مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره پنجم، شماره اول، بهار ۱۳۹۱، صفحات ۷۷ تا ۸۶

مقایسه بهبود فرایند تثبیت و آبگیری لجن هاضم‌های هوازی و بی‌هوازی توسط امواج اولتراسونیک

مهدی کارگر[۱]، امیرحسین محوی[۲]

نویسنده مسئول: تهران، میدان انقلاب، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط *ahmahvi@yahoo.com*

دریافت: ۹۰/۰۶/۱۶ پذیرش: ۹۰/۰۹/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: *در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب مقدار بسیار زیادی لجن تولید می‌شود که بسیار فسادپذیر است. بنابراین جهت دفع و استفاده ایمن باید تثبیت شود. با توجه به زمان ماند زیاد و مشکلات آبگیری لجن در هاضم‌ها نیاز به کاربرد روش‌هایی جهت کاهش زمان و رفع محدودیت‌ها و در نتیجه کم کردن هزینه‌های بهره‌برداری و نگه‌داری است. امواج اولتراسونیک به دلیل افزایش دادن فعالیت آنزیم‌ها می‌تواند زمان مرحله هیدرولیز که عامل محدودکننده در هاضم‌هاست، را کم کند در نتیجه باعث کاهش زمان ماند شود. در نتیجه این تحقیق با هدف بهبود فرایند هضم و آبگیری توسط امواج اولتراسونیک در لجن هاضم‌های بی هوازی و هضم سریع‌تر لجن و کم کردن هزینه‌ها طراحی گردیده است.*

روش بررسی: *این بررسی یک مطالعه توصیفی تحلیلی و روش آن به صورت مقطعی بوده که نمونه‌های هاضم هوازی، از ورودی هاضم تصفیه خانه شهرک غرب تهران و نمونه‌های هاضم بی‌هوازی، از لجن ورودی هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب تهران طی چهار ماه از تیر لغایت مهر ۱۳۸۹جهت انجام مطالعه به صورت نمونه منفرد و تصادفی برداشت شد. تعداد نمونه‌ها ۲۰ نمونه از هر نوع هاضم بوده و هر هفته دو نمونه از هر هاضم گرفته شد. نمونه‌های لجن به آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران منتقل شده و مورد بررسی قرار گرفتند. از دو فرکانس ۳۵ و ۱۳۱ کیلوهرتز امواج اولتراسونیک استفاده شد. هرکدام از نمونه‌های لجن با چهار مدت زمان مختلف شامل ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه در معرض هر کدام از امواج اولتراسونیک قرار گرفتند. آزمایش‌های کل جامدات، جامدات فرار، pH، دما، CODکل ، COD محلول و جامدات قابل ته‌نشینی انجام شد. راکتور مورد استفاده به صورت ناپیوسته دارای حجم ۳۰۰ میلی‌لیتر بود.*

یافته ها: *نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد امواج اولتراسونیک باعث افزایش میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی کل و محلول و دما شده و باعث کاهش جامدات فرار، pH و جامدات قابل ته‌نشینی می شود. کاربرد امواج اولتراسونیک در فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز جهت کاهش جامدات فرار و افزایش قابلیت آبگیری لجن موثرتر از فرکانس ۳۵ کیلوهرتز است و بیشترین کارایی را در مدت زمان ۳۰ دقیقه و فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز داشته است. همچنین کاهش جامدات فرار و آبگیری در نمونه‌های هاضم بی‌هوازی بیشتر از هاضم هوازی بوده است.*

نتیجه گیری: *نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که کاربرد امواج اولتراسونیک با کاهش میزان جامدات فرار به هضم لجن کمک می‌کند و همچنین با کاهش زمان جامدات قابل ته‌نشینی، در افزایش قابلیت آبگیری موثر است. بنابراین به عنوان یک گزینه در کمک کردن به تصفیه لجن می تواند مورد توجه قرار گیرد.*

