



« پایان نامه کارشناسی ارشد »

هضم مشترک زباله جامد شهری با گلیسرین خام و پیش تیمار فراصوت

ریحانه زینلی

استاد راهنما

دکتر مهدی خجسته پور

استاد مشاور

دکتر محمدعلی ابراهیمی نیک

شهریور ۱۳۹۴



از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط ریحانه زینلی دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک یوسیتیم، کرایش انرژی های تجدیدپذیر در تاریخ ۳۱ شهریور ۱۳۹۴ در حضور هیات داوران دفاع گردید پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره حدود
وبادجه مورد تأیید قرار داد / نداد.

عنوان پایان نامه: بهضم مشترک زباله جلد شهری با کلیسیرین خام و پیش تیار امواج فراصوت

سمت در هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	دانشگاه / موسسه	امضاء
داور					
داور					
استاد راهنما					
استاد مشاور					

نماینده تحصیلات تکمیلی
مدیر گروه

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: هضم مشترک زباله جامد شهری و گلیسیرین خام با پیش تیمار فراصوت

اینجانب ریحانه زینلی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر مهدی خجسته پور متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

زیست توده به عنوان منبعی از انرژی تجدیدپذیر راه حلی پایدار برای تأمین انرژی مورد نیاز بشر می باشد. در حال حاضر، هضم بی هوازی زیست توده از موضوعات بسیار جذاب برای تولید بیوگاز است. تولید بیوگاز از هضم مشترک قسمت آلی زباله های جامد شهری با گلیسیرین خام که محصول فرعی تولید بیودیزل است، بعد از پیش تیمار فراصوت با انرژی ویژه ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و $۱۵۰۰۰ \frac{\text{kJ}}{\text{kg.TS}}$ مطالعه شد. آزمایشات به صورت ناپیوسته و با جامد کل ۷٪ در هاضم هایی با حجم یک لیتر در زمان ماند ۲۵ روز و شرایط مزوفیل انجام شد. نتایج حاکی از آن بود که پیش تیمار فراصوت، افزایش زیست تخریب پذیری زباله و در نتیجه افزایش تولید بیوگاز را به همراه داشته و حاصل آن تولید متان بالاتر بود. اضافه کردن یک درصد گلیسیرین به قسمت آلی زباله جامد شهری، عملکرد تولید متان را تا ۳۴٪ افزایش داد. بهترین نتایج برای هاضم شامل قسمت آلی زباله جامد شهری با پیش تیمار فراصوت $۱۰۰۰۰ \frac{\text{kJ}}{\text{kg.TS}}$ بدست آمد. عملکرد تولید متان برای این هاضم $۱۰۶/۵۴ \frac{\text{mlCH}_4}{\text{gVS}_{\text{in}}}$ با میانگین ۶۰ درصد متان بدست آمد.

کلید واژه ها: امواج فراصوت، انرژی تجدیدپذیر، بیوگاز، ضایعات جامد شهری، گلیسیرین

سپاس گزاری:

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسانی‌شان آرام‌بخش آلام زمینی‌ام است

به استوارترین تکیه‌گاهم، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بگو شتم قطره‌ای از دریای بی‌کران مهربانیتان را سپاس توانم بگویم .

امروز، سستی‌ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشت رضای شما

را آوردی کران سنگ ترا از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار محسوسیتان را بزداید .

بوسه بردستان پر مهرتان



فهرست مطالب

فصل اوّل - مقدمه	۱
۱-۱ پیشگفتار	۱
۱-۱-۱ اهمیت تولید بیوگاز	۲
۲-۱-۱ فرایند تولید بیوگاز	۳
۲-۱ فرضیات	۶
۳-۱ اهداف	۶
فصل دوّم - بررسی منابع	۷
۱-۲ مقدّمه	۷
۲-۲ تولید بیوگاز و استفاده آن	۸
۳-۲ مفاهیم هضم بی‌هوازی	۹
۱-۳-۲ فرایند هضم بی‌هوازی	۹
۴-۲ پیش‌تیمار ضایعات جامد آلی	۱۳
۲-۴-۲ پیش‌تیمار شیمیایی	۱۳
۳-۴-۲ پیش‌تیمار فیزیکی	۱۵
۴-۴-۲ پیش‌تیمار بیولوژیکی	۲۱
۵-۲ پارامترهای اجرایی	۲۲
۱-۵-۲ دما	۲۲
۲-۵-۲ مقادیر pH و قلیایی	۲۴
۳-۵-۲ اختلاط	۲۵
۴-۵-۲ ترکیب غذایی و نسبت کربن به نیتروژن	۲۵
۵-۵-۲ اندازه ذرات	۲۷
۶-۵-۲ نرخ بارگذاری آلی	۲۷
۷-۵-۲ زمان ماند	۲۸

