بررسی و مقایسه تولید بیوگاز از جلبک آزولا با پیش‌تیمار حرارتی (حالت خام و پخته)

مجید فردمنش[۱]، راضیه پوردربانی[۲]، بهمن نجفی[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی انرژی تجدیدپذیر، دانشگاه محقق اردبیلی، گروه مهندسی بیوسیستم

۲. هیآت علمی دانشگاه محقق اردبیلی، گروه مهندسی بیوسیستم

چکیده

بحران انرژی در سال‌های اخیر از مهم‌ترین نگرانی‌های جامعه امروزی است. انرژی زیست توده در میان انرژی‌های تجدیدپذیر، سهم قابل ملاحظه‌ای دارد. در این تحقیق سعی بر آن بود که پتانسیل تولید بیوگاز از جلبک آزولا، که با رشد خود مانع رسیدن نور واکسیژن کافی به موجودات گیاهی وآبزیان زیرسطحی شده و به عنوان یک تهدید بزرگ هم اکنون در شمال کشور ایران روبه گسترش است، بررسی شود. با مقایسه میزان بیوگاز تولیدی جلبک آزولا در حالت آزولای خام و پخته می‌توان به این نتیجه دست یافت که میانگین مقدار تولید گاز روزانه ۱۰۱۲ ml برای آزولای خام و ۸۰۰ ml برای آزولای پخته بود. بنابراین استفاده از پیش تیمار حرارتی تاثیری در تولید بیوگاز از جلبک آزولا ندارد . از آنجائی‌که اعمال پیش تیمار حرارتی هزینه‌بر و زمان‌بر است بنابراین آزولای خام را می‌توان مستقیما بارگذاری و تولید بیوگاز از آن کرد.

کلمات کلیدی: آزولا، بیوگاز، پیش‌تیمار حرارتی

Investigation and Comparison of Production of Biogas from Azolla Algae with Thermal Pre-treatment (Raw and cooked)

Majid Fardmanesh[1], Razieh Pourdarbani[2], Bahman Najafi[2]

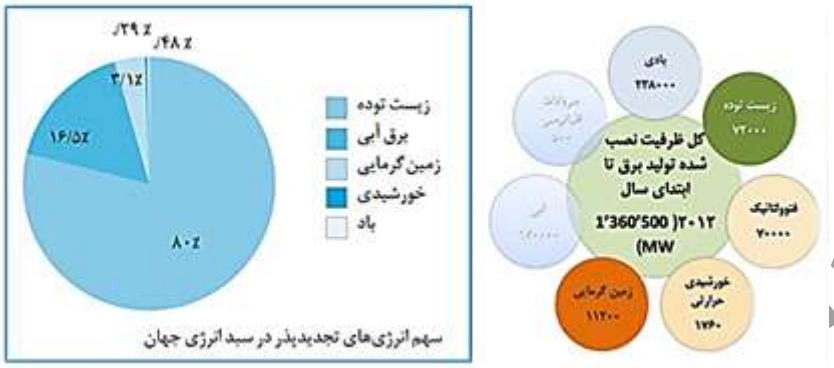
1. M.S. Student of biosystem engineering, University of Mohaghegh Ardabili
2. Faculty members of University of Mohaghegh Ardabili

Abstract: The energy crisis in recent years is one of the most important concerns of today's society. Biomass energy has a significant share in renewable energy. Azolla algae with its growth has prevented from enough oxygen and light reaching vegetation and subsoil plants and is now spreading as a major threat to the north of Iran. In this study, the biogas production potential of Azolla was investigated. By comparing the production of biogas from Azolla in the raw and cooked status, it can be concluded that the average amount of gas produced per day was 1012 ml for raw Azolla and 800 ml for cooked Azolla. Therefore, the use of thermal pre-treatment does not affect the production of biogas. Because thermal pre-treatment treatment is costly and time consuming, raw Azolla can be directly loaded and produced from biogas

۱) مقدمه

بحران‌های زیست محیطی جهان امروز، محصول استفاده از سوختهای فسیلی به صورت گسترده در بخش‌های مختلف جوامع انسانی، تولید حجم بالایی از انواع آلاینده‌ها، عدم مدیریت و نظارت بردفع این آلاینده‌ها و محدویت توان پالایندگی طبیعت است. بهره‌گیری از فناوری بیوگاز در مقیاس‌های خرد وکلان به عنوان رویکردی نویدبخش بخصوص در طرح‌های توسعه، مدیریت و ساماندهی ضایعات آلی تولید شده در مناطق شهری و روستایی مورد توجه قرار گرفته است. بیوگاز به عنوان یک منبع تجدیدپذیر انرژی با منابع اقتصادی–اجتماعی نقش بسیار به‌سزایی در حل معضلات زیست‌محیطی دارد.

