مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۱۱۵ تا ۱۲۸

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

مقاله پژوهشی

بررسی کارایی پیش تصفیه چربی، روغن و گریس با استفاده از امواج اولتراسونیک با فرکانس پایین جهت تسریع فرایند هضم بی‌هوازی

رضا براتی رشوانلو[۱]، مهدی فرزادکیا[۱،۲*]، عباسعلی مصرزاده[۳]

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۳- گروه مهندسی محیط زیست گرایش آب و فاضلاب، پردیس بین‌المللی ارس، دانشگاه تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱

واژگان کلیدی: فاضلاب شهری، چربی، روغن و گریس، آنزیم لیپاز، اولتراسونیک و هاضم بی‌هوازی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
mahdifarzadkia@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: هیدرولیز چربی، روغن و گریس با امواج اولتراسونیک، به‌عنوان یک روش پیش تصفیه قبل از فرایند هضم بی‌هوازی است که باعث تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها می‌شود. هدف اصلی از این تحقیق، بررسی کارایی امواج اولتراسونیک جهت بهبود فرایند هیدرولیز و استفاده به‌عنوان سوبسترای کمکی جهت افزایش کارایی فرایند هضم بی‌هوازی به همراه لجن فاضلاب شهری است.

روش بررسی: در این مطالعه از چربی و روغن واحد چربی‌گیر نمونه برداری و آمایش فیزیکی با هدایت امواج اولتراسونیک با فرکانس ۲۰ kHz با دانسیته جریان ۰/۰۱۲ -۰/۱۴ W/mL و در زمان‌های ۰-۱۲ min انجام گرفت. تاثیر سوبسترای کمکی بر کارایی هاضم بی‌هوازی در بارگذاری مختلف ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد MSS/FOG: (Fat, Oil and Grease/municipal sewage sludge) مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی فرایند پیش تصفیه با انجام آزمایشاتی نظیر SCOD (soluble chemical oxygen demand) و فعالیت آنزیم لیپاز و فرایند هضم بی‌هوازی همزمان با اندازه گیری TS، VS، VA (volatile acidity)، قلیائیت، میزان بیوگاز تولیدی و درصد متان بیوگاز مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین افزایش در فعالیت آنزیم لیپاز تحت تاثیر اولتراسونیک با قدرت ۰/۱ W/mL در زمان ۸ min به‌دست آمد. بارگذاری با نسبت ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد FOG/MSS: به‌ترتیب منجر به افزایش ۵۵، ۶۶ و ۶۴ درصد تولید متان نسبت به نمونه شاهد شد. بارگذاری بالاتر از ۴۰ درصد FOG/MSS: باعث محدودیت در فرایند هضم همزمان گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد پیش تصفیه امواج اولتراسونیک با قدرت و زمان بهینه می‌تواند ضمن افزایش فعالیت آنزیم لیپاز، هیدرولیز TFOG را بهبود بخشد و همچنین استفاده از آن به‌عنوان سوبسترا کمکی می‌تواند عملکرد هضم را بهبود بخشد و هضم با ثبات‌تری ایجاد کند.

Please cite this article as: Barati Rashvanlou R, Farzadkia M, Moserzadeh AA. Evaluation of pre-treatment efficiency of fats, oils and greases using low frequency ultrasonic waves to accelerate the process of anaerobic digestion. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(1):115-28.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

مقدمه

چربی و روغن و گریس (Fate, oil and grease (FOG)) در تصفیه خانه‌های فاضلاب باعث ایجاد مشکل در روند بهره برداری می‌شود. حضور چربی و روغن در سیستم‌های تصفیه فاضلاب باعث مشکلات جدی از جمله خروج یکباره لجن از سیستم تصفیه، کاهش اکسیژن رسانی به میکروارگانیسم‌ها، تجمع و تولید بوهای نامطبوع می‌گردد (۱).

از میان فرایندهای بیولوژیکی، فرایند بی‌هوازی یک گزینه مناسب برای تصفیه لجن محتوی بارآلی بالا است. تاکنون مطالعات متعددی در استفاده از تصفیه بی‌هوازی برای تصفیه فاضلاب‌های با بار آلی بالا انجام شده است (۲-۵). مهمترین عامل بازدارنده در مورد تصفیه چربی و روغن در فاضلاب ایجاد محدودیت شدید ناشی از مواد آلی ذره‌ای در مرحله هیدرولیز در هضم بی‌هوازی عنوان شده است (۶، ۷).

چربی‌های فاضلاب معمولا در مرحله هیدرولیز به گلیسرول و زنجیره اسیدهای چرب (Long-Chain Fatty Acids(LCFA)) تجزیه شده که برای برخی از میکروارگانیسم‌ها بازدارنده رشد است. زمانی‌که میکروارگانیسم‌ها آنزیم‌های لیپولیتیک داشته باشند می‌توانند از چربی و روغن استفاده نمایند. مطالعات اندکی درباره تخریب چربی و روغن با هیدرولیز آنزیماتیک/ اسید/ قلیا گزارش شده است. یکی از مهمترین و موثرترین این آنزیم‌ها، آنزیم لیپاز هستند. لیپاز موجود در سیستم می‌تواند شتاب دهنده تجزیه بیولوژیکی پلیمری نیز باشد (۸).

غلظت و محتوای جامدات ذرات، دو عامل مهم در هیدرولیز هستند. بنابراین، با افزایش ترکیب هیدرولیز شده (با پیش تصفیه) قبل از فرایند بی‌هوازی، می‌توان عملکرد هاضم را افزایش داد (۹) لذا افزودن یک مرحله پیش تصفیه قبل از فرایندهای بی‌هوازی ضروری به نظر می‌رسد (۱۰، ۱۱). روش‌های پیش تصفیه می‌توانند منجر به تسریع تجزیه و تبدیل مواد آلی به ترکیبات ساده‌تر از جمله مونوساکاریدها، آمینو اسیدها، اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه (Short-chain fatty acids (SCFA)) گردند و سوبسترای مورد نیاز سایر میکروب‌های فعال را تامین نمایند (۱۲).

به طور کلی، روش های پیش تصفیه به چندین دسته اصلی، مانند پیش تصفیه‌های مکانیکی، شیمیایی، حرارتی، ترمو شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم می‌شوند. اولتراسونیک به‌عنوان پیش تصفیه مکانیکی که قابلیت اجرا در مقیاس آزمایشگاه و شرایط واقعی دارد پیشنهاد شده است (۱۳). اثرات اولتراسونیک بر چربی شامل کاهش اندازه ذرات، محلول سازی مواد آلی، آزاد سازی آنزیم و تحریک فعالیت‌های بیولوژیکی است (۱۴). حباب‌های کاویتاسیون و دمای بالای آنی لحظه‌ای تولید شده توسط امواج اولتراسونیک می‌تواند منجر به تسریع در تجزیه چربی، روغن و گریس (۱۳) درنتیجه بهبود تولید بیوگاز گردد (۱۴).

