مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۴۸۱ تا ۴۹۲

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

تأثیر پیش تصفیه قلیایی بر بهبود تخریب‌پذیری زیستی مواد آلی پسماندهای جامد شهری و تولید بیوگاز در هضم بی هوازی

منصور احمدی پیرلو[۱]، محمدعلی ابراهیمی نیک*[۲،۱]، مهدی خجسته پور[۲،۱]، سید هادی ابراهیمی[۳]
۱. (نویسنده مسئول): گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲. مرکز پژوهشی ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۲۹
تاریخ ویرایش: ۹۵/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۴
تاریخ انتشار: ۹۵/۱۲/۱۶

واژگان کلیدی: بیوگاز، پسماند جامد شهری، پیش‌تصفیه قلیایی، متان

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
ebrahimi-nik@um.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: مدیریت پسماند شهری همواره یکی از چالش‌های عمده شهرهای بزرگ بوده است. تولید انرژی بصورت بیوگاز، راه حلی قابل قبول و شناخته شده است. هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر درصد کل جامدات و پیش‌تصفیه قلیایی بر تولید بیوگاز و تخریب پذیری زیستی پسماند جامد شهری است.

روش بررسی: آزمایشات در هاضم‌هایی از جنس شیشه به حجم ۱ L و در دمای ۳۷ °C با سه سطح درصد کل جامدات (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. حجم بیوگاز تولید شده، میزان متان و تغییرات pH بصورت روزانه اندازه‌گیری شد. در هر روز جهت اختلاط بهتر، هاضم ها بصورت دستی به مدت ۳۰ s تکان داده شدند. کل جامدات، جامد فرار، درصد کربن و نیتروژن موجود در ماده خام و همچنین نسبت کربن به نیتروژن توسط استاندارد APHA اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: بیشترین عملکرد متان در ۵ درصد کل جامدات و با بیشترین حذف جرم ماده فرار بدست آمد. براساس این، اثر پیش‌تصفیه با استفاده از هیدروکسیدسدیم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پیش‌تصفیه با هیدروکسیدسدیم بطور قابل‌توجهی باعث بهبود تجزیه پسماند آلی جامد شد؛ به طوریکه پس از ۲۵ روز، تولید بیوگاز، ۳۰/۳۸ درصد بیشتر از هاضم تصفیه نشده بود. حداکثر تولید متان برای هاضم شاهد و تصفیه شده به ترتیب ۸۳/۳۵ mL/g TS و ۱۳۲ mL/g TS بدست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج فعالیت آزمایشگاهی نشان داد که درصد کل جامدات (۵ درصد) و پیش‌تصفیه قلیایی، به طور قابل توجهی باعث بهبود تجزیه پسماند آلی جامد شده و در نتیجه تولید بیوگاز و متان آن افزایش می یابد.

Please cite this article as: Ahmadi-Pirlou M, Ebrahimi-Nik MA, Khojastehpour M, Ebrahimi SH. Effect of alkaline pretreatment on improvement of biodegradability of organic fraction of municipal solid wastes and biogas production in anaerobic digestion. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;9(4):481-92.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

مقدمه

پسماند جامد شهری، بخشی از مواد زائد جامد شهری است که قابلیت تجزیه بیولوژیک داشته و بعنوان ماده اولیه برای هضم بی‌هوازی مناسب است و بعضا با عنوان "بخش آلی زباله جامد شهری" نیز بیان می گردد (۱). فرمول مولکولی کلی $C_6H_{10}O_4$ برای این مواد پیشنهاد گردیده است (۲). پسماند شامل مواد زائد از منابع مسکونی (مانند خانگی)، منابع تجاری (مانند مغازه‌ها، رستوران‌ها و هتل‌ها) و منابع سازمانی (مانند مدارس و بیمارستان‌ها) است. بخش مواد زائد غذایی و گیاهی، براساس منبع تولید آنها جز پسماند جامد شهری قرار می‌گیرند. در کشور ایران، روزانه 5×10^7 kg پسماند تولید می‌شود که بطور میانگین دارای ۷۱ درصد وزنی، مواد فسادپذیر است (۳). هضم بی‌هوازی به جهت تولید بیوگاز و نیاز به سطح کمتر و زمان هضم کمتر، می‌تواند بر هضم هوازی (کمپوست) ارجحیت داشته باشد. در ارزیابی چرخه حیات در رابطه با سناریوهای مختلف مدیریت پسماند جامد شهرستان تهران، هضم بی هوازی در اولویت بالاتری نسبت به تولید کمپوست تشخیص داده شد (۴). Zhu و همکاران (۵) نشان دادند که به خاطر بهینه بودن نسبت کربن به ازت، پسماند جامد شهری پتانسیل بالایی برای تولید بیوگاز دارد. فرایند هضم بی هوازی شامل چهار مرحله است که هر کدام از این مراحل توسط گروه‌های مختلف باکتریایی، کامل شده‌اند. هیدرولیز، تولید اسید، استات‌زایی و متان‌زایی، مراحل اصلی تولید بیوگاز هستند. همه واکنش‌ها بطور همزمان اتفاق می‌افتد و به یکدیگر وابسته‌اند (۶). این مواد در شرایط عدم حضور اکسیژن و با وجود باکتری‌های بی‌هوازی تجزیه شده و محصولاتی از جمله بیوگاز که شامل متان و دی‌اکسیدکربن است، تولید می‌کنند. پسماند جامد این فرایند، کود است که پس از عمل‌آوری، می‌تواند برای بهبود شرایط خاک مورد استفاده قرار گیرد (۷).

مقدار کل مواد جامد موجود در مواد هاضم را اصطلاحا کل جامدات (Total Solid(TS)) می‌نامند. سامانه تولید بیوگاز از نظر میزان TS مورد استفاده در هاضم، بطورکلی به سه دسته هضم با TS کمتر از ۱۰ درصد، TS بین ۱۵ تا ۲۰ درصد و TS بین ۲۲ تا ۴۰ درصد، تقسیم می‌شوند (۸). مقدار TS کمتر از ۱۰ درصد توسط Zennaki-Bensouda و همکاران (۸) و Patil و همکاران (۹) بعنوان TS بهینه گزارش شده است.