انرژی زیست توده در میان انرژی‌های تجدیدپذیر، سهم قابل ملاحظه‌ای دارد وکشور ما نیز در بهره‌برداری از منابع مختلف آن از پتانسیل بالایی برخورداراست. امروزه برای منابع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر، فناوری‌های متنوعی توسعه یافته و یا در حال توسعه است که از آن جمله می‌توان به فناوری بیوگاز در مدیریت و بازیافت فاضلاب شهری وروستایی اشاره کرد (آدلارد و همکاران، ۲۰۱۵).



شکل ۱: سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی جهان

آزولا از جمله گونه‌های متعلق به خانواده Azollaceae است. آشنایی با آزولا در ایران به سال ۱۳۶۰ به دنبال مسافرت بعضی از محققان ایرانی به کشورهایی مانند فلیپین و چین شروع می‌شود که با هدف تثبیت طبیعی ازت در شالیزارهای استان گیلان از کشور فلیپین به ایران آورده شد. اما به دلایلی پس از مدتی کوتاه سر از آبگیرهای استان گیلان سر در آورد. ورود آزولا در منطقه گیلان طی چند سال اخیر پیامدهای ناخوشایندی به همراه داشته است. رشد بی رویه این گیاه تهدیدی مستقیم برای نابودی تالاب‌ها، برکه‌ها و آبگیرهای استان گیلان می‌باشد (فیلی‌زاده، ۱۳۸۱). بنابراین هدف از این تحقیق تبدیل یک تهدید بزرگ به یک فرصت در اقتصاد منطقه وکشور، جبران بخشی از هزینه های جمع آوری جلبک از سطح مزارع و تولید بخشی از انرژی در سبد انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران است.

۲) پیشینه تحقیق

در ایران، حمام شیخ بهایی (مربوط به قرن یازدهم هجری) احتمالاً نخستین حمام بوده که بوسیلهٔ گاز متان گرم می‌شده است. اولین هاضم کشور در سال ۱۳۵۴ در روستاهای نیاز آباد لرستان ساخته شد که ظرفیت آن به گنجایش ۵ متر مکعب بود و فضولات گاوی روستا را به بیوگاز مصرفی حمام تبدیل می‌نمود. در حال حاضر بیوگاز به عنوان یکی از منابع تامین انرژی دنیا مطرح است و این گاز را هم به طور مستقیم در تامین انرژی حرارتی و روشنایی و هم به عنوان یک گزینه مناسب برای استفاده در مولدهای احتراق داخلی، میکروتوربین‌ها، پیل‌های سوختی، به‌سازی و ارتقاء کیفیت تا حد گاز طبیعی برای مصرف خودرو و یا تزریق به شبکه گاز شهری، تولید برق و ... مورد استفاده قرار می‌دهند. همچنین در برخی مناطق صعب‌العبور که امکان استفاده و دسترسی به سایر منابع انرژی وجود ندارد با ایجاد دستگاه‌های بیوگاز می‌توان جوابگوی بسیاری ازمعضلات انرژی مورد نیاز منطقه بود (بوکنز و همکاران ۲۰۰۵).

برای تولید گاز متان از آزولا نیاز به تخمیر بی هوازی گیاه به شکل تنها و یا به همراه کاه برنج، فضولات گاوی و .. است. بقایای این فرآیند کودی مغذی برای مزارع محسوب شده و قابل کاربرد می‌باشد. امروزه تحقیقات نظام‌مند کمی بر روی آزولا به عنوان یک منبع بیوگاز صورت پذیرفته است، اما مطالعات داس و همکاران (۱۹۹۴) نشان داده است که بهترین نسبت آزولا و کود دامی برای تولید بیوگاز به شیوه صنعتی نسبت یک به چهار می‌باشد. برخی تحقیقات انجام شده بر روی آزولا برای تولید هیدروژن، یک سوخت پر انرژی بوده است. در این مطالعات مشخص شده است که هنگامی که آزولا در فضایی عاری از نیتروژن و یا محیطی با آب حاوی نیترات پایین، رشد می‌کند سیانوباکتری آنابنا موجود در گیاه، به جای تثبیت نیتروژن اقدام به تثبیت و تکامل هیدروژن درون گیاه کرده و میزان آن برابر با۷۶۰ نانومول در H_2 در هر گرم وزن تر آزولا در ساعت ثبت شده است.هال و همکاران(۱۹۹۵) نیز نشان دادند که میزان تولید هیدروژن با رعایت موارد زیر افزایش می‌یابد که شامل کشت و تولید آزولا در یک محیط محدود و حفاظت شده، تولید آزولا در خلاء ناقص و تزریق گاز آرگون و یا دی اکسید کربن غنی به محیط کشت می‌باشد.

