بررسی تاثیر دما و همزن روی شاخص‌های انرژی تولید بیوگاز از فضولات گاوی

هادی افاضلی[۱]، علی جعفری[۲*]، شاهین رفیعی[۲]، محسن نصرتی[۳]، فاطمه الماسی[۴] و احسان فقهی‌پور[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران

۲- استاد دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران jafarya@ut.ac.ir

۳- استادیار دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

امروزه یکی از مهمترین بحث‌های کاربردی و مدیریتی، بحث میزان مصرف انرژی و راندمان آن در فعالیت‌های مختلف می‌باشد. بررسی مصرف انرژی در عملیات تولیدی، روش مفیدی جهت تعیین مناطق انرژی‌بر می‌باشد که با تجزیه و تحلیل میزان انرژی مصرفی در عملیات تولید مشخص می‌شوند. مقاله حاضر به بررسی تأثیر دما و همزن روی شاخص‌های انرژی حاصل از تولید بیوگاز از فضولات گاوی پرداخته است. در این تحقیق از یک هاضم بی‌هوازی در مقیاس صنعتی به حجم ۹۲۵ لیتر استفاده شد. آزمایش‌ها در ۸ تیمار مختلف شامل دمای (۲۰ الی ۲۵)، دمای(۲۶ الی ۳۰)، دمای (۳۱ الی ۳۵) و دمای(۳۶ الی ۴۰)، همراه و بدون استفاده ازهمزن، در قالب طرح فاکتوریل بر مبنای بلوک‌های کامل تصادفی صورت گرفت. بیشترین مقدار بیوگاز تولیدی مربوط به تیمار با دمای (۳۶ الی ۴۰) همراه با همزن و کمترین مقدار مربوط به تیمار با دمای (۲۰ الی ۲۵) بدون همزن،که به ترتیب برابر با ۶۱ و ۸.۷ لیتر به ازای هر کیلوگرم فضولات تازه بود. تیماری که دارای بیشترین بیوگاز تولیدی بود به دلیل میزان انرژی مصرفی بالای گرمکن، از لحاظ تولید انرژی به صرفه نشد و میزان نسبت انرژی آن برابر با ۰/۸ بدست آمد. بهترین میزان نسبت انرژی در تیمار با دمای (۳۱ الی ۳۵)که دارای همزن و کمترین میزان نسبت انرژی در تیمار با دمای (۲۰ الی ۲۵) بدون همزن به ترتیب معادل با ۱.۱۳ و ۰.۵۸ بود.

واژه‌های کلیدی: بیوگاز، شاخص‌های انرژی، هاضم بی‌هوازی

۱- مقدمه

ایران سرزمین اعجاز انرژی‌ها است، از یک سو دارای منابع گسترده سوخت‌های فسیلی و تجدیدناپذیر نظیر، نفت وگاز است، از سوی دیگر دارای پتانسیل فراوانی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، زمین‌گرمایی، باد، هیدروژن و زیست‌توده است. استفاده از زیست‌توده به عنوان یک منبع انرژی نه تنها به دلایل اقتصادی بلکه به دلیل توسعه پایدار و زیست محیطی جذاب بوده و از طرفی آن‌را عامل تسریع در رسیدن به توسعه پایدار می‌دانند. سامانه‌هایی که زیست‌توده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می‌کنند، می‌توانند در ظرفیت‌های کوچک به صورت ماژول بکار روند. بقایای محصولات کشاورزی، جنگلداری و فضولات دامی از ذخایر اصلی زیست‌توده هستند، که فرصت‌های اساسی را برای توسعه اقتصادی مناطق روستایی و دورافتاده فراهم می‌کنند و بعد از انرژی خورشیدی بالاترین پتانسیل انرژی را دارا می‌باشند(۱). برآوردهای صورت گرفته نشان می‌دهند که پتانسیل تقریبی تولید متان به وسیله فناوری بی‌هوازی در ایران برای سال ۱۳۷۵ حدود ۹۳۰۰ میلیون مترمکعب متان در سال بوده که ۱۰۰۰ میلیون متر مکعب آن از زباله‌ها می‌باشد(۲) و بخش عظیمی از این رقم، مربوط به فضولات دامی و گیاهی حاصل از فعالیت‌های دامپروری و کشاورزی است. در سال ۱۳۷۹ در مرغداری‌های پرورش دهنده مرغ گوشتی و مادر در کشور ۸۵۲۸۱۴ تن کود تولید شده است(۳). در حالی‌که استفاده مستقیم از آنها در زمین‌های زراعی و باغی کشور ممکن است باعث انتقال برخی از بیماری‌ها در سطح کشور شوند و یا دپوی کردن آنها در محیط، برای پوسیدن، باعث ایجاد و انتشار مقداری متان و دی‌اکسیدکربن، در اتمسفر شود که این موضوع می تواند باعث تخریب لایه ازن شود. در صورتی‌که می توان با استفاده از فناوری بی‌هوازی علاوه بر جلوگیری از خطرات فوق الذکر، حدوداً ۵۴ میلیون متر مکعب بیوگاز، بدست آورد و به عنوان منبع انرژی استفاده نمود. طبق بررسی‌های به عمل آمده، با پتانسیل تولید انرژی به صورت بیوگاز از فضولات دامی کشور، معادل ۲۵۵۰۰ بشکه نفت خام را در سال در حال حاضر می‌توان صرفه‌جویی کرد (۴). دانش بررسی مصرف انرژی در عملیات تولیدی، روش مفیدی جهت تعیین مناطق انرژی بر می‌باشد که با تجزیه و تحلیل میزان انرژی مصرفی در عملیات تولید مشخص می‌شوند. تجزیه و تحلیل انرژی به یک واحد تولیدی این امکان را می‌دهد که مراحل عملیاتی موجود آن واحد با روش‌های جدید تولید مقایسه شود و یا حتی خطوط تولید اصلاح گردند(۵).

