ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی الکتریکی از ضایعات صنایع قند و شکر

محسن ثقوری[1*]، رضا عبدی[2]، محمدعلی میسمی[2]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز

۲- عضو هئیت علمی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز

* ایمیل نویسنده مسئول: saghouri.mohsen@gmail.com

چکیده

با توجه به افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در جهان، همچنین قیمت و اثرات زیست محیطی آن‌ها، امروزه نیاز و علاقه به جایگزینی آن‌ها با منابع جدید و تجدیدپذیر انرژی زیاد شده است. هضم بی‌هوازی یکی از روش‌های جذاب برای تولید بیوگاز از مواد آلی می‌باشد. یکی از منابع مهم ضایعات زیستی، ضایعات آلی کارخانه‌های صنایع غذایی می‌باشد. ضایعات صنایع قند و شکر در شهرستان مشهد حجم عظیمی از این ضایعات را به خود اختصاص داده است. در این پژوهش پتانسیل تولید بیوگاز به روش هضم بی‌هوازی و در نهایت میزان انرژی حاصل از آن برای یک سال از محل این ضایعات برآورد گردید. ابتدا با مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای و مصاحبه و مراجعه به آمارنامه‌های موجود میزان تولید سالیانه این صنعت در منطقه مورد نظر برآورد گردید. سپس با مراجعه به یکی از کارخانه‌ها نسبت ضایعات به عنوان درصدی از تولید تعیین و نمونه گیری از آن انجام شد. آنگاه خصوصیات لازم برای هضم بی‌هوازی اندازه گیری شد. سپس با توجه به اینکه میزان بیوگاز مستقیما به مواد جامد فرار ماده مورد نظر بستگی دارد میزان تولید بیوگاز ۱۶۴۱۰۲۴ مترمکعب و درنتیجه انرژی الکتریکی سالیانه از محل این ضایعات۱۳/۱۲ گیگاوات ساعت برآورد گردید. نتایج نشان داد این مقدار انرژی الکتریکی بسیار قابل ملاحظه بوده و می‌تواند بخش زیادی از انرژی مورد استفاده در این صنعت را تامین کند.

واژگان کلیدی: انرژی‌های تجدیدپذیر، بیوگاز، تولید انرژی الکتریکی، ضایعات صنایع قند و شکر، هضم بی‌هوازی

مقدمه

با توجه به افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در جهان، همچنین قیمت و اثرات زیست‌محیطی آن‌ها، امروزه نیاز و علاقه به جایگزینی آن‌ها با منابع جدید و تجدیدپذیر انرژی زیاد شده است. این منابع جدید انرژی، قابل دسترس، بدون آلودگی و عملا پایان ناپذیر هستند. این ویژگی‌های عمده در منابع جدید و تجدیدپذیر انرژی باعث شده است که این منابع برای آینده کشورهای در حال توسعه اهمیت یابند. در کشور ما نیز با توجه به نیاز روزافزون انرژی و محدودیت‌های انرژی فسیلی، سالم نگه داشتن محیط زیست،

کاهش آلودگی هوا و تامین سوخت برای روستاهای دور افتاده، منابع جدید انرژی دارای جایگاه ویژه‌ای است. بیوگاز یکی از این تکنولوژی‌های تجدیدپذیر انرژی می‌باشد که فواید فراوانی در آن جمع شده است (Arbabi and Omrani, 2011).

