورد آزمایش قرار گرفته و بهره‌برداری می‌شوند. سیستم‌های تولید بیوگاز که در سطح زمین و یا معمولاً در زیرزمین ساخته می‌شوند، دارای سه قسمت اصلی هستند:

۱- حوضچه و کانال ورودی

۲- مخزن هضم‌کننده

۳- حوضچه و کانال خروجی

بطور کلی مواد آلی را در حوضچه ورودی به نسبت تقریباً مساوی با آب مخلوط می‌کنند تا رقیق شود. آنگاه این مواد توسط لوله‌ای به مخزن تخمیر وارد می‌شود. در این مخزن با انجام فعل و انفعالات شیمیایی بی‌هوازی توسط مجموعه‌ای از باکتری‌ها، عملیات و تولید گاز متان انجام می‌گیرد و گاز حاصله در قسمت بالای مخزن که انباره‌ی گاز نامیده می‌شود، جمع‌آوری شده و جهت مصرف به خارج از سیستم هدایت می‌گردد. مواد و بقایای حاصل از فرآیند تخمیر، پس از استحصال گاز از طریق کانال خروجی خارج و مواد آلی جدید از طریق کانال ورودی جایگزین می‌شود. بقایای تخمیر شده پس از استحصال گاز، یک کود بسیار مغذی و مرغوب برای استفاده در کشاورزی می‌باشد. معمولاً تأسیسات تولید بیوگاز را در زیرزمین و با مصالحی از قبیل آجر، سیمان و آهن می‌سازند. اولین مرحله ایجاد سیستم بیوگاز احداث مخزن است قبل از احداث باید مطالعه دقیقی از شرایط خاک و سطح آب زیرزمینی انجام گیرد. برای حصول اطمینان از دوام مخزن باید جایی را انتخاب کرد که خاک آن نفوذناپذیر و سفت بوده و سفره آب زیرزمینی یا بسیار عمیق و یا خیلی کم حجم باشد. به طور کلی مخزن باید طوری انتخاب شود که:

الف - حتی‌الامکان نزدیک درخت نباشد، که ریشه درخت بتواند به داخل مخزن نفوذ کرده و باعث ترک برداشتن و یا شکستن آن شود.

ب- تا آنجا که امکان دارد در مسیر تابش مستقیم اشعه خورشید واقع شود. و همچنین از مناطقی که دارای ارتفاع کم می‌باشد به منظور جلوگیری از خطر احتمالی سیل به دور باشد.

روند فعلی مصرف انرژی در جهان، بشر را با دو بحران بزرگ آلودگی محیط زیست و شتاب فزاینده در تهی نمودن منابع انرژی روبرو نموده است. آلودگی محیط زیست، پدیده تغییر اقلیم و تجدیدناپذیری که از چالش‌های اصلی استفاده از منابع انرژی فسیلی به شمار می‌روند در اثر توسعه ناپایدار، الگوهای نادرست مصرف انرژی، افزایش جمعیت و ... در سال‌های اخیر با شدت بیش‌تری ادامه داشته‌اند. چگونگی تولید و استفاده از حامل‌های انرژی در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده، از عوامل مؤثر در ایجاد آلودگی محیط زیست در مقیاس محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی می‌باشد [۱].

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 می‌توان از روش تجزیه بی‌هوازی یا تجزیه هوازی<sup>۲</sup> استفاده نمود. روش بی‌هوازی در مقایسه با روش دیگر نه تنها انرژی بر نیست بلکه مقداری انرژی بصورت بیوگاز تولید می‌نماید [۳-۲].

بیش‌تر کشورهای دنیا برنامه‌ریزی گسترده‌ای برای تأمین انرژی مورد نیاز خود از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر انجام داده‌اند. با توجه به روند کنونی، کشورهای اروپایی به دنبال توصیه اتحادیه اروپا و نیاز خود، به سمت استفاده از انرژی‌های جایگزین و تجدیدپذیر، تا سال ۲۰۳۰ میلادی حدود ۱۵ درصد از مجموع انرژی مورد نیاز خود را از طریق تجدیدپذیر، تأمین خواهند کرد. زیست‌توده<sup>۳</sup> و بیوگاز حاصل از آن یکی از انواع انرژی است که می‌تواند از زباله یا کشت گیاهان مخصوص به دست آید و می‌تواند جایگزین بخشی از انواع دیگر انرژی شود [۴].