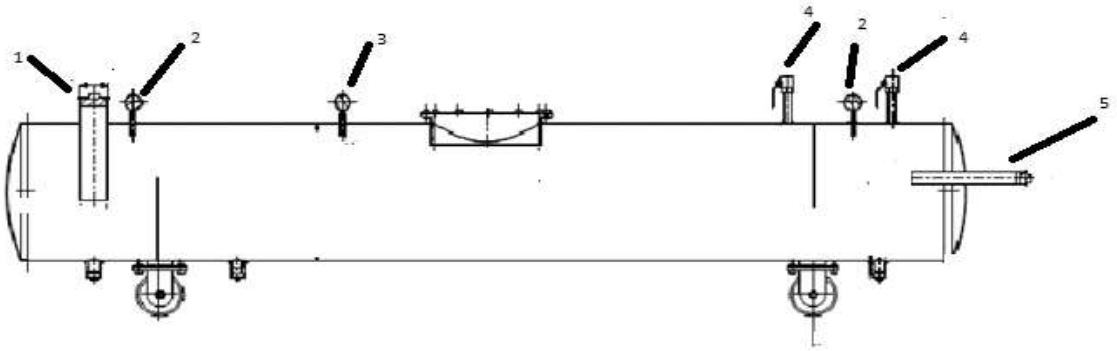
۲- مواد و روش ها

آزمایش‌های به عمل آمده در این تحقیق در دو بخش آزمایشگاهی و میدانی می باشد.

الف- آزمون‌های آزمایشگاهی

۱-۲- هاضم

در این بخش از یک هاضم در مقیاس صنعتی استفاده شد. هاضم استفاده شده در این طرح، یک هاضم پلاگ (لوله‌ای) بفل‌دار به حجم ۹۲۵ لیتر به قطر ۵۸ سانتی‌متر و طول ۳/۵ متر بود، گرمکنی با توان ۲ kW برای تنظیم دمای دستگاه نصب شد. برای جبران کمبود تماس لجن با مایع از پمپ برگشت‌دهنده مقطعی استفاده شد. نحوه انتخاب پمپ به گونه‌ای بود که حداقل آشفتگی را در سیستم ایجاد کند. برای این منظور از پمپ با توان ۵۵۰w و پره باز با دور ۱۵۰۰rpm که برای گردش مایعات با ویسکوزیته بالا طراحی شده بود، استفاده شد. مشخصات بیوراکتور استفاده شده در شکل(۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. شماتیک دستگاه

۱- دریچه ورود مواد

۲- ترمومتر

۳- مانومتر

۴- خروجی گاز

۵- خروجی دستگاه

۲-۲-آزمایشات

آزمایشات در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. هدف از انجام آزمایشات تولید بیوگاز در شرایط مختلف و مقایسه انرژی مصرفی و عملکرد بود. چهار سطح دما و دو سطح همزن به عنوان تیمارهای طرح فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی در ۱۲ تکرار در نظر گرفته شد. آزمایشات به شرح زیر بودند:

- تولید بیوگاز از فضولات گاوی توسط دستگاه در فاصله دمایی ۲۰ الی ۲۵ درجه سلسیوس بدون استفاده از همزن و با استفاده از همزن.
- تولید بیوگاز از فضولات گاوی توسط دستگاه در فاصله دمایی ۲۶ الی ۳۰ درجه سلسیوس بدون استفاده از همزن و با استفاده از همزن.
- تولید بیوگاز از فضولات گاوی توسط دستگاه در فاصله دمایی ۳۱ الی ۳۵ درجه سلسیوس بدون استفاده از همزن و با استفاده از همزن.
- تولید بیوگاز از فضولات گاوی توسط دستگاه در فاصله دمایی ۳۶ الی ۴۰ درجه سلسیوس بدون استفاده از همزن و با استفاده از همزن.

۳-۲-شرایط آزمایش‌ها

در ابتدای هر بارگذاری میزان کود مورد نیاز از طریق یک واحد دامپروری به فاصله ۵ کیلومتر با دستگاه تهیه می‌شد که برای این منظور از ماشینی با مصرف سوخت ($0/09 L\ km^{-1}$) استفاده شد. روزانه مقدار ۵۰ لیتر مخلوط آب و فضولات گاوی توسط یک فرد بارگذاری می‌شد. زمان ماند ۱۲ روز بود. چون هدف ما رسیدن دستگاه به یک پایداری در تولید بیوگاز بود، داده های پرت در تولید بیوگاز حذف گردید و در نهایت به ۱۲ روز تکرار رسیدیم. بارگذاری به گونه‌ای صورت گرفت که میزان آب ۳ برابر فضولات گاوی بود. از ۵۰ لیتر ۳۵ لیتر مخلوط به صورت تازه و ۱۵ لیتر از خروجی دستگاه به ورودی برگردانده می‌شد و مقدار ۳۵ لیتر از خروجی دستگاه خارج می‌شد. برای اندازه‌گیری جامدات کل(TS) ، حجم خاصی از نمونه برداشته، سپس داخل یک بوته چینی خالی و خشک توزین شده ریخته شد. سپس بوته حاوی نمونه داخل کوره با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا نمونه به‌طور کامل خشک شود. بوته حاوی رسوب خشک شده وزن شده و از طریق فرمول زیر جامدات کل بر حسب $mg\ L^{-1}$ محاسبه شد(۵):

$$TS\ (mg\ L^{-1}) = (W_2 - W_1)/V \qquad (۱)$$

TS: غلظت جامدات کل، $mg\ L^{-1}$

W_1: وزن بوته چینی خشک (g)

W_2: وزن بوته و رسوب خشک شده (g)

V : حجم نمونه برداشته شده (mL)

روزانه مقدار ۸.۷۵ لیتر فضولات گاوی با TS ۷۶٪ برای بارگذاری آماده می‌شد. با توجه به اینکه چگالی کود گاوی برابر با kg m^{-3} ۱۰۵۰.۴۸بود. طبق روابط زیر (۹) مقدار آب مورد نیاز جهت مخلوط شدن با ۸.۷۵ لیتر فضولات دامی به منظور دستیابی به TS ۲۰٪ بدست آمد. در آزمایش‌هایی که از همزن استفاده می‌شد، پمپ روزانه به مدت ۱ دقیقه عمل اختلاط را انجام می‌داد. با توجه به اینکه مقدار TS خروجی برابر با ۱۶٪ بود مقدار کود موجود در خروجی با استفاده از روابط زیر برابر با ۵.۶ کیلوگرم بدست آمد.

(۲) فضولات گاوی تازه $(kg\ Day^{-1})$ = فضولات گاوی $(m^3\ Day^{-1})$ × چگالی فضولات گاوی $(kg\ m^{-3})$

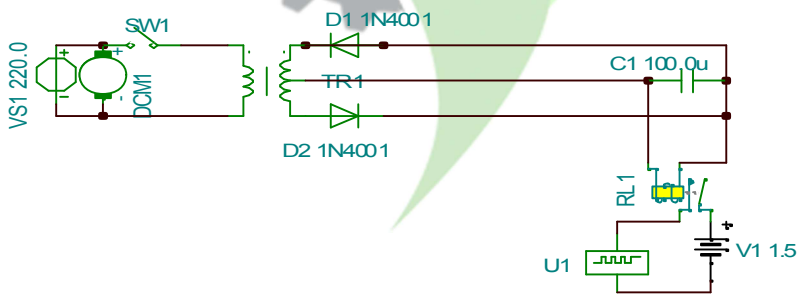
(۳) جامدات کل فضولات گاوی تازه $(kg\ Day^{-1})$ = فضولات گاوی تازه $(kg\ Day^{-1})$ × درصد جامدات کل فضولات