۲۸.....	۸-۵-۲ بازدارنده‌ها
۳۰.....	۹-۵-۲ اکسیژن خواهی شیمیایی.....
۳۰.....	۱۰-۵-۲ جامدات کل و فرآر.....
۳۱.....	۱۱-۵-۲ اسیدهای چرب فرآر.....
۳۱.....	۶-۲ مواد اولیه برای تولید بیوگاز.....
۳۳.....	۷-۲ روش‌های مختلف هضم بی‌هوازی.....
۳۴.....	۱-۷-۲ تغذیه پیوسته در مقابل ناپیوسته.....
۳۵.....	۲-۷-۲ ترموفیل در مقابل مزوفیل.....
۳۶.....	۳-۷-۲ تک‌مرحله‌ای در مقابل چند مرحله‌ای.....
۳۷.....	۴-۷-۲ مرطوب در مقابل خشک.....
۳۷.....	۵-۷-۲ هضم تک مواد در مقابل هضم مشترک.....
۴۷.....	فصل سوم - مواد و روش‌ها.....
۴۷.....	۱-۳ مقدمه.....
۴۷.....	۲-۳ سامانه هاضم آزمایشگاهی.....
۴۸.....	۱-۲-۳ هاضم.....
۴۹.....	۲-۲-۳ مخزن نگهداری بیوگاز.....
۵۲.....	۳-۲-۳ حمام سیرکولاتور.....
۵۳.....	۳-۳ مواد خام مورد آزمایش.....
۵۳.....	۱-۳-۳ قسمت آلی زباله جامد شهری.....
۵۴.....	۲-۳-۳ گلیسرین.....
۵۵.....	۳-۳-۳ ماده تلقیحی.....
۵۵.....	۴-۳-۳ پیش تیمار فراصوت.....
۵۶.....	۴-۳ تجهیزات و ابزار اندازه‌گیری.....
۵۶.....	۱-۴-۳ دستگاه اندازه‌گیری اسیدیته.....
۵۷.....	۲-۴-۳ روش اندازه‌گیری مقدار متان در بیوگاز.....

۵۸.....	۳-۴-۳ دستگاه آزمایش نیتروژن کج‌لدال
۵۹.....	۳-۵ روش آزمایش
۵۹.....	۳-۵-۱ اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی - شیمیایی مواد ورودی
۶۵.....	۳-۵-۲ راه‌اندازی سامانه هضم
۶۶.....	۳-۶ طرح آزمایشی
۶۷.....	فصل چهارم - نتایج و بحث
۶۷.....	۴-۱ خصوصیات فیزیکی - شیمیایی بستر هضم
۷۱.....	۴-۲ تولید و ترکیب بیوگاز
۷۳.....	۴-۲-۱ تولید روزانه و تجمعی بیوگاز
۸۵.....	۴-۲-۲ متان و مقدار اسیدیته در طول آزمایشات
۹۳.....	فصل پنجم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۹۳.....	۵-۱ نتیجه‌گیری کلی
۹۴.....	۵-۲ پیشنهادات
۹۵.....	منابع
۹۵.....	پیوست