واژگان کلیدی: هاضم بی‌هوازی، هاضم هوازی، آبگیری، تثبیت، امواج اولتراسونیک، لجن فاضلاب شهری

۱- دانشجوی دکترای بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۲- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]

مقدمه

در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب مقدار بسیار زیادی جامدات بیولوژیکی (لجن) تولید می‌شود. این لجن بسیار فسادپذیر است(۱). لجن اولیه بسیار فسادپذیر، بدبو، خاکستری و ۷۰–۶۰ درصد آن جامدات آلی فرار است. لجن ثانویه قهوه‌ای رنگ، بی‌بو و بیشتر جرم میکروبی و با ۸۰–۷۰ درصد جامدات آلی فرار است. لجنی که با این مشخصات تولید می‌شود مشکلاتی کمتر از خود فاضلاب ندارد (۲). بنابراین جهت دفع واستفاده ایمن باید تثبیت شود (۱). در تصفیه‌خانه‌های بزرگ مقدارلجن تولیدی زیاد است. بنابراین قبل از دفع باید عملیاتی روی آن صورت گیرد و تا جایی که امکان دارد آبگیری شده و جامدات فرار آن کاهش یابد. فرایندهایی که بر روی لجن قبل از دفع انجام می‌شود شامل تغلیظ جهت آبگیری و تثبیت جهت کاهش موادآلی فرار است (۲). تصفیه لجن و دفع آن در حال حاضر یکی از مهم‌ترین چالش‌های تکنیکی بوده و بیش از ۵۰ درصد ازکل هزینه پایه و بهره‌برداری فرایند تصفیه فاضلاب را در بردارد (۳).

برای تثبیت لجن از فرایند هضم توسط هاضم‌های بیولوژیکی استفاده می شود. هضم لجن به دو صورت هوازی و بی‌هوازی انجام می‌شود. روش هوازی چون نیاز به انرژی بیشتری دارد هزینه‌بر است و کمتر استفاده می‌شود و چون لجن هوادهی می‌شود سریع‌تر هضم می شود. بنابراین برای تصفیه‌خانه‌های بزرگ با مقادیر بالای لجن مناسب نیست (۲). هضم بی‌هوازی یکی از قدیمی‌ترین فرایندهای مورد استفاده در تثبیت لجن است. این فرایند شامل تجزیه مواد آلی و غیر آلی فرار بدون حضور اکسیژن مولکولی است. کاربرد اصلی این فرایند، تثبیت لجن‌های غلیظ حاصل از تصفیه فاضلاب و نیز تصفیه برخی از مواد زاید صنعتی است(۴ و۵).

فرایند هاضم بی‌هوازی یک تکنیک استاندارد تثبیت است. به دلیل محدودیت در مرحله هیدرولیز بیولوژیکی لجن، تجزیه بی‌هوازی فرایندی کند بوده و به تعداد زیادی تخمیرکننده نیاز دارد زمان معمول هضم ۲۰ روز یا بیشتر است. میزان تجزیه مواد آلی ۶۰–۲۵ درصد متغیر است (۱).

فرایند هضم بی‌هوازی به طور وسیعی از ۲۰ سال پیش استفاده می‌شده و روش‌های مختلفی برای بهبود فرایند پیشنهاد شده است. فرایند هضم هوازی نیز به طور گسترده جهت کاهش حجم لجن مورد استفاده قرار گرفته است. اما هضم هوازی متداول نیز زمان ماند طولانی (معمولا تا ۲۰ روز) نیاز دارد تا به استانداردهای تنظیم شده دست پیدا کنیم. معمولا در فرایند هضم هوازی هیدرولیز مولکول‌های آلی بزرگ موجود در فاضلاب محدودکننده دست‌یابی به تجزیه سریع است (۶و ۷). تحقیقات نشان می‌دهد برای بهتر شدن هیدرولیز در هاضم‌ها از روش‌های زیر می‌توان استفاده نمود:۱- پیش تصفیه حرارتی ۲- کاربرد مواد شیمیایی۳- تجزیه مکانیکی لجن ۴- هضم سلول با امواج اولتراسونیک که این روش در سال‌های اخیر درآزمایشگاه بیوتکنولوژی به‌کار گرفته شده است (۱).