(۴) میزان ورودی $(kg\ Day^{-1})$ = جامدات کل فضولات گاوی تازه $(kg\ Day^{-1})$ × 100/20

(۵) آب مورد نیاز $(kg\ Day^{-1})$ = میزان ورودی $(kg\ Day^{-1})$ – جامدات کل فضولات گاوی $(kg\ Day^{-1})$

۴-۲- طراحی و ساخت مدار

به منظور محاسبه انرژی مصرفی گرمکن مداری توسط نرم‌افزار Edison۴ طراحی و ساخته شد. مدار شامل ساعتی بود که میزان روشن بودن گرمکن را در مدت ۲۴ ساعت مشخص می‌کرد و با توجه به میزان توان مصرفی گرمکن میزان انرژی مصرفی روزانه محاسبه گردید. مشخصات مدار در شکل(۲) نشان داده شده است.



شکل۲. مدار نشان‌دهنده تعداد ساعت روشن بودن گرمکن در یک شبانه روز

ب- **بخش میدانی**

۵-۲-جریان انرژی در دستگاه تولید بیوگاز

نهاده‌های مورد استفاده در تولید بیوگاز در دستگاه مورد نظر شامل نیروی انسانی، سوخت، الکتریسیته و خوراک می‌باشد. برای ستانده در سامانه مورد مطالعه بیوگاز تولیدی و کود در نظر گرفته شد.

برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها از ضرایب انرژی متناظر با هر یک که در مطالعات پیشین نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند، بهره گرفته شد. جهت محاسبه انرژی ورودی و خروجی معادل هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها، میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده یا ستانده ضرب شد(۷).

جدول **۱**- محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید بیوگاز

عنوان	واحد	محتوای انرژی (MJ/Unit)	مرجع
نهاده‌ها			
۱. نیروی انسانی	h	۱/۹۶	(Kitani, 1999)
۲. کود گاوی	kg	۰/۳۰	(Singh and Mittal 1992)
۳. سوخت‌های فسیلی			
بنزین	L	۴۶/۳	(Kitani, 1999)
۴. الکتریسیته	kWh	۱۱/۹۳	(Ozkan et al., 2004b)
ستانده‌ها			
۱. بیوگاز	m^3	۲۲	(Charles Banks., 2009)
۲. کود گاوی	kg	۰/۳۰	(Singh and Mittal 1992)

۶-۲-شاخص‌های انرژی

در این قسمت از تحقیق شاخص‌های انرژی در سامانه‌ی تولیدی موردنظر، مورد مطالعه قرار گرفت که یکی از مهم‌ترین اقدامات در فرایند تحلیل انرژی محسوب می‌شود. در این راستا از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. بعضی از این شاخص‌ها که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی را مهیا می‌سازند، شامل نسبت انرژی[۱]، بهره‌وری انرژی[۲]، انرژی ویژه[۳] و افزوده خالص انرژی[۴] می‌باشد(۶).

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر واحد)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر واحد)}} \quad (۶)$$

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد (لیتر)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول)}} \quad (۷)$$

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر واحد)}}{\text{عملکرد (کیلوگرم بر واحد)}} \quad (۸)$$

۱- Energy Ration (ER)
۲- En Productivity (EP)
۳- Specifi Energy (SE)
۴- Net Energy Gain (NEG)

