



ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از پسماندهای آلی صنایع غذایی مشهد (مطالعه موردی: صنایع فرآوری میوه)

محسن ثقوری^{۱*}، یعقوب منصوری^۱، محمدحسین حداد خداپرست^۲، محمدجواد
شیخ داودی^۱

۱- گروه مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده کشاورزی، دانشگاه
شهید چمران اهواز

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
Saghour.mohsen@gmail.com

چکیده: یکی از منابع مهم ضایعات زیستی ضایعات آلی کارخانه های صنایع غذایی می باشد. ضایعات صنایع فرآوری میوه در شهرستان مشهد حجم عظیمی را به خود اختصاص داده است. در این پژوهش پتانسیل تولید بیوگاز به روش هضم بی هوازی و در نهایت میزان انرژی حاصل از آن برای یک سال از محل این ضایعات برآورد گردید. ابتدا با مطالعات میدانی و کتابخانه ای و مصاحبه و مراجعه به آمارنامه های موجود میزان تولید سالیانه این صنعت در منطقه مورد نظر برآورد گردید. سپس با مراجعه به یکی از کارخانه ها نسبت ضایعات به عنوان درصدی از تولید تعیین و نمونه گیری از آن انجام شد. آنگاه خصوصیات لازم برای هضم بی هوازی اندازه گیری شد. سپس با توجه به اینکه میزان بیوگاز مستقیماً به مواد جامد فرار ماده مورد نظر بستگی دارد میزان تولید بیوگاز $7437877/292$ مترمکعب و در نتیجه انرژی سالیانه از محل این ضایعات 59503 مگاوات ساعت برآورد گردید.

واژه های کلیدی: پسماندهای آلی، صنایع غذایی، هضم بی هوازی، بیوگاز، انرژی



مقدمه:

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. این منابع جدید انرژی، قابل دسترسی، بدون آلودگی و عملاً 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. دسترسی کشورهای در حال توسعه به انواع منابع جدید انرژی، برای توسعه اقتصادی آنها اهمیت زیادی دارد. پژوهش‌های جدید نشان می‌دهد که بین سطح توسعه یک کشور و میزان مصرف انرژی آن رابطه مستقیمی برقرار است. با توجه به ذخائر محدود انرژی فسیلی و افزایش سطح مصرف انرژی در جهان فعلی دیگر نمی‌توان به منابع موجود انرژی متکی بود. در کشور ما ایران نیز با توجه به نیاز روزافزون انرژی و محدودیت‌های انرژی فسیلی، سالم نگه داشتن محیط زیست و کاهش آلودگی هوا و تامین سوخت برای روستاهای دور افتاده، منابع جدید انرژی دارای جایگاه ویژه ای است. امروزه بحران‌های سیاسی، اقتصادی کشورها بستگی به میزان بهره‌وری آنها از منابع فسیلی دارد که تهی گشتن منابع فسیلی نه تنها تهدیدی برای اقتصاد کشورهای صادر کننده بوده بلکه نگرانی عمده ای را برای نظام اقتصادی به وجود آورده است. بیوگاز یکی از تکنولوژی‌های تجدیدپذیر انرژی می‌باشد که فواید فراوانی در آن جمع شده است [۱].

هضم بی‌هوازی تکنولوژی بیوشیمیایی برای درمان مواد زائد آلی و تولید بیوگاز می‌باشد، که می‌تواند به عنوان سوخت برای گرم کردن و یا تولید برق و گرما استفاده شود [۱۰]. دو نوع فرآیند هضم بی‌هوازی وجود دارد:

هضم مزوفیلیک: هاضم تا دمای ۳۵-۳۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود و مواد اولیه به طور معمول بین ۳۰-۱۵ روز در هاضم می‌مانند. در هضم مزوفیلیک تولید گاز کمتر است و اگر مراحل فرآیند جداگانه باشد به مخزن هاضم بزرگتر نیاز است.

هضم ترموفیلیک: هاضم تا دمای ۵۵ درجه سانتیگراد گرم می‌شود و معمولاً زمان ماند مواد در هاضم ۱۴-۱۲ روز می‌باشد. هضم ترموفیلیک متان بیشتری تولید می‌کند، سریعتر انجام می‌گیرد و در آن باکتری‌ها و ویروس‌ها بهتر از بین می‌روند اما به تجهیزات و فناوری گران‌تر و انرژی ورودی بیشتری نیازمند است. در این فرآیند ۶۰-۳۰٪ مواد جامد قابل هضم به بیوگاز تبدیل می‌شود [۱۴].