استفاده از فرایند اولتراسونیک برای تجزیه آلاینده‌ها در آب و فاضلاب یکی از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته است و به عنوان یک فناوری کارامد پیشرفته در زمینه‌های مختلف علوم مهندسی محیط به منظور حفظ محیط زیست از آلاینده‌ها و به عنوان یک تکنولوژی کلیدی برای آینده در جهان مورد توجه قرار گرفته است(۸). از سال ۱۹۵۴ مطالعات تجربی و آزمایشگاهی نشان داد که انتشار امواج اولتراسونیک در آب و فاضلاب منجر به حذف آلاینده‌های آلی می‌شود. به‌دلیل تولید رادیکال‌های OH^{o} از طریق کاویتاسیون اکوستیک، اولتراسونیک یک فرایند اکسیداسیون پیشرفته است و منجر به برش همولیتیک یک مولکول در آب می‌شود (۹).طبق مطالعات مختلف انجام شده این فرایند به تنهایی و به طور مستقیم یا غیرمستقیم و به همراه سایر روش‌های دیگر مانند ازناسیون و اشعه ماورای بنفش (UV) و ... به منظور تجزیه آلاینده‌های مثل ترکیبات آلی فرار(VOC)، ترکیبات آلی کلره، ترکیبات بنزن، MTBE، سموم آلی، THMs، TNT، سیانید و ... بسیار کارآمد بوده و منجر به دستیابی نتایج بهتری در مقایسه با کاربرد مجزای هرکدام از روش‌ها می‌شود. همچنین این فرایند

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]

در تصفیه پیشرفته فاضلاب استفاده شده است و دارای کارایی موثری بوده است (۸ و۱۲–۱۰).

مزیت‌های پیش‌تصفیه با اولتراسوند در تصفیه آب و فاضلاب طبق مطالعات انجام شده شامل موارد زیر است:

– طراحی متراکم و بروز در آوردن در سیستم موجود

– هزینه کم و بهره‌برداری بهینه در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌تصفیه

– تولید منبع کربن در محل برای تاسیسات دنیتریفیکاسیون

– اتوماسیون کامل فرایند

– پتانسیل کنترل بالکینگ فیلامنتوس و کف در هاضم‌ها

– پایداری بهتر هاضم

– بهبود تخریب جامدات فرار و تولید بیوگاز

– بهتر شدن قابلیت آبگیری لجن

– بهبود کیفیت جامدات بیولوژیکی (به عنوان مثال جامدات بیولوژیکی (لجن) با باقی‌مانده کم مواد قابل تجزیه بیولوژیک آلی، کاهش تعداد پاتوژن‌ها و ...) (۱۷–۱۳)

پیش‌تصفیه با اولتراسونیک دارای چند چالش نیز هست. یکی از مهم‌ترین مسایل هزینه بالای سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری واحدهای اولتراسونیک است.

مطالعات مختلفی بر روی پیش تصفیه لجن با امواج اولتراسونیک و همچنین تاثیر آن بر بهبود هضم و آبگیری لجن انجام شده است. از جمله Guang Hui در دانشکده مهندسی و علوم محیط شانگ‌های چین در سال ۲۰۰۷ در خصوص تاثیر پروتیین‌های خارج سلولی، پلی ساکاریدها و آنزیم‌ها بر لجن هاضم هوازی پس از پیش‌تصفیه با امواج اولتراسونیک انجام شد. نتایج نشان داد که اپتیمم پرتودهی اولتراسونیک در حداقل ۱۰ دقیقه ودانسیته ۳ KW/L با فرکانس ۲۰ کیلو هرتز است. پس از پرتودهی با امواج اولتراسونیک تحت شرایط بهینه کاهش TSS و VSS در هضم هوازی به ترتیب ۳۰/۹ و ۳۵ درصد در مقایسه با کنترل که هر دو ۲۰/۹ درصد بعد از زمان هضم ۱۰/۵ روز بود (۶). Panyue Zhang در گروه مهندسی و علوم محیط دانشگاه Hunan چین ،امواج اولتراسونیک در دوز ۰/۵ w/mL برای تصفیه لجن به کار برد. نتایج نشان داد این دوز در مدت ۳۰ دقیقه باعث تجزیه ۳۰/۱ درصد فلوک‌های لجن شده و جرم جامدات ۲۳/۹ درصد کاهش یافت. کاهش مواد آلی فرار یک شاهد مناسب برای تجزیه لجن بود (۳).