هضم همزمان لجن فاضلاب شهری به همراه چربی و روغن (سوبسترای کمکی) به عنوان یک گزینه جذاب برای مدیریت زائدات حاصل از صنایع غذایی و کارخانه‌های تصفیه روغن شناخته شده است (۱۵). این فرایند نه تنها چربی و روغن را تثبیت می‌کند، بلکه به دلیل پتانسیل بالای چربی و روغن جهت تولید متان، باعث افزایش کارایی هاضم بی‌هوازی می‌گردد. با این حال، هنگامی که هاضم بی‌هوازی با نسبت‌های بالای خوراک چربی و روغن تغذیه می‌شوند، مهار و حتی شکست روند هضم گزارش شده است (۱۶). اگرچه اسیدی شدن فرایند بی‌هوازی، ناشی از بارگذاری هاضم با نسبت بالای چربی و روغن به عنوان منبع مهار کننده فرایند هضم همزمان بی هوازی مشخص شده است (۱۷)، اما اثراتی که پیش تصفیه اولتراسونیک با فرکانس پایین بر هیدرولیز چربی و روغن و هضم همزمان با نسبت‌های مختلف لجن فاضلاب شهری بر روی متان تولیدی دارد کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، اهداف مطالعه حاضر موارد زیر است: ۱) تعیین زمان و دانسیته امواج اولتراسونیک با فرکانس ۲۰ kHz بر محلول سازی و افزایش فعالیت آنزیم لیپاز موجود چربی و روغن موجود در فاضلاب شهری ۲) تعین نسبت بهینه (Thickened Fate, oil and grease/municipal sewage sludge) TFOG/MSS جهت افزایش متان تولیدی در هضم بی‌هوازی همزمان چربی و روغن و لجن فاضلاب شهری.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

مواد و روش‌ها

_مشخصات لجن فاضلاب شهری، چربی روغن و گریس و مایع تلقیح

لجن خام حاوی ۷۰ درصد لجن بیولوژیکی تغلیظ شده و ۳۰ درصد لجن نشینی اولیه از تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران برداشت شد، نمونه حاوی چربی و روغن و گریس از حوضچه جمع آوری سرریز چربی‌گیر برداشت و بعد از عبور از فیلتر (به منظور حذف زائدات) با استفاده از سانتریفیوژ با ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ min تغلیظ گردید و نهایتا مایع تلقیحی بیولوژیک فعال از خط برگشت هاضم بی‌هوازی برداشت و بعد از آماده سازی (۱۸) به نمونه‌ها قبل از مرحله هضم بی‌هوازی اضافه گردید. به منظور حفظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی قبل از استفاده، نمونه‌ها در دمای ۴ °C نگهداری شدند.

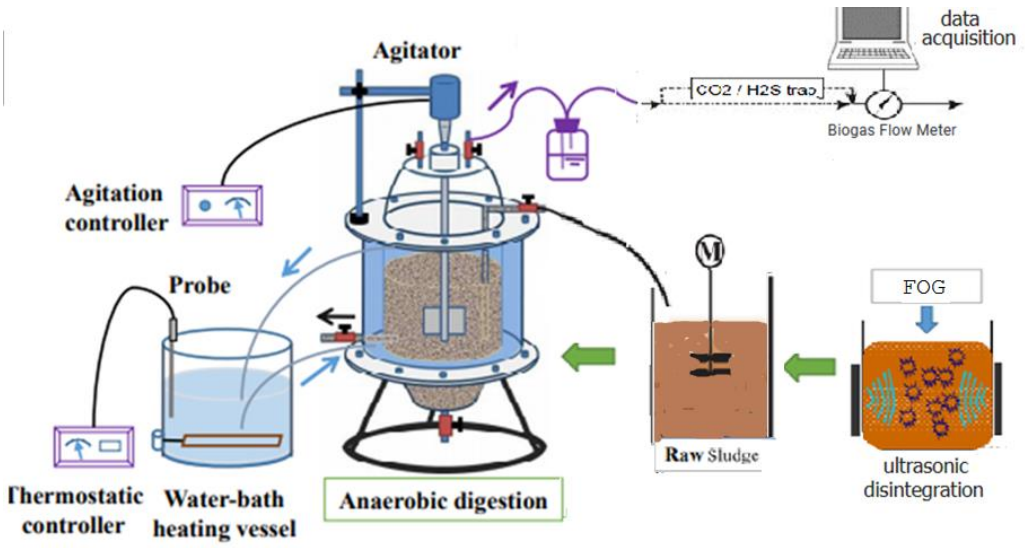
_ طراحی و بهره برداری راکتور

پیش تصفیه چربی و روغن توسط امواج اولتراسونیک با فرکانس پایین (۲۰ kHz و قدرت ۷۰ W) با استفاده از دستگاه اولتراسونیک دارای هموژنایزر بوده است.

تاثیر پارامترهای مانند دانسیته امواج اولتراسونیک (ultrasonic density (UD)) (W/mL)، زمان تابش (ultrasonic time (UT)) (دقیقه)، بر محلول سازی و افزایش فعالیت آنزیم لیپاز براساس روش ارائه شده در مطالعه Rashvanlou و همکاران (۲۰۲۱) (۱۹) مورد آزمایش سنجش قرار گرفت. سرانجام تاثیر چربی، روغن و گریس پیش تصفیه شده با نسبت حجمی ۲/۴، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد TFOG/MSS: با اندازه گیری تولید متان در طی فرایند هضم بی‌هوازی انجام شد.

_ مشخصات پایلوت مورد استفاده

پس از اتمام مرحله پیش تصفیه، بررسی پتانسیل تولید متان نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور واکنش‌های بی‌هوازی در راکتور با حجم مفید ۱ L که دارای ۰/۲ L فضای آزاد در بالای راکتور بوده است انجام شد و یک راکتور به عنوان شاهد توسط نمونه بدون پیش تصفیه بارگذاری گردید. با افزودن ۱۰درصد حجمی مایع تلقیحی بیولوژیک فعال (۲۰)، شرایط سازگاری مزوفیلک برای نمونه‌ها فراهم گردید. برای اطمینان از شرایط بی هوازی در طی فرایند هضم، راکتورها کامل پلمپ شدند و محتویات موجود در راکتور به طور مداوم با استفاده از همزن مکانیکی با ۶۰ rpm (۲۱) به مدت ۵ min کار و ۱ min خاموشی مخلوط می‌شد. این راکتورها در محدوده مزوفیلیک، در دمای ۳۸ °C و ۲۴ زمان ماند بهره برداری شد. شماتیکی از پایلوت مورد استفاده در مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- شماتیکی راکتور مورد استفاده در تحقیق

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

هاضم دارای دو پورت برای نمونه گیری و خروجی بیوگاز بود. نمونه‌ها سه بار در هفته گرفته شد و متعاقبا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بیوگاز تولید شده بعد از عبور از مایع حاوی سود توسط یک گاز متر دیجیتالی، متصل به رایانه اندازه گیری و ثبت گردید. تمام پارامترها با سه بار تکرار مورد بررسی قرار گرفت.

_آنالیزهای مورد استفاده

برای اندازه گیری فعالیت لیپازی باکتری‌ها، از روش امولسیون روغن-الکل استفاده و روش ارائه شده در مطالعه Adibzadeh و همکاران (۲۲) استفاده شده است.اکسیژن خواهی شیمیایی محلول (soluble chemical oxygen demand (SCOD))، کل جامدات (TS)، جامدات آلی (VS)، اسیدهای آلی (VA) و قلیائیت (Alkalinity) مطابق با روش‌های استاندارد اندازه گیری شد (۲۰، ۲۳). حجم بیوگاز تولید شده با استفاده از روش جابجایی مایع اندازه گیری شد همچنین در صد متان بیوگاز با استفاده از دستگاه آنالیزر گاز COSMOS مدل ۳۱۴۰ کشور ژاپن انجام پذیرفت (۲۴).