سیاچوری (۲۰۱۷) تولید بیوگاز از سرخس آبی و کاه برنج بوسیله هضم بی‌هوازی را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از هاضم هاب بسته (بچ) در شرایط آزمایشگاهی وشرایط دمایی مزوفلینک در طول مدت ۳۰ روز استفاده شد. در این پژوهش مقادیر مطلوب SM:R.S به ترتیب ۶۰ ،۴۰-۰ و۱۰۰ وتولید تجمعی بیوگاز نیز به ترتیب ۱۰۳ ،۱۱۳-۸۳ و۹۲ ml/g vs بود. بیشترین تولید بیوگاز از متعلق به SM:RS 40:60 بانسبت

کربن به نیتروژن ۳۴/۸ با مقدار ۹۲/۱۱ml /g vs بود. بیوگاز حاصل از این SM:RS شامل ۶۰/۵۸٪ دی اکسید کربن و۷۳/. ٪ آب بود. خطای بین عملکرد بیوگاز اندازه گرفته شده و پیش‌بینی شده برای تخمیر ۳۰ روزه با استفاده از مدل‌های اصلاح شده گومپرتز ،کن ،اوردر مورد بررسی قرار گرفت که مقدار آنها به ترتیب ۶/۴۵-۹۶/. ٪ ،۳/۵۲ -۱۴/. و۱۵/۲۵ -۱/۹۷ ٪ بود و بنابراین مدل مخروطی برای طراحی حجم هاضم بی هوازی دسته‌ای مورد استفاده قرار گرفت. همبستگی مناسب از ماده جامد فرّار اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده R^2=./۹۹۲ بود.

فاضلی و همکاران (۲۰۱۴) پتانسیل تولید بیوگاز از بقایای حیوانات زراعی مورد بررسی قرار دادند. براساس این تحقیق مواد خام، مواد ارگانیک از زباله‌های حیوانی مزرعه منبع مهمی برای تولید بیوگاز می‌باشند. از آنجا که در سال‌های اخیر، تعداد حیوانات در مالزی به شدت رو به افزایش است. مقدار زیادی بقایای حیوانی از جمله کود، محتوای خون و شکمبه تولید می‌شود که منبع فراوانی از تولید بیوگاز را فراهم می‌سازد. این مقاله پتانسیل بیوگاز را از زباله‌های زیست‌محیطی تولید شده از حیوانات مزرعه و کشتارگاه‌های مالزی ارائه می‌دهد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که پتانسیل تولید ۴۵۸۹/۴۹ میلیون مترمکعب بیوگاز در سال می‌تواند از بقایای حیوانی در مالزی در سال ۲۰۱۲ تولید شود که این مقداربیوگاز توانایی تولید ۱۰ *۸/۲۷ گیلوت وات ساعت سال برق را برق را داراست.

۳) مواد و روش‌ها

برای تهیه و جمع‌آوری جلبک آزولا با مراجعه به استان گیلان، اقدام به جمع‌آوری جلبک آزولا از مزارع، ابگیرهای انزلی و شبکه‌های انتقال آب به شالیزارها شد. پس از انتقال گیاه آزولا به محل انجام آزمایش، در ابتدا اقدام به خشک کردن گیاه آزولا شد، از آنجائی‌که بیش از ۸۰٪ گیاه آزولا شامل آب بود، پس از خشک نمودن وزن محصول خشک شده با درصد رطوبت باقی مانده در محصول، بسیار کم بود. لذا برای رسیدن به مقدار وزنی لازم از گیاه آزولا، چندین بار به شمال و جمع‌آوری نمونه مراجعه شد. پس از خشک نمودن آزولا، نمونه‌ای از آن برای تجزیه‌ی عناصر مورد نیاز به آزمایشگاه ارسال گردید.

همچنین اقدام به تهیه شکمبه از گاوداری شد. برای غنی‌سازی، هم وزن شکمبه (۱ کیلوگرم) به آن، آب اضافه شد. مخلوط تهیه شده از شکمبه و آب در ظرفی در بسته قرار داده شد و در درجه حرارت ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ روز در آون قرار داده شد. همچنین از آنجائیکه لازم بود گیاه آزولا به نسبتی با فضولات گاوی مخلوط شود، با ارسال نمونه‌ای از فضولات گاوی به آزمایشگاه، برای تشخیص نسبت C/N اقدام گردید. مقدار C/N =26.73 برای فضولات گاوی و C/N =38.65 برای گیاه آزولا تعیین گردید.