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲. سه مرحله اصلی برای توصیف هضم بی‌هوازی..... ۱۰
- شکل ۲-۲. تأثیر دما بر سرعت هضم بی‌هوازی (رضایی گلملی، ۱۳۹۲)..... ۲۴
- شکل ۳-۲. طبقه‌بندی هضم بی‌هوازی با توجه به معیارهای اجرایی (چودهاری، ۲۰۰۸)..... ۳۴
- شکل ۴-۲. شماتیک هضم بی‌هوازی پیوسته..... ۳۵
- شکل ۱-۳. شماتیک کلی سامانه هضم بی‌هوازی (a_1 ارتفاع اولیه آب و a_2 ارتفاع آب بعد از تولید گاز در هاضم)..... ۴۸
- شکل ۲-۳. مجموعه هاضم‌های استفاده شده در فرایند هضم بی‌هوازی..... ۴۹
- شکل ۳-۳. مخازن نگهداری بیوگاز..... ۵۲
- شکل ۴-۳. سامانه هضم بی‌هوازی..... ۵۳
- شکل ۵-۳. قسمت آلی زباله جامد شهری تهیه شده در آزمایشگاه..... ۵۴
- شکل ۶-۳. نمونه گلیسیرین مورد استفاده در هضم بی‌هوازی..... ۵۴
- شکل ۷-۳. اعمال پیش تیمار فراصوت بر قسمت آلی زباله جامد شهری..... ۵۶
- شکل ۸-۳. دستگاه اسیدیته‌سنج مدل pH-201..... ۵۷
- شکل ۹-۳. ظرف آینه‌ورن برای اندازه‌گیری مقدار متان در بیوگاز..... ۵۸
- شکل ۱۰-۳. دستگاه آزمایش نیتروژن کج‌لدال..... ۵۹
- شکل ۱۱-۳. تعادل مواد در سامانه هضم بی‌هوازی..... ۶۳
- شکل ۱۲-۳. تحلیل تعادل مواد در فرایند هضم بی‌هوازی..... ۶۵
- شکل ۱-۴. نمودار تولید روزانه و تجمعی بیوگاز حاصل از زباله..... ۷۴
- شکل ۲-۴. نمودار تولید روزانه و تجمعی بیوگاز برای زباله و تیمار فراصوت با انرژی ویژه 5000 kJ/kg TS ۷۷
- شکل ۳-۴. نمودار تولید روزانه و تجمعی بیوگاز برای زباله و تیمار فراصوت با انرژی ویژه 10000 kJ/kg TS ۷۸
- شکل ۴-۴. نمودار تولید روزانه و تجمعی بیوگاز برای زباله و تیمار فراصوت با انرژی ویژه 15000 kJ/kg TS ۷۸
- شکل ۵-۴. نمودار تولید روزانه و تجمعی بیوگاز برای زباله با گلیسیرین..... ۸۱
- شکل ۶-۴. نمودار تولید روزانه و تجمعی بیوگاز برای زباله با گلیسیرین و تیمار فراصوت با انرژی ویژه 5000 kJ/kg TS ۸۳
- شکل ۷-۴. نمودار تولید روزانه و تجمعی بیوگاز برای زباله با گلیسیرین و تیمار فراصوت با انرژی ویژه 10000 kJ/kg TS ۸۳
- شکل ۸-۴. نمودار تولید روزانه و تجمعی بیوگاز برای زباله با گلیسیرین و تیمار فراصوت با انرژی ویژه 15000 kJ/kg TS ۸۴
- شکل ۹-۴. اثر پیش تیمار فراصوت و افزودن گلیسیرین بر تولید متان حاصل از قسمت آلی زباله جامد شهری..... ۸۶
- شکل ۱۰-۴. تغییرات اسیدیته در طول آزمایش‌های هضم بی‌هوازی..... ۸۸

شکل ۴-۱۱. تولید متان و تغییرات اسیدیته در طول زمان ماند برای هاضم شامل زباله با پیش تیمار فراصوت با انرژی ۸۹.....

ویژه ۱۰۰۰۰ kJ/kg TS. ۸۹.....

شکل ۴-۱۲. درصد گاز متان در آزمایش‌های بی‌هوازی در مدت زمان ماند ۹۱.....