با توجه به هزینه پایین سیستم بی‌هوازی در مقایسه با فرآیند های دیگر و سادگی فن‌آوری آن، شرایط آب و هوایی و انواع زباله های موجود در ایران، به نظر می‌رسد که اگر اولویت به سیستم بی‌هوازی داده شده، سپس نیروگاه‌های بیوگاز احداث شوند، علاوه بر تامین قسمتی از نیاز انرژی جامعه، کود غنی شده و آب آبیاری، می‌توانند آلاینده های میکروبی و شیمیایی و گازهای گلخانه ای را کاهش دهند. حذف بوی نامطبوع و حشرات مضر از حومه شهر برخی از مزایای قابل ذکر استفاده از هضم بی‌هوازی برای کنترل زباله ها می‌باشد. با توجه به مقدار روز افزون انواع مختلف مواد زائد آلی (حدود ۱۵ میلیون تن در روز) در ایران، کار بر روی کنترل مواد زائد و تولید بیوگاز اجتناب ناپذیر است. بر خلاف سایر انرژی های تجدید پذیر، بیوگاز برای تولید انرژی محدودیت جغرافیایی نداشته، به فن آوری پیچیده و انحصاری نیاز ندارد (Taleghani and Shabani Kia, 2005). این گاز در هنگام سوختن کاملا بی بو و بدون دود بوده و اثر سوئی بر محیط زیست ندارد. افزون بر این، پراکندگی پسماندهای دامی و ضایعات مواد آلی که خود می‌تواند پرورشگاه حشرات موذی ناقل بیماری‌های مختلف و انگل‌های مولد بیماری‌های خطرناک باشد، بدین صورت از محیط زیست انسان زدوده می‌شود و در اثر تخمیر در مولدهای بیوگاز و نابودی آن‌ها، بهبود چشمگیری در بهداشت محیط زیست به وجود می آورد و مزرعه‌ها را از آفت زدگی محافظت می‌کند و بدین گونه از انتشار بیماری ها به طور موثری پیشگیری شده و مناطق روستایی ایمنی بیشتری می یابند. این وسیله مهمترین روش پاکسازی محیط زیست در مناطق روستایی است (Fazli, 1986).

مجموعه گازهای تولید شده از تجزیه و تخمیر فضولات حیوانی یا انسانی و گیاهی را که در نتیجه فقدان اکسیژن و فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی، به ویژه متان زا در یک محفظه تخمیر به وجود می آید اصطلاحا بیوگاز می نامند (Omrani, 1996; Jiang *et al*., 2011). به طور کلی میانگین ترکیب بیوگاز به دست آمده از هاضم‌ها شامل ۷۵–۴۰ درصد متان، ۴۰–۲۵ درصد دی اکسید کربن و مقادیر ناچیزی از گازهای دیگر می‌باشد (Arthur *et al*., 2011). سوختن یک متر مکعب بیوگاز، می‌تواند ۵۵۰۰ تا ۶۵۰۰ کیلو کالری حرارت تولید کند. یک متر مکعب بیوگاز معادل ۰/۴ کیلوگرم سوخت دیزل، ۰/۶کیلوگرم نفت و یا ۰/۸ کیلوگرم زغال‌سنگ می‌باشد (Fazli, 1986).

هضم بی‌هوازی یک فرآیند بیوشیمیایی چند بعدی است که قادر به تبدیل تقریبا تمام انواع مواد آلی زیست تخریب پذیر تحت شرایط بی‌هوازی به انرژی غنی بیوگاز شامل متان و دی اکسید کربن می‌باشد (Mshandete *et al*., 2006; Singh and Prernna, 2009). با یک طرح و برنامه ریزی مناسب، فرآیند هضم بی‌هوازی که میلیون ها سال است در طبیعت فعالیت می‌کند می‌تواند برای تبدیل ضایعات از مشکل به یک سرمایه، مدیریت شود (Singh and Prernna, 2009). روش بی‌هوازی در مقایسه با فرآیند هوازی برای اجرای فرآیند، به انرژی کمتری نیاز دارد، هزینه سرمایه گذاری اولیه آن کمتر است و لجن کمتری تولید می-کند. تولید بیوگاز با استفاده از فرآیند تجزیه بی‌هوازی یک منبع خوب انرژی تجدیدپذیر جایگزین است (Coskun *et al*., 2012).