پسماند شهری، جز آن دسته از مواد خامی است که به دلیل ترکیبات متفاوت آن در مناطق مختلف، مطالعات فراوانی بر روی آن صورت گرفته است که از آن جمله می توان به Doug و همکاران (۱)، Zhang و همکار (۱۰)، Liu و همکاران (۱۱)، Colazo و همکاران (۱۲)، Zhang و همکاران (۱۳)، Cristancho و همکاران (۱۴)، Forster-Carneiro و همکاران (۱۵) و Nasir و همکاران (۱۶) اشاره نمود. در تمامی این مطالعات، با تغییر در شرایط واکنش و ماده خام، سعی در افزایش تولید بیوگاز بوده است.

غالبا هیدرولیز، یک مرحله محدودکننده سرعت در فرایند هضم بی هوازی است. از این‌رو هضم بی هوازی زمانی، بازده بهتری دارد که مواد خام ورودی قبل از بارگذاری به راکتور، پیش‌تصفیه گردد (۱۹-۱۷). در میان روش‌های پیش‌تصفیه شیمیایی که وجود دارند از جمله (پیش‌تصفیه با اسیدها، بازها و اکسیدکننده‌ها) (۲۰)، پیش‌تصفیه با استفاده از هیدروکسیدسدیم بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است (۲۱). پیش‌تصفیه قلیایی با استفاده از هیدروکسیدسدیم برای هضم مواد لیگنوسلولزی نیز مناسب است (۲۲).

تاکنون تحقیقات کمی بر روی هضم بی هوازی پسماند شهری در ایران صورت گرفته است. همچنین با توجه به مطالعات انجام شده، به نظر می‌رسد تا به‌حال، تحقیقی در زمینه بهبود هضم بی هوازی پسماند جامد شهری با بهینه کردن درصد ماده جامد آن و سپس پیش تصفیه قلیایی صورت نگرفته است. بر این اساس، هدف از این مطالعه، بررسی اثر سطوح مختلف TS (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) و پیش‌تصفیه با هیدروکسیدسدیم در هضم دسته‌ای بی‌هوازی پسماند جامد شهری بود. برای این منظور، در سری آزمایش اول ابتدا اثر سطوح مختلف TS بر عملکرد هضم بی هوازی مورد بررسی قرار گرفت. سپس اثر پیش‌تصفیه با هیدروکسیدسدیم بر بهبود تولید بیوگاز حاصل از پسماند جامد شهری، براساس درصد بهینه مشخص شده از آزمایش سری اول بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایشگاهی، در بهار ۱۳۹۵، در آزمایشگاه بیوگاز دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

- مواد اولیه و تلقیح

مواد اولیه آزمایش، بخش آلی پسماند جامد شهری((OFMSW) Organic Fraction Municipal Solid Waste) است. پسماند جامد شهری از سلف و خوابگاه یکی از دانشگاه‌های شهر مشهد تهیه شد. برای تهیه نمونه، از محل جمع‌آوری پسماند دانشگاه در انتهای روز به صورت تصادفی از چند نقطه توده، مقدار kg ۱ برداشته شده و با هم مخلوط گردید؛ به نحوی‌که در انتهای نمونه برداری میزان حدودا kg ۱۰ ماده برای استفاده های بعدی وجود داشت. سپس ناخالصی های آن (همچون استخوان، فلزات، کاغذ، شیشه و پلاستیک) بصورت دستی جدا و برای هضم بهتر به قطعات mm ۵-۲ توسط خردکن برقی تبدیل شد. بعد از آماده‌سازی، مواد برای استفاده‌های بعدی در داخل پلاستیک در دمای ^{o}C ۴ نگهداری شد. برای تهیه ماده تلقیحی ((Feedstock/Inoculum (F/I)، کود گاوی از گاوداری تحقیقاتی یکی از دانشگاه‌های شهر مشهد تهیه و به مدت سه ماه در دمای ^{o}C ۲۵ و بصورت بی‌هوازی نگهداری و در هنگام بارگذاری برای افزایش جمعیت میکروبی، ۱۵ درصد حجمی از آن به هاضم بی‌هوازی اضافه گردید.

- آزمایشات انجام شده

در این مطالعه، اثر سطوح مختلف TS شامل ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد (معادل مقدار مواد اولیه بارگذاری شده به ترتیب g TS/L ۲۹/۷۵، g TS/L ۵۹/۵ و g TS/L ۸۹/۲۵) در قالب طرح کاملا تصادفی((CRD) Completely Randomized Design) در سه تکرار انجام شد. از نرم افزار SPSS برای تحلیل های آماری بهره برده شد. پس از اتمام آزمایشات و مقایسه میزان تولید متان و بیوگاز تجمعی، تیماری که بیشترین میزان متان تولیدی را داشت بعنوان تیمار بهینه انتخاب گردید و در سری بعدی آزمایش‌ها مورد پیش‌تصفیه قلیایی قرار گرفت.

- هاضم آزمایشگاهی

آزمایشات در هاضم‌هایی از جنس شیشه به حجم L ۱ و با حجم کاری mL ۷۰۰ صورت گرفت. از این حجم کاری، mL ۵۹۵ مربوط به ماده خام و mL ۱۰۵ حاوی ماده تلقیح بود (۲۳). که این مقدار برای تمامی هاضم ها یکسان بود. یک شیر در ته هاضم برای نمونه‌گیری مایع (اندازه‌گیری روزانه pH) تعبیه شده بود. با اضافه کردن آب به ماده خام، درصد ماده جامد در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد تنظیم گردید. قابل ذکر است که در تمامی این سطوح، مخلوط داخل هاضم حالت دوغابی و روان دارد. از گاز نیتروژن برای بی‌هوازی کردن هر یک از هاضم‌ها در شروع، به مدت min ۱ استفاده شد (۲۴). هاضم‌ها در حمام آب گرم در شرایط مزوفیلیک (^{o}C ۳۷) قرار داده شد. این حمام مجهز به سنسور تنظیم دما و پمپ باز چرخش، جهت توزیع یکنواخت دمای آب بود. حجم بیوگاز تولید شده، بصورت روزانه به روش جابجایی مایع اندازه‌گیری شد. برای این منظور از محلول آب مقطر و نمک اشباع ۷۵ درصد با pH=۲/۵ استفاده شد (۲۵). از بطری L ۲/۵ از جنس پلاستیک برای جمع‌آوری بیوگاز استفاده شد. در هر روز، قبل از تعیین حجم گاز تولیدی و نمونه برداری، جهت اختلاط بهتر، هاضم ها بصورت دستی برای مدت تقریبا s ۳۰ تکان داده شد (۲۶).