(۹) انرژی ورودی – انرژی خروجی = افزوده خالص انرژی

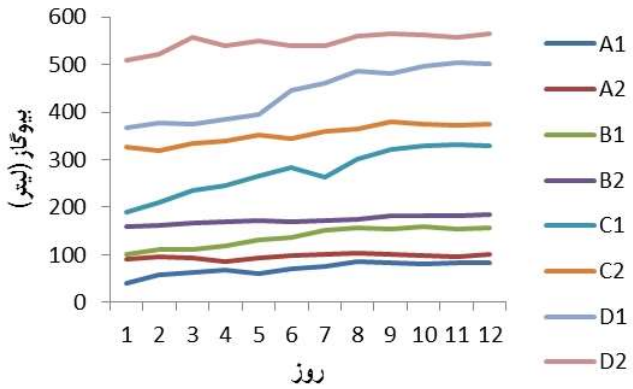
۷-۲- تجزیه و تحلیل داده ها

داده‌ها به وسیله نرم افزار برنامه نویسی Matlab R2010b مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جدول تجزیه واریانس با استفاده از کد نویسی بدست آمد. تیمارهای (A1,A2) به ترتیب مربوط به دمای(۲۰ الی ۲۵) بدون استفاده از همزن و با استفاده از همزن می‌باشند. تیمارهای (B1,B2)، (C1,C2) و (D1,D2) نیز به ترتیب مربوط به دمای(۲۶ الی ۳۰)، (۳۱ الی۳۵) و (۳۶ الی ۴۰) بدون استفاده و همراه با همزن می‌باشند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مقایسه عملکرد

همانطور که در شکل(۳) مشخص است اندازه‌گیری عملکرد تولید بیوگاز نشان داد که در بین تیمارها، بیشترین عملکرد مربوط تیمار D2 (دمای ۳۶ الی ۴۰ همراه با همزن)، وقتی که دستگاه به یک پایداری مناسب جهت تولید بیوگاز می‌رسد برابر با ۵۶۰ لیتر در روز بود و کمترین عملکرد تولید بیوگاز مربوط به تیمار A1 (دمای ۲۰ الی ۲۵ بدون استفاده از همزن)، ۸۰ لیتر در روز بود. از گاز خروجی از دستگاه شعله گرفته شد. همانطور که در شکل(۴) مشخص است، رنگ آبی شعله حاکی از درصد بالای متان موجود در بیوگاز می‌باشد.

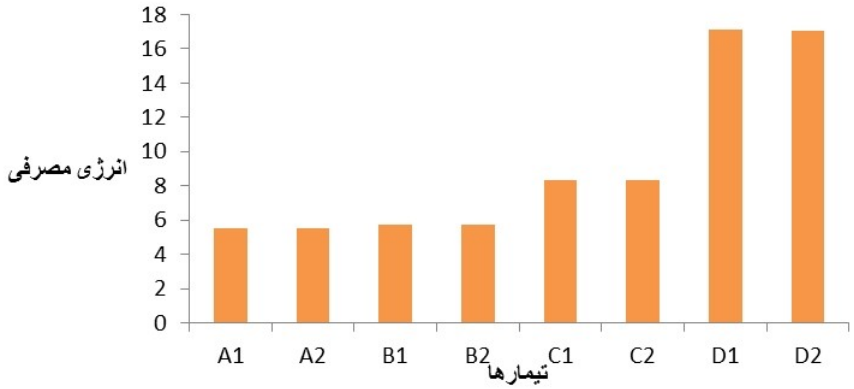


شکل**۳**- نمودار مقایسه عملکرد تولید بیوگاز در تیمارهای مختلف

شکل **۴**- شعله گرفته شده از دستگاه

۲-۳- مقایسه مصرف انرژی

همانطور که در شکل(۵) مشخص است در تیمار (D2) دمای ۳۶ الی ۴۰ همراه با همزن علی‌رغم اینکه عملکرد تولید بیوگاز بیشترین مقدار را داشت ولی به دلیل اینکه میانگین انرژی مصرفی بالایی داشت، از لحاظ تولید انرژی مقرون به صرفه نبود. که این موضوع یکی از دلایلی بود که دماهای بالاتر از ۴۰ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار نگرفتند. دلیل دیگر مورد بررسی قرار نگرفتن دماهای بالاتر این بود که کشور ما دارای شرایط آب و هوایی هست که در بیشتر مناطق، به ندرت دما به بیش از ۴۰ درجه سلسیوس می‌رسد. کمترین انرژی مصرفی مربوط به تیمار (A1) دمای ۲۰ الی ۲۵ بدون استفاده از همزن بود. اما بدلیل عملکرد پایین بیوگاز تولیدی در این آزمایش، این تیمار نیز از لحاظ تولید انرژی مقرون به صرفه نبود، که این موضوع دلیلی بود که دماهای پایین‌تر مورد بررسی قرار نگرفتند.