در پژوهشی هضم بی‌هوازی ترموفیلیک (۵۵ درجه سانتی‌گراد) ریشه‌های چغندرقند انجام گردید. در این آزمایش یک بطری شیشه-ای به حجم ۵ لیتر به عنوان هاضم بی‌هوازی استفاده گردید. هاضم به منظور تامین شرایط ترموفیلیک در انکوباتور با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. میزان بیوگاز و متان به صورت روزانه اندازه‌گیری شدند. نتایج مشخص کرد این ضایعات دارای مواد جامد ٪۱۱/۵ و مواد جامد فرار ٪۹۰/۴ می‌باشد که پتانسیل بالایی برای استفاده در هضم بی‌هوازی را نشان دادند. پتانسیل متان بیوشیمیایی این ضایعات حدود ۲۹۵ لیتر متان در شرایط استاندارد به ازای هرکیلوگرم مواد جامد فرار را نشان داد (Liu *et al.*, 2008).

در پژوهشی تولید گاز پخت و پز از ضایعات صنایع قند و شکر ارزیابی گردید. بدین منظور ابتدا خصوصیات گل فیلتر حاصل از ضایعات کارخانه‌های قند و شکر تعیین گردید. این ضایعات حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای مواد آلی بین ٪۷۳ تا ٪۷۷ بود. بعد از آنالیز اجزا تشکیل دهنده و مشخص شدن مناسب بودن آن، مطالعه مقیاس آزمایشگاهی اجرا گردید. نتایج نشان داد بیشترین میزان بیوگاز از گل فیلتر به عنوان خوراک زمانی می‌تواند تولید گردد که غلظت مواد جامد بین ٪۶ تا ٪۸ باشد، خارج از این محدوده نرخ تولید کاهش می‌یابد. نشان داده شد متوسط بیوگاز ۰/۳۹ لیتر در روز، در غلظت ٪۸ بیشتر از سایر غلظت‌ها بود (Thangamuthu, 2010).

در تحقیقی آزمایش تولید بیوگاز از بعضی ضایعات از جمله گل فیلتر کارخانه‌های قند انجام گردید. مواد جامد و مواد جامد فرار این ضایعات اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به لجن فاضلاب که به منظور ماده تلقیح استفاده گردید، اضافه شد و در طول آزمایش در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بیوگاز و متان تشکیل دهنده آن اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد این ضایعات دارای ۲۰۸/۷ گرم مواد جامد به ازای هر کیلوگرم ضایعات و ۱۶۳/۸ گرم مواد جامد فرار به ازای هر کیلوگرم ضایعات معادل ٪۷۸/۵ مواد جامد می‌باشد. از این ضایعات ۵۱۳/۵ میلی‌لیتر بیوگاز به ازای هر گرم مواد جامد فرار معادل ۸۴/۱ مترمکعب به ازای هر تن ضایعات حاصل گردید که در مقایسه با سایر مطالعات قبلی میزان قابل ملاحظه‌ای بود. درصد متان تشکیل‌دهنده بیوگاز حاصل ٪۶۱/۴ به دست آمد (Frederiks, 2012).

در پژوهشی دیگر ارزیابی تولید بیوگاز با استفاده از ضایعات گل فشرده نیشکر بررسی گردید. تست آزمایشگاهی در هاضم بی‌هوازی محفظه شناور با ظرفیت ۱ مترمکعب در فرآیند پیوسته اجراگردید. کود گاوی به عنوان ماده تلقیح استفاده شد. سپس خوراک اولیه شامل گل فشرده در ۲ حالت تر و خشک با نسبت مساوی ضایعات به آب ۱:۱ تغذیه گردید و فرآیند در ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد در شرایط مزوفیلیک ثابت نگهداشته شد. بیشترین میزان بیوگاز ۰/۶۸ متر مکعب از گل فشرده خشک و غلظت متان ٪۶۷ بود (Sathish and Vivekanandan, 2015).