جدول ۱- تهیه شده از مقادیر نسبت های محاسبه شده برای هر یک از هاضم های تولید بیوگاز

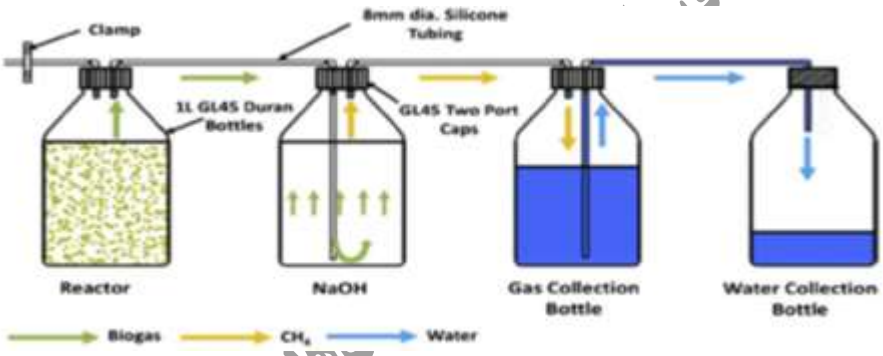
نمونه	آزولای خام	آزولای پخته	کود گاوی	آزولا	آب	C/N
۱	*		۳۳۳	۵۹/۱	۱۱۰۷/۵	۳۰
۲	*		۱۶۶/۶	۱۱۸/۲	۱۲۱۵/۱	۳۴
۳	*		۰	۱۷۷/۳	۱۳۲۲/۷	۳۸
۷		*	۳۳۳	۳۴۲/۷	۸۲۴/۳	۳۰
۸		*	۱۶۶/۶	۶۸۰/۸	۶۵۲/۴	۳۴
۹		*	۰	۱۰۲۱/۲	۴۷۸/۷	۳۸
۱۳	شاهد	شاهد	۵۰۰	--	۱۰۰۰	۲۶

برای تولید گاز تحت شرایط فعالیتهای باکتری مزوفیلی، با توجه به دمای مناسب ۳۷ درجه با تلرانس ۱درجه از ترموستات دیجیتالی مناسب استفاد گردید که همواره المنت گرم‌کن آب، آکواریوم (حمام گرم از جنس شیشه به ابعادcm ۴۰*۴۰*۲۰۰) را با وجود حسگرحرارت سنج، تحت کنترل قرار داد. همچنین به خاطر یکنواختی حرارت آب، لازم بود که با استفاده از دو عدد پمپ آب، اقدام به جابجایی و همزدن جریان آب در حمام هاضم‌ها شود.

برای جلوگیری از هدرروی گرما و کاهش استارت‌زنی رله گرم‌کن هیتر، از پوشش نایلونی استفاده شد. استفاده از پوشش نایلونی به غیر از موارد گفته شده باعث کاهش تاثیر درجه حرارت اتاق بر محیط پایلوت می‌شد. برای ایجاد شرایط استاتیکی مطلوب برای قرارگیری بطری‌ها باید تدابیری اندیشیده می‌شد؛ از جمله با توجه به شرایط شناور شدن بطری‌ها لازم بود به شکلی بطری‌ها در آب قرار گیرند که هم تعادل و هم ایستایی بطری‌ها رعایت شود. برای نگه‌داشت بطری‌ها در داخل حمام گرم به دلیل شناور شدن در آب، از قلاب‌های نگه دارنده استفاده شد. برای انتقال گاز از هاضم‌ها

از لوله‌های سرمی استفاده شد. برای هر هاضم، بیوگاز تولید شده ابتدا از طریق لوله اول به مخزن دوم تحت فشار وارد می‌شد و برای اینکه در مخزن دوم برای خود جا پیدا کند، با فشار خود بر سطح آب در مخزن دوم، باعث انتقال آب هم حجم خود از مخزن دوم می‌شد که با این کار با اندازه‌گیری این حجم خروجی آب در مخزن سوم، میزان حجم گاز تولید شده قابل اندازه‌گیری بود.