شکل۵. نمودار مقایسه مصرف انرژی در تیمارهای مختلف

۳-۳- مقایسه میزان شاخص‌های انرژی

با محاسبه میزان انرژی نهاده و به دست آوردن انرژی ستانده، میزان نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص انرژی محاسبه شد. همانطور که در جدول(۲) مشخص است، نسبت انرژی در تیمار با دمای ۳۱ الی ۳۵ همراه همزن، بیشترین مقدار(۱.۱۳) را دارد، در سایر تیمارها نسبت انرژی کمتر از ۱ بود. در سوئد توازن انرژی از لحاظ چرخه عمر برای سامانه‌های بیوگاز بر اساس ۸ ماده خام مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که انرژی خالص خروجی از سامانه بیوگاز بر اساس مواد خامی که محتوی آب زیاد و عملکرد پایین بیوگاز(به عنوان مثال کود) نسبتا کم است همچنین تفاوت در حمل و نقل مورد نیاز مواد خام می‌تواند انرژی ورودی در سامانه‌های بیوگاز را به میزان قابل توجهی تغییر دهد (Berglund and Borjesson, 2006). توازن انرژی برای بیوگاز و سوخت زیستی جامد از کنف صنعتی در منطقه‌ای از سوئد مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه در چهار بخش مختلف انجام گرفت که بخش احتراق دارای بالاترین بازده خالص انرژی و نسبت انرژی خروجی به ورودی بود. بخش تولید بیوگاز از لحاظ انرژی ورودی وبازده ضعیف بود اما محصولات با کیفیت بهتر مانند برق و سوخت خودرو تولید می‌کرد(*et al.*, Prade 2012). در آلمان بازده انرژی از سامانه‌های بیوگاز مختلف شامل تک هضم و هضم مشترک مواد خام مورد بررسی قرار گرفت. انرژی ورودی بسیار تحت تاثیر مواد اولیه بود. به عنوان مثال باقی‌مانده‌های کشاورزی در بیشتر موارد نیاز به پیش‌تصفیه نداشتند، بنابراین انرژی ورودی ذستگاه کمتر می‌شد. توازن انرژی وابسته به عملکرد بیوگاز، بازده استفاده و ارزش انرژی سوخت جایگزین سوخت فسیلی در نظر گرفته شد. . برای مثال نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در حالی‌که ارتقا بیوگاز به متان برای تزریق به شبکه گازی، انرژی ورودی را به طور بالقوه تا ۱۰۰ درصد افزایش داده ولی بازده انرژی از سامانه بیوگاز تا ۶۵ درصد بهبود می-یابد. توازن انرژی برای حالت‌هایی که مسافت‌های حمل ونقل مواد خام بیش از ۲۲ کیلومتر برای کود گاوی و بیش از ۴۲۵ کیلومتر برای ضایعات جامد شهری بود، منفی شد(Pöschl *et al.*, 2010). همانطور که در بالا اشاره شد حمل و نقل مواد اولیه تاثیر قابل توجهی در میزان نسبت انرژی دارد. در این تحقیق اگر دستگاه در محلی مستقر می‌شد که دیگر نیاز به حمل و نقل کود برای مصرف روزانه دستگاه نبود، نسبت انرژی در چند تیمار دیگر بزرگتر از ۱ می‌شد چون انرژی سوخت از میزان انرژی مصرفی حذف می‌شد.

جدول۲. شاخص‌های انرژی

تیمار	انرژی نهاده ($MJ\ L^{-1}$)	انرژی ستانده ($MJ\ Day^{-1}$)	نسبت انرژی	بهره‌وری انرژی ($L\ MJ^{-1}$)	انرژی ویژه ($MJ\ Day^{-1}$)	افزوده خالص انرژی
A1	۵/۵	۳/۲۳	۰/۵۸	۱۲/۷۳	۰/۰۷۸	-۲/۳۱
A2	۵/۵	۳/۷۹	۰/۶۸	۱۷/۴۵	۰/۰۵۷	-۱/۷
B1	۵/۶۹	۴/۶۸	۰/۸۲	۲۳/۹۷	۰/۰۴۱	-۱/۰۱
B2	۵/۷	۵/۴۹	۰/۹۶	۳۰/۳۸	۰/۰۳۲	-۰/۲۱
C1	۸/۳۳	۷/۷۴	۰/۹۲	۳۳/۰۷	۰/۰۳	-۰/۵۸
C2	۹/۷۷	۹/۴۵	۱/۱۳	۴۲/۳۸	۰/۰۲۳	۱/۱۱
D1	۱۷/۱۱	۱۱/۳۴	۰/۶۶	۲۵/۶۷	۰/۰۳۸	-۵/۷۶
D2	۱۷/۰۶	۱۳/۷۱	۰/۸	۳۲/۰۵	۰/۰۳۱	-۳/۳۴