زیست‌توده به مواد بیولوژیکی (گیاهی یا حیوانی) مرده یا زنده گفته می‌شود که هنوز کاملاً تجزیه یا تخمیر نشده باشند. از تخمیر زیست‌توده گاز مرداب یا بیوگاز تولید می‌شود. به طور کلی در دو سوم خشکی کره زمین، کشت محصولات کشاورزی امکان‌پذیر است که می‌توان از این انرژی استفاده کرد ولی در حال حاضر فقط در ۱۵ الی ۲۰ درصد خشکی عملیات کشت صورت می‌گیرد [۵-۶].

بیوگاز یا گاز مرداب مخلوطی است قابل اشتعال که در اثر تخمیر مواد آلی در یک دامنه دمای معین و PH مشخص در شرایط غیرهوازی توسط میکروپها به وجود می‌آید. گاز مرداب از حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد گاز متان و اکسیدهای کربن، هیدروژن سولفید، نیتروژن و هیدروژن تشکیل شده است [۷-۸].

این گاز به صورت طبیعی در پساب‌ها و مرداب‌ها مشاهده می‌شود. در روستاها می‌توان با استفاده از فضولات دامی و انسانی همراه با گیاهان و چربی‌ها، بیوگاز تولید و در همان محل به عنوان سوخت استفاده کرد.

دنیای امروز نیاز مبرم می‌داند که توجه زیادی برای تولید و استفاده از بیوگاز نشان دهد و اغلب کشورهای پیشرفته طرح‌های بزرگی در این زمینه به مرحله اجرا گذاشته‌اند، در کشورهایی مانند چین و هندوستان از بیوگاز به میزان قابل توجهی استفاده می‌شود و کشور سوئد تا سال ۲۰۵۰ میلادی ۴۰٪ از بازار خودرو خود را به استفاده از بیوگاز مجهز می‌کند که آن را از فرآیند سینتیک بر روی چوب تأمین می‌کند زیرا که هزینه تولید بیوگاز این کشور معادل ۳/۵ تا ۴/۵ کرون سوئد است که این مقدار حدود ۷۰٪ هزینه‌های جاری بنزین در این کشور است. در کشور انگلیس آیین‌نامه کاربرد

1. Anaerobe digestion  
2. Aerobe digestion  
3. Biomass

رو باکتری‌های متان‌زا نسبت به نوسانات سریع درجه حرارت کاملاً حساس بوده و در تولید بیوگاز تأثیر منفی دارد. درجه حرارت در مخزن تخمیر باعث از بین رفتن بسیاری از باکتری‌های بیماری‌زا و انگل‌ها می‌شود. در دمای ۱۸-۱۲ درجه سانتی‌گراد نیز امکان تولید بیوگاز وجود دارد ولی این تولید از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود. دردهماهای پایین‌تر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد تولید بیوگاز متوقف خواهد شد [۳].

#### ۵-۲- خاصیت اسیدی یا PH مواد

باکتری‌های متان‌زا که در فرآیند تخمیر شرکت می‌کنند نسبت به PH محیط حساسیت دارند و فعالیت این باکتری‌ها و دیگر ارگانیزم‌های بی‌هوازی در محیطی با PH در حدود ۷/۲ تا ۶/۸ امکان‌پذیر می‌باشد. باکتری‌های متان‌زا و دیگر ارگانیزم‌های بی‌هوازی معمولاً در محیط‌هایی با PH ۶/۸ تا ۸ فعالیت می‌کنند کاهش PH باعث اختلال در زندگی باکتری‌های متان‌زا شده و تولید گاز متان متوقف می‌شود. در صورتی که محیط قلیایی شود و PH آن بالا رود، باید صبر نمود تا PH محیط دوباره به حالت تعادل برگردد و سپس مواد اولیه را به آن اضافه نمود [۵].