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱. درصد ترکیبات تشکیل دهنده بیوگاز (کلوری و همکاران، ۱۳۹۱).....	۴
جدول ۱-۲. نرخ ثابت هیدرولیز برای بسترهای پایه (سزارو و بلجیورنو، ۲۰۱۴).....	۱۱
جدول ۲-۲. غلظت بازدارنده‌ها در هضم بی‌هوازی (رضایی گلملی، ۱۳۹۲).....	۲۹
جدول ۳-۲. مقایسه فرایند هضم بی‌هوازی در محدوده‌های دمایی ترموفیل و مزوفیل (چودهاری، ۲۰۰۸).....	۳۶
جدول ۴-۲. مزایا و معایب هضم مشترک بی‌هوازی (سری‌پونگ و دالیاکاسم، ۲۰۱۲).....	۳۸
جدول ۱-۳. مجموعه آزمایش‌های هضم مشترک بی‌هوازی با پیش‌تیمار فراصوت.....	۶۶
جدول ۱-۴. خصوصیات فیزیکی-شیمیایی ورودی‌های هاضم.....	۶۸
جدول ۲-۴. خصوصیات فیزیکی-شیمیایی زباله و گلیسرین.....	۶۹
جدول ۳-۴. خصوصیات فیزیکی-شیمیایی تیمارهای آزمایش قبل از فرایند هضم.....	۷۰
جدول ۴-۴. تجزیه واریانس برای مقدار تولید بیوگاز و متان و درصد بیوگاز.....	۷۲
جدول ۵-۴. مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن.....	۷۳

فهرست علائم و اختصارها

علامت اختصاری	معادل انگلیسی	معادل فارسی
AD	Anaerobic Digestion	هضم بی‌هوازی
ASH	Ash	خاکستر
bio	Biogas	بیوگاز
Ca(OH) ₂	Calcium hydroxide	کلسیم هیدرواکسید
CH ₄	Methane	متان
(CH ₃) ₃ -N	Amine	آمین
CH ₃ OH	Methanol	متانول
CHP	Combined Heat and Power	ترکیب حرارت و گرما
COD	Chemical Oxygen Demand	اکسیژن خواهی شیمیایی
d	Day	روز
EC	The European Communities	اتحادیه اروپا
F420	Coenzyme	آنزیم مشترک
FS	Fixed Solid	جامد ثابت
HRT	Hydraulic Retention Time	زمان ماند هیدرولیکی
loos	Loos	کاهش
MC	Moisture Content	محتوای رطوبت
NH ₄ HCO ₃	Ammonium bicarbonate	بی‌کربنات آمونیوم
OFMSW	Organic Fraction of Municipal Solid Waste	قسمت آلی زباله جامد شهری
OLR	Organic Loading Rate	نرخ بارگذاری آلی
pH	Acidity	اسیدیته
STP	Standard conditions for Temperature and Pressure	شرایط استاندارد فشار و دما
SRT	Solid Retention Time	زمان ماند جامد
TS	Total Solid	جامد کل
VFC	Volatile Fatty Acide	اسیدهای چرب فرار
VS	Volatile Solid	جامد فرار
W	Water vapor	بخار آب



فصل اوّل - مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

پیشرفت روزافزون کشورهای توسعه یافته و حرکت روبه رشد کشورهای در حال توسعه و رشد جمعیت از جمله عواملی هستند که باعث افزایش نیاز به انرژی می‌شوند. با توجه به اینکه سوخت‌های فسیلی محدوداند و این سوخت‌ها مشکلاتی از نظر زیست‌محیطی به وجود می‌آورند، نیاز به جایگزینی این سوخت‌ها با سوخت‌های بهتر است. انرژی زیست‌توده یکی از انواع انرژی تجدیدپذیر است که زباله‌های جامد شهری و فضولات حیوانی، از منابع اصلی آن می‌باشند. گازی که از زباله‌ها و فضولات منتشر می‌شود، حاوی ترکیبات آلی فرّار است که باعث تخریب لایه‌ی ازن می‌شود. تجزیه بی‌هوازی و تولید بیوگاز می‌تواند به عنوان انرژی تجدیدپذیر به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای و انتشار کربن به محیط‌زیست استفاده شود. علاوه بر این، تیمار بی‌هوازی ضایعات هضم، بقایای تثبیت شده تولید می‌کند که می‌توان از آن برای اصلاح خاک و یا بازسازی‌های زیست محیطی استفاده کرد (دعاگویی و غضنفری، ۱۳۸۷).