Seungim Zhang در گروه مهندسی عمران و محیط دانشگاه Koreaدر کره جنوبی در سال ۲۰۰۶مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی لجن هضم شده با تصفیه اولتراسونیک را بررسی نمود. این مطالعه نشان داد که پرتودهی اولتراسونیک باعث تغییر قابلیت آبگیری لجن می‌شود. همچنین نیروی مکانیکی ایجاد شده توسط امواج اولتراسونیک باعث تجزیه فلوک‌های دارای خلل و فرج زیاد شد .همچنین جرم و حجم مواد توسط تصفیه با امواج اولتراسونیک کاهش یافت.(۷)

با توجه به مطالب عنوان شده و زمان ماند زیاد در فرایند بی‌هوازی و مشکلات آبگیری لجن درتصفیه‌خانه نیاز به کاربرد روش‌هایی جهت کاهش زمان ماند و رفع محدودیت‌ها و در نتیجه کم کردن هزینه‌های بهره‌برداری و نگه‌داری است. با توجه به این که امواج اولتراسونیک به دلیل افزایش دادن فعالیت آنزیم‌ها می‌تواند زمان مرحله هیدرولیز که عامل محدودکننده در هاضم‌هاست را کم کند در نتیجه باعث کاهش زمان ماند شود. بنابراین این تحقیق با هدف بهبود فرایند تثبیت و آبگیری لجن هاضم‌های هوازی و بی‌هوازی و هضم سریع‌تر لجن و کم کردن هزینه‌ها توسط پیش تصفیه با امواج اولتراسونیک و همچنین مقایسه کارایی امواج اولتراسونیک در دو هاضم هوازی و بی‌هوازی طراحی گردیده است.

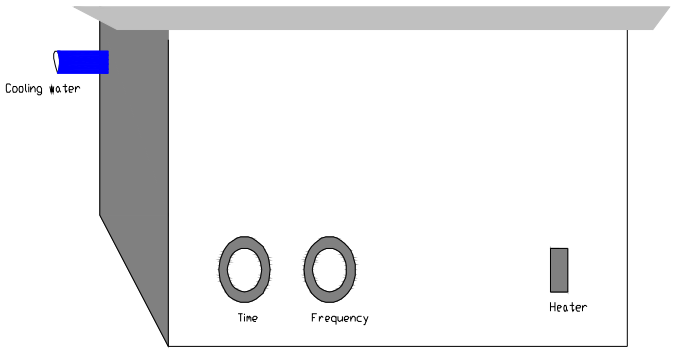
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]

نوع دستگاه	Elma TI-H-5 ساخت آلمان
قدرت ورودی	۵۰۰ وات
فرکانس	۳۵ kHz ،۱۳۱ kHz
انرژی وارد شده در واحد سطح	۲/۵ w/cm^2
حجم راکتور	۳/۷ لیتر
ابعاد راکتور التراسونیک (طول، عرض، ارتفاع)	۱۳۰، ۲۴۰، ۱۵۰ میلی متر

