

بررسی و تعیین قابلیت تولید برق از منابع زیست توده ایران (به روش هضم بیهوایی)

دکتر خشایار شکیبی، مهندس اکبر شعبانی کیا، مهندس علی نظری

فراوانی، در دسترس بودن و عدم ایجاد مشکلات زیست محیطی باعث می‌شود که مجموعه انرژی‌های تجدیدپذیر سهم روزافزونی را در تامین انرژی، در راستای توسعه پایدار جهانی به عهده گیرند.

بر اساس آمارهای موجود ۱۲/۳ درصد از انرژی اولیه جهانی در سال ۲۰۰۵ از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر تامین شده است که در این میان سهم انرژی زیست توده ۷۹/۷٪، انرژی برق آبی ۱۶/۵٪، انرژی زمین گرمایی ۳/۱٪، انرژی خورشیدی ۰/۲۹٪، انرژی بادی ۰/۴۸٪ در کنار سهم ناچیزی برای انرژی جزر و مد و امواج بوده است.

همچنین در آن سال انرژی تجدیدپذیر دومین منبع تامین‌کننده برق جهان با ۱۷/۹ درصد سهم بوده است که ۱۶/۱ درصد از برق جهان با برق آبی، ۱ درصد با زیست توده و ۰/۸ درصد توسط سایر منابع تجدیدپذیر تامین شده است. در سال ۲۰۰۵ مجموع ظرفیت نصب شده انواع نیروگاه‌های زیست توده در جهان به بیش از ۴۶۰۰۰ مگاوات و میزان برق تولیدی نیز بیش از ۲۵۰ تراوات ساعت رسیده است.

وسعت فراوان کشور و تنوع کمی و کیفی منابع زیست توده در ایران حکایت از وجود قابلیت مناسب برای تولید برق از منابع زیست توده در کشور دارد. فراوانی منابع زیست توده از یک طرف و مشکلات فراوان ناشی از رهاسازی این منابع با ارزش در طبیعت باعث توجه روزافزون سازمان‌ها و نهادهای دولتی و خصوصی به استفاده از فناوری هضم بیهوایی به عنوان راه حلی مناسب برای تولید انرژی (برق و حرارت) و حل مشکلات زیست محیطی پسماندهای آلی فسادپذیر شد.

نتایج تحقیقات عملی انجام شده توسط مولفین در راکتورهای آزمایشگاهی و نیمه صنعتی نشان می‌دهد که استفاده از فناوری هضم بیهوایی و احداث نیروگاه‌های بیوگازی می‌تواند راه حلی مطمئن برای ایجاد سهم مناسب زیست توده در تولید و تامین برق کشور در کنار حل مشکلات زیست محیطی پسماندهای آلی مختلف ایران شامل زباله‌های شهری، پسماندهای صنایع غذایی، فضولات دامی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی در راکتورهای بیهوایی آزمایشگاهی (هلیتری) و نیمه صنعتی (۱۰/۰۰۰ لیتری) در شرایط مزوفیلیک ارائه می‌شود. نتایج و داده‌های حاصل از این کار عملی می‌تواند در طراحی نیروگاه‌های بیوگازی بزرگ و کوچک در کشور به کار رود.

در فرآیند هضم بیهوایی مولکول‌های آلی درشت زنجیر تحت تاثیر میکروارگانیسم‌های بیهوایی در غیاب اکسیژن شکسته شده و به مولکول‌های ساده‌تر تبدیل می‌شوند. حاصل نهایی این فرآیند یک مخلوط گازی قابل اشتعال است که بیوگاز نام دارد. این گاز شامل ۷۰-۶۰ درصد متان و ۴۰-۳۰ درصد دی‌اکسیدکربن به همراه ناخالصی‌های جزئی دیگر است. این گاز بی‌رنگ و بی‌بو ارزش حرارتی ۵۲۹۰ kcal/m³ بوده و می‌تواند به طور مستقیم برای تولید برق، برق - حرارت و روشنایی به کار رود.

مکانیسم تولید بیوگاز در فرآیند هضم بیهوایی نسبتاً پیچیده و تحت تاثیر عوامل شیمیایی و بیوشیمیایی متنوعی است. این مکانیسم به طور کلی به سه مرحله تقسیم می‌شود.

مرحله اول: هیدرولیز مواد آلی پیچیده و نامحلول و تبدیل این مواد به ترکیبات محلول.

مرحله دوم: ترکیبات آلی محلول حاصل از مرحله اول به وسیله باکتری‌های اسیدساز شکسته شده و در نتیجه اسیدهای آلی تولید می‌شود. معمولاً هیدروکربن‌های پنج و شش کربنی در آب حل شده و توسط باکتری‌های اسیدساز مورد مصرف واقع شده و به ترکیباتی از قبیل هیدروژن، فورمات، استات، پروپیونات و گاز کربنیک تبدیل می‌شوند.