- پیش تصفیه

پیش‌تصفیه قلیایی با استفاده از هیدروکسیدسدیم N ۰/ ۳۳ به اندازه ۶ درصد وزن ماده خام مورد آزمایش، در دستگاه انکوباتور در دمای ^{o}C ۲۵ به مدت h ۳ انجام شد. سپس مخلوط با آب مقطر شست‌وشو داده شد تا pH به ۷ برسد و بعد مواد پیش‌تصفیه شده در دمای ^{o}C ۴ ذخیره گردید تا زمانی که استفاده شود (۱۳، ۲۷).

- روش‌های آنالیز

TS و مواد جامد فرار ((Volatile Solid(VS) برمبنای راهنمای آمده در کتاب "روش‌های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب" با شماره B۲۵۴۰ و C۲۵۴۰ اندازه‌گیری شد (۲۸). درصد کربن و نیتروژن موجود در ماده خام و همچنین نسبت کربن به نیتروژن (C/N) آن به روش استاندارد (۲۸) تعیین شد. میزان دی‌اکسیدکربن و متان موجود در بیوگاز توسط ظرف آینهورن (Einhorn) و هیدروکسیدسدیم M ۷، اندازه‌گیری گردید. به این صورت که ظرف آینهورن با این محلول پر و مقدار mL ۵ از بیوگاز توسط سرنگ به داخل آن تزریق گردید. با جذب شدن دی‌اکسیدکربن در هیدروکسیدسدیم،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

گاز باقیمانده در بالای ظرف، مقدار متان را نشان می‌دهد (۲۹). pH هر هاضم بصورت روزانه توسط pH متر مدل pH-۲۰۱ ساخت کشور تایوان تعیین شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های پسماند جامد شهری و تلقیح در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به TS، VS و همچنین میزان کربن و نیتروژن، می‌توان نتیجه گرفت که مواد خام مورد استفاده شرایط مناسبی برای هضم بیهوازی دارند.

اثر درصدهای مختلف TS بر روی تولید بیوگاز و متان در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اما pH در تیمارهای مختلف بدون تفاوت معنی‌داری بدست آمد (جدول ۲).

- تولید بیوگاز در سطوح مختلف کل جامدات

نمودار ۱ و ۳ تولید تجمعی و روزانه بیوگاز را با زمان هضم ۲۵ روز و در محدوده دمایی مزوفیلیک نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ۱، تولید بیوگاز بلافاصله از روز اول در تمام هاضم‌ها شروع شد. در تمام هاضم‌ها، میزان تولید بیوگاز بلافاصله بعد از روز دوم هضم، شروع به کاهش کرده و پس از گذشت ۶ و ۷ روز از هضم به کمترین مقدار خود رسید و سپس دوباره شروع به افزایش کرد و در روز ۱۴ به بیشترین مقدار خود رسید و بعد از آن روند کاهشی پیدا کرده و ثابت شد. تولید تجمعی بیوگاز از سیستم هضم بدست آمده از TSهای ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به ترتیب ۱۹۱/۲۶ mL/g TS، ۱۴۳/۶۲ mL/g TS و ۱۳۴/۸۲ mL/g TS بود. نمودار ۲ تغییرات روزانه pH را برای تمام تیمارها در طول آزمایش نشان می‌دهد. متناسب با روند تولید بیوگاز، در روزهای اول آزمایش، در تمامی تیمارها pH روندی نزولی داشت؛ بطوریکه در روز هفتم میزان آن به ۵/۳ رسید. سپس با افزایشی تدریجی از روز پانزدهم به بعد در سطح ۶/۷ ثابت ماند.

جدول ۱- ویژگی های ماده خام و تلقیح

پارامتر	واحد	OFMWS	تلقیح
TS	درصد	۲۳	۱۲
VS	درصد	۷۶/۲	۸۲
رطوبت	درصد	۷۷	۸۸
کربن (C)	درصد	۴۲/۷	۳۲/۳۷
نیتروژن (N)	درصد	۱/۷۸	۲/۶۲
نسبتC/N	-	۲۴	۱۲/۳۵
pH	-	۶/۷	۶/۸

جدول ۲- آنالیز واریانس برای مقدار تولید بیوگاز، متان و pH

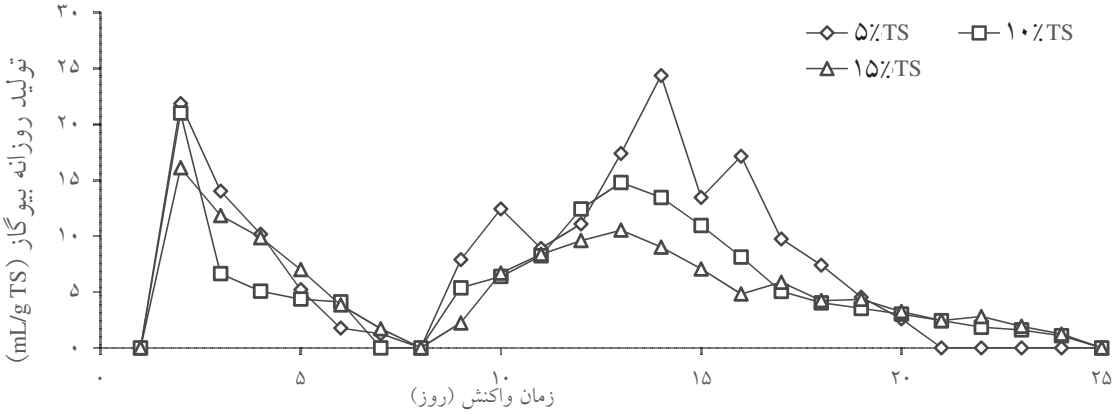
متغیر مستقل	درجه آزادی	متغیرهای وابسته	میانگین مربعات	F
		بیوگاز	۱۹۴۶/۸۳	۴۲/۴۶**
TS	۲	متان	۹۷۸/۶۸	۳۵/۰۷**
		pH	۰/۰۲۵	۲/۵۲ns