در تحقیقی متان‌سازی زیستی محصولات جانبی چغندرقند بوسیله هضم نیمه پیوسته به صورت هضم تک ماده و هضم مشترک با کود گاوی مطالعه گردید. ابتدا خصوصیات فیزیکوشیمیایی ضایعات تعیین گردید. سپس آزمایش هضم بی‌هوازی در هاضم نیمه پیوسته تحت همزنی مداوم ساخته شده از استیل ضدزنگ به حجم کاری ۱۰ لیتر طراحی گردید. هاضم‌ها در شرایط مزوفیلیک (دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد) توسط سیستم چرخش آب گرم نگهداشته شدند. نتایج تحلیل فیزیکوشیمیایی نشان داد که محصولات جانبی چغندرقند حاوی ٪۸۹/۵ مواد آلی (مواد جامد فرار) می‌باشد. مواد آلی بالا این ضایعات را سوبسترای مناسبی برای تولید بیوگاز نشان داد. نتایج آزمایش هضم بی‌هوازی نشان داد بیشترین میزان تولید متان معادل ۲۲۵/۷۱ میلی‌لیتر متان به ازای هر گرم مواد جامد فرار اضافه شده در زمان ماند هیدرولیکی ۲۰ روز از این ضایعات حاصل گردید که ٪۵۴/۴۸ بیوگاز به دست آمده را تشکیل داده بود. همچنین هضم مشترک این ضایعات با کود گاوی زمان ماند هیدرولیکی را به ۱۵ روز کاهش داده و باعث بهبود عملکرد هاضم و افزایش تولید بیوگاز به میزان ٪۳۲ گردید (Aboudi *et al*., 2016).

شهرستان مشهد یکی از قطب‌های عظیم کشاورزی و تولید فرآورده‌های غذایی در ایران می باشد که سالانه حجم بسیار عظیمی از ضایعات و پسماند در آن تولید می‌شود. همچنین شهر مشهد به عنوان دومین شهر بزرگ کشور سالانه شاهد تولید حجم انبوهی از زباله های مختلف شهری می باشد. در شهرستان مورد نظر پروژه برآورد توان ذاتی تولید بیوگاز از زباله های شهری توسط سازمان انرژی های نو انجام شده است. با توجه به بررسی های اولیه با استفاده از آمارنامه‌های سازمان جهاد کشاورزی و وزارت صنعت، معدن و تجارت و اینکه میزان ضایعات به عنوان درصدی از تولید بیان می‌شود ضایعات کارخانجات فرآوری مواد غذایی بخش عظیمی از میزان ضایعات سالیانه این شهر را به خود اختصاص داده است. با توجه به سیاست‌های اعلام شده در خصوص هدفمند کردن یارانه‌ها در کشور، حامل‌های انرژی غیر فسیلی نیز مزایای نسبی خود را بدست خواهند آورد و در نتیجه مورد توجه قرار خواهند گرفت. بنابراین لازم است از هم اکنون منابع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر مورد ارزیابی و امکان‌سنجی قرار گیرند. در همین راستا بررسی پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات و امکان‌سنجی آن برای استفاده به عنوان مصارف انرژی، امری مفید و ضروری است. در مطالعه حاضر به عنوان هدف اصلی پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات صنایع قند و شکر در شهرستان مشهد ارزیابی می‌گردد که اهداف جزئی زیر را شامل می‌شود:

۱- تعیین میزان ضایعات سالانه صنایع قند و شکر شهرستان مشهد

۲- بررسی ضایعات صنایع قند و شکر و تعیین ویژگی‌های مورد نظر برای تولید بیوگاز در آن‌ها

۳- ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از ضایعات صنایع قند و شکر شهرستان مشهد

مواد و روش‌ها

پتانسیل انرژی بیوگاز در دو مرحله تعیین می‌شود:

۱- تعیین مقدار ضایعات مورد نظر در منطقه: با مراجعه به آمارنامه های موجود، سایت‌های مربوطه و مصاحبه با کارشناسان

۲- تعیین پتانسیل بیوگاز ضایعات برآورد شده: بر اساس منابع معتبر علمی و آزمایش‌های قبلی (Afilal *et al*., 2010).

در این پژوهش ابتدا صنایع قند و شکر شهرستان مشهد مطالعه و آمار و اطلاعات مربوط به میزان تولید و میزان ضایعات آن‌ها با استفاده از آمارنامه‌های موجود، پرسشنامه و مصاحبه حضوری تعیین و گردآوری شد.