وقتی فرآیند تولید بی‌هوازی بیوگاز را با فرآیند هوازی مقایسه می‌کنیم می‌بینیم که در روش اول مزایایی چون: نیاز به انرژی کمتر برای اجرای فرآیند، هزینه‌های کمتر سرمایه‌گذاری اولیه و تولید کمتر لجن را دارد. تولید بیوگاز با استفاده از فرآیند تجزیه بی‌هوازی یک منبع خوب انرژی تجدیدپذیر جایگزین است و مزیت‌های چشمگیری نسبت به دیگر فرم‌های تولید انرژی زیستی ایجاد می‌کند. این روش به عنوان یکی از کارآمدترین روش‌های تولید انرژی و سودمند برای محیط زیست برای تولید انرژی زیستی ارزیابی شده است [۹].

ال-شیمی و همکاران (۱۹۹۲) در تولید بیوگاز از پسماندهای صنایع غذایی ضمن اندازه‌گیری بیوگاز، تغییر در جامدات کل، جامدات فرار، اسیدهای چرب فرار و آمونیاک را طی یک دوره تخمیر ۴۰ روزه در رآکتورهای بی‌هوازی ۶۰ لیتری برای ضایعات هویچ، پرتقال، نخودفرنگی و گوجه فرنگی بررسی کردند. نرخ میانگین حجمی بیوگاز ۰/۹۹۸، ۰/۸۸۵۴، ۰/۸۱۴ و ۰/۴۹۹ متر مکعب بیوگاز بر متر مکعب ضایعات در روز به ترتیب برای ضایعات پرتقال، گوجه فرنگی، نخود فرنگی و هویچ به دست آمد [۱۱].

ویسونات و همکاران (۱۹۹۲) تاثیر تغذیه متفاوت ضایعات میوه و سبزیجات از قبیل انبه، آناناس، گوجه فرنگی و پرتقال را در یک هاضم ۶۰ لیتری روی خصوصیات مایع هضم شده بی‌هوازی و عملکرد هاضم در دوره تولید بیوگاز در نسبت‌های بارگذاری متفاوت و زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف تعیین کردند. بیشترین مقدار عملکرد بیوگاز ۰/۶ متر مکعب به ازای هر کیلوگرم ماده آلی فرار اضافه شده در زمان ماند هیدرولیکی ۲۰ روز و نرخ بارگذاری ۴۰ کیلوگرم جامدات کل به ازای هر مترمکعب حجم هاضم در روز به دست آمد. عملکرد هاضم‌ها در زمان ماند هیدرولیکی ۱۶ و ۲۴ روز به صورت ساعتی مشاهده شد. بیشترین عملکرد (۰/۷۴۵٪) گاز در ۱۲ ساعت تغذیه با ۱۶ روز زمان ماند هیدرولیکی تولید شده بود جایی که ۲۴ روز زمان ماند هیدرولیکی با همین زمان مجموع (۰/۵۹/۰۳٪) گاز را تولید کرد [۱۵].

بولآگویی و همکاران (۲۰۰۳) تولید بیوگاز از ضایعات میوه و سبزی در شرایط مزوفیلیک در هاضم لوله ای را مطالعه کردند. آن‌ها در مطالعه خود تاثیر زمان ماند هیدرولیکی و درصد ماده اولیه ورودی را مورد مطالعه قرار دادند. در غلظت ۶٪ ماده ورودی و زمان ماند هیدرولیکی ۲۰ روز در هاضم لوله ای بازده ۷۵٪ تبدیل ضایعات میوه و سبزی به بیوگاز با میزان ۷۰۷/۱۸ لیتر به ازای هر کیلوگرم ماده آلی فرار اضافه شده با محتوای متان ۶۴٪ به دست آمد [۸].