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

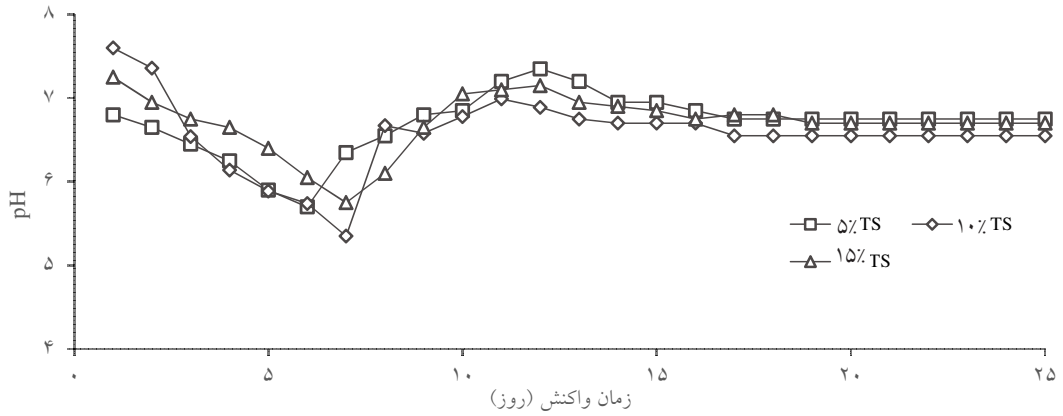
ns غیر معنی دار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

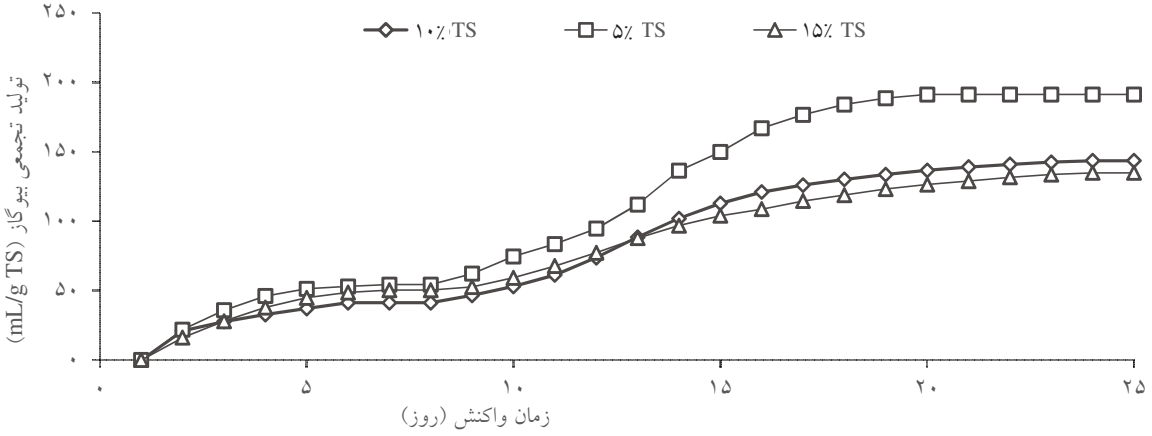
نمـودار ۴ کاهـش VS در درصدهـای مختلف TS را نشـان می‌دهد. مشاهده می‌شـود که بیشترین کاهش VS یا به‌عبارت دیگر، بیشـترین تخریب زیسـتی در کمترین سطح درصد ماده جامد پیش آمده اسـت. از طرف دیگر، پیش‌تصفیه قلیایی، VS مـاده خـام را تا حدود ۷۰ درصد کاهش داده اسـت. به همین صـورت، تولید متان در ۱۵TS درصد، ۳۰/۴۱ درصد کمتر از ۵TS درصد، بدست آمد.



نمودار ۱- تولید روزانه بیوگاز با درصدهای مختلف TS (C/N=۲۴، T= ۳۷ °C و F/I=۱۰۵ mL)

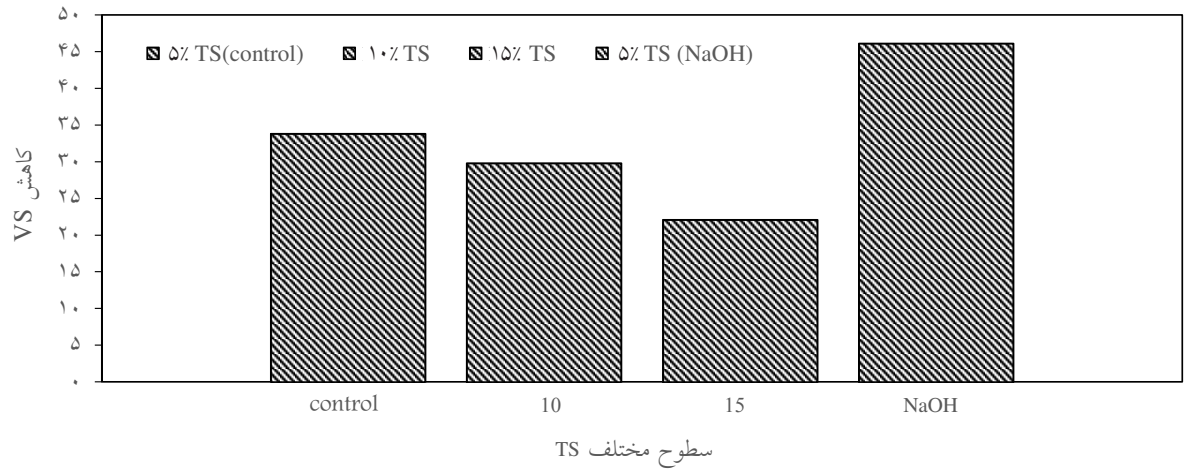


نمودار ۲- تغییرات pH روزانه در درصدهای مختلف TS (C/N=۲۴، T=۳۷ °C و F/I=۱۰۵ mL)



نمودار ۳- تولید تجمعی بیوگاز با درصدهای مختلف TS (C/N=۲۴، T=۳۷ °C و F/I=۱۰۵ mL)