#### ۵-۳- نسبت کربن به ازت مواد

باکتری‌های بی‌هوازی برای زنده ماندن و انجام فعالیت‌های خود نیازمند کربن و ازت می‌باشند. باکتری‌های بی‌هوازی معمولاً کربن را به عنوان منبع انرژی جهت رشد و نمو و ازت را برای ساختن دیوار سلولی خود مصرف می‌کنند. نسبت این مواد در کنترل فعل و انفعالات بسیار مهم است، میزان مصرف کربن نسبت به ازت ۳۰ تا ۳۵ برابر سریع‌تر می‌باشد، لذا نسبت موجود در مواد اولیه جهت فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی و سرعت تخمیر و متعاقب آن تولید گاز متان بسیار مؤثر است. وقتی نسبت زیاد شود، ازت زودتر از کربن تمام می‌شود و کربن باقی‌مانده باعث اسیدی شدن محیط می‌گردد و بالعکس زمانی که نسبت کم شود، ازت بصورت گاز آمونیاک از محیط خارج و موجب قلیایی شدن محیط می‌گردد و نیز تولید گاز به علت عدم وجود کربن متوقف می‌شود. در حالت ایده‌آل این نسبت کربن به ازت در حدود ۳۰-۲۵ می‌باشد [۲].

#### ۵-۴- میزان رطوبت و آب مورد نیاز

میزان آب در مواد اولیه که بایستی مورد تخمیر قرار گیرند در حدود ۹۰٪ از وزن کل مواد را تشکیل می‌دهد. ازدیاد و یا کمبود بیش از حد رطوبت، تأثیر مستقیمی بر میزان گاز تولید شده دارد [۱۰].

#### ۵-۵- درجه غلظت مواد

برای اینکه باکتری‌ها بتوانند مواد آلی را جذب کنند، لازم است که مواد بصورت محلولی رقیق درآیند. در مخازن بیوگاز بهترین غلظت مواد جهت عملیات تخمیر بی‌هوازی در حدود ۷ الی ۹ درصد مواد جامد می‌باشد. ازدیاد غلظت مواد موجب افزایش چسبندگی و مانع از رشد باکتری‌ها و کاهش غلظت موجب لایه لایه شدن محلول می‌شود که مستلزم هم‌زدن مداوم محلول است. مواد اولیه مورد استفاده در تخمیر بی‌هوازی، غلظت بالایی داشته و لازم است تا با نسبت معینی آب رقیق شوند [۸].

ب-می‌توان مخزن و چاه توالیت یا طولیه را به یکدیگر متصل نمود و یا مخزن را به طور مستقیم زیر طولیه قرار داد. این عمل باعث سهولت عملیات و تغذیه دستگاه و تمیز نگه داشتن توالیت‌ها و اصطبل‌ها می‌گردد.

ث- به طور کلی محل انتخاب باید دارای شرایط مناسبی برای بنا نهادن مخزن باشد [۱۳].

نحوه پر کردن دستگاه‌ها نیز عبارت است از:

الف- روش بسته: در این روش تمامی حجم دستگاه را به یکباره از مواد زاید و فضولات پر نموده و پس از طی دوره لازم که حدود ۲۰ تا ۴۰ روز است، لجن و فضولات باقی‌مانده را تخلیه و دستگاه را دو مرتبه از مواد پر می‌نماید.

ب- روش پیوسته: روزانه به تناسب مقادیری فضولات و مواد زاید در دستگاه ریخته و گاز تولیدی بستگی به مواد و میزان ریخته شده در هر روز دارد. به ازای هر کیلوگرم ماده خشک به طور تقریبی ۴۰۰ تا ۶۰۰ لیتر بیوگاز تولید می‌شود [۱۴-۱۵].

#### ۴- تولید بیوگاز

تجزیه مواد آلی یا بیوماس بوسیله باکتری‌های بی‌هوازی در شرایط و محیط مناسب (بدون وجود اکسیژن) را تخمیر بی‌هوازی گویند. این فرآیند در سه مرحله: هیدرولیز، اسیدزایی و متان‌زایی انجام می‌شود. مواد قابل استفاده در این فرآیند عبارتند از: مواد زاید دامداری‌ها و مرغداری‌ها و بطور کلی مواد زاید دامی، مواد سبزینه‌ای گیاهی (محصولات زراعی، صنعتی، درختان و فضای سبز)، مواد زاید جامد و فضولات آلی (فاضلاب‌های شهری و روستایی، زباله‌های شهری و روستایی) و مواد جامد و پسماند کارخانجات تبدیل مواد غذایی (کنسروسازی، کمپوت‌سازی، لبنیات، ماکارونی، رب و ...)