میزان تولید سالانه و ضایعات آن‌ها: واحدهای صنعتی موجود در منطقه مجوز فعالیت خود را از دو طریق اداره صنعت معدن تجارت و جهاد کشاورزی اخذ می کنند. با مراجعه به سالنامه آماری بخش کشاورزی استان خراسان رضوی و سایت وزارت صنعت، معدن تجارت میزان تولید سالیانه صنعت مورد نظر برآورد گردید. (جدول۱)

در مورد نسبت ضایعات این صنعت با مراجعه حضوری و مصاحبه با کارشناس کارخانه‌های قند و شکر مشخص گردید نسبت ضایعات در قسمت‌های مختلف این صنعت متفاوت است به طوری‌که در مورد تولید قند و شکر از چغندرقند ۵ درصد و در مورد صنایع جانبی ۱ درصد درنظر گرفته می‌شود.

نمونه گیری

ضایعات مورد نظر از محل مرکز تحقیقات قند و شکر تهیه گردید. از ضایعات محصولات موجود نمونه برداری شد. نمونه به آزمایشگاه کارخانه بازیافت مشهد منتقل شده تا خصوصیات لازم اندازه گیری گردد.

اندازه گیری خصوصیات لازم برای هضم بی هوازی

مهمترین عوامل موثر در تولید بیوگاز عبارتند از: حرارت، خاصیت اسیدی، نسبت کربن به ازت و درصد مواد جامد فرار(VS[۱]) که از عوامل ذکر شده نسبت کربن به ازت و درصد مواد جامد فرار مستقیما به نوع ماده مورد نظر بستگی دارد (Deublein and Steinhauser, 2008). بنابراین خصوصیات مربوط به ضایعات موردنظر در آزمایشگاه تعیین شد.

خصوصیات لازم مورد نظر برای تخمین پتانسیل تولید بیوگاز از روش‌های استاندارد شماره ۱۳۳۲۰ سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تعیین گردید (استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۳۲۰، ۱۳۹۰). این خصوصیات شامل رطوبت، درصد مواد جامد، درصد مواد جامد فرار، درصد کربن و درصد نیتروژن می باشد. (جدول۲)

محاسبه میزان بیوگاز و انرژی معادل بر اساس خصوصیات

[۱] - Volatile Solids

میزان تولید بیوگاز از واحد وزن ضایعات بسته به شرایط مختلف متفاوت است ولی معمولا بین ۰/۴ تا ۰/۶ متر مکعب بر هر کیلوگرم مواد جامد فرار حاصل می‌گردد. همچنین انرژی موجود در بیوگاز از ۶ تا ۱۰ کیلووات ساعت(بسته به درصد متان موجود در آن) به ازای هر مترمکعب بیوگاز برآورد شده است (Deublein and Steinhauser, 2008).

نتایج و بحث

آمار تولید سالیانه صنعت قند و شکر در شهرستان مشهد مطابق جدول ۱ می باشد.

جدول ۱: آمار تولید صنایع قند و شکر در شهرستان مشهد (آمارنامه، ۸۹) و (آمارنامه، ۹۱)

نوع فعالیت	میزان (تن در سال)	نسبت ضایعات (درصد)
تولید قند و شکر از چغندرقند	۴۶۰۰۰	۵
صنایع جانبی	۱۲۵۰۰۰	۱
مجموع تولید	۱۷۱۰۰۰	
مجموع ضایعات	۱۴۸۰۰	

همانطور که قبلا ذکر شد، میزان ضایعات در بخش‌های مختلف این صنعت متفاوت می‌باشد. با توجه به صنایع موجود در شهرستان و آمار موجود تا زمان اجرای طرح، همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، میزان ضایعات این صنعت ۱۴۸۰۰ تن در سال برآورد گردید.