لاتزا کوالا و همکاران (۲۰۰۹) هضم بی‌هوازی تفاله سیب برای تولید بیوگاز در هاضم پیوسته را بررسی کردند. آنها میزان تولید بیوگاز از هضم مشترک تفاله سیب و ضایعات کشتارگاهی را ۰/۸ مترمکعب به ازای هر کیلوگرم ماده جامد آلی با متان ۷۷-۸۰٪ گزارش کردند [۱۲].

آفیال و همکاران (۲۰۱۰) پتانسیل بیوگاز ضایعات آلی در شمالی‌ترین استان مراکش را ارزیابی کردند. آن‌ها با تعیین مقدار ضایعات مختلف در منطقه موردنظر و سپس تبدیل آن‌ها به بیوگاز با استفاده از آزمایشات قبلی و منابع علمی معتبر پتانسیل انرژی حاصل از بیوگاز ضایعات مختلف شامل بقایای برداشت محصولات کشاورزی، کود دامی، ضایعات شهری و ضایعات صنایع را ۴۱۷۸۰۶۰ مگاوات ساعت در سال برآورد کردند که سهم ضایعات صنایع غذایی ۷۵۶۰ مگاوات ساعت در سال بود [۷].

ناوارو و همکاران (۲۰۱۲) استفاده از فاضلاب صنعت لیمو برای تولید بیوگاز در هاضم بی‌هوازی که در زمان ماند هیدرولیکی ۱۲ و ۱۶ روز کار می‌کرد را بررسی کردند. آن‌ها با نرخ بارگذاری ۵ گرم به ازای هر لیتر در روز، میزان بیوگاز ۰/۸۷ لیتر به ازای هر گرم با بهره‌وری ۰/۸۷ لیتر به ازای



هر لیتر در روز به دست آوردند و گزارش کردند که این فرآیند در مقیاس صنعتی می تواند مشکل آلودگی فاضلاب را حل کرده و منبع انرژی تولید کند که می تواند توسط خود صنعت مورد نظر برای کاهش هزینه های تولید استفاده شود [۱۳].

شهرستان مشهد یکی از قطب های عظیم کشاورزی و تولید فرآورده های غذایی در ایران می باشد که سالانه حجم بسیار عظیمی از ضایعات و پسماند در آن تولید می شود. 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 ذاتی تولید بیوگاز از زباله های شهری توسط سازمان انرژی های نو انجام شده است. با توجه به بررسی های اولیه با استفاده از آمارنامه های سازمان جهاد کشاورزی و وزارت صنعت، معدن و تجارت و اینکه میزان ضایعات به عنوان درصدی از تولید بیان می شود ضایعات کارخانجات فرآوری مواد بخش عظیمی از میزان ضایعات سالیانه این شهر را به خود اختصاص داده است. با توجه به سیاست های اعلام شده در خصوص هدفمند کردن یارانه ها در کشور، حامل های 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 انرژی های تجدیدپذیر مورد ارزیابی و امکان سنجی قرار گیرند. در همین راستا بررسی پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات و امکان سنجی 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 فرآوری میوه در شهرستان مشهد ارزیابی می گردد که اهداف جزئی زیر را شامل می شود:

- ۱- تعیین میزان ضایعات سالانه صنایع فرآوری میوه شهرستان مشهد
- ۲- بررسی ضایعات صنایع فرآوری میوه و تعیین ویژگی های مورد نظر برای تولید بیوگاز در آن ها
- ۳- ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات صنایع فرآوری میوه شهرستان مشهد

مواد و روش ها:

پتانسیل انرژی بیوگاز در دو مرحله تعیین می شود:

- ۱- تعیین مقدار ضایعات مورد نظر در منطقه: با مراجعه به آمارنامه های موجود، سایت های مربوطه و مصاحبه با کارشناسان
 - ۲- تعیین پتانسیل بیوگاز ضایعات برآورد شده: بر اساس منابع معتبر علمی و آزمایش های قبلی [۷].
- در این پژوهش ابتدا صنایع فرآوری میوه شهرستان مشهد مطالعه و آمار و اطلاعات مربوط به میزان تولید و میزان ضایعات آن ها با استفاده از آمارنامه های موجود، پرسشنامه و مصاحبه حضوری تعیین و گردآوری شد.
- میزان تولید سالانه و ضایعات آن ها: 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. (جدول ۱)
- همچنین با مراجعه حضوری و مصاحبه با کارشناس کارخانه های مورد نظر و کتاب اصول مدیریت پسماند در صنایع غذایی [۵] میانگین درصد ضایعات تولیدی از این صنعت به ازای تولید ۲۰٪ تعیین گردید.