اتحادیه اروپا مطابق ابلاغیه 2000/177/EC برای استفاده از زیست‌توده^۱ در تولید برق در بازار داخلی

اروپا، زیست‌توده را به شکل زیر تعریف می‌کند:

¹ Biomass

" زیست‌توده کلیه اجزای قابل تجزیه زیستی از محصولات، فاضلاب‌ها و ضایعات کشاورزی (شامل مواد گیاهی و حیوانی)، صنایع جنگلی و سایر صنایع مرتبط، فاضلاب‌ها و زباله‌های تجزیه‌پذیر زیستی شهری و صنعتی می‌باشد (سانا، ۱۳۸۶). "

۱-۱-۱ اهمیت تولید بیوگاز

روش‌های تجدیدپذیر زیادی برای تولید انرژی از ضایعات جامد مانند هضم بی‌هوازی، سوزاندن و گازیفیکاسیون^۱ وجود دارد که در میان این روش‌ها تبدیل ضایعات به انرژی با هضم بی‌هوازی آن‌ها مورد علاقه قرار گرفته و تحقیقات زیادی به منظور پایداری این سامانه انجام شده است (چودھاری، ۲۰۰۸). آنچه که انرژی بیوگاز را از نظر زیست‌محیطی نسبت به سایر انرژی‌های تجدیدپذیر متمایز می‌کند، جمع‌آوری و کنترل مواد آلی جامد شهرها و صنایع، کاهش اثرات گلخانه‌ای، جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی و از بین بردن تخم علف‌های هرز و انگل‌ها می‌باشد (رضایی گلملی، ۱۳۹۲). در دهه‌های اخیر، هضم بی‌هوازی برای تجزیه زباله‌های جامد آلی در سراسر اروپا گسترش یافته است و فرایند بی‌هوازی، از فرایندهای موثر برای ضایعات جامد آلی و به‌خصوص برای بخش آلی زباله‌های جامد شهری می‌باشد، زیرا فرایند هضم بی‌هوازی، امکان بازیابی انرژی بیوگاز، به‌خصوص متان (CH_4) را فراهم می‌کند. بیشتر برنامه‌های هضم بی‌هوازی در اروپا (۹۱٪)، آسیا (۷٪) و تعداد کمی در ایالات متحده (۲٪) اجرا شده است. آلمان با دربرداشتن ۳۵٪ از کل برنامه‌های هضم بی‌هوازی در صدر قرار گرفته و پس از آن به ترتیب دانمارک (۱۶٪)، سوئد، سوئیس و استرالیا (۸٪) بیشترین فعالیت‌ها را در زمینه هضم بی‌هوازی انجام داده‌اند (چودھاری، ۲۰۰۸؛ ورما، ۲۰۰۲). فرخزاد و همکاران (۱۳۹۱)، پتانسیل تولید روزانه زباله در کشور را ۵۰ میلیون کیلوگرم بیان کردند که به طور میانگین دارای ۷۱ درصد وزنی، مواد فسادپذیر می‌باشد و انرژی معادل با ۵۷۵۳۵۰ بشکه نفت خام در روز را تولید می‌کند.

¹ Gasification

هضم بی‌هوازی علاوه بر استحصال انرژی از ضایعات موجب بهبود شرایط بهداشتی می‌شود. با توجه به مسئله امنیت انرژی و پایان پذیر بودن سوخت‌های فسیلی، هضم بی‌هوازی ضایعات علاوه بر حل کردن مشکل دفن و سوزاندن زباله باعث تولید انرژی و کود باکیفیت می‌شود. اقتصادی شدن بیشتر این فرایند نیاز به روش‌هایی است که منجر به افزایش تولید گاز شود.