با قرار گرفتن مواد فوق‌الذکر، در شرایط مناسب محیط یعنی دما، PH، نسبت کربن به نیتروژن مواد، غلظت مواد، زمان توقف مواد، هم‌زدن و میزان بارگیری روزانه مواد در داخل رآکتور، مقداری بیوگاز، شامل مخلوطی از گازهای متان، دی‌اکسیدکربن، ازت، هیدروژن، اکسیژن و هیدروژن سولفور، تولید می‌شود که می‌توان به عنوان منبع انرژی از آن استفاده نمود. همچنین لجن خروجی از رآکتور (هاضم)، به دلیل افزایش مقدار مواد غذایی (P، K و N) و کاهش آلاینده‌های آن‌ها بصورت مستقیم یا پس از خشک کردن، در مزارع به عنوان کود و استخرهای پرورش ماهی بعنوان خوراک ماهی‌ها و همچنین تغذیه دام می‌توان استفاده کرد (۱۶-۱۷).

#### ۵- عوامل تأثیرگذار در میزان بیوگاز تولید شده

واکنش‌های تخمیری در دستگاه بیوگاز شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های شیمیایی و بیولوژیکی دو گروه از باکتری‌های اسیدزا و متان‌زا در محفظه تخمیر است، که رشد، ادامه حیات و میزان بیوگاز تولیدی آن‌ها به شرایط تخمیر بستگی دارد. درجه حرارت، رطوبت، PH، نسبت کربن به نیتروژن، غلظت مواد و زمان ماند از جمله عوامل مؤثر بر عملکرد دستگاه بیوگاز است:

#### ۵-۱- درجه حرارت محیط تخمیر

واکنش‌های بی‌هوازی در دستگاه‌های بیوگاز در گرمای ۷۰-۱۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد. درجه حرارت مطلوب برای تولید بیوگاز ۳۵ درجه سانتی‌گراد است. در درجه حرارت‌های پایین‌تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد ممکن است دستگاه اسیدی شود و در دمای بالاتر از ۷۰ درجه سانتی‌گراد مقدار گاز تولید شده به علت مرگ باکتری‌های متان‌زا به شدت کاهش می‌یابد، از این

**۵-۶ عدم وجود عناصر بازدارنده سمی**

در سیستم‌های بیوگاز وجود عناصری مانند جیوه و آمونیاک در غلظت‌های زیاد به عنوان بازدارنده تولید گاز هستند و موجب کندی یا توقف رشد باکتری‌های متان‌زا می‌شوند، اما غلظت کمی از آن‌ها می‌تواند سبب تحریک رشد باکتری‌ها و افزایش سرعت تولید گاز گردد. برای عملکرد مناسب محفظه تخمیر، مقدار سولفیدها کم‌تر از  $200 \text{ mg/l}$  جیوه کم‌تر از  $2 \text{ mg/l}$  و آمونیاک کم‌تر از  $2500 \text{ mg/l}$  باید باشد [۱۵].

**۵-۷ مدت زمان ماند مخلوط در مخزن هاضم**

این مدت زمان در حقیقت فاصله میان زمان ورود حجم مشخصی از فضولات از طریق لوله ورودی به مخزن هاضم و زمان خروجی آن از طریق لوله خروجی بشمار می‌آید. زمان ماند بسیار حائز اهمیت است زیرا چنانچه مواد ورودی به اندازه کافی درون مخزن باقی نمانند و روند هضم و تخمیر کامل نشود، بیوگازی تولید نخواهد شد، در این صورت از آن جایی که مخزن هاضم تنها برای مدت کوتاهی در اشغال حجم معینی از فضولات ورودی می‌باشد، عامل مذکور نقشی را در طراحی مخزن هاضم بازی نخواهد کرد. تولید گاز متان با افزایش زمان ماند، روند افزایشی دارد. بعبارت دیگر تولید گاز متان با زمان ماند طولانی‌تر بیش‌تر خواهد شد. زمان ماند به سرعت تجزیه مواد ورودی، میزان گاز تولید و دمایی که عمل تخمیر در آن صورت می‌گیرد، بستگی دارد [۱۴].

**۵-۸ یکنواخت بودن محلول**

یکنواخت نگه داشتن محلول از نظر غلظت و درجه حرارت بر روی سرعت تکثیر باکتری‌ها تأثیر مثبت دارد. هم‌زدن مواد داخل محفظه تخمیر که با افزودن روزانه مواد به محفظه تخمیر صورت می‌گیرد، موجب تحریک بیش‌تر باکتری‌ها و متعاقب آن تولید گاز می‌شود. در مقیاس کوچک، این عمل می‌تواند دستی انجام شود. در مقیاس‌های بزرگ و در تصفیه‌خانه‌ها علاوه بر استفاده از هم‌زن‌های مکانیکی، می‌توان قسمتی از گاز بدست آمده را دوباره با فشار به قسمت پایین انبار تزریق کرد [۱۹-۱۸].