جدول ۱ : مشخصات دستگاه اولتراسونیک

مواد و روش‌ها

این بررسی یک مطالعه توصیفی تحلیلی و روش آن به صورت مقطعی بوده که هاضم هوازی، از ورودی هاضم تصفیه‌خانه شهرک غرب تهران و نمونه‌های هاضم بی‌هوازی، از لجن ورودی هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب تهران طی چهار ماه از تیر لغایت مهر ۱۳۸۹جهت انجام مطالعه برداشت شد. تعداد نمونه‌ها ۲۰ نمونه از هر نوع هاضم بوده و هر هفته دو نمونه گرفته شد. نمونه‌های لجن به آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران منتقل شده و مورد بررسی قرار گرفتند. جهت تولید امواج فراصوت از یک حمام اولتراسونیک ساخت شرکت الما استفاده شد که قابلیت تولید امواج فراصوت در دو فرکانس ۳۵ و ۱۳۱ با توان ورودی ۵۰۰ وات را داشت. مشخصات حمام اولتراسونیک در جدول ۱ و شماتیک آن در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه‌های برداشت شده از هر هاضم قبل از صوت‌دهی آنالیز شدند و سپس هرکدام از نمونه‌های لجن با چهار مدت زمان مختلف شامل ۱۵ ، ۳۰ ، ۶۰ و ۹۰ دقیقه در معرض هر کدام از امواج اولتراسونیک قرار گرفتند. راکتور مورد استفاده جهت آنالیز نمونه‌ها به صورت ناپیوسته دارای حجم ۳۰۰ میلی‌لیتر بود. بر روی نمونه‌های برداشت شده از هاضم‌ها و نمونه‌های تحت امواج اولتراسونیک آزمایشات کل جامدات، جامدات فرار، pH، دما، COD کل، COD محلول و جامدات قابل ته‌نشینی انجام شد. جهت انجام آزمایشات جامدات از روش ۲۵۴۰ و جهت انجام آزمایش COD از روشC ۵۲۲۰ و D ۵۲۲۰ و آزمایش جامدات قابل ته‌نشینی از روشE ۲۵۴۰ استاندارد متد استفاده شد (۱۸). در این بررسی برای اندازه‌گیری میزان اکسیژن شیمیایی کل، نمونه‌ها ۱۰ برابر رقیق شدند و برای اندازه‌گیری میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی محلول نمونه‌ها صاف شده و بدون رقیق‌سازی اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری جامدات قابل ته‌نشینی از ۳۰۰ سی‌سی نمونه در قیف ایمهاف به مدت ۳۰ دقیقه استفاده شد.



شکل ۱ : نمای حمام اولتراسونیک

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]

جدول ۲ : میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده از هاضم بی‌هوازی

نمونه	زمان (min)	TS (mg/L)		VS (mg/L)		TCOD (mg/L)		DCOD (mg/L)		pH		جامدات قابل ته نشینی (ml/L)		دما(°C) در نمونه	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
لجن خام	-	۳۴۰۸/۵	۱۷/۴	۱۳۴۳	۲۵/۶	۸۰۰۰	۱۶۹	۲۹۲	۶/۰	۷/۱۴	۰/۲۴	۵۶/۵	۱/۷	۱۹/۶	۵/۷
	۱۵	۳۵۰۹/۵	۴۰/۲	۸۰۲	۳۲/۳	۷۷۷۵	۳۵۷	۴۲۷	۱۳/۷	۷/۰۷	۰/۰۲	۶۰	۰/۷	۲۲/۹	۳/۵
۳۵	۳۰	۵۸۹۱/۵	۳۳/۵	۹۴۹	۱۲/۵	۶۷۲۵	۲۰۸	۴۵۵	۲۸/۹	۶/۹۹	۰/۰۴	۵۵	۱/۲	۲۴/۱	۱/۴
کیلوهرتز	۶۰	۳۲۸۹	۵۶/۷	۸۱۰	۱۴	۶۶۵۰	۱۹۰	۵۱۰	۹/۸	۶/۹۵	۰/۰۲	۵۰/۵	۱/۲	۲۸	۳/۳
	۹۰	۳۱۷۵	۶۵/۶	۷۲۳	۳۶/۷	۷۸۲۵	۳۷۸	۷۰۰	۱۶/۹	۶/۹۰	۰/۱۴	۵۲	۱/۴	۳۰/۵	۲/۹۶
	۱۵	۳۴۱۰	۶۰/۲	۷۳۳	۴۴/۸	۷۰۷۵	۱۶۶	۴۱۰	۱۱/۳	۷/۰۱	۰/۱۸	۵۴/۵	۱/۲	۲۴/۹	۲/۶۸
۱۳۱	۳۰	۳۵۰۰	۱۲/۴	۱۱۷۲	۲۸/۵	۷۵۲۵	۱۰۲	۳۷۵	۲۱/۲	۶/۹۲	۰/۱۷	۵۳	۱/۳	۲۶/۴۵	۲/۴
کیلو هرتز	۶۰	۳۳۳۳	۵۳/۱	۹۳۳	۲۷/۸	۸۷۵۰	۳۱۸	۴۸۰	۱۱/۳	۶/۹۴	۰/۰۷	۵۲/۵	۱/۳	۲۸/۶	۲/۶
	۹۰	۳۵۰۳/۵	۳۰/۷	۱۰۹۷	۱۱/۴	۷۲۷۵	۲۸۶	۴۳۵	۷/۰	۶/۹۱	۰/۱	۵۲/۵	۱/۰	۳۰/۴	۲/۸