۴-۳- تجزیه واریانس طرح

همانطور که در جدول ۳ قابل مشاهده است. از لحاظ نسبت انرژی بین سطوح دما و سطوح همزن اختلاف معنی-داری در سطح ۱ درصد وجود دارد.یعنی با افزایش دما میزان تولید بیوگاز افزایش یافت. (Chae *et al*., 2008) نیز در مطالعه‌ای نشان دادند که افزایش دما باعث افزایش عملکرد بیوگاز می‌شود. با توجه به جدول (۳) در می‌یابیم که استفاده از همزن نیز باعث افزایش عملکرد بیوگاز می‌شود. (عمرانی و همکاران،، ۱۳۸۵) در تحقیقی ابتدا یک واحد بیوگاز مدل چینی طراحی کردند و سپس با توجه به سادگی عملکرد دستگاه، یک همزن مکانیکی از نوع پاروئی طراحی و بر روی واحد مربوطه نصب کردند. نتیجه این که میزان گاز تولیدی این دستگاه پس از استفاده از همزن تا حدود ۴۲ درصد افزایش یافت. (Stroot *et al*., 2001; Vavilin *et al*., 2007) کاهش در میزان و شدت همزدن را باعث بهبود کارایی راکتور می‌دانند. پژوهش‌های ذکر شده نشان می‌دهد که هاضم‌های کاملاً همزده، با نرخ بارگذاری زیاد، عملکرد بی ثباتی دارند، در حالی که هاضم‌های با حداقل میزان همزدن، در تمام نرخ‌های بارگذاری عملکرد خوبی از خود نشان می‌دهند. همانطور که در موارد فوق اشاره شد استفاده از همزن در برخی از موارد باعث افزایش و در برخی از موارد باعث کاهش میزان تولید بیوگاز می‌شود. اما تولید بیشتر بیوگاز در این تحقیق پس از استفاده از همزن می‌تواند به خاطر گازی باشد که در مخلوط ذخیره شده و پس از هم خوردن توسط پمپ از آن خارج می‌شود. در جدول (۳) نیز مشخص است، اثر متقابل تیمارهای دما و همزن بر روی نسبت انرژی معنی‌دار نشد.

جدول۳. تجزیه واریانس طرح فاکتوریل

منبع تغییرات	درجه آزادی	درجه آزادی	F
تکرار	۱۱	۱/۲	۲۸/۸**
دما	۳	۲/۴	۲۱۱/۹**
همزن	۱	۰/۵۲	۱۳۸/۲**
دما× همزن	۳	۰/۰۳	۲/۶ns
خطای آزمایش	۷۷	۰/۳	
کل	۹۵	۴/۴	

** در سطح یک درصد معنی‌دار و ns: غیر معنی‌دار

نتیجه‌گیری کلی

در این مقاله تاثیر دما و همزن بر شاخص‌های انرژی، حاصل از تولید بیوگاز از فضولات گاوی بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش دما مقدار تولید بیوگاز افزایش یافت ولی دمایی که بیشترین مقدار تولید بیوگاز را داشت دارای نسبت انرژی کوچکتر از ۱ بود. همچنین استفاده از همزن نیز تاثیر قابل توجه‌ای در تولید بیوگاز داشت. بازه دمایی (۳۱ الی ۳۵) که دارای همزن بود، بیشترین مقدار نسبت انرژی (۱.۱۳) را داشت.

تقدیر و تشکر

در اینجا لازم است از حوزه معاونت علمی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران برای حمایت مالی و هم‌چنین تمامی کسانی که در این تحقیق موثر بوده (و نامشان در لیست نویسندگان نیست) همانند گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی و ایستگاه علوم دامی و به ویژه دکتر گنج‌خانلو، امیر اکبری، علی امامی و عبدالکریم نامی به دلیل یاری‌های بی چشمداشت ایشان که بسیاری از سختی‌ها را آسانتر نمودند، سپاسگزاری نمایم. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید. لازم به ذکر است این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ..... ، با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است.