شکل - بستر آزمایش در حین تولید گاز



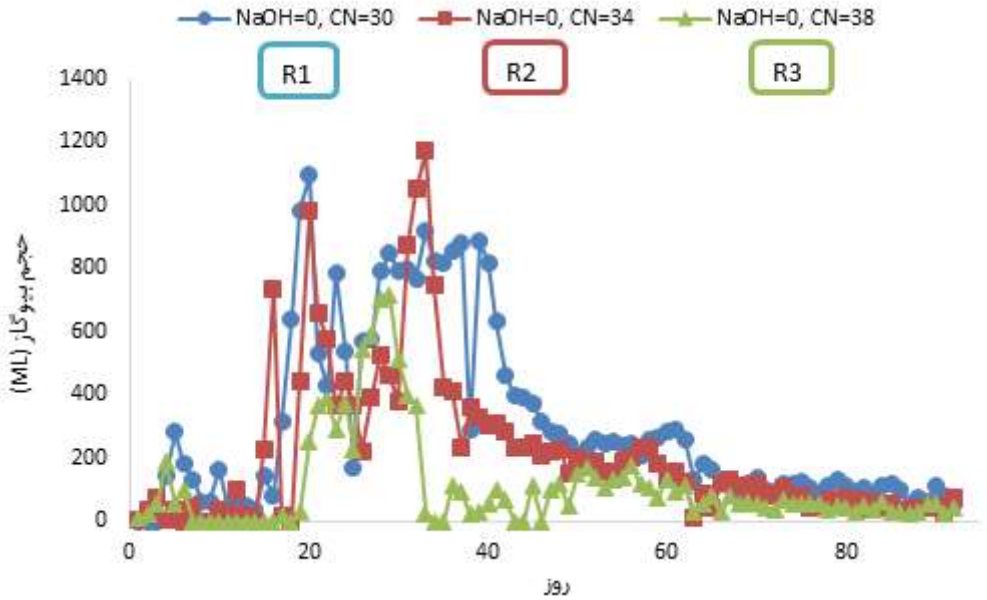
شکل ۲- نمایش گرافیکی اندازه‌گیری متان تولیدی (Power & Ware, 2016)

برای اندازه‌گیری و تجزیه عناصر کود گاوی و گیاه آزولا، با نمونه‌برداری یکنواخت از هر دو ماده‌ی مورد استفاده در هاضم به آزمایشگاهی در اردبیل مراجعه گردید. برای اندازه‌گیری خواص و عناصر، از روش استاندارد APHA استفاده گردید.

۴) نتایج و بحث

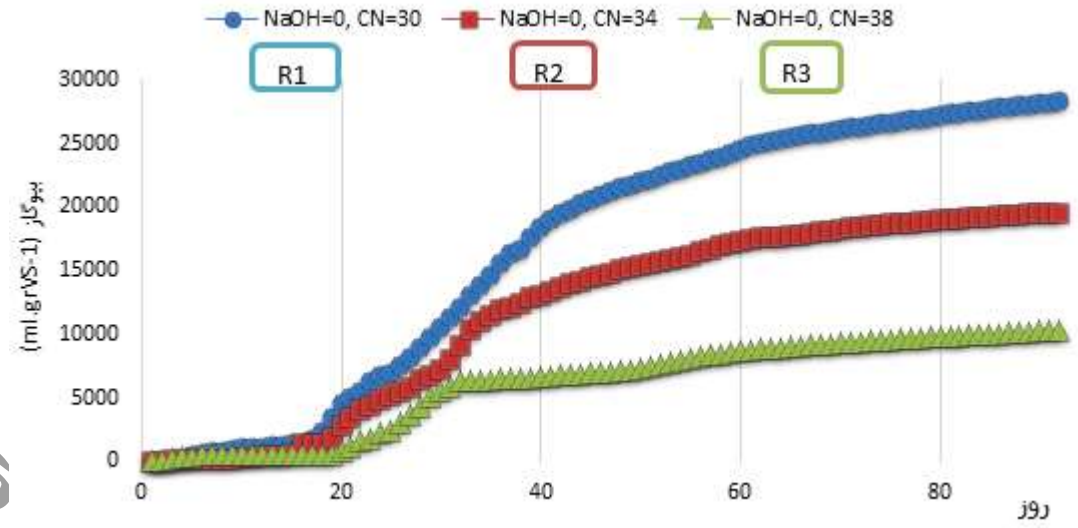
تاثیرات پارامتری، پیش‌تیمار حرارتی بر تولید بیوگاز در نرم افزارspss آنالیز شد. نتایج بیانگر این موضوع بود که همه نمونه‌ها تولید بیوگاز داشته‌اند. تولید روزانه بیوگاز و همچنین درصد متان تولیدی روزانه در قالب نمودارهای ..... ترسیم شد. میکروارگانیسم‌های تخمیرکننده در محیط، به عنوان استارتر و فعال‌کننده عمل می‌کنند. به همین منظور با تزریق باکتری‌های غنی‌شده که از قبل با برنامه‌ریزی تهیه گردید، به هنگام بارگذاری نمونه‌ها در راکتور تولیدی، به همراه دیگر مواد، به نمونه‌ها اضافه شد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