خصوصیات لازم موردنظر برای تخمین پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات مورد نظر در جدول ۲ آورده شده است. همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود بیشتر ضایعات صنایع قند و شکر از درصد مواد جامد فرار بالای ۹۰ درصد برخوردار است که بیانگر پتانسیل بسیار خوب این ضایعات برای تولید بیوگاز می باشد. بهترین نسبت کربن به ازت برای هضم بی‌هوازی ۳۰-۲۰ به ۱ می باشد و نسبت‌های بسیار زیاد یا بسیار کم در فرآیند هضم بی‌هوازی اختلال ایجاد می کند (Deublein and Steinhauser, 2008) که می توان این مشکل را با هضم مشترک و بهینه کردن این نسبت برطرف نمود که همواره نه تنها باعث کاهش تولید بیوگاز نمی شود که هم در کمیت و هم کیفیت (افزایش درصد متان در بیوگاز) بهبود ایجاد می کند (Deublein and Steinhauser, 2008; Lianeza Coalla *et al*, 2009). با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌گردد برای هضم بی‌هوازی، این ضایعات

علاوه بر اینکه از مواد جامد فرار بالایی برخوردار می‌باشند، دارای نسبت کربن به ازت بهینه نیز می‌باشند که می‌تواند گزینه مطلوبی برای تولید بیوگاز و انرژی باشد.

جدول ۲: خصوصیات فیزیکوشیمیایی ضایعات صنایع قندوشکر

گروه غذایی	صنایع	رطوبت ٪	مواد جامد کل ٪	مواد جامد فرار ٪	درصد کربن ٪	درصد نیتروژن ٪	نسبت کربن به ازت
صنایع قند و شکر		۷٦	۲٤	۹۲/٤	٤۰/۹۹	۱/٦۹	۲٤/۲٥

با توجه به میانگین خصوصیات ضایعات مورد نظر و میانگین میزان بیوگاز به ازای مواد جامد فرار که ۰/۵ متر مکعب به ازای هر کیلوگرم مواد جامد فرار در نظر گرفته شد پتانسیل تولید سالانه بیوگاز از محل ضایعات مورد نظر مطابق جدول ۳ برآورد می گردد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد میزان بیوگاز سالانه از هضم بی هوازی ضایعات صنایع قند و شکر در شهرستان مشهد ۱۶۴۱۰۲۴ مترمکعب برآورد می گردد که میزان قابل توجهی می‌باشد.

جدول ۳: میزان ضایعات و بیوگاز سالانه ضایعات صنایع قند و شکر

نوع کارخانه	تولید (تن درسال)	میزان ضایعات در (تن سال)	میانگین مواد جامد(٪)	میانگین مواد جامد فرار فرار*(٪)	میزان بیوگاز (مترمکعب به ازای هرکیلوگرم ماده جامد فرار)	میزان بیوگاز (مترمکعب در سال)
صنایع قند و شکر	۱۷۱۰۰۰	۱۴۸۰۰	۲۴	۹۲/۴	۰/۵	۱۶۴۱۰۲۴

*مواد جامد درصدی از نمونه تر و مواد جامد فرار درصدی از مواد جامد می باشد.

همچنین با توجه به محتوای انرژی بیوگاز که در قسمت قبل اشاره شد اگر میانگین آن یعنی ۸ کیلووات ساعت به ازای هر متر مکعب بیوگاز (Deublein and Steinhauser, 2008) در نظر گرفته شود، این میزان بیوگاز معادل ۱۳/۱۲ گیگاوات ساعت انرژی در سال می باشد که می‌تواند بخش عظیمی از تقاضای انرژی صنایع غذایی را تامین نماید. علاوه بر این، این انرژی کاملا پاک و تجدیدپذیر بوده و علاوه بر همراه داشتن توسعه پایدار اقتصادی، می‌تواند به عنوان راه‌حل مناسبی برای مدیریت مشکلات پسماند صنعتی و جلوگیری از آلودگی محیط زیست مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه گیری کلی