جهت پردازش آماری از نرم افزار Minitab8 استفاده شد و تجزیه و تحلیل داده‌ها، آنالیز واریانس یک طرفه با فاصله اطمینان ۹۵ درصد برای مقادیر میانگین انجام شد.

یافته‌ها

_مشخصات لجن فاضلاب شهری، چربی روغن و گریس و مایع تلقیح

خصوصیات لجن فاضلاب شهری (MSS)، نمونه چربی، روغن و گریس غلیظ شده (TFOG) و همچنین مایع تلقیح (Inoculum) مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات لجن فاضلاب شهری (MSS)، چربی روغن و گریس تغلیظ شده (TFOG) و مایع تلقیح (Inoculum)

مشخصات	واحد	MSS	TFOG	Inoculum
کل جامدات	g/L	٤٦/٢١	٣٤/٦٢	٢/٩١
جامدات آلی به کل جامدات	درصد	٨١/٥٥	٩٢/٣	١٨/٣٨
کل جامدات معلق	mg/L	٤٥٤٨٤	٣١٩٥٤	٢٣٢٩٠
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی	mg/L	٧٤٨٦٥	٥٦٨٩٧	٣٧٥٢٠
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی محلول	mg/L	٥٢١٠	٦٣١٠	٤٨٨٠
pH	$-\log_{10}[H^+]$	٧/٣	٤/٩٢	٧/٦٨
قلیائیت	mg/L	٣٢٣١	٨٥٠	٦٣١٤
اسیدهای آلی	mg/L	٥٢١١	٢٦٣٠	١٤١
Ammonia-N (mg NH_3-N/L)	(mg NH_3-N/L)	٤٩٧	١٦١	١٥٢٢

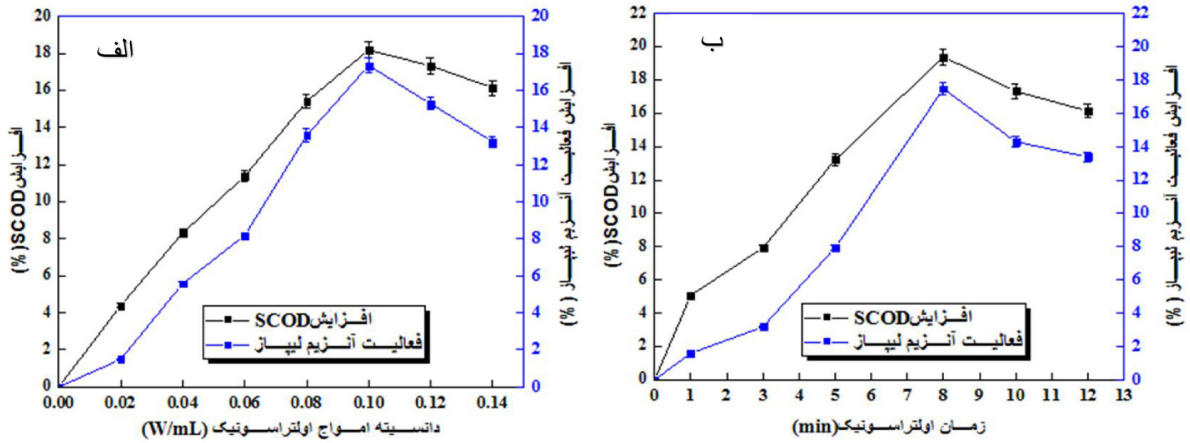
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

نتایج نشان می‌دهد که غلظت کل جامدات در MSS بیشتر از نمونه TFOG و Inoculum است. درصد جامدات آلی نسبت به کل جامدات TFOG نسبت به MSS و Inoculum بالاتر است. اکسیژن خواهی شیمیایی MSS بالاتر از TFOG و Inoculum است در حالی‌که بخش محلول اکسیژن خواهی شیمیایی TFOG بیشتر از نمونه‌های MSS و Inoculum است. قلیاییت و غلظت آمونیاک Inoculum بالاتر از نمونه‌های MSS و Inoculum است.

_ بهینه سازی پارامترهای موثر در پیش تصفیه اولتراسونیک

_ تاثیر دانسیته امواج اولتراسونیک (UD) بر SCOD و فعالیت آنزیم لیپاز

مطابق نتایج ارائه شده در نمودار ۱-الف، بیشترین افزایش SCOD و فعالیت آنزیمی لیپاز به‌ترتیب ۱۸/۱۷ و۱۷/۳۲درصد نسبت به نمونه شاهد (مرحله قبل) با استفاده از امواج اولتراسونیک با دانسیته W/mL ۰/۱ به‌دست آمد. افزایش دانسیته بیش از W/mL ۰/۱ منجر به کاهش مقدار SCOD و فعالیت آنزیم لیپاز در دانسیته W/mL ۰/۱۲ و W/mL ۰/۱۴ شد.



نمودار ۱- تاثیر دانسیته (الف) و زمان تابش امواج اولتراسونیک (ب) بر SCOD و فعالیت آنزیم لیپاز موجود در TFOG

_ تاثیر زمان تابش امواج اولتراسونیک (Ut) بر SCOD و فعالیت آنزیم‌لیپاز

نتایج نشان می‌دهد (نمودار ۱-ب) که بیشترین افزایش مقدار SCOD و فعالیت آنزیمی لیپاز به ترتیب به میزان ۱۹/۳۷ و ۱۷/۴۶ درصد نسبت به نمونه شاهد در Ut=۸ min است و افزایش زمان بیش از ۸ min بطور قابل توجهی باعث کاهش SCOD و فعالیت آنزیم لیپاز می گردد.

_تاثیر پیش تصفیه بر تجزیه پذیری

داده‌های عملکرد چهار راکتور ۱) بدون مخلوط TFOG (۲/۴ درصد) ۲) ۱۰ درصد حجمی TFOG ۳) ۲۰ درصد حجمی TFOG ۴) ۴۰ درصد حجم TFOG در جدول ۲ نشان داده شده است.