۲-۱-۱ فرایند تولید بیوگاز

بیوگاز گازی است که از تجزیه‌ی مواد آلی در شرایط بی‌هوازی ایجاد می‌شود، بی‌رنگ و نسبتاً بی‌بو است و با شعله آبی می‌سوزد. بیوگاز همچنین پایدار، غیرسمی و دارای درصد بالایی متان می‌باشد که این مقدار در منابع مختلف بین ۵۰ تا ۷۰٪ گزارش شده است. جدول ۱-۱ ترکیبات متداول بیوگاز را نشان می‌دهد (کلوری و همکاران، ۱۳۹۱). هضم بی‌هوازی زباله‌های جامد آلی که منجر به تولید بیوگاز می‌شود، از تعدادی واکنش متابولیکی پیچیده که عبارتند از هیدرولیز، اسیدزایی، استات‌زایی و متان‌زایی، تشکیل شده است. میکروارگانیسم‌های مؤثر در این مراحل به ترتیب، هیدرولیزکننده‌ها، اسیدزها (اسیدوژن‌ها)، استات‌زها (استوژن‌ها) و متان‌زها (متانوژن‌ها) می‌باشند (بولوگی و همکاران، ۲۰۰۵). هضم بی‌هوازی را از نظر رطوبت می‌توان به دو دسته، هضم تر و هضم خشک تقسیم‌بندی کرد که با اضافه کردن آب به زیست‌توده در هضم تر، درصد مواد جامد را به ۵ تا ۱۰ درصد می‌رسانند، در حالی که در هضم خشک، درصد مواد جامد بین ۲۰ تا ۴۰ درصد می‌باشد (عباسپورفرد و همکاران، ۱۳۹۰).

جدول ۱-۱. درصد ترکیبات تشکیل دهنده بیوگاز (کلوری و همکاران، ۱۳۹۱)

نام گاز	فرمول شیمیایی	درصد در بیوگاز
متان	CH ₄	۵۵ تا ۶۵٪
دی اکسید کربن	CO ₂	۳۵ تا ۴۵٪
نیتروژن (ازت)	N ₂	۰ تا ۳٪
هیدروژن	H ₂	۰ تا ۱٪
اکسیژن	O ₂	۰ تا ۱٪
سولفید هیدروژن	H ₂ S	۰ تا ۱٪

در میان عوامل مؤثر بر انتقال جرم در هر مرحله‌ی هضم بی‌هوازی، ترکیب و کیفیت ماده خام نقش اساسی دارد. باتوجه به نوع ماده خام، پیش‌تیمار به منظور بهینه‌سازی عملکرد فرایند بیولوژیکی، استفاده می‌شود. ضایعات مورد استفاده برای هضم بی‌هوازی از نظر منبع و همچنین ساختار، ترکیبی ناهمگون دارد، بنابراین محتوای آن در کشورهای مختلف، بسیار غیرقابل پیش‌بینی است. تغییر ترکیب ماده خام، فرایند بی‌هوازی را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا نرخ هیدرولیز برای مواد خام مختلف، متفاوت است (ایزاوا و همکاران، ۲۰۰۱).

فناوری هضم بی‌هوازی عمدتاً در جهت بهبود فرایند، با هدف به حداکثر رساندن بازده فرایند تولید متان یا هیدروژن از تیمار بی‌هوازی مواد آلی، هدایت شده است. برای این منظور، می‌توان سامانه‌های مختلفی را بسته به هدف، تثبیت فرایند یا ارتقاء هیدرولیز، اجرا کرد. بهینه‌سازی واکنش هضم بی‌هوازی در راکتورها یا مراحل مختلف، منجر به واکنش و عملکرد بالاتر بیوگاز می‌شود (یو و همکاران، ۲۰۱۳). عملکرد هضم بی‌هوازی را می‌توان توسط هیدرولیز به عنوان عامل محدودکننده‌ی سرعت، افزایش داد. برای این منظور می‌توان از پیش‌تیمار استفاده کرد. پیش‌تیمار یک مرحله اساسی است که روی مشخصات بسترها

برای بهبود عملکرد هضم بی‌هوازی، اثر می‌گذارد. انواع روش‌های پیش‌تیمار عبارتند از فرایندهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی، که انحلال و تخریب ماده آلی توسط افزایش سطح لایه‌های آلی و یا فعالیت آنزیمی، بهبود می‌یابد. پیش‌تیمار موجب افزایش مساحت سطح و کاهش درجه کریستالی مواد شده که باعث افزایش غذای دردسترس برای باکتری‌های بی‌هوازی و بهبود تخریب می‌شود (سزارو و بلجیورنو، ۲۰۱۴).