مرحله سوم: تمام ترکیبات آلی و اسیدهای تولید شده در مرحله اسیدسازی توسط باکتری‌های متان ساز به بیوگاز تبدیل می‌شوند.

فرآیند هضم بیهوایی در محدوده دمایی نسبتاً وسیع ۶۵-۱۰ درجه سلسیوس صورت می‌گیرد. مناسب‌ترین درجه حرارت برای تولید بیوگاز از نظر فنی و اقتصادی حدود ۳۷ درجه سلسیوس است.

فرآیند هضم بیهوایی و تولید بیوگاز مانند سایر واکنش‌های بیوشیمیایی تحت تاثیر عوامل شیمیایی و فیزیکی متنوعی است که مهمترین آنها عبارتند از: دما، pH، نسبت C/N، میزان حضور عوامل سمی، میزان مواد مغذی موجود در محیط، سرعت همزدن، ثبات و پایداری سیستم و...

کشور ایران دارای پتانسیل قابل توجهی از منابع زیست توده است. زباله‌های شهری، پسماندهای صنایع غذایی، فضولات دامی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی از منابع عمده زیست توده کشور هستند. مطابق بررسی‌های کشوری انجام شده در سال ۱۳۷۶-۱۳۷۵ پتانسیل ۵ منبع عمده کشور ۸۴۱ PJ (۵/۱۳۲ میلیون بشکه معادل نفت خام) برآورد شده است. این رقم معادل ۱۷ درصد از عرضه نهایی انرژی کشور در سال ۱۳۸۲ است.

بررسی تجربیات جهانی و نتایج تحقیقات انجام شده در راکتورهای آزمایشگاهی و نیمه صنعتی در کشور نشان می‌دهد که استفاده از فناوری هضم بیهوایی و احداث نیروگاه‌های بیوگازی می‌تواند به عنوان راه حلی مطمئن برای تولید برق از منابع زیست توده فسادپذیر مدنظر قرار گیرد.

قابلیت تولید برق از منابع متنوع زیست توده فسادپذیر تابعی از ساختار شیمیایی و فیزیکی منبع است. تعیین پتانسیل کیفی و آگاهی از میزان قابلیت تولید برق از منابع متنوع زیست توده از اطلاعات اولیه ضروری برای طراحی نیروگاه‌های بیوگازی از منابع مختلف (زباله، پسماندهای فسادپذیر صنایع غذایی، فضولات دامی، لجن و فاضلاب شهری و...) است.

در این تحقیق به منظور تعیین میزان پتانسیل کیفی تولید برق از منابع متنوع زیست توده، ابتدا راکتورهای مناسب طراحی و ساخته شد. سپس در شرایط مناسب عملیاتی در راکتورهای بیهوایی، مطالعات در محدوده دمایی مزوفیلیک انجام گرفت.

در این مقاله ضمن معرفی راکتورهای ساخته شده، روش انجام کار، نتایج مطالعات هضم بیهوایی و پتانسیل تولید برق از منابع مختلف ارائه می‌شود. مشخصات راکتورهای به کار رفته:

۱- راکتور آزمایشگاهی:

راکتور طراحی شده برای این مطالعات دو جداره بوده و از جنس شیشه ساخته شده است و دارای حجم مفید ۴ لیتر است. با استفاده از سیرکولاسیون آب گرم در جداره بیرونی راکتور، با کمک یک دستگاه بن‌ماری و یک عدد پمپ، دمای محتویات به طور منظم کنترل شده و با استفاده از یک همزن مغناطیسی مناسب در فواصل زمانی منظم محتویات راکتور به هم زده می‌شود. همچنین بیوگاز تولیدی از طریق لوله خروجی به یک مخزن گاز شیشه‌ای شناور منتقل، ثبت و جمع‌آوری می‌شود.

۲- راکتور نیمه صنعتی:

راکتور به کار رفته در این مطالعات دارای حجمی برابر ده هزار لیتر است که جهت کنترل دما کاملاً ایزوله شده و برای گرم کردن خوراک و ایجاد شرایط مناسب مجهز به سیستم کویل داخلی است. برای سیرکولاسیون محتویات، یک دستگاه پمپ لجن‌کش در داخل آن تعبیه شده است. این راکتور دارای تجهیزات مناسب برای اندازه‌گیری و نگهداری گاز تولیدی است.