**۶- تصفیه بیوگاز**

جداسازی گاز  $\text{H}_2\text{S}$  و  $\text{CO}_2$  و بخار آب از بیوگاز ضرورت تام دارد، چه در غیر اینصورت مقدار ناخالصی گاز متان زیاد بوده و از ارزش سوختی آن کاسته می‌شود.

**۶-۱ جداسازی  $\text{CO}_2$** 

تصفیه بیوگاز از گاز  $\text{CO}_2$  ارزش سوختی گاز را تا حدود ۱۵ درصد افزایش می‌دهد. این تصفیه در مواردی که نیاز به ارزش حرارتی بیش‌تری است ضروری بوده و در مواقع معمولی چندان مدنظر قرار نمی‌گیرد. نحوه تصفیه گاز  $\text{CO}_2$  بدین ترتیب است که جریان گاز باید از درون آب آهک عبور داده شود. این کار باعث جذب  $\text{CO}_2$  به داخل آب آهک می‌شود. البته باید توجه داشت که فشار ارتفاع آب آهک موجود در بالای مجرای خروج گاز بیش‌تر از فشار گاز نباشد. به هم‌زدن آب آهک در تسریع عمل تصفیه کمک مؤثری است.

**۶-۲ جداسازی  $\text{H}_2\text{S}$** 

تصفیه این گاز در صورتی که در ترکیب بیوگاز وجود داشته باشد بسیار لازم است. زیرا وجود این گاز موجب خوردگی در فلزات و اجزای بکار رفته در دستگاه گردیده، همچنین بوی بد و نامطلوب آن نوعی از معایب اصلی دستگاه‌های بیوگاز به شمار می‌آید.

دستگاه جداسازی یا تصفیه  $\text{H}_2\text{S}$  از یک مخزن غیرآهنی تشکیل شده است که داخل آن از براده آهن پر شده، بطوری که بین خرده تکه‌های آهن فضای کافی برای گاز موجود باشد. بدین ترتیب گاز از یک طرف وارد مخزن شده و با عبور از براده آهن هیدروژن سولفور ( $\text{H}_2\text{S}$ ) خود را از دست می‌دهد. در صورتی که براده آهن‌های داخل مخزن اشباع شوند، با خارج کردن و قرار دادن آن‌ها در معرض هوای آزاد پس از مدتی مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**۶-۳ جذب بخار آب ( $\text{H}_2\text{O}$ )**

بیوگاز به طور کلی شامل مقداری بخار آب است که در صورت عدم جداسازی ممکن است با تقطیر شدن و در نتیجه جمع شدن آب در لوله گاز موجب ایجاد وقفه و یا مسدود شدن کامل مجرای گاز گردد. جذب بخار آب عموماً بوسیله دستگاه تقطیرکننده بخار آب انجام می‌گیرد. این دستگاه از استوانه فلزی ویژه‌ای تشکیل شده است که در یک طرف دارای مجرای برای ورود گاز و در طرف دیگر مجرای دیگری برای خروج گاز است. قابل ذکر است که این دو مجرا در بالا و پایین استوانه به طریقی قرار دارد که روبروی هم نبوده و پس از سیرکولاسیون موجب ورود و خروج گاز گردند. بدین ترتیب بخار آب در گاز پس از ورود به استوانه و هم‌جاری با بدنه سرد جانبی آن به صورت قطرات آب در کف استوانه جمع‌آوری گردیده و هرچند وقت یک بار بوسیله شیر آبی که در کف دستگاه تعبیه شده خارج می‌گردد [۲۱-۲۰].

**۷- انتقال بیوگاز**

مسأله اصلی شبکه انتقال گاز برای مصرف این است که فشار داخل شبکه نباید کم‌تر از فشار اتمسفر باشد، زیرا در غیر اینصورت ورود هوا که در حقیقت ورود اکسیژن به محفظه گاز است علاوه بر اختلال در شرایط بی‌هوازی، در بسیاری از مواقع خطر انفجار را نیز در بردارد. با توجه به کمی فشار گاز در شبکه لوله‌کشی و افت آن در مواقع مصرف ضروری است تا:

۱- طول شبکه لوله‌کشی بیش‌تر از ۳۰ متر نباشد.