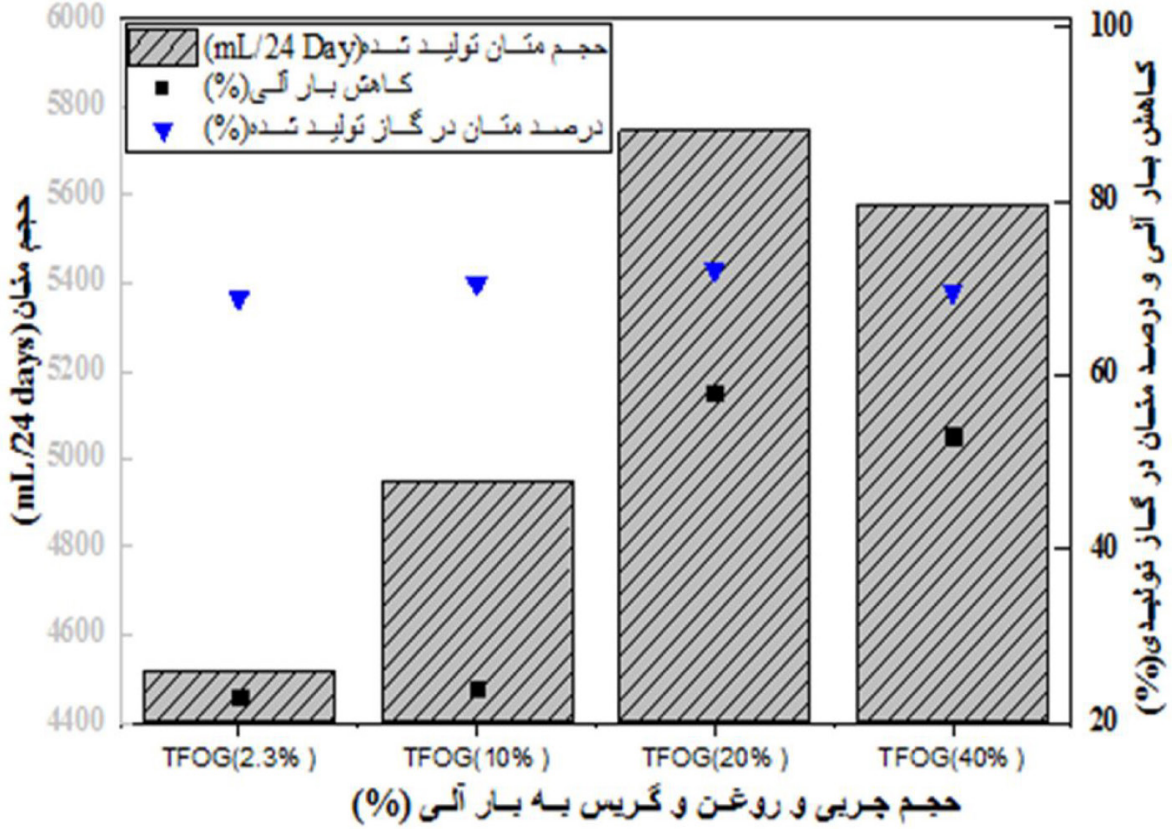
جدول ۲- مشخصات مواد اولیه و لجن خروجی و عملکرد راکتورها

پارامتر	درصد حجمی چربی و روغن و گریس (TFOG) به کل مخلوط لجن (درصد)			
	۲/٤	۱۰	۲۰	٤۰
کاهش بار آلی (درصد)	۲۳	۲٤	۵۸	۵۳
کاهش اکسیژن خواهی شیمیایی (درصد)	۲۵/۲	۲٦/٤	٦۷/۸	۵٦/۳
متان تولیدی ($mL\ CH_4\ /g\ VS\ initeal$)	۱۲۰	۱۳۳	۱۵۷	۱۵٦

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

نتایج نشان می‌دهد (جدول ۲) که با افزایش درصد حجمی TFOG تا ۲۰ درصد میزان کاهش VS افزایش می‌یابد و بیشترین تخریب VS (۶۳ درصد) در راکتور ۳ است. در حالی‌که افزایش بیشتر TFOG، میزان تخریب VS در راکتور ۴ نسبت به نمونه راکتور ۳ کاهش یافته (۵۳ درصد) است. عملکرد هاضم بی‌هوازی در تولید متان در چهار نسبت حجمی با نسبت ۲/۴، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد به ترتیب initeal CH_4 /g VS mL ۱۲۰، ۱۳۳، ۱۵۷ و ۱۵۶ افزوده شده به راکتور بود.

تاثیر چربی و روغن با نسبت حجمی ۲/۴، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد پیش تصفیه شده با امواج اولتراسونیک بر کارایی هاضم بی‌هوازی در نمودار ۲ ارائه شده است.



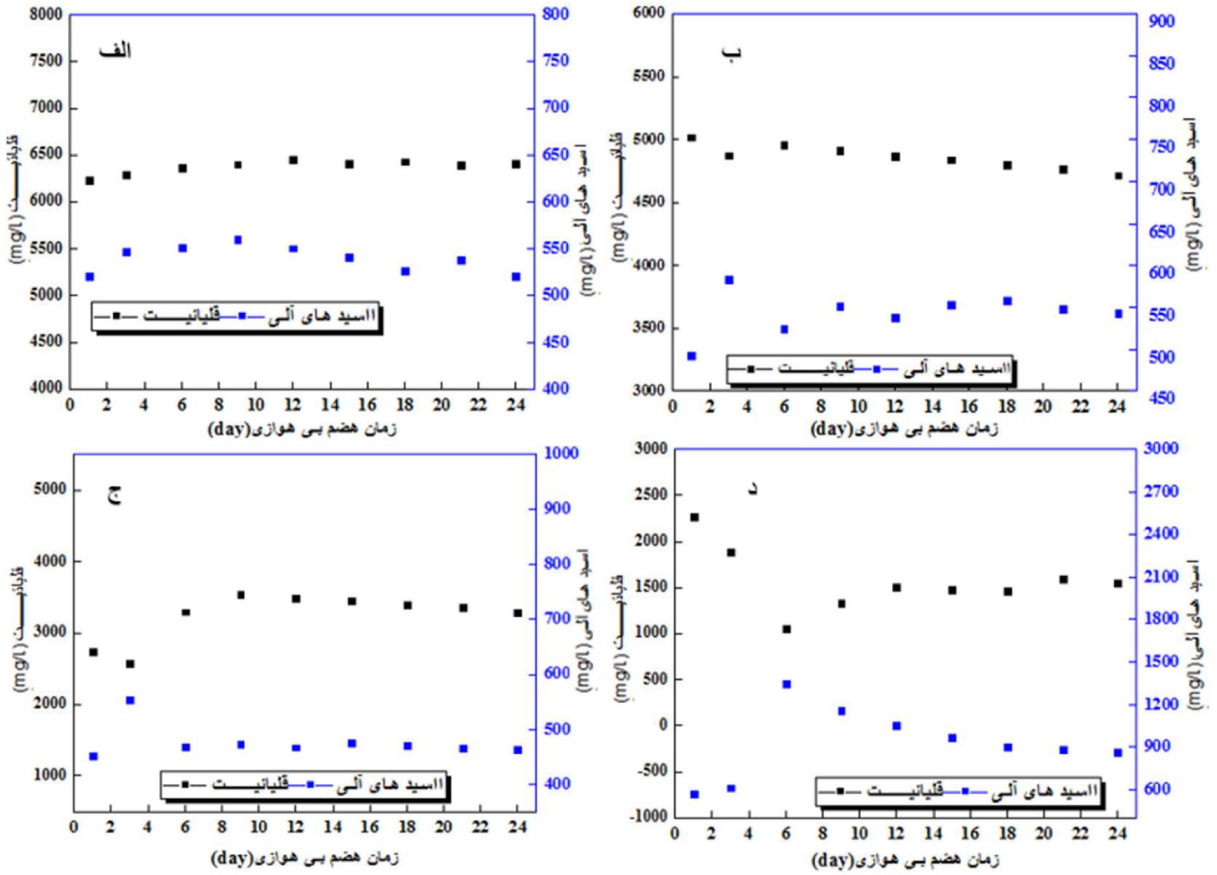
نمودار ۲- تولید تجمعی گاز زیستی، محتوای متان و کاهش بار آلی (VS) در نسبت حجمی ۲/۴، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد چربی، روغن و گریس

نتایج نشان می‌دهد که کاهش بار آلی (VS) در نسبت حجمی ۲/۴، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد به ترتیب ۲۳، ۲۴، ۵۸ و۵۳ درصد بود. همچنین متان تولید شده در نسبت‌های مذکور به ترتیب mL ۴۵۱۸، ۴۹۴۹، ۵۷۴۷ و ۵۵۷۶ است. نهایتا درصد متان موجود در بیوگاز در نسبت حجمی ۲/۴، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد به ترتیب ۶۱، ۶۳، ۶۵، ۶۲ درصد به‌دست آمد.