نمودار ۱- نرخ روزانه تولید بیوگاز از آزولای خام در تیمارهای R_3، R_2، R_1

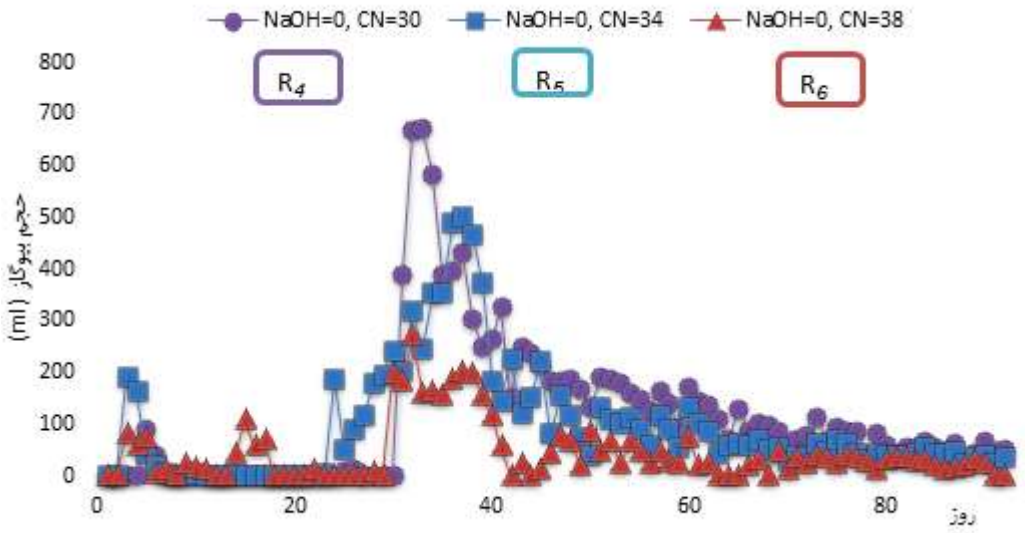
با بررسی سه تیمار R_3، R_2، R_1 در نمودار ۱ این نتایج حاصل می‌شود که با توجه به روند تولید R_3، R_2، R_1، مشاهده می‌شود که بعد از ۴۵ روز دیگر نیاز به بارگذاری نخواهد بود؛ چرا که بعد از آن هزینه‌های بیشتری صرف می‌شود. اگر نسبت C/N برابر با ۳۸ باشد، بعد از ۳۵ روز باید از ادامه‌ی تولید صرف نظر شود. ولی اگر نسبت C/N برابر ۳۰ باشد، می‌توان این بارگذاری را تا ۶۰ روز ادامه داد. در این مورد زمان ماند به ۶۰ روز هم خواهد رسید. حداقل ماند ۲۰ روز می‌باشد.