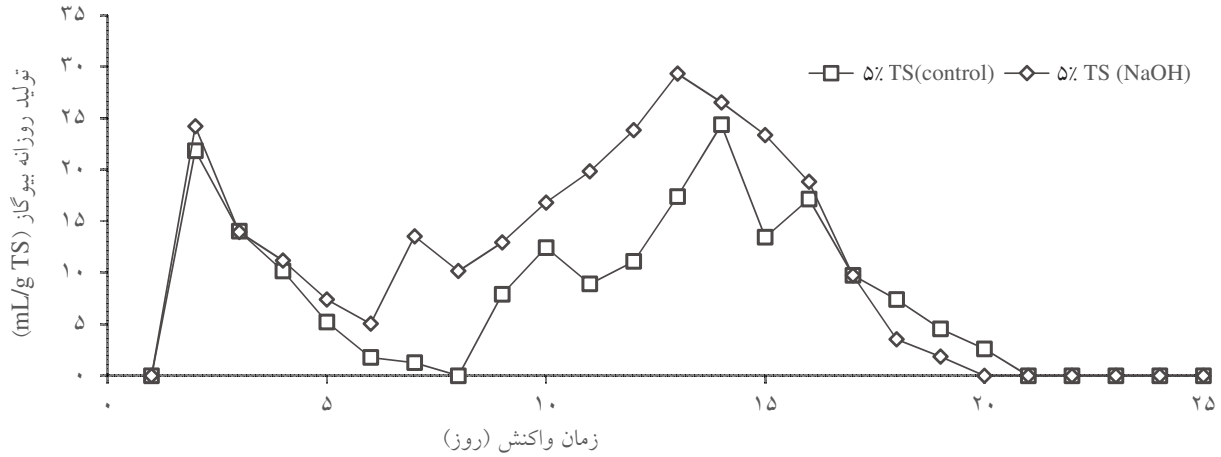
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]



نمودار ۴- کاهش VS در درصدهای مختلف TS و پیش‌تصفیه (C/N=۲۴، T=۳۷ °C و F/I=۱۰۵ mL)

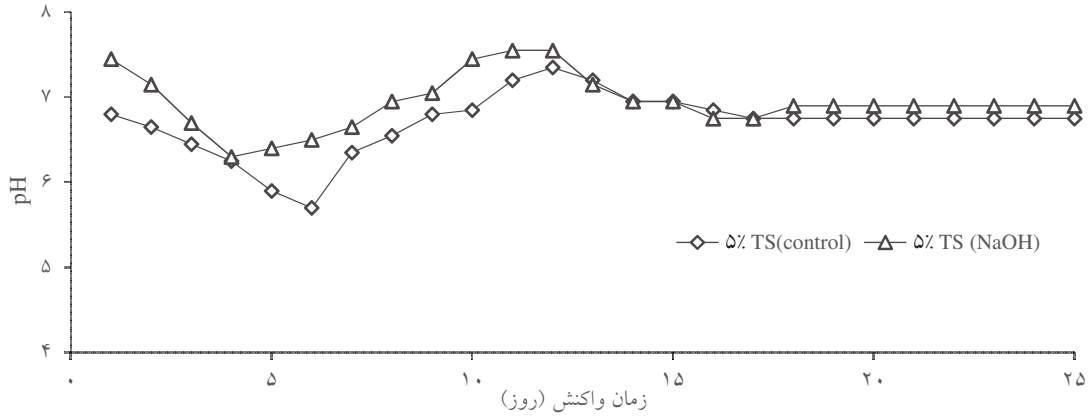
- تاثیر پیش تصفیه قلیایی با هیدروکسیدسدیم بر تولید بیوگاز

نمودار ۵ تولید روزانه بیوگاز در تیمار شاهد و پیش‌تصفیه شده را با زمان هضم ۲۵ روز و در محدوده دمایی ۳۷ °C مقایسه می‌کند. روند با آنچه در نمودار ۱ آمده است تقریبا یکسان است. تولید کل بیوگاز از سیستم هضم بدست آمده از تیمار شاهد و پیش‌تصفیه شده، به‌ترتیب ۱۹۱/۲۶ mL/g TS و ۲۷۴/۷۴ mL/g TS است (نمودار ۷). میزان متان تولید شده در حالت پیش‌تصفیه شده ۳۶/۸۵ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت و همچنین VS پس از ۲۵ روز هضم در آزمایش پیش‌تصفیه شده ۲۷/۷ درصد بیشتر از تیمار شاهد کاهش پیدا کرده بود (نمودار ۴). نمودار ۶ تغییرات pH را در طول این آزمایش‌ها نشان می‌دهد. روند کلی با آنچه در مورد درصدهای مختلف ذکر شد، مشابهت زیادی دارد. pH در هاضم پیش تصفیه شده همواره کمی بالاتر از هاضم شاهد است. همچنین، کمینه pH (۶/۴) در هاضم پیش تصفیه شده بالاتر از شاهد است. این امر نشان دهنده تثبیت سریعتر فرایند هضم با اعمال پیش تصفیه قلیایی باشد.

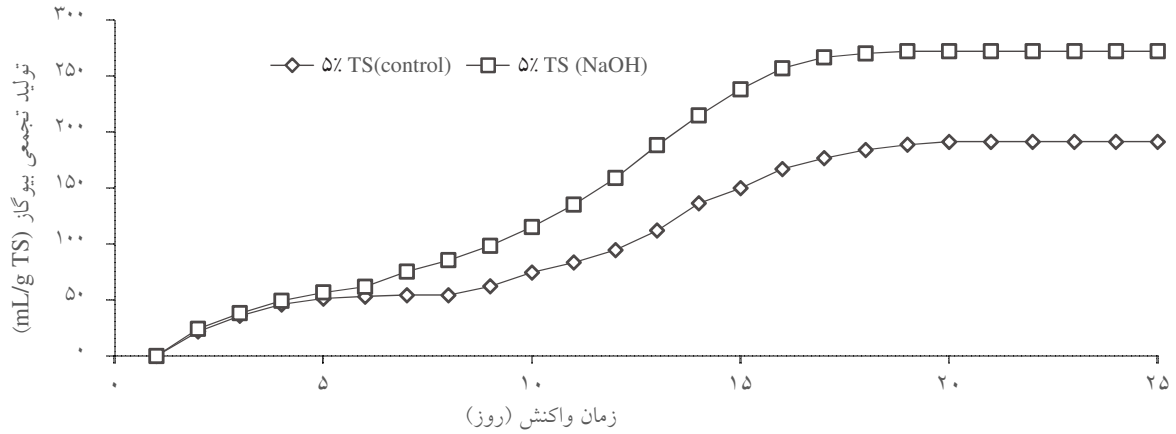


نمودار ۵- اثر تصفیه با هیدروکسیدسدیم بر تولید روزانه بیوگاز (C/N=۲۴، T=۳۷ °C و F/I=۱۰۵ mL)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]