یافته‌ها

با توجه به آزمایشات انجام شده، میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های لجن خام و لجن صوت دهی شده با امواج اولتراسونیک در فرکانس‌های ۳۵ و ۱۳۱ کیلوهرتز در چهار زمان مختلف در هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب تهران و هاضم هوازی تصفیه‌خانه شهرک غرب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۴ مقایسه کارایی امواج اولتراسونیک در فرکانس و زمان‌های مختلف در دو هاضم هوازی و بی‌هوازی را نشان می‌دهد.

نمونه	زمان (min)	TS (mg/L)		VS (mg/L)		TCOD (mg/L)		SCOD (mg/L)		pH		جامدات قابل ته نشینی (ml/L)		دما(°C) در نمونه	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
لجن خام	-	۲۹۹۰	۱۳/۸	۱۳۰۶	۲۵/۷	۴۰۶۲	۳۴/۶	۱۰۴/۶	۷	۷/۳۶	۰/۱۷	۲۹	۲/۴	۱۹/۵	۰/۲۸
	۱۵	۳۰۲۴	۱۵/۵	۱۱۹۰	۲۱/۲	۲۶۸۱	۲۴/۸	۲۰۴	۱/۷	۷/۲۹	۰/۲۵	۳۱	۱/۹	۲۴/۲	۰/۶۳
۳۵	۳۰	۲۹۶۰	۱۴/۸	۱۲۴۰	۳۳/۹	۳۸۴۹	۳۵/۳	۳۱۸	۱۰/۳	۷/۲۵	۰/۲۸	۲۷	۱/۵	۲۶/۴	۰/۴۲
کیلوهرتز	۶۰	۲۹۴۸	۱۵/۴	۱۲۶۸	۲۹/۹	۳۷۶۰	۳۹/۴	۳۱۸	۴/۶	۷/۱۱	۰/۲۴	۲۶	۱/۵	۲۶/۹	۱/۴
	۹۰	۲۵۴۲	۱۳/۸	۱۱۴۲	۲۱/۷	۳۲۳۳	۳۳/۳	۴۹۰	۱۵	۷/۰	۰/۲۹	۲۳/۵	۱/۲	۲۷	۱/۳
	۱۵	۳۰۹۶	۱۶/۹	۱۰۸۴	۴۲/۹	۳۱۱۷	۳۸/۱	۱۷۰	۶/۵	۷/۲۲	۰/۲۴	۲۶/۵	۱/۷	۲۲/۸	۱/۷
۱۳۱	۳۰	۲۸۷۶	۱۶/۳	۱۰۳۸	۴۳/۲	۴۵۳۲	۳۸	۱۹۵	۱۰/۲	۷/۲	۰/۳	۲۴/۵	۱/۶	۲۶/۶	۰/۸۴
کیلو هرتز	۶۰	۲۷۷۰	۱۴/۵	۱۰۶۲	۴۱	۳۲۲۳	۲۶/۵	۲۸۲	۶	۷/۰۷	۰/۲۴	۲۳	۱/۴	۲۷/۵	۰/۷۷
	۹۰	۲۷۱۰	۱۴/۵	۱۰۷۵	۳۸/۸	۳۲۳۹	۲۴/۹	۳۱۳	۶/۱	۷/۰۱	۰/۲۵	۲۲	۱/۵	۲۷/۸	۰/۹۸