نمونه گیری:

ضایعات مورد نظر از محل کارخانه زشک خراسان (کیلومتر ۲۲ جاده مشهد- قوچان) و کارخانه گلچکان زمانی (جاده مشهد- قوچان، شهرک صنعتی طوس) از ضایعات محصولات موجود نمونه برداری شد. نمونه به آزمایشگاه کارخانه باز یافت 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) که از عوامل ذکر شده نسبت کربن به ازت و درصد مواد جامد فرار مستقیماً به نوع ماده مورد نظر بستگی دارد [۴]. بنابراین خصوصیات مربوط به ضایعات مورد نظر در آزمایشگاه تعیین شد.

خصوصیات لازم مورد نظر برای تخمین پتانسیل تولید بیوگاز از روش های استاندارد شماره ۱۳۳۲۰ سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تعیین گردید [۲]. این خصوصیات شامل رطوبت، درصد مواد جامد، درصد مواد جامد فرار، درصد کربن و درصد نیتروژن می باشد. (جدول ۲)

محاسبه میزان بیوگاز و انرژی معادل بر اساس خصوصیات:

میزان تولید بیوگاز از واحد وزن ضایعات بسته به شرایط مختلف متفاوت است ولی معمولاً بین ۰/۴ تا ۰/۶ متر مکعب بر هر کیلوگرم مواد جامد فرار حاصل می گردد. همچنین انرژی موجود در بیوگاز از ۶ تا ۱۰ کیلووات ساعت (بسته به درصد متان موجود در آن) به ازای هر متر مکعب بیوگاز برآورد شده است [۴].



نتایج و بحث:

آمار تولید سالانه صنعت فرآوری میوه در شهرستان مشهد مطابق جدول ۱ می باشد.

جدول ۱: آمار تولید صنایع فرآوری میوه در شهرستان مشهد [۳] و [۶]

نوع مجوز	میزان تولید (تن در سال)
واحدهای سازمان صنعت معدن تجارت	۳۴۲۹۷۰
واحدهای سازمان جهاد کشاورزی	۹۱۳۳
مجموع	۳۵۲۱۰۳

خصوصیات لازم موردنظر برای تخمین پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات مورد نظر در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: خصوصیات فیزیکوشیمیایی ضایعات مختلف فرآوری میوه

گروه صنایع غذایی	نوع ضایعات	رطوبت %	مواد جامد کل %	مواد جامد فرار %	درصد کربن %	درصد نیتروژن %	نسبت کربن به ازت
	لیموترش	۶۸/۸	۳۱/۲	۹۳/۴	۵۰/۸۷	۲/۶۲	۱۹/۴۱
	گلابی	۸۴	۱۶	۹۷	۴۶/۸	۰/۵۸	۸۰/۶۸
	سیب	۸۱/۴	۱۸/۶	۹۶	۴۴/۷۶	۰/۵۶	۷۹/۹۲
فرآوری میوه جات	انار	۵۴/۲	۴۵/۸	۹۴/۴	۲۵/۴۳	۰/۱۶	۴۲/۳۸
	پرتقال	۷۵/۶	۲۴/۴	۹۶/۲	۳۷/۷۳	۱/۰۴	۳۶/۲۷
	موز	۸۸	۱۲	۸۶/۶	۳۵/۳۷	۱	۳۵/۳۷
	هویج	۸۹/۲	۱۰/۸	۸۸/۴	۴۰/۷۸	۱/۲۹	۳۱/۶۱
	میانگین	۷۷/۳۲	۲۲/۶۸	۹۳/۱۴			

همانگونه که در جدول ۲ ملاحظه می شود بیشتر ضایعات فرآوری میوه 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 [۴] 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 [۴] و [۱۲].

همچنین با مراجعه به منابع علمی معتبر مختلف خصوصیات اغلب ضایعات فرآوری میوه در محدوده جدول ۲ قرار گرفته و مطابقت دارد پس می توان از آن برای ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات مذکور بهره برد. 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.