نمودار ۶- تغییرات pH برای تیمار تصفیه شده (C/N=۲۴، T=۳۷ °C و F/I=۱۰۵ mL)



نمودار ۷- اثر پیش‌تصفیه با هیدروکسیدسدیم بر تولید تجمعی بیوگاز از پسماند جامد شهری (C/N=۲۴، T=۳۷ °C و F/I=۱۰۵ mL)

بحث

جهت کاهش پسماند شهری و مضرات آن و تولید پاتوژن کمتر در محیط و کاهش آلودگی حاصل از آن می‌توان از هضم بی هوازی بعنوان روش مناسب و جذاب بخصوص در کشورهای در حال توسعه استفاده کرد. همچنین، می‌توان از آن انرژی بدست آورد. این روش در مقایسه با روش‌های دیگر دارای مزایایی از قبیل انرژی مصرفی کمتر، تولید گاز قابل استفاده و تصفیه بهتر است. این مطالعه در طی دو مرحله و در دو سری آزمایش انجام شد؛ در آزمایش اول اثر درصد TS و در آزمایش دوم اثر پیش‌تصفیه مورد بررسی قرار گرفت و با نتایج سایر محققین مقایسه گردید.

آزمایش اول: اثر کل جامدات بر تولید بیوگاز

نتایج نشان داد که تولید روزانه بیوگاز برای تمام هاضم‌ها پس از ۱/۵ روز از هضم کاهش یافته و در بعضی از هاضم‌ها متوقف شد. بعد از گذشت ۶ تا ۸ روز، دوباره روند تولید حالت افزایشی گرفته و در بازه روزهای ۱۳ام تا ۱۴ام به حداکثر مقدار خود رسید. بعد از آن با روندی کاهشی، تولید نهایتا تا روز ۲۵ام ادامه داشت. چنین حالتی در چندین مطالعه از جمله Cesaro و همکاران (۳۰) و Pitk و همکاران (۳۱) گزارش شده است. دلیل رخداد چنین روندی با مشاهده

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

تغییرات pH و نیز میزان متان در روزهای مختلف قابل تشریح است. آن‌چنان‌که در نمودار ۲ آمده است، فرایند اسیدزایی در روزهای اول، از طرفی باعث تولید گاز دیاکسیدکربن شده و از طرف دیگر، باعث افت pH می شود (۳۴-۳۲). اساسا در شروع فرایند هضم بی هوازی، به دلیل رشد سریع تر اسیدزاها نسبت به متان‌زاها، محیط تا حدودی اسیدی می شود. اگر مواد تلقیح حاوی جمعیت متراکم متان‌زاها به هاضم اضافه نشده باشد، احتمال تجمع اسیدها و نتیجتا غیرفعال شدن متان‌زاها وجود دارد (۱۱). پس از چند روز، با افزایش بیشتر جمعیت باکتری‌های متان‌زا و مصرف اسیدها توسط آنها، pH دوباره افزایش یافته و تولید بیوگاز روندی صعودی به خود می گیرد (۳۵، ۳۶).

تولید تجمعی بیوگاز در سطوح مختلف TS ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به ترتیب ۱۹۱/۲۶ mL/g TS، ۱۴۳/۶۲ mL/g TS و ۱۳۴/۸۲ mL/g TS بود. بیشترین تولید متان از هضم در سطح TS ۵درصد مشاهده شد (نمودار ۳). با توجه به نمودار ۴، بیشترین درصد تبدیل نیز در همین سطح پیش آمده است. تبدیل بیشتر VS نشان‌دهنده تجزیه بیشتر و در نتیجه تولید گاز بیشتر است. این امر می‌تواند به خاطر تبدیل VS به محصولات جانبی غیر از گاز، مانند اسیدهای چرب فرار (VFA) باشد (۳۷). این نتایج با مطالعه Itodo و همکار (۳۸) همخوانی دارد؛ در حالی‌که Brown و همکاران (۳۹) با تولید بیوگاز از زباله‌های باغچه تحت هضم تر (۵ درصد TS) و هضم خشک (۱۸-۱۹ درصد TS) نشان دادند که بین هضم تر و هضم خشک از لحاظ عملکرد متان تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. Cesaro و همکار (۴۰) مقدار TS ۷ درصد را به‌عنوان تیمار بهینه اعلام کردند. دلیل تخریب پذیری زیستی بیشتر در TSهای کمتر در آزمایش حاضر، می‌تواند به بالاتر بودن pH در آنها مربوط باشد (نمودار ۲). علاوه بر آن، احتمالا توزیع دما و جمعیت باکتریایی در مخلوط‌های رقیق‌تر بهتر است.

آزمایش دوم: اثر پیش‌تصفیه قلیایی

اگرچه روند کلی تغییرات pH، تولید روزانه و تجمعی با آزمایش بدون پیش تصفیه تقریبا مشابه است، اما نتایج حاکی از آن بود که پیش‌تصفیه بطور قابل‌توجهی در افزایش درجه تبدیل ماده مناسب بوده و برای تولید بیوگاز مفید است. تولید تجمعی بیوگاز و متان پس از ۲۵ روز هضم، ۳۰/۳۸ و ۳۶/۸۵ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته بود. پس از گذشت ۱۶ روز از هضم مقدار ۸۷ و ۹۵ درصد میزان تولید بیوگاز به‌ترتیب برای نمونه شاهد و هیدروکسیدسدیم بدست آمد که اینها به نوبه خود نشان می‌دهد که پیش‌تصفیه سبب کاهش زمان هضم می‌شود. آن‌چنان که Zheng و همکاران (۱۸) نیز گزارش کردند. از سوی دیگر، VS شاهد و پیش‌تصفیه شده در طی ۲۵ روز به‌ترتیب ۴۹/۲ درصد و ۶۸/۱ درصد کاهش یافته بود (نمودار ۴).