جدول ۳: میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در ورودی هاضم هوازی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]

جدول۴: درصد کاهش جامدات فرار در نمونه های لجن در هاضم هوازی و بی‌هوازی در زمان‌های مختلف صوت‌دهی

زمان	درصد کاهش جامدات فرار لجن هاضم هوازی		درصد کاهش جامدات فرار لجن هاضم بی هوازی	
	فرکانس ۳۵	فرکانس ۱۳۱	فرکانس ۳۵	فرکانس ۱۳۱
۱۵ دقیقه	۸/۸	۱۷	۴۰	۴۵/۴
۳۰ دقیقه	۵/۰۵	۲۰/۵	۲۹/۳	۱۲/۷۶
۶۰ دقیقه	۳	۱۸/۶۸	۳۹/۷	۳۰/۵۵
۹۰ دقیقه	۱۲/۵۵	۱۷/۶۸	۴۶/۲	۱۸/۳۴

بحث

همان‌طور که در جدول ۲ و۳ نشان داده شده است میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی کل در نمونه لجن خام در هاضم هوازی زیاد بوده و پس از صوت‌دهی ابتدا کاهش و مجددا شروع به افزایش می‌کند ولی در هاضم بی‌هوازی میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی کل در نمونه لجن خام بالا بوده و با صوت‌دهی مقداری کاهش می‌یابد ولی این کاهش قابل ملاحظه نیست. میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی محلول در نمونه‌های هر دو هاضم با افزایش زمان صوت‌دهی به جز در ۹۰ دقیقه در فرکانس ۱۳۱ افزایش می‌یابد. افزایش sCODطبق مطالعات انجام شده به دلیل آزاد شدن مواد پلیمری خارج سلولی (ESP) در طول متلاشی شدن فلوک‌ها و آزاد شدن محتویات درون سلول در طول تجزیه سلول است که این با نتایج مطالعه P.Zhang در چین در سال ۲۰۰۷ انجام شد، مطابقت دارد.

کاهش میزان SCOD در فرکانس ۱۳۱ در ۹۰ دقیقه مشخص‌کننده این است که افزایش زمان باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود و تاثیر زیادی بر روی تجزیه سلول‌ها ندارد.

میزان جامدات فرار با توجه به امواج اولتراسونیک و فرکانس آن و همچنین مدت زمان صوت‌دهی در هاضم هوازی کاهش می‌یابد. همان طور که جدول ۴ نشان می‌دهد در هاضم هوازی این میزان کاهش در امواج اولتراسونیک ۱۳۱ کیلوهرتز نسبت به امواج ۳۵ کیلوهرتز بیشتر است. بیشترین کاهش در امواج ۳۵ کیلوهرتز در مدت زمان ۹۰ دقیقه است که برابر ۱۲/۵۵ درصد و بیشترین کاهش در امواج ۱۳۱ کیلوهرتز مربوط به مدت زمان ۳۰ دقیقه، برابر ۲۰/۵ درصد است. در هاضم بی‌هوازی نیز در فرکانس ۳۵ در مدت زمان ۹۰ دقیقه بیشترین کاهش در جامدات فرار، حدود ۴۶/۲ درصد و در فرکانس ۱۳۱ در مدت زمان ۱۵ دقیقه میزان کاهش جامدات فرار ۴۵/۴ درصد بوده است. با افزایش زمان در فرکانس ۱۳۱ میزان کاهش جامدات فرار کم شده که نشان