در این پژوهش میزان پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی حاصل از هضم بی‌هوازی ضایعات صنایع قند و شکر شهرستان مشهد برآورد گردید که مشاهده می‌شود می‌تواند مقدار قابل توجهی انرژی الکتریکی از محل سوخت‌های پاک تولید گردد. با توجه به پایان یافتن سوخت‌های فسیلی و مشکلات زیست محیطی و گرمایی حاصل از آن‌ها و حذف یارانه‌های انرژی باید سیاست گذاری‌های بهتر و حمایت بیشتری از این منابع صورت گیرد. همچنین می‌توان صنایع مختلف را مورد بررسی قرار داد. علاوه بر این پیشنهاد می‌گردد مطالعات و تحقیقات بیشتری در زمینه بهینه کردن تولید بیوگاز و حصول بیشترین میزان آن و همزمان افزایش کیفیت بیوگاز تولیدی به عنوان مثال با هضم مشترک صورت پذیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب قدردانی خود از همکاری‌های پرسنل آزمایشگاه کارخانه بازیافت مشهد دکتر عابدینی، مهندس آرین نژاد و آقای حسن زاده و کارشناسان مرکز تحقیقات قند و شکر را اعلام می‌دارند.

منابع

Aboudi, K., Álvarez-Gallego, C. A., and Romero-García, L.I. 2016. Biomethanization of sugar beet byproduct by semi-continuous single digestion and co-digestion with cow manure. Bioresource Technology, 200:311–319.

Afilal, M.E., Bakx, A., Belakhdar, N., and Membrez, Y. 2010. Evaluation of the biogas potential of organic waste in the northern provinces of Morocco. Revue des Energies Renouvelables 13(2):249-255.

Anonymous. Annual agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Khorasan Razavi . 2011.

Anonymous. Ministry of Industry, Mine & Trade. 2012. Available from: www.webims.gov.ir

Arbabi, M., and Omrani, G.A. 2011. Biogas Technology. Fanavaran. Tehran. (In Farsi).

Arthur, R., Baidoo, M.F., Brew-Hammond, A. and Bensah, E.C. 2011. Biogas generation from sewage in four public universities in Ghana: A solution to potential health risk. Biomass and bioenergy, 35:3086-3093.

Coskun, C., Bayraktar, M., Oktay, Z. and Dincer, I. 2012. Investigation of biogas and hydrogen production from waste water of milk-processing industry in Turkey. Hydrogen Energy, XXX:1-7.

Deublein, D. and Steinhauser, A. 2008. Biogas from Waste and Renewable Resources. Vol. 1, first ed., WILEY-VCH, Germany, PP: 100, 112.

Fazli, F. 1986. Biogas in China. Ministry of Planning and Budget. Tehran. (In Farsi).

Frederiks, B. 2012. Biogas tests with Euphorbia tirucalli, sugar filter mud, coffee husk and a banana skin, grass, manure and maize mixture. FACT Foundation promotes the development and use of biofuels in developing countries for local communities.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2011. Compost-Sampling and Physical and Chemical Test Methods. Mashhad. (In Farsi).

Jiang, X., Sommer, S.G. and Christensen, K.V. 2011. A review of the biogas industry in China. Energy Policy, 39:6073-6081.

Llaneza Coalla, H., Blanco Fernández, J.M., Morís Morán, M.A. and López Bobo, M.R. 2009. Biogas generation apple pulp. Bioresource Technology, 100:3843–3847.

Liu,W., Pullammanappallil, P.C., Chynoweth, D.P. and Teixeira, A.A. 2008. Thermophilic Anaerobic Digestion of Sugar Beet Tailings. Transactions of the ASABE, 51(2):615-621.

Mshandete, A., Bjornsson, L., Kivaisi, A.K., Rubindamayugi, M.S.T. and Mattiasson, B. 2006. Effect of particle size on biogas yield from sisal fibre waste. Renewable Energy, 31:2385-2392.

Omrani, G. A. 1996. Biogas Production From Urban and Rural Waste. Tehran University. Tehran. (In Farsi).

Sathish, S and Vivekanandan, S. 2015. Experimental Investigation on Biogas Production Using Industrial Waste (Press Mud) To Generate Renewable Energy. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 4:388-392.

Singh, S.P. and Prerna, P. 2009. Review of recent advances in anaerobic packed-bed biogas reactors. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13:1569-1575.

Taleghani, G. and Shabani Kia, A. 2005. Technical–economical analysis of the Saveh biogas power plant. Renewable Energy, 30:441-446.

Thangamuthu, P. 2010. Eco-friendly cooking gas from sugar mill waste. Sugar Cane Technol, 27.