_ *روند تغییرات قلیائیت و اسیدهای آلی*

روند تغییرات قلیاییت و اسیدهای آلی در راکتورها با افزودن TFOG تا ۴۰ درصد در نمودار ۳ ارائه شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]



نمودار ۳- تغییر در قلیائیت (alka) و اسیدهای آلی (VA) راکتور با نسبت حجمی ۰ (الف)، ۱۰ (ب)، ۲۰ (ج) و ۴۰ درصد (د) چربی، روغن و گریس

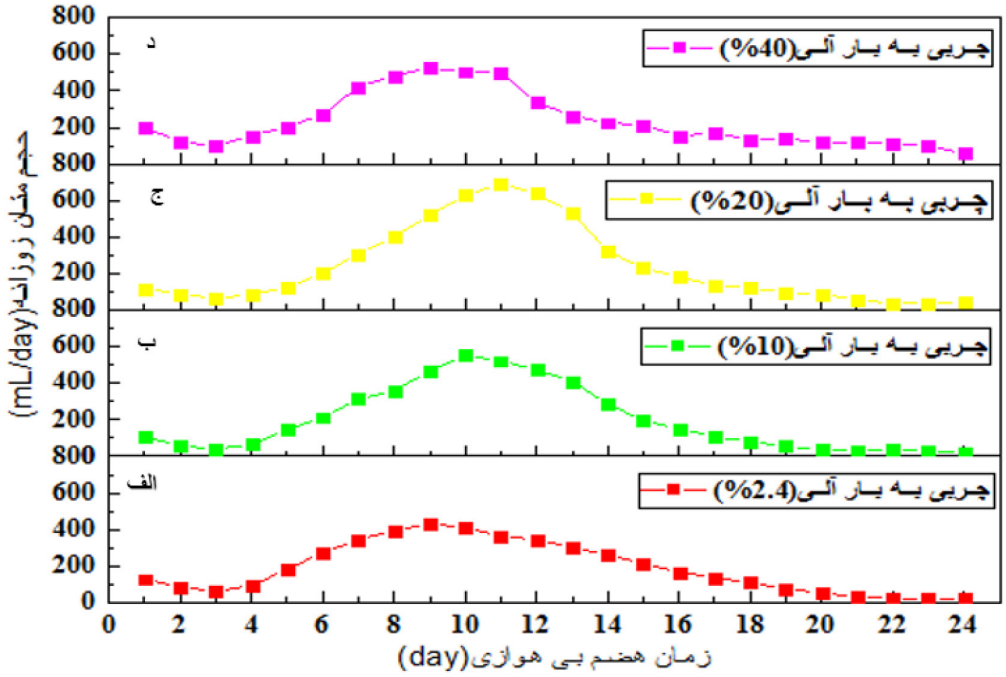
بررسی نتایج نشان می‌دهد که با افزایش بارگذاری از ۲/۴ تا ۴۰ درصد :TFOG/VS، مقادیر قلیائیت در نمونه ورودی با هاضم بی‌هوازی کاهش می‌یابد. در ادامه در بارگذاری ۱۰ درصد (نمودار ۳-الف) با گذشت زمان هضم بی‌هوازی، ثبات در مقادیر قلیائیت مشاهده می‌گردد. در بارگذاری ۲۰ درصد (نمودار ۳-ب) در طی فرایند هضم کاهش جزئی در مقادیر قلیائیت مشاهده می‌گردد و در بارگذاری ۳۰ درصد (نمودار ۳-ج) در ابتدا کاهش جزئی در مقادیر قلیائیت مشاهده می‌گردد و در ادامه تعادل و ثبات قلیائیت در طی فراهم هضم بی‌هوازی مشاهده می‌گردد. نهایتا در بارگذاری ۴۰ درصد (نمودار ۳-د) ضمن کاهش ناگهانی قلیائیت در روز چهارم تا ششم در ادامه ثبات قلیائیت در مقادیر پائین مشاهده می‌گردد.

بررسی نمودار ۴ نشان می‌دهد که با افزایش بارگذاری (۲/۴ تا ۴۰ درصد) مقادیر اسیدهای آلی (VA) در ابتدا افزایش جزئی و در ادامه روند کاهشی داشته است، از طرفی با افزایش درصد TFOG در بار ورودی افزایش غلظت VA در راکتورها مشاهده شد، و در بارگذاری ۴۰ درصد غلظت VA به اوج خود رسیده است. نهایتا اینکه حداکثر غلظت VA در بارگذاری ۲/۴ تا ۴۰ درصد به ترتیب ۷/۱۳، ۱۸/۵، ۲۲/۲۳ و ۵۷/۴۷ درصد نسبت به ابتدای راه اندازی است.

_ *روند تولید گاز*

تغییر در تولید روزانه متان با افزایش TFOG در چهار راکتور با نسبت حجمی ۲/۴، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد TFOG در نمودار ۴ ارائه شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]



نمودار ۴- تغییر در تولید متان روزانه و در راکتور با نسبت TFOG حجمی ۲/۴ (الف)، ۱۰ (ب)، ۲۰ (ج) و ۴۰ درصد (د)

بررسی روند تغییرات نشان می‌دهد که در تمام راکتورها تولید متان در روز دوم کاهش می‌یابد. مطابق نمودار ۴-الف (نسبت ۲/۴ درصد) نسبت بیشترین تولید روزانه گاز متان در روز نهم اتفاق افتاده است (۲/۱۳ برابر میانگین روزانه). در نسبت حجمی ۱۰ و ۲۰ درصد در طی چند روز پس از آغاز، پیش تصفیه نمونه منجر افزایش تولید بیوگاز به ترتیب در روز دهم و یازدهم می‌شود (نمودار ۴-ب و ۴-ج). بیشترین تولید روزانه گاز تولیدی راکتور ۴ در روز نهم اتفاق افتاده است و بعد از آن روند کاهش سریع تولید گاز مشاهده می‌گردد در ادامه روز ۱۱ تولید بیوگاز شروع به کاهش و در روز ۲۴ به حداقل مقدار می‌رسد (نمودار ۴-د).

بحث

_مشخصات لجن فاضلاب شهری، چربی، روغن و گریس و مایع تلقیح

چربی، روغن و گریس به دلیل اینکه از لحاظ تئوری دارای بازدهی تولید گاز متان زیستی بالای (۱ $m^3\ CH_4\ kg^{-1}$) است در مقایسه با هیدروکربن‌ها (۰/۴۲ $m^3\ CH_4\ kg^{-1}$) و پروتئین (۰/۶۳ $m^3\ CH_4\ kg^{-1}$) به عنوان سوبسترا مناسب در فرایند هضم بی‌هوازی همزمان مورد توجه قرار گرفته است (۲۵).