در مطالعه Lin و همکاران (۴۱) افزایش تولید بیوگاز با استفاده از پیش‌تصفیه قلیایی از ۲۹ تا ۱۱۲ درصد گزارش شده است. همچنین Khatri و همکاران (۴۲) افزایش ۳/۵ تا ۲۲/۵ درصدی را در تولید متان با استفاده از پیش‌تصفیه هیدروکسیدسدیم برای کاه ذرت گزارش کردند. Xu و همکاران (۴۳) کاهش ۴۳/۵ درصدی VS با استفاده از پیش‌تصفیه قلیایی را مشاهده کردند که با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

دلیل افزایش تولید بیوگاز با پیش تصفیه قلیایی، بهبود تخریب پذیری زیستی است. این فرایند بسیار پیچیده بوده و شامل واکنش های متعددی مانند حل شدن پلی ساکاریدهای تجزیه نشده، هیدرولیز پیوندهای گلیکوزیدی و گروه های استیل و نیز تجزیه پلی ساکاریدهای حل شده است (۴۴). با این حال مکانیزم اصلی افزایش تولید بیوگاز با پیش‌تصفیه قلیایی، عبارت است از شکسته شدن پیوندهای استری بین همی‌سلولز، سلولز و لیگنین و در نتیجه افزایش سطح دسترسی باکتری ها به مواد (۴۲).

با توجه به مطالب بیان شده در بالا، بهتر است که آزمایشاتی مشابه اما در دمای ترموفیلیک، غلظت های مختلف هیدروکسیدسدیم و دماهای مختلف پیش تصفیه صورت گیرد. همچنین، انجام تمامی آزمایش ها در راکتورهای مجهز به همزن دائمی، می‌تواند نتایج جالبی را به دنبال داشته باشد.

نتیجه گیری

با جمع بندی یافته های این پژوهش می توان به این نتیجه رسید

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

که با افزایش درصد ماده جامد، تولید بیوگاز از پسماند شهری کاهش می یابد و هضم بی هوازی این ماده در غلظت های پایین تر توصیه می گردد. همچنین مشخص شد که پیش‌تصفیه قلیایی، به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش تخریب زیستی پسماند آلی جامد شده و در نتیجه تولید بیوگاز و متان از آن را افزایش می دهد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه با عنوان "بهینه‌سازی تولید بیوگاز از پسماند جامد شهری از طریق هضم مشترک جامد خشک و تر با لجن فاضلاب و پیش‌تصفیه قلیایی" در مقطع کارشناسی ارشد مصوب سال ۹۴ و کد ۳۹۴۵۷ است که با حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد و نیز مرکز پژوهشی ماشین‌های کشاورزی مستقر در گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم آن دانشگاه اجرا شده است. از مسئولین محترم آزمایشگاه بیوگاز این گروه و آقایان مهندس محسن کریمی‌خواه و محسن ثقوری که در این پژوهش همکاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

1. Dong L, Zhenhong Y, Yongming S. Semi-dry mesophilic anaerobic digestion of water sorted organic fraction of municipal solid waste (WS-OFMSW). Bioresource Technology. 2010;101(8):2722-28.
2. Themelis NJ, Kim YH, Brady MH. Energy recovery from New York City municipal solid wastes. Waste Management & Research. 2002;20(3):223-33.
3. Farokhzad S, Keihani A, Perveh S. Energy potential of biogas from waste and animal waste in Iran. Seventh National Congress Agricultural Machinery Engineering and Mechanization; 2012; Iran (in Persian).
4. Nasrollahi-Sarvaghaji S, Alimardani R, Sharifi M, Taghizadeh Yazdi M. Comparison of the environmental impacts of different municipal solid waste treatments using life cycle assessment (LCA) (Case Study: Tehran). Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(2):273-88 (in Persian).
5. Zhu J, Zheng Y, Xu F, Li Y. Solid-state anaerobic co-digestion of hay and soybean processing waste for biogas production. Bioresource Technology. 2014;154:240-47.
6. Siripong C, Dulyakasem S. Continuous co-digestion of agro-industrial residues [dissertation]. Sweden: University of Borås; 2012.
7. Verma S. Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes [dissertation]. New York: Columbia University; 2004.
8. Zennaki-Bensouda Z, Zaid A, Lamini H, Aubineau M, Boulif M. Methane fermentation of cattle manure: effects of hydraulic retention time, temperature and substrate concentration. Tropicultura. 1996;14:134-40.
9. Patil JH, AntonyRaj M, Shankar B, Shetty MK, Kumar BP. Anaerobic co-digestion of water hyacinth and sheep waste. Energy Procedia. 2014;52:572-78.
10. Zhang Y, Banks CJ. Impact of different particle size distributions on anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste. Waste Management. 2013;33(2):297-307.
11. Liu C-F, Yuan X-Z, Zeng G-M, Li W-W, Li J. Prediction of methane yield at optimum pH for anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. Bioresource Technology. 2008;99(4):882-88.
12. Colazo A-B, Sánchez A, Font X, Colón J. Environmental impact of rejected materials generated in organic fraction of municipal solid waste anaerobic digestion plants: Comparison of wet and dry process layout. Waste Management. 2015;43:84-97.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