نمودار ۲- نرخ بیوگاز تولیدی تجمعی در تیمارهای R3، R2، R1

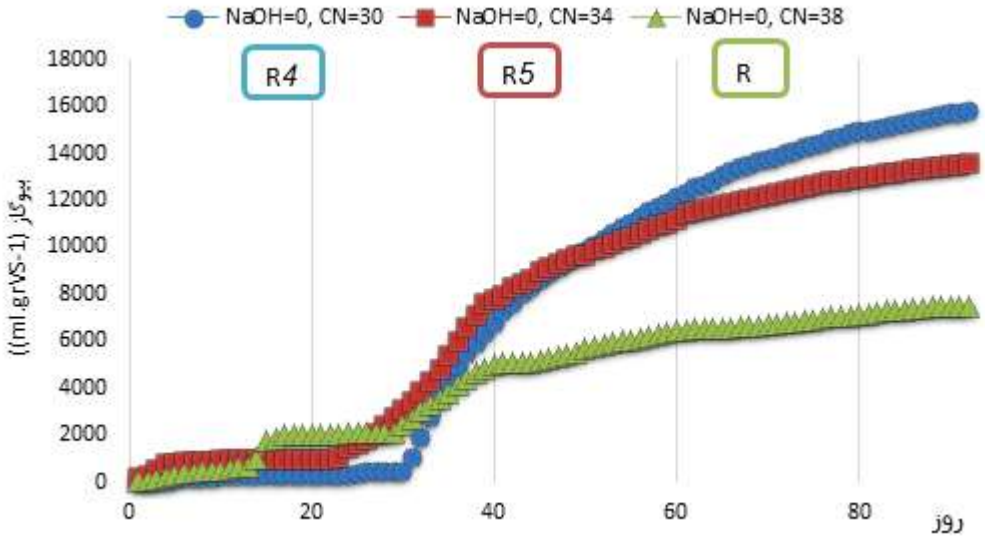
در سه تیمار R_3، R_2، R_1 در تولید بیوگاز روزهای اول تا ۲۰م تولید بیوگاز صفر بود و از روز ۲۰م به بعد به شکل جهشی تولید بیوگاز شروع شد، اما در ادامه کار تولید بیوگاز مخصوصا از روزهای ۳۰م فاصله تولید را نسبت به هم زیاد می‌کنند به طوری که نمونه R_1 تولید خود را به تدریج تا نزدیک به ۲۸ هزار ml/gvs می‌رساند و به دنبال آن R_2 نزدیک به ۲۰ml/gvs وکمترین مقدار تولید به R_3 با مقدار ۱۰

هزارml/gvs می‌رساند.



نمودار ۳- نرخ روزانه تولید بیوگاز از آزولای پخته در تیمارهای R_4، R_5، R_6

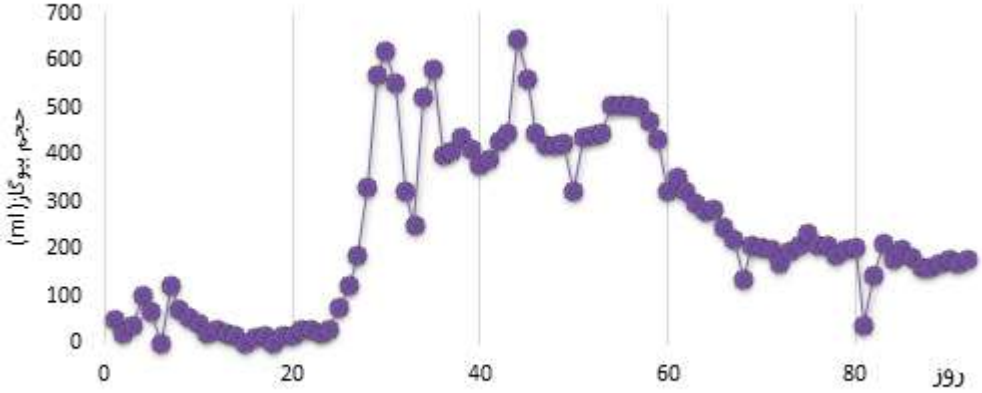
تیمارهای R_4، R_5، R_6 تولید بیوگاز را به صورت جهشی از روز ۲۳م شروع نمودند، در این بین ابتدا نمونه R_5 کار تولید را بطور جهشی شروع کرد و سپس R_4 و R_6. هر سه تیمار در روز۴۰م شروع به کاهش تولید کردند و نهایتا در روز ۹۲ به کار خود پایان دادند. اما نکته‌ی قابل توجه در این سه نمونه که با شرایط آزولای پخته (پیش‌تیمار حرارتی) بودند، این است که با توجه به افت نمودار تولید بیوگاز، از روز ۷۰ به بعد، دیگر تولید به صرفه نخواهد بود زیرا بعد از آن دیگر نیازی به بارگذاری نیست وت ولید تحت این شرایط به لحاظ هزینه‌های بیشتر به صرفه نخواهد بود. روز ۷۰م، زمان ماند را را در این سه تیمار با شرایط پیش‌تیمار حرارتی و بدون پیش‌تیمار شیمیایی مشخص می‌نمایند.