۲- قطر لوله شبکه کم‌تر از  $2/5$  سانتی‌متر برای طرح‌های کوچک و کم‌تر از ۱۵ الی ۱۰ سانتی‌متر برای طرح‌های متوسط یا بزرگ نباشد. در صورتی که مجبور باشیم گاز را به نقاطی با فواصل بیش‌تر از ۴۰-۳۰ متر برسانیم، باید در طول راه یک عدد مخزن خالی که نقش ایستگاه تقویت فشار را داشته باشد قرار دهیم. برای انتقال گاز به فواصل خیلی دور از پمپ ویژه استفاده می‌شود [۲۳-۲۲].

**۸- امتیازات و موارد استفاده بیوگاز**

گاز حاصل از فرآیند تولید بیوگاز، بی‌رنگ، بی‌بو و در حین سوختن بدون دود می‌باشد و از آن در موارد زیر استفاده می‌شود:

۱- مصارف گرمایی: یک متر مکعب بیوگاز حدود  $5200$  تا  $6500$  کیلوکالری انرژی آزاد می‌کند (این رقم برای متان خالص حدود  $8500$  تا  $9500$  کیلوکالری برآورد می‌شود) که ارزش حرارتی آن به مراتب بیش‌تر از مواقعی است که بقایای دامی یا گیاهی مستقیماً سوزانده شوند.

تصفیه بیوگاز و جداسازی گاز  $H_2S$  و  $CO_2$  و بخار آب از آن ضرورت تام دارد، چه در غیر اینصورت مقدار ناخالصی گاز متان زیاد بوده و از ارزش سوختی آن کاسته می‌شود. از بیوگاز در مواردی مانند، مصارف گرمایی، مصرف سوخت در پخت و پز، سوخت موتورهای احتراق داخلی، تولید برق، مواد اولیه صنایع شیمیایی و تولید کود آلی استفاده می‌شود. استفاده از بیوگاز علاوه بر سالم‌سازی محیط زیست و تهیه کود غنی و تولید گاز سوختنی از نقطه نظر اقتصادی دارای اهمیت بسیار زیادی است.

#### ۹- مراجع

- [1] Mohammadi Maghanki, M., Ghobadian, B., Najafi, G., and Janzdeh Galogah R., Potential of biogas Production in Iran, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, PP. 702-714, 2013.
- [2] Ferrer, I., Ponsa, S., Vazquez, F., and Font, X., Increasing biogas Production by thermal (70°C) Sludgepre-treatment Prior to thermophilic anaerobic digestion, *Biochemical Engineering Journal*, 42, PP.186-192, 2008.
- [3] Pham, C. H., Triolo, J. M., and Sommer, S. G., Validation and Recommendation of Methods to Measure Biogas Production Potential of Animal Manure, *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, Vol. 26, No.6, 864-873, 2013.
- [4] DOBER, P., NICOLAE, F., and MATEI, F., Main factors affection biogas Production-an overview, *Romanian Biotechnological Letters*, Vol. 19, No.3 PP.9283-9296, 2014.
- [5] Meggyes, A., and Nagy, V., Biogas and Energy Production by Utilization of Different Agricultural Wastes, *Actapolytechnica Hungarica*, Vol. 19, No.6, PP.65-80, 2012.
- [6] Pay, N. H. S., Mohanty, M. K., and Mohanty, R., C., Anaerobic Digestion of Kitchen Wastes: Biogas Production and Pretreatment of Wastes, A Review, *International Journal of Scientific and Research Publication*, Vol. 3, Issuall, PP. 1-6, 2013.
- [7] Budiyo, N., Widiyasa, S., and Sunarso, J., The Kinetic of Biogas Production Rate from Cattle Manure Mode, *International Journal of Chemical and Biological Engineering*, 3:1, PP.39-44, 2010.
- [8] Hutnan, M., Spalkova, V., Bodik, I., Kolesarova, N., and Lazor, M., Biogas Production from Maize Grains and Maize Silage, *Polish J. of Environ. Stud.*, Vol. 19, No.2 PP. 323-329, 2010.
- [9] Otaraku, I., and Ogedengbe, V., Biogas Production from Sawdust Waste, Cow Dung and Water Hyacinth-Effect of Sawdust Concentration, *International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management*, Vol.2, Issue 6, PP.91-93, 2013.
- [10] Lohani, S. P., Chhetri, A., Adhikari, J., and Bakke, R., Sustainable Biogas Production Potential from Urban Wastewater in Nepal, *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol.4, No.5, PP.595-599, 2013.
- [11] Chulalaksananukul, S., Sinbuathong, N., and Chulalaksananukul, W., Bioconversion of Pineapple Solid Waste under Anaerobic Condition through Biogas Production, *KKU Res. J.* 17(5), PP.734-742, 2012.
- [12] Scholz, L., Meyer, A., and Kirschke, D., Greenhouse Gas Mitigation Potential and Mitigation Costs of Biogas Production in Brandenburg, Germany, *AgBioForum*, 14(3), PP.133-141, 2011.
- [13] Zheng, Y. H., Wei, J. G., Li, J., Feng, S. F., Li, Z. F., Jiang, G. M., Lucas, M., Wu, G. L., and Ning, T. Y., Anaerobic fermentation technology increases biomass energy use efficiency in crop residue utilization and biogas production, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, PP.4588-4596, 2012.
- [14] Abimbola, O., and Olumide, O., Evaluation of Biogas Production from Food Waste, *International Journal of Engineering and Science*, Vol.3, Issue.01, PP.01-07, 2014.
- [15] Comoaretti, A., Febo, P., Greco, C., and Orlando, S., Current state and future of biogas and digestate production, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(No.1), PP.1-14, 2013.
- [16] Yusuf, M. O. L., Debora, A., and Ogheneruona, D. E., Ambient temperature Kinetic assessment of biogas production from Co-digestion of horse and dung, *Res.Agr.Eng.*, Vol.57, No.3 PP.97-104, 2011.