براساس نتایج جدول ۱، به دلیل انجام عملیات آمایش و تغلیظ ثقلی لجن زیستی در تصفیه خانه فاضلاب شهری غلظت کل جامدات و جامدات معلق در MSS بالاتر از نمونه‌های TFOG و Inoculum است. درصد جامدات آلی به کل جامدات (بارآلی) موجود در TFOG نسبت به MSS و Inoculum بالاتر است. محتوای بالای VS بدلیل وجود اسیدهای چرب فرار است و SCFA ها برای تولید گاز زیستی به راحتی تجزیه می‌شوند (۲۶). از طرفی نمونه Inoculum بدلیل اینکه مرحله هضم بی‌هوازی را گذرانده است حاوی کمتر مقادیر بار آلی است. قلیاییت و آمونیاک در Inoculum به دلیل تجزیه پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه در هنگام هضم در بین نمونه‌ها بالاترین بود (۲۷). pH نمونه MSS در دامنه مطلوب (۷/۲-۶/۸) (۲۸)، قلیائیت MSS نیز در محدوده مطلوب

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

mg/L ۴۰۰۰-۲۰۰۰ برحسب $CaCO_3$ بود (۲۹). غلظت COD در TFOG بیشتر از MSS بود.

براساس این نتایج ویژگی‌های TFOG بسته به منبع قابل توجهی متفاوت است. بنابراین، حفظ نسبت مناسب مخلوط چربی به مخلوط لجن برای جلوگیری ازاسیدی شدن سیستم طی فرایند هضم همزمان بی‌هوازی مهم است.

ـ تاثیر پیش تصفیه اولتراسونیک بر محلول سازی و فعالیت آنزیمی

براساس مطالعات گذشته افزایش دانسیته امواج اولتراسونیک، به طور قابل توجهی باعث تخریب ترکیبات آلی می‌شود (۳۰). در مطالعه انجام شده توسط Saurabh و همکاران گزارش شده که امواج اولتراسونیک با دانسیته جریان ۰/۶ W/mL باعث SCOD به میزان ۶۲/۸ درصد در زائدات صنایع غذایی گردیده است (۳۱). فعالیت آنزیمی لیپاز نیز یک روند مشابه با SCOD را نشان می‌دهد (نمودار ۱-الف). مطالعه مشابهی که توسط Si-Kyung Cho و همکاران انجام شد، نشان می‌دهد که اولتراسونیک با دانسیته ۰/۰۸ W/mL باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های متابولیکی درگیر در هضم بی‌هوازی می‌گردد (۳۲) بنابراین امواج اولتراسونیک با دانسیته ۰/۱ W/mL به عنوان یک روش پیش تصفیه کارآمد باعث افزایش تجزیه پذیری یا افزایش محلول سازی می‌شود (۳۳).

کاهش غلظت مواد جامد معلق تحت تاثیر اولتراسونیک قبلا در مطالعات گزارش شده است (۳۴، ۳۵). نتایج مطالعه Oz و همکار نشان داد که امواج اولتراسونیک با فرکانس ۲۰ kHz در مدت ۱۰ min منجر به افزایش SCOD به میزان ۲۳ درصد در فاضلاب صنایع روغن زیتون شده است (۳۶). روند تغییرات فعالیت آنزیمی لیپاز تحت تاثیر زمان اولتراسونیک مشابه SCOD است. افزایش فعالیت آنزیم دهیدروژناز در مطالعه Si-Kyung Cho و همکاران با زمان اولتراسونیک ۱۰ min مشاهده شده است (۳۲) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. یکی از مهمترین پارامترهای کارآیی امواج اولتراسونیک، نیروهای برشی مکانیکی است که اجازه می‌دهد تا کاویتاسیون به راحتی انجام شود و از این رو نتایج بهتری در زمان استفاده از امواج اولتراسونیک با فرکانس پایین مشاهده می‌شود (۳۷).

ـ ارزیابی عملکرد فرایند هضم بی‌هوازی

مقایسه عملکرد راکتورها (جدول ۲) با مطالعات قبلی نشان می‌دهد هنگام هضم همزمان TFOG با بارگذاری ۱۰ درصد حجمی، هضم همزمان منجر به تولید متان به میزان ۱۳۳ mL CH_4/g VS initial و محتوای متان گاز زیستی ۶۳ درصد شد که در مقایسه با نتایج گزارش شده توسط Kabouris و همکاران (۲۰۰۹) (۳۸) و Luostarinen و همکاران (۲۰۰۹) (۳۹) عملکرد بالاتری دارد. هنگامی که راکتور با ۲۰ درصد حجمی بارگذاری شد تولید متان ۱۵۷ mL CH_4/g VS initial (۲۳ درصد افزایش) و محتوای متان گاز زیستی ۶۵ درصد به‌دست آمد که Wang و همکاران (۲۰۱۱) نیز نتیجه مشابهی را گزارش دادند. مقادیر بارگذاری بالاتر TFOG (۴۰ درصد حجمی) منجر به کاهش عملکرد راکتور گردید (۲۶). مطالعه Wang و همکاران در سال ۲۰۱۵ به منظور "تعیین محدودیت هضم همزمان بی‌هوازی ضایعات چربی و لجن فعال" نشان داد که درصد حجمی ضایعات چربی (بدون پیش تصفیه) بیش از ۴۰ درصد منجر به کاهش کارایی هاضم بی‌هوازی می‌گردد (۱۶) و با نتایج این تحقیق جاری همخوانی دارد.

در این مطالعه، بالاترین میزان بارگذاری TFOG بدون اختلال در فرایند هضم، ۲۰ درصد حجمی بوده است در حالی‌که بار آلی (VS) به میزان ۲/۳ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است.

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از امواج اولتراسونیک جهت پیش تصفیه چربی و روغن و گریس می‌تواند ضمن افزایش فعالیت آنزیم لیپاز قابلیت تصفیه بیولوژیکی را جهت هضم همزمان در هاضم بی‌هوازی لجن فاضلاب شهری افزایش دهد. Saifuddin (۲۰۰۹) و همکاران گزارش دادند که امواج اولتراسونیک می‌تواند جهت بهبود انتقال جرم، بهبود نرخ هیدرولیز و کاهش زمان واکنش مورد استفاده قرار گیرند (۴۰).

ـ روند تغییرات شاخص‌های فرایند هضم بی‌هوازی

هضم همزمان موفقیت آمیز ترکیبات چربی و لجن فاضلاب شهری با خوراک‌های حاوی VA/Alkalinity برابر با ۱/۹۶±۰/۰۶ گزارش شده است. با این حال، یک خوراک با

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

نسبت VA/Alkalinity بیش از ۰/۰۳±۲/۱۴ منجر به تجمع VA و مصرف ظرفیت بافر سیستم در نتیجه قلیایی شدن (ترش شدن) راکتور می‌شود (۴۱). در این مطالعه در راکتورهای ۱ تا ۳ (بارگذاری ۲/۴ تا ۲۰ درصد) VA/Alkalinity در محدوده مناسب برای فرایند هضم بی‌هوازی است در حالی‌که در راکتور ۴ نسبت VA/Alkalinity از ۰/۲۵ (روز اول) به ۱/۲۷ (روز ششم) افزایش یافت که بسیار بیشتر از حد پیشنهاد شده برای پایداری هاضم‌های بی‌هوازی است (VA/Alkalinity =۰/۳ -۰/۲) (۲۹).