۳- روش انجام کار:

ابتدا نمونه‌هایی به وزن یکسان از منابع مختلف بیومس (زیست توده) تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها توسط یک سیستم خردکن، خرد شده و به ذراتی به اندازه تقریبی ۳-۳ m۶۰۰ تبدیل شد. پس از کنترل نسبت C/N با ایجاد شرایط بهینه محلولی به غلظت ۴-۳ درصد از هر نمونه تهیه و سپس در راکتورهای بی‌هواری (در شرایط مزوفیلیک) فرآیند هضم بی‌هواری نمونه‌ها به طور جداگانه (اختصاصی) مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای درصد TS، مناسب‌ترین زمان توقف، پتانسیل کیفی تولید بیوگاز، درجه خلوص متان تولیدی اندازه‌گیری، ثبت و تعیین شد که نتایج حاصله در ذیل خواهد آمد.

۴- معرفی دستگاه‌ها و روش انجام آزمون:

در این مطالعه علاوه بر طراحی و ساخت راکتور بی‌هواری، از دستگاه‌های اسپکتروفتومتر UV-VIS، دستگاه سنجش BOD (BOD meter) و دستگاه سنجش COD (COD meter) دستگاه سنجش اسیدیته، انکوباتورهای قابل برنامه‌ریزی مختلف، دستگاه گاز کروماتوگرافی و به همراه روش‌های کلاسیک جهت بررسی و انجام آزمون‌های مورد نیاز استفاده شد. کلیه آزمون‌ها نیز مطابق با روش‌های استاندارد متد انجام شد.

۵- نتایج عملی تعیین پتانسیل کیفی تولید برق از منابع زیست توده:

الف- هضم بی‌هواری زباله شهری ایران:

پس از نمونه‌برداری و آماده‌سازی خوراک مناسب از زباله شهری مطابق روش انجام کار، راکتور بارگیری و هضم بی‌هواری مورد بررسی قرار گرفت. در شرایط مزوفیلیک مناسب‌ترین زمان ماند ۲۰ روز پتانسیل کیفی تولید بیوگاز ۲۲۰ مترمکعب به ازاء هر تن TS و درجه خلوص متان تولیدی ۵۷ درصد تعیین شد.

ب- هضم بی‌هواری فاضلاب چاه‌های خانگی:

پس از بارگیری راکتور مطابق روش انجام کار و انجام مطالعات هضم بی‌هواری در دمای ۳۵ درجه سلسیوس مناسب‌ترین زمان ماند ۱۵ روز، پتانسیل کیفی تولیدی و گاز ۱۶۹/۵ مترمکعب به ازاء هر تن TS و درجه خلوص متان ۵۲ درصد تعیین شد.

ج- هضم بی‌هواری فضولات دام و طیور:

هضم بی‌هواری فضولات دامی مختلف شامل فضولات گاو، فضولات گوسفندی و کود تازه مرغی نیز به طور جداگانه در راکتور در دمای ۳۵ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت نتایج حاصله در جدول شماره چهار آمده است. چکیده هضم بی‌هواری فضولات گاو در جدول ۵ ارائه شده است.

سپس بعد از هضم فضولات گاو مواد خروجی از راکتور، ته‌نشین شده و به دو قسمت مایع و جامد تبدیل شد و آزمایشات BOD, COD روی قسمت مائی آن انجام گرفت. نتایج به شرح زیر در جدول ۶ آورده شده است:

د- هضم بی‌هواری زائدات کشاورزی و پسماندهای غذایی:

هضم بی‌هواری زائدات کشاورزی مختلف شامل ذرت، جو، علف و چمن تازه، کاه برنج، موز، سیب‌زمینی نیز به طور جداگانه مطابق شرایط استاندارد در دمای ۳۵ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت که چکیده نتایج حاصله در جدول ۷ آورده شده است.

بحث و نتیجه:

بدون شک آمار ابزار اصلی یک برنامه‌ریز است و پایه و اساس هر کار پتانسیل‌سنجی دستیابی به آمار و اطلاعات کمی و کیفی صحیح و قابل استفاده است. منابع زیست توده در ایران دارای تنوع کمی و کیفی مناسبی هستند. سالانه ۱۵/۶ میلیون تن زباله شهری، ۴/۶ میلیارد مترمکعب فاضلاب شهری، ۳۲۸/۵ میلیون تن فضولات دامی در کنار حجم وسیع پسماندهای کشاورزی و زائدات جنگلی در ایران تولید می‌شود. همانطور که در متن مقاله آمده است این پسماندهای آلی قابلیت مناسبی برای کاربری در فرآیند تولید انرژی و برق به روش هضم بی‌هواری دارند و در صورت احداث نیروگاه‌های بیوگازی در کشور می‌توان قسمت قابل توجهی از برق مورد نیاز کشور را تامین کرد. در کنار تولید انرژی، کنترل صحیح پسماندها و زائدات آلی، حفظ محیط زیست، کاهش بیماری‌های انگلی و واگیردار، کاهش اثرات گلخانه‌ای از مزایای مهم اجرای طرح‌های بیوگازی است که می‌تواند مدنظر مسئولین در امور برق و انرژی، بهداشت و حفظ محیط زیست قرار بگیرد.