۲- مصرف سوخت در پخت و پز: یک متر مکعب بیوگاز برای پخت و پز سه وعده غذایی یک خانوار ۴ تا ۶ نفری کافی است.

۳- سوخت مکمل برای موتورهای احتراق داخلی.

۴- تولید جریان برق: در کشور چین نمونه‌ای از نیروگاه‌های تولید برق که با استفاده از بیوگاز کار می‌کند ساخته شده و از سال ۱۹۷۴ مشغول به کار هستند.

۵- مواد اولیه صنایع شیمیایی: بیوگاز دارای حدود ۶۵٪ متان و ۳۵٪ دی اکسید کربن می‌باشد که این مواد می‌توانند بعنوان ماده اولیه در تولید فرآورده‌های شیمیایی بکار روند (منو کلرومتان  $CH_3CL$ ، بعنوان ماده اولیه اصلی برای ساختن سیلیکات‌های آلی، حل‌کننده‌های مختلف در خنک‌کننده‌ها و حشره‌کش‌ها، دی کلرومتان  $CH_2CL_2$ ، بعنوان ماده اولیه برای تولید مواد پاک‌کننده چربی‌ها، مواد با قابلیت نفوذ بالا، فیلم‌های عکاسی، تری کلرومتان  $CHCL_3$ ، بعنوان ماده اولیه برای تولید پلاستیک، آنتی‌بیوتیک و حل‌کننده‌ها، تتراکلرید کربن  $CHCL_4$ ، ماده اولیه برای ساخت مواد ضد حریق و ... از دی‌اکسید کربن حاصل نیز می‌توان در تولید موادی همچون یخ خشک استفاده نمود).

۶- تولید کود آلی: پس از انجام عمل تخمیر و تولید بیوگاز، فضولات باقی‌مانده، یک کود غنی مناسب برای استفاده در اراضی کشاورزی می‌باشد. چرا که این کود بر خلاف کودهای حیوانی تازه فاقد بو بوده و آلودگی محیط زیست را بدنبال ندارد حجم کم‌تری اشغال می‌کند. بذر علف‌های هرز و انگل‌های جانوری در آن از بین می‌رود، هیچ جاذبه‌ای برای رشد پشه و مگس و سایر حشرات موزی ندارد.

۷- کمک به حفاظت پوشش گیاهی جنگل‌ها و مراتع: با تولید بیوگاز سوخت مورد نیاز افراد تأمین شده و دیگر نیازی به بوته‌کشی و قطع درختان نخواهد بود.