نمودار ۴- نرخ تجمعی بیوگاز تولیدی در R_4، R_5، R_6

همانطوری مشاهده می‌شود مقادیر تجمعی تولید تا۳۰م تقریبا یکسان نشان می‌دهد و با ایجاد بستر تولید مناسب برای میکروارگانیسم‌ها تولیدکننده بیوگاز، به صورت جهشی تولید بیوگاز برای هر سه در روزهای پس از ۲۴م اتفاق افتاده است. در این بین، نمونه R_7 با تاخیر بیشتر در زمان ماند در روزهای بعد از ۳۰م تولید خود را به صورت جهشی فوق العاده نسبت به رقبای دیگر هم گروه خود را اغاز می‌کند وبا عبور از سقف مسیر حرکتی دونمونه دیگر تا به انتها و نزدیک به میزان تولید ۱۶۰۰۰ ml/gvs می‌رساند. به دنبال آن نمونه R_8 کار تولید خود را از

روزهای بعد از ۲۰م آغاز نموده و با یک شیب نسبتا ملایم در تولید تجمعی سقف تولید خورا به زیر ml/gvs ۱۴۰۰۰ می‌رساند. آخرین نمونه تولیدکننده در روزهای ۱۲م اولین پیک خود را آغاز و در ادامه در جهشی کوتاه در روزهای بعد از ۳۵م روند تولید خود را ادامه می‌دهد وسقف تولید خود را در نهایت به زیر ml/gvs ۶۰۰۰می‌رساند.



نمودار ۵: نرخ تولید بیوگاز روزانه تیمار شاهد R_7

نکته قابل توجه در نمونه شاهد این است که یک شرایط طبیعی در تولید میکروارگانیسم‌های مزوفیلینگ مشاهده می‌شود. در شروع کار و وجود بستر قلیایی، تولید برای مدت ۲۵ روز مشاهده می‌شود، سپس با آماده شدن شرایط محیطی اسیدی، فعالیت میکروارگانیسم‌های تولیدکننده بیوگاز آغاز می‌گردد. با اوج‌گیری تولید بیوگاز با فعالیت میکروارگانیسم های مزوفلینک اولین پیک تولید اجرایی می‌شود و در ادامه مجددا بستر تولید با اتمام محیط اسیدیته به تدریج کم می‌گردد و رو به کاهش می گذارد. این روند کاهشی با افت کوتاهی به دلیل به اتمام رسیدن مواد ریز مغزی جهت خوراک میکروارگانیسم‌ها به تدریج طی چهار الی ۵ روز اتفاق می افتد. سپس مجددا با افزایش و تکثیر میکروارگانیسم‌ها، کار تولید اوج می گیرد و این بار به پیک بعدی تولید بیوگاز می‌رسیم. اینکه چرا در ادامه تولید سیر نزولی مشاهده می‌شود این است که ریز مغذی‌های تولید و تکثیر میکروارگانیسم ها به اتمام می‌رسد. نکته دیگری که از نمونه شاهد دریافت می‌شود، این است که تولید تحت شرایط طبیعی می تواند صرفه زمانی واقتصادی را داشته باشد. بنابراین استفاده از پیش تیمارهای حرارتی و شیمیایی چندان تاثیری در افزایش تولید به ما نشان نمی‌دهد.

نتیجه‌گیری

- ✓ استفاده از پیش تیمار حرارتی تاثیری در تولید بیوگاز از جلبک آزولا ندارد .
- ✓ از آنجائی‌که اعمال پیش تیمار حرارتی هزینه‌بر و زمان‌بر است خوشبختانه نتیجه تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از پیش‌تیمار حرارتی نیازی نیست و آزولای خام را می‌توان مستقیما بارگذاری و تولید بیوگاز از آن کرد.
- ✓ فقط در شرایط خام نسبت c/n موثر است؛ اینکه در نسبت C/N=۳۰یشترین تولید را داریم.

منابع

امیری م.، گنجی‌پور ع، موافق م. ۱۳۹۲. اولین همایش محیط زیست، انرژی و صنعت پاک. تهران.

فیلی‌زاده م.، ۱۳۸۱. بررسی اکولوژیکی رشد بیش ازاندازه آزولا در تالاب انزلی و چگونگی کنترل آن فمجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵ ،شماره ۱ .

Adelard ,L , Poulsen , T . G . , RaKotonia nia , V, 2015 . Biugas and methane Yied in response to co – and Separate digestion of biomass Wastes . Waste Managem ent & Reserch , 33:55-62

Buekens, A. 2005. Energy Recovery from Residual Waste by Means of Anaerobic Digestion Technologies. The Future of Residual Waste Management in Europe Conference

Das D., Sikdar K., Chetterjee A.K., 1994. Potential of Azolla as biogas generator and asa a fish feed. Indian journal of environment and health. Vol (36). pp:186-191

fazeli, H., Jafari, A., Ra, S., & Nosrati, M. (2014). An investigation of biogas production potential from livestock and slaughterhouse wastes, *34*, 380–386

Syaichurrozi, I.,2017. Biogas production from co-digestion *Salvinia molesta* and rice straw and kinetics. Renewable Energy . Vol(115), pp:76-86

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