ـ روند تولید گاز

برررسی روند تغییرات روزانه تولید متان در چهار راکتور نشان می‌دهد که در روز اول، قسمت زیادی از مواد اولیه زود تجزیه پذیر، مصرف شد و بدین ترتیب تولید متان در روز دوم کاهش یافت. این پدیده در مطالعات Nayono و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است (۴۲).

با کاهش مواد زود تجزیه پذیر، عملکرد متان از روز نهم به بعد به میزان قابل توجهی کاهش یافته است که این روند با مطالعات مشابه مطابقت دارد (۴۳). همچنین Kabouris و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه "بازیابی متان از هضم بی‌هوازی لجن شهری و FOG" نتایج مشابهی را گزارش دادند (۳۸). با افزایش نسبت حجمی TFOG تا۲۰ درصد تولید بیوگاز و محتوای متان بیوگاز افزایش یافته است. با این حال، تولید بیوگاز پس از تغذیه با نسبت حجمی ۴۰ درصد TFOG ابتدا افزایش سپس شروع به کاهش کرد و درنهایت متوقف شد. Yalcinkaya (۲۰۱۳) و Malina (۲۰۱۵) نتایج مشابه را گزارش دادند (۱۷، ۲۷). این کاهش در تولید بیوگاز نشان می دهد که شرایط بهینه راکتورها با تغذیه TFOG با۲۰ درصد حجمی فراهم می گردد (۴۲). امکان پیش تصفیه و هضم همزمان چربی، روغن و گریس در هاضم‌های بی‌هوازی لجن فاضلاب شهری به جای حمل و نقل به محل‌های دفن لجن و یا تصفیه مجزا، نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. داده‌های عملکرد جمع آوری شده در این مطالعه می‌تواند به عنوان راهنمای توسعه برنامه‌های کاربردی در مقیاس کامل در تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه استفاده از امواج اولتراسونیک جهت پیش تصفیه چربی، روغن و گریس به عنوان سوبسترای مکملی جهت افزایش کارایی هاضم بی‌هوازی لجن فاضلاب شهری را مورد بررسی قرار داد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شرایط مطلوب برای پیش تصفیه اولتراسونیک: چگالی ۰/۱ W/mL و مدت زمان ۸ min است. در ادامه، تاثیر امواج اولتراسونیک بر کارایی هاضم بی‌هوازی با افزودن چربی، روغن و گریس با نسبت FOG/MSS: ۲/۴، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فرایند پیش تصفیه چربی، روغن و گریس و هضم همزمان بی‌هوازی با نسبت حجمی مناسب (۲۰ درصد) تولید گاز زیستی را تا ۶۶ درصد افزایش می‌دهد. بارگذاری راکتور با نسبت حجمی ۴۰ درصد منجر به ایجاد محدودیت (ترش شدن) در فرایند هضم بی‌هوازی گردید. لذا نتایج این تحقیق نشان داد که تکنولوژی پیش تصفیه ترکیبات چربی با امواج اولتراسونیک با قدرت و زمان بهینه می تواند ضمن افزایش فعالیت آنزیم لیپاز، هیدرولیز TFOG را بهبود بخشد و متعاقبا عملکرد هضم را بهبود بخشد و هضم با ثبات‌تری ایجاد کند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان همه نکات اخلاقی از جمله عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق IR.IUMS.REC1397.32453 است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان "پیش تصفیه چربی و روغن موجود در فاضلاب شهری با فعالسازی آنزیم لیپاز توسط امواج اولتراسونیک با فرکانس پایین" در سال ۹۶ با کد ۹۶-۰۴-۲۷-۳۲۴۵۳ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی ایران اجرا شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

References

1. Cordova J, Nemmaoui M, Ismaıli-Alaoui M, Morin A, Roussos S, Raimbault M, et al. Lipase production by solid state fermentation of olive cake and sugar cane bagasse. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 1998;5(1-4):75-78.

2. Gonçalves MR, Costa J, Marques I, Alves M. Strategies for lipids and phenolics degradation in the anaerobic treatment of olive mill wastewater. Water Research. 2012;46(6):1684-92.

3. Pekin G, Haskök S, Sargın S, Gezgin Y, Eltem R, İkizoğlu E, et al. Anaerobic digestion of Aegean olive mill effluents with and without pretreatment. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2010;85(7):976-82.

4. Borja R, Martin A, Maestro R, Alba J, Fiestas J. Enhancement of the anaerobic digestion of olive mill wastewater by the removal of phenolic inhibitors. Process Biochemistry. 1992;27(4):231-37.

5. Hamdi M. Anaerobic digestion of olive mill wastewaters. Process Biochemistry. 1996;31(2):105-10.

6. Vavilin V, Fernandez B, Palatsi J, Flotats X. Hydrolysis kinetics in anaerobic degradation of particulate organic material: an overview. Waste Management. 2008;28(6):939-51.

7. Pavlostathis SG, Giraldo-Gomez E. Kinetics of anaerobic treatment. Water Science and Technology. 1991;24(8):35-59.

8. Cammarota M, Freire D. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. Bioresource Technology. 2006;97(17):2195-210.

9. Azbar N, Bayram A, Filibeli A, Muezzinoglu A, Sengul F, Ozer A. A review of waste management options in olive oil production. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2004;34(3):209-47.

10. Carballa M, Omil F, Alder A, Lema J. Comparison between the conventional anaerobic digestion of sewage sludge and its combination with a chemical or thermal pre-treatment concerning the removal of pharmaceuticals and personal care products. Water Science and Technology. 2006;53(8):109-17.

11. Davidsson Å, la Cour Jansen J. Pre-treatment of wastewater sludge before anaerobic digestion-hygienisation, ultrasonic treatment and enzyme dosing. Vatten: tidskrift för vattenvård/Journal of Water Management and Research. 2006;62(4):335-40.

12. Qadir M, Wichelns D, Raschid-Sally L, McCornick PG, Drechsel P, Bahri A, et al. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. Agricultural Water Management. 2010;97(4):561-68.

13. Li X, Liu Y, Xu Q, Liu X, Huang X, Yang J, et al. Enhanced methane production from waste activated sludge by combining calcium peroxide with ultrasonic: Performance, mechanism, and implication. Bioresource Technology. 2019;279:108-16.

14. Neumann P, González Z, Vidal G. Sequential ultrasound and low-temperature thermal pretreatment: process optimization and influence on sewage sludge solubilization, enzyme activity and anaerobic digestion. Bioresource Technology. 2017;234:178-87.

15. Alves MM, Pereira MA, Sousa DZ, Cavaleiro AJ, Picavet M, Smidt H, et al. Waste lipids to energy: how to optimize methane production from long-chain fatty acids (LCFA). Microbial Biotechnology. 2009;2(5):538-50.

16. Wang L, Aziz TN, Francis L. Determining the limits of anaerobic co-digestion of thickened waste activated sludge with grease interceptor waste. Water Research. 2013;47(11):3835-44.

17. Yalcinkaya S, Malina Jr JF. Model development and evaluation of methane potential from anaerobic co-digestion of municipal wastewater sludge and un-dewatered grease trap waste. Waste Management. 2015;40:53-62.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

volatile solid concentration, temperature and solid retention time for the hydrolysis of waste activated sludge to recover volatile fatty acids. Bioresource Technology. 2012;119:285-92.

27. Yalcinkaya S, Malina JF. Anaerobic co-digestion of municipal wastewater sludge and un-dewatered grease trap waste for assessing direct feed of grease trap waste in municipal digesters. International Biodeterioration & Biodegradation. 2015;104:490-97.