جدول ۳: میزان ضایعات و بیوگاز سالانه ضایعات فرآوری میوه

نوع کارخانه	تولید (تن در سال)	نسبت ضایعات (%)	میزان ضایعات (تن در سال)	میانگین مواد جامد (%)	میانگین مواد جامد فرار (%)*	میزان بیوگاز (مترمکعب به ازای هر کیلوگرم ماده جامد فرار)	میزان بیوگاز (مترمکعب در سال)
فرآوری میوه	۳۵۲۱۰۳	۲۰%	۷۰۴۲۰۶	۲۲/۶۸	۹۳/۱۴	۰/۵	۷۴۳۷۸۷۷/۲۹۲

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



همان گونه که ملاحظه می‌گردد میزان بیوگاز سالانه از هضم بی‌هوازی ضایعات فرآوری میوه در شهرستان مشهد ۷۴۳۷۸۷۷/۲۹۲ مترمکعب برآورد می‌گردد که بسیار قابل توجه است.

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 در نظر گرفته شود، این میزان بیوگاز معادل ۵۹۵۰۳ مگاوات ساعت انرژی در سال می‌باشد که می‌تواند بخش عظیمی از تقاضای انرژی صنایع غذایی را تامین نماید. علاوه بر این، این انرژی کاملاً پاک و تجدیدپذیر بوده و توسعه پایدار اقتصادی را به همراه دارد.

نتیجه گیری کلی:

در این پژوهش میزان پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی حاصل از هضم بی‌هوازی ضایعات صنایع فرآوری میوه 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 سیاست‌گذاری‌های 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:

از همکاری‌های پرسنل آزمایشگاه کارخانه بازیافت مشهد دکتر عابدینی، مهندس آیین نژاد و آقای حسن زاده و کارشناسان کارخانه‌های زشک و گلچکان زمانی و همچنین مهندس مهدی رضایی دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون دانشگاه فردوسی مشهد کمال تشکر را دارم.

منابع:

۱. اربابی، م و عمرانی، ق. ۱۳۹۰. راهنمای عملی فن آوری گاز زیستی (تکنولوژی بیوگاز). تالیف ک، س، خاندلوال و س، س، مهدی، انتشارات فن آوران، تهران، ص ۱۳.
۲. سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۹۰. کمپوست، نمونه برداری و روش‌های آزمون فیزیکی و شیمیایی، استاندارد ملی ایران، شماره ۱۳۳۲۰.
۳. سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی. ۱۳۹۰. سالنامه آماری بخش کشاورزی، ص ۱۵۰-۱۴۱.
۴. عمرانی، ق. ۱۳۷۵. مبانی تولید بیوگاز از فضولات شهری و روستایی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ص ۸۰-۶۳.
۵. نیاکوثری، م و زندی، م. ۱۳۹۱. اصول مدیریت پسماند در صنایع غذایی. انتشارات آبیژ، تهران، ص ۱۳۰-۱۲۳.
۶. وزارت صنعت، معدن و تجارت ایران. وبسایت سامانه ثبت رونوشت مجوزهای صادره صنعتی، <http://www.webims.mim.gov.ir>، سال مراجعه: ۱۳۹۱.
7. 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.
8. Bouallagui, H., Ben Cheikh, R., Marouani, L. and Hamdi, M. 2003. Mesophilic biogas production from fruit and vegetable waste in a tubular digester. *Bioresource Technology*, 86:85-89.
9. 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. *International Journal of Hydrogen Energy*, 30 : 1-7.
10. El-mashed, H.M. and Zhang, R. 2010. Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *Bioresource Technology*, 101 : 4021-4028.
11. El-Shimi, S.A., El-Housseini, M., Ali, B. E. and El-Shinnawi. 1992. Biogas Generation From food-processing wastes. *Resources, Conservation and Recycling*, 6:315-327.
12. Llana 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.
13. Navarro, A.R., Rubio, M.C. and Maldonado, M.C. 2012. A combined process to treat lemon industry wastewater and produce biogas. *Clean Techn Environ Policy*, 14 : 41-45.
14. 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.
15. Viswanath, P., Sumithra Devi, S. and Nand, K. 1992. Anaerobic digestion of fruit and vegetable processing wastes for biogas production. *Bioresource Technology*, 40:43-48.