13. Zhang C, Li J, Liu C, Liu X, Wang J, Li S, et al. Alkaline pretreatment for enhancement of biogas production from banana stem and swine manure by anaerobic codigestion. Bioresource Technology. 2013;149:353-58.
14. Cristancho DE, Arellano AV. Study of the operational conditions for anaerobic digestion of urban solid wastes. Waste Management. 2006;26(5):546-56.
15. Forster-Carneiro T, Pérez M, Romero L. Thermophilic anaerobic digestion of source-sorted organic fraction of municipal solid waste. Bioresource Technology. 2008;99(15):6763-70.
16. Nasir IM, Mohd Ghazi TI, Omar R. Anaerobic digestion technology in livestock manure treatment for biogas production: a review. Engineering in Life Sciences. 2012;12(3):258-69.
17. Ariunbaatar J, Panico A, Esposito G, Pirozzi F, Lens PNL. Pretreatment methods to enhance anaerobic digestion of organic solid waste. Applied Energy. 2014;123:143-56.
18. Zheng M, Li X, Li L, Yang X, He Y. Enhancing anaerobic biogasification of corn stover through wet state NaOH pretreatment. Bioresource Technology. 2009;100(21):5140-45.
19. Eliana C, Jorge R, Juan P, Luis R. Effects of the pretreatment method on enzymatic hydrolysis and ethanol fermentability of the cellulosic fraction from elephant grass. Fuel. 2014;118:41-47.
20. Taherzadeh MJ, Karimi K. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review. International Journal of Molecular Sciences. 2008;9(9):1621-51.
21. Tanaka S, Kobayashi T, Kamiyama K-I, Bildan MLNS. Effects of thermochemical pretreatment on the anaerobic digestion of waste activated sludge. Water Science and Technology. 1997;35(8):209-15.
22. Sun Y, Cheng J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. Bioresource Technology. 2002;83(1):1-11.
23. Rao M, Singh S. Bioenergy conversion studies of organic fraction of MSW: kinetic studies and gas yield–organic loading relationships for process optimisation. Bioresource Technology. 2004;95(2):173-85.
24. Fang W, Zhang P, Zhang G, Jin S, Li D, Zhang M, et al. Effect of alkaline addition on anaerobic sludge digestion with combined pretreatment of alkaline and high pressure homogenization. Bioresource Technology. 2014;168:167-72.
25. Cuetos MJ, Fernández C, Gómez X, Morán A. Anaerobic co-digestion of swine manure with energy crop residues. Biotechnology and Bioprocess Engineering. 2011;16(5):1044-52.
26. Angelidaki I, Alves M, Bolzonella D, Borzacconi L, Campos J, Guwy A, et al. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. Water Science and Technology. 2009;59(5):927-34.
27. Taherdanak M, Zilouei H. Improving biogas production from wheat plant using alkaline pretreatment. Fuel. 2014;115:714-19.
28. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington DC: American Public Health Association; 1998.
29. Stoddard I. Communal Polyethylene Biogas Systems: Experiences from on-farm research in rural West Java [dissertation]. Sweden: Uppsala University; 2010.
30. Cesaro A, Naddeo V, Amodio V, Belgiorno V. Enhanced biogas production from anaerobic codigestion of solid waste by sonolysis. Ultrasonics Sonochemistry. 2012;19(3):596-600.
31. Pitk P, Kaparaju P, Palatsi J, Affes R, Vilu R. Co-digestion of sewage sludge and sterilized solid slaughterhouse waste: methane production efficiency and process limitations. Bioresource Technology. 2013;134:227-32.
32. Macias-Corral M, Samani Z, Hanson A, Smith G, Funk P, Yu H, et al. Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure. Bioresource Technology. 2008;99(17):8288-93.
33. Borowski S. Co-digestion of the hydromechanically separated organic fraction of municipal solid waste with sewage sludge. Journal of Environmental Management. 2015;147:87-94.
34. Marañón E, Castrillón L, Quiroga G, Fernández-Nava Y, Gómez L, García M. Co-digestion of cattle

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

manure with food waste and sludge to increase biogas production. Waste Management. 2012;32(10):1821-25.
35. Siciliano A, Stillitano M, De Rosa S. Biogas production from wet olive mill wastes pretreated with hydrogen peroxide in alkaline conditions. Renewable Energy. 2016;85:903-16.
36. Fonoll X, Astals S, Dosta J, Mata-Alvarez J. Anaerobic co-digestion of sewage sludge and fruit wastes: evaluation of the transitory states when the co-substrate is changed. Chemical Engineering Journal. 2015;262:1268-74.
37. Brown D, Li Y. Solid state anaerobic co-digestion of yard waste and food waste for biogas production. Bioresource Technology. 2013;127:275-80.
38. Itodo I, Awulu J. Effects of total solids concentrations of poultry, cattle, and piggerywaste slurries on biogas yield. Transactions of the ASAE. 1999;42(6):1853-55.
39. Brown D, Shi J, Li Y. Comparison of solid-state to liquid anaerobic digestion of lignocellulosic feedstocks for biogas production. Bioresource Technology. 2012;124:379-86.
40. Cesaro A, Belgiorno V. Sonolysis and ozonation as pretreatment for anaerobic digestion of solid organic waste. Ultrasonics Sonochemistry. 2013;20(3):931-36.
41. Lin J-G, Chang C-N, Chang S-C. Enhancement of anaerobic digestion of waste activated sludge by alkaline solubilization. Bioresource Technology. 1997;62(3):85-90.
42. Khatri S, Wu S, Kizito S, Zhang W, Li J, Dong R. Synergistic effect of alkaline pretreatment and Fe dosing on batch anaerobic digestion of maize straw. Applied Energy. 2015;158:55-64.
43. Xu J, Yuan H, Lin J. Evaluation of thermal, thermal-alkaline, alkaline and electrochemical pretreatments on sludge to enhance anaerobic biogas production. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2014;45(5):2531-36.
44. Fengel D, Wegener G. Wood: chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter. 1984;613:1960-82.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Effect of Alkaline Pretreatment on Improvement of Biodegradability of Organic Fraction of Municipal Solid Wastes and Biogas Production in Anaerobic Digestion

M Ahmadi-Pirlou[1], M Ebrahimi-Nik[1,2,*], M Khojastehpour[1,2], SH Ebrahimi[3]

1. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Research Center for Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 19 November 2016
Revised: 7 February 2017
Accepted: 12 February 2017
Published: 6 March 2017

Key words: Alkaline pre-treatment, Biogas, Methane, Municipal solid waste

***Corresponding Author:**
ebrahimi-nik@um.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Solid waste management has always been one of the major challenges of large cities. Conversion of waste to energy in the form of biogas is known to be an appropriate solution. The aim of this study was to investigate the effect of total solids (TS) content and alkaline pretreatment on biogas production from municipal solid waste (MSW).

Materials and Methods: Experiments were done in 1 L glass bottles at 37 °C with different TS contents (5, 10, and 15%), each in 3 replications based on a completely randomized design. Comparison of means was used for interpretations of the result. The volume of the produced biogas, the amount of methane, and changes in pH were measured on a daily basis. In order for better mixing, the digesters were manually shaken for 30 seconds every day. TS, volatile solids (VS), carbon and nitrogen of the feedstock were determined according to APHA standard methods.

Results: The highest methane yield and VS reduction was observed in 5% TS. Therefore, this TS was chosen for alkaline pre-treatment. The results showed that pre-treatment with NaOH significantly improved biodegradability of MSW. In 25 days, the production of biogas was 30.38% higher than that of the untreated digester. The highest methane yield was 83.35 mL/g TS and 132 mL/g TS from the control and the pretreated digesters, respectively.

Conclusion: The results of the lab experiments showed that the TS of 5 % and the alkaline pre-treatment, significantly improved biodegradability of MSW and consequently increased biogas and methane yield.

Please cite this article as: Ahmadi-Pirlou M, Ebrahimi-Nik MA, Khojastehpour M, Ebrahimi SH. Effect of alkaline pretreatment on improvement of biodegradability of organic fraction of municipal solid wastes and biogas production in anaerobic digestion. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;9(4):481-92.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-10]