28. Gerardi MH. The Microbiology of Anaerobic Digesters. New York: John Wiley & Sons; 2003.

29. Tchobanoglous G. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, Vol. 2. New York: McGraw-Hill; 2014.

30. Subhedar PB, Gogate PR. Alkaline and ultrasound assisted alkaline pretreatment for intensification of delignification process from sustainable raw-material. Ultrasonics Sonochemistry. 2014;21(1):216-25.

31. Joshi SM, Gogate PR. Intensifying the biogas production from food waste using ultrasound: Understanding into effect of operating parameters. Ultrasonics Sonochemistry. 2019;59:104755.

32. Cho S-K, Kim D-H, Kim M-H, Shin H-S, Oh S-E. Enhanced activity of methanogenic granules by low-strength ultrasonication. Bioresource Technology. 2012;120:84-88.

33. Zhang Q-Q, Jin R-C. The Application of Low-Intensity Ultrasound Irradiation in Biological Wastewater Treatment: A Review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2015;45(24):2728-61.

34. Suslick KS. The chemical effects of ultrasound. Scientific American. 1989;260(2):80-87.

35. Barati Rashvanlou R, Pasalari H, Moserzadeh AA, Farzadkia M. A combined ultrasonic and chemical conditioning process for upgrading the sludge dewaterability. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2020:1-14. doi: 10.1080/03067319.2020.1739668.

18. Raposo F, De la Rubia M, Fernández-Cegrí V, Borja R. Anaerobic digestion of solid organic substrates in batch mode: an overview relating to methane yields and experimental procedures. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012;16(1):861-77.

19. Rashvanlou RB, Farzadkia M, Rezaee A, Gholami M, Kermani M, Pasalari H. The influence of combined low-strength ultrasonics and micro-aerobic pretreatment process on methane generation and sludge digestion: Lipase enzyme, microbial activation, and energy yield. Ultrasonics Sonochemistry. 2021;73:105531.

20. Ahn Y-M, Wi J, Park J-K, Higuchi S, Lee N-H. Effects of Pre-aeration on the anaerobic digestion of sewage sludge. Environmental Engineering Research. 2014;19(1):59-66.

21. Siddique MNI, Munaim MSA, Wahid ZBA. The combined effect of ultrasonic and microwave pre-treatment on bio-methane generation from co-digestion of petrochemical wastewater. Journal of Cleaner Production. 2017;145:303-309.

22. Adibzadeh A, Rezaee A, Salehi Z. Enhancement of lipase activity for the oily wastewater treatment by an electrostimulation process. RSC Advances. 2016;6(116):115290-97.

23. WEF, APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC: American Public Health Association (APHA); 2005.

24. Basim Y, Farzadkia M, Jaafarzadeh N, Hendrickx T. Sludge reduction by lumbriculus variegatusin Ahvas wastewater treatment plant. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2012;9(1):4.

25. Salama E-S, Saha S, Kurade MB, Dev S, Chang SW, Jeon B-H. Recent trends in anaerobic co-digestion: fat, oil, and grease (FOG) for enhanced biomethanation. Progress in Energy and Combustion Science. 2019;70:22-42.

26. Xiong H, Chen J, Wang H, Shi H. Influences of

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

36. Oz NA, Uzun AC. Ultrasound pretreatment for enhanced biogas production from olive mill wastewater. Ultrasonics Sonochemistry. 2015;22:565-72.

37. Adulkar TV, Rathod VK. Ultrasound assisted enzymatic pre-treatment of high fat content dairy wastewater. Ultrasonics Sonochemistry. 2014;21(3):1083-89.

38. Kabouris JC, Tezel U, Pavlostathis SG, Engelmann M, Dulaney J, Gillette RA, et al. Methane recovery from the anaerobic codigestion of municipal sludge and FOG. Bioresource Technology. 2009;100(15):3701-705.

39. Luostarinen S, Luste S, Sillanpää M. Increased biogas production at wastewater treatment plants through co-digestion of sewage sludge with grease trap sludge from a meat processing plant. Bioresource Technology. 2009;100(1):79-85.

40. Saifuddin N, Fazlili S. Effect of microwave and ultrasonic pretreatments on biogas production from anaerobic digestion of palm oil mill effleunt. American Journal of Engineering and Applied Sciences. 2009;2(1).

41. El-Fadel M, Saikaly P, Ghanimeh S. Startup and stability of thermophilic anaerobic digestion of OFMSW. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2013;43(24):2685-721.

42. Nayono SE, Gallert C, Winter J. Foodwaste as a co-substrate in a fed-batch anaerobic biowaste digester for constant biogas supply. Water Science and Technology. 2009;59(6):1169-78.

43. Cerrillo M, Viñas M, Bonmatí A. Removal of volatile fatty acids and ammonia recovery from unstable anaerobic digesters with a microbial electrolysis cell. Bioresource Technology. 2016;219:348-56.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

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

Orginal Article



Evaluation of pre-treatment efficiency of fats, oils and greases using low frequency ultrasonic waves to accelerate the process of anaerobic digestion

Reza Barati Rashvanlou[1,2], Mahdi Farzadkia[1,2,*], Abbas Ali Moserzadeh[3]

1- Research Center for Environmental Health Technology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3- Department of Environmental Engineering, Water and Wastewater, Aras International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 3 April 2021
Revised: 9 June 2021
Accepted: 13 June 2021
Published: 21 June 2021

Keywords: Municipal wastewater, Fat, Oil and grease, Lipase enzyme, Ultrasonic and anaerobic digester

***Corresponding Author:**
mahdifarzadkia@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Hydrolysis of fat, oil and grease by ultrasonic waves is a pre-treatment method before anaerobic digestion which can change their physical, chemical and biological properties. The main purpose of this study was to investigate the efficiency of ultrasonic waves to improve the hydrolysis process and its use as an auxiliary substrate to increase the efficiency of anaerobic digestion process along with municipal sewage sludge.

Materials and Methods: Sampling of fat and oil of the degreasing unit and physical preparation by conducting ultrasonic waves with frequencies of 20 kHz and current density of 0.012-0.14 W/mL within 0-12 min were performed. The efficiency of pretreatment process were performed through tests such as soluble chemical oxygen demand (SCOD), and lipase enzyme activity. In addition, the anaerobic digestion process were evaluated by measuring the TS, VS, VA (volatile acidity), alkalinity, biogas production and biogas methane content.

Results: The results showed that the highest increase in the activity of lipase enzyme under ultrasonic effect with a power of 0.1 w/mL was obtained after 8 minutes. Organic loading with 10%, 20% and 40% FOG/MSS ratios: resulted in 55%, 66% and 64% increase in methane production compared to the control samples, respectively. Organic loading over the 40% FOG/MSS caused a limitation in the simultaneous digestion process.

Conclusion: The results show that ultrasonic wave pretreatment with optimal power and time can improve the hydrolysis of TFOG while increasing the activity of lipase enzyme and also its use as an auxiliary substrate can enhance digestion performance and make digestion more stable.

Please cite this article as: Barati Rashvanlou R, Farzadkia M, Moserzadeh AA. Evaluation of pre-treatment efficiency of fats, oils and greases using low frequency ultrasonic waves to accelerate the process of anaerobic digestion. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(1):115-28.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]