یکی از انواع زیست‌توده که به مقدار زیاد در سراسر جهان تولید می‌شود، زباله جامد شهری (MSW)^۱ است. ایران کشوری بزرگ با بیش از ۷۰ میلیون جمعیت و ۳۱ استان می‌باشد. روزانه حدود ۵۰۰۰۰ تن MSW در شش کلان شهر کشور تولید می‌شود که شامل تقریباً ۷۱٪ وزنی مواد فسادپذیر است. متأسفانه با این تولید انبوه زباله تنها ۵٪ بازیافت می‌شود و بقیه به صورت لندفیل حذف می‌شود (رجایی‌فر و همکاران، ۲۰۱۵). هضم بی‌هوازی قسمت آلی زباله جامد شهری (OFMSW)^۲ به تنهایی از نظر اقتصادی به صرفه نیست و تدابیر هضم مشترک و پیش‌تیمار ماده خام برای افزایش عملکرد تولید بیوگاز لازم است. مزایای هضم مشترک عبارتند از: انحلال ترکیبات سمی، بهبود تعادل در مواد مغذی، افزایش بار مواد آلی زیست تخریب پذیر و عملکرد بالاتر تولید بیوگاز (سزارو و همکاران، ۲۰۱۲؛ آگداگ و اسپونزا، ۲۰۰۷). گلیسیرین بستری آماده هضم است که می‌توان آن را برای مدت زمان طولانی ذخیره کرد. این فوائد آن را به بستر مشترکی ایده‌آل برای فرایند هضم بی‌هوازی تبدیل کرده است. فانتولاکیس و مانیوس (۲۰۰۹) گلیسیرین خام را به عنوان بستر مشترک در هضم بی‌هوازی زباله استفاده کردند. تولید بیوگاز از ۱۴۰۰ تا $2094 \frac{\text{LCH}_4}{\text{day}}$ افزایش یافت. استفاده امواج فراصوت بر اساس کاویتاسیون یکپارچه با اثرات فیزیکی و شیمیایی بر محلول، فناوری بسیار جدید برای تیمار مواد آلی در فرایند هضم بی‌هوازی است (سزارو و بلجیورنو، ۲۰۱۴). افزایش ۲۴ درصدی در تولید بیوگاز به عنوان نتایج پیش‌تیمار فراصوت زباله اندازه‌گیری شد (سزارو و همکاران، ۲۰۱۲). چن و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر تیمار فراصوت را بر هیدرولیز و اسیدزایی زباله‌های جامد آلی بررسی

¹ Municipal Solid Waste

² Organic Fraction of Municipal Solid Waste

کردند، نتایج حاکی از کاهش ۵۳٪ جامدات فرار (VS)^۱ نسبت به راکتور بدون پیش تیمار بود. مطالعه جاری اثر پیش تیمار فراصوت را بر تولید بیوگاز حاصل از هضم مشترک بی هوازی بسترهای آلی بررسی می کند. برای آزمودن اثر گلیسرین و پیش تیمار فراصوت بر افزایش تولید متان حاصل از زباله، آزمایشات بی هوازی به صورت ناپیوسته و در شرایط مزوفیل انجام شد.

۲-۱. فرضیات

- ✓ استفاده از پیش تیمار فراصوت، میزان بیوگاز قابل تولید از هضم بی هوازی زباله را افزایش می دهد.
- ✓ میزان تولید بیوگاز در انرژی های ویژه مختلف فراصوت، متفاوت است.
- ✓ هضم مشترک بی هوازی زباله با گلیسرین، تولید بیوگاز را افزایش می دهد.

۳-۱ اهداف

- ✓ تعیین میزان بیوگاز قابل تولید از هضم مشترک بی هوازی زباله با گلیسرین.
- ✓ بررسی اثر پیش تیمار امواج فراصوت بر میزان و ترکیب بیوگاز قابل تولید از زباله یا مخلوط زباله و گلیسرین.
- ✓ تعیین مقدار بهینه انرژی فراصوت که در آن بیشترین مقدار بیوگاز تولید می شود.

¹ Volatile Solid