۸- کمک به بهداشت محیط: یکی دیگر از نکات مثبت پروژه تولید بیوگاز، کنترل آلودگی محیط زیست و ایجاد محیط بهداشتی سالم در روستاهاست که از تجمع پشه و مگس، آلوده شدن آب‌های مصرفی، شیوع بیماری‌های انگلی جلوگیری می‌نماید [۲۴-۲۵].

#### ۹- نتیجه‌گیری

امروزه بحران انرژی در جهان، بیش‌تر کشورها و کارشناسان را به سوی استفاده از منابع انرژی زیستی و تجدیدپذیر سوق داده است. در کشورهای صنعتی و توسعه یافته، با اختصاص سرمایه‌های زیاد و به کارگیری امکانات وسیع، تحقیقات و مطالعات دامنه‌داری در این زمینه انجام شده است. از نتایج بدست آمده این طور بر می‌آید که در طبیعت، انرژی‌های زیادی موجود است که با شناسایی و به کارگیری فناوری و روش‌های مناسب، بازیافت دوباره آن‌ها امکان‌پذیر است یکی از مهم‌ترین این انرژی‌ها بیوگاز است.

بیوگاز از حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد گاز متان و اکسیدهای کربن، هیدروژن سولفید، نیتروژن و هیدروژن تشکیل شده است. این گاز بی‌بو، بی‌رنگ، قابل اشتعال و در هنگام سوختن دارای شعله آبی‌رنگ و بدون دود بوده و دارای ارزش حرارتی ۴۵۸۰ الی ۵۴۹۵ کیلوکالری در هر مترمکعب به ازای درجه خلوص ۵۰ درصد الی ۶۵ درصد متان می‌باشد.

مواد قابل استفاده در فرآیند تولید بیوگاز شامل مواد زاید دامداری‌ها و مرغداری‌ها و بطور کلی مواد زاید دامی، مواد سبزینه‌ای گیاهی، مواد زاید جامد و فضولات آلی و مواد جامد و پسماند کارخانجات تبدیل مواد غذایی می‌باشند.

- [17]Pakarinen, A., Maiyala, P., and Jaakkala, S., Evaluation of Preservation methods for improving biogas production and enzymatic conversion yields of annual crop, *Biotechnology for Biofuels*, 4:20, PP.33-36, 2011.
- [18] Adeyosoye, O. I., Adesokan, I. A., Afolab, K. D., and Ekeocha, A. H., Estimation of Proximate Composition and biogas Production from in Vitro gas fermentation of Sweet Potato(Ipomea batatas) and Wild Cocoyam(Colocasia esculenta) Peels, *African Journal of Environmental Science and Technology*, Vol.4(6), PP.388-391,2010.
- [19] Sunarso, S., Widiassa, I., and Budiyano, N., The Effect of Feed to Inoculums Ratio on Biogas Production Rate from Cattle Manure Using Rumen Fluid as Inoculums, *Intenat. J. of Waste Resources*, Vol. 2(1), PP.1-4, 2012.
- [20] AZLINA, W., GHANI, K., IDRIS, A., PRELIMINARY STUDY ON BIOGAS PRODUCTION OF BIOGAS FROM MUMICIPAL SOLID WASTE(MSW) LEACHATE, *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol.4, PP.374-380,2009.
- [21]Victor, R., Shalin, S., Roshini, R. M., and Asha, S. R., Augmentative Invention of Biogas from the Agronomic Wastes Using Facultative Anaerobic Bacterial Strain, *Int. J. Curr. Microbiol. APP. Sci.* 3(4), PP. 556-564.2014.
- [22] Arthur, R., and Hammond, A., Potential biogas Production from Sewage Sludge, *International Journal of ENERGY AND ENVIRONMENT*, Vol.1, Issue 6, PP.1009-1016,2010.
- [23] Imu, N. J., and Samuel, D. M., Biogas production potential from munalorganic wastes in Dhaka city, Bangladesh, *Interactional Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol.03, Issue 01, PP.543-460.2014.
- [24] Fantozzi, F., and Buratti, C., Biogas Production from different Substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester, *Bioresource Technology*,(100), PP.5783-5789,2009.
- [25] Uhuegbu, C., and Onuorah, L., PRODUCTION OF BIOGAS FROM PLANTAIN PEELS, *Research Journal in Engineering and Applied Sciences* 3(2), PP.145-150, 2014.