منابع

1- Abdoli, M. and M. Pazeky. 2012. Potential of biomass energy technologies in rural areas. Motahari Publication. Iran. (in Farsi)

2- Ghardashi, A. and A. Adl and M. Adl. 2001. Anaerobic digestion of solid waste: a new method for putrescible solid waste disposal and energy production. Journal of Iran Energy 6. (in Farsi)

3- Sedaghat Hoseini, M. and M. Almasi and S. Minaei and M. Borghei. 2008. Design of Energy Recovery in industrial production of eggs. in National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Ferdowsi University of Mashhad. (in Farsi)
4- Marandi, A. 1998. Investigate the possibility of using biogas in Iran. in National Energy Conferenc.(in Farsi)
5- almasi. 2012. Design and Manufacturing of biogas production system in a laboratory-scale. Faculty of Agricultural Engineering and Technology. University of Tehran, Iran. (in Farsi)
6- almasi, M. And Sh. Kiani and N. loveymi. 2008. Principles of agricultural mechanization. Forest Publications. Iran. (in Farsi)
7- Sefeedpari, P. 2012. Management and optimization of energy use in dairy and poultry egg farms by applying fuzzy optimization methods-case study: Rey and Karaj cities. Faculty of Agricultural Engineering and Technology. University of Tehran, Iran. (in Farsi)
8- Omrani, Gh. And M. Safa and F. Golpayegani. 2005. Performance Evaluation of mechanical mixing of the Chinese model biogas plants, especially during rowing. Environment 40: 19-26. (in Farsi)
9- Sefeedpari, P. and S. Rafiee and A. Akram. 2012. Providing Electricity Requirements by Biogas Production and Its Environmental Benefit in Sample Dairy Farms of Iran. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER) 2: 384-387.
10- Jekayinfa, S. O. 2007. Energetic analysis of poultry processing operations. Leonardo Journal of Sciences 10: 77-92.
11- Banks, C. 2009. Optimization anaerobic digestion: University of Southampton.
12- Kitani, O. 1999. CIGR handbook of agricultural engineering. Vol 5, Energy and Biomass Engineering. ASAE publication, ST Joseph, MI.
13- Singh, S. and J. Mittal. 1992. Energy in production agriculture. Mittal Publications. New Delhi.
14- Ozkan, B. and A. Kurklu and H. Akcaoz. 2004. An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass and Bioenergy 26: 89-95.
15- Berglund, M. and P. Börjesson. 2006. Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production. Biomass and Bioenergy 30: 254-266.
16- Prade, T. and S.-E. Svensson and J. E. Mattsson. 2012. Energy balances for biogas and solid biofuel production from industrial hemp. Biomass and Bioenergy 40: 36-52.
17- Pöschl, M. and S. Ward and P. Owende. 2010. Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. Applied Energy 87: 3305-3321.
18- Chae, K., A. Jang, S. Yim and I. S. Kim. 2008. The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. Bioresource Technology 99: 1-6.
19- Stroot, P. G., K. D. McMahon, R. I. Mackie and L. Raskin. 2001. Anaerobic codigestion of municipal solid waste and biosolids under various mixing conditions I. Digester performance. Water Research 35: 1804-1816.

20- Vavlin, V., L. Lokshina, X. Flotats and I. Angelidaki. 2007. Anaerobic digestion of solid material: Multidimensional modeling of continuous-flow reactor with non-uniform influent concentration distributions. Biotechnology and bioengineering 97: 354-366.

Effect of temperature and stirrer on energy index biogas production from cow manure

H. Afazeli[1], A. Jafari[1,*], SH. Rafiee[1], M. Nosrati[2], F. Almasi[1], E. Feghhipour[2]

1- Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.

2- Biotechnology Group, Chemical Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Abstract

Nowadays, one of the main applications and management discussions for various activities is study of the energy efficiency. Study on the energy consumed in the production process is useful method for determining regions need energy. Those regions can be determined with energy consumption analysis in production process. In present study carried out on the effects of temperature and Stirrer on energy indices and determine biogas, generated by manure in different temperature and Stirrer conditions. One anaerobic digestion with volume of 925 liters and retention time of 12 days in industrial scale have been used. Experiments commenced in 8 treatment groups containing (20 to 25), (26 to 30), (31 to 35) and (36 to 400c) temperature, with and without stirrer, in plan factorial was based on a randomized complete block. Maximum amount of biogas produced with temperature (36 to 40), when the apparatus reaches certain stability with stirrer and also least amount of biogas which it related to temperature (20 to 25oC) without Stirrer, was 61 and 8.7 liter per kilogram fresh manure respectively. The amount of energy ratio, which is equivalent to ratio of energy output to energy input, for the treatment which has maximum biogas produced was equal to 0.8. Maximum amount of energy ratio (with temperature (31 to 35) and stirrer), and least amount of energy ratio (with temperature (20 to 25) without stirrer) was 1.13 and 0.58 respectively.

Keywords: biogas, energy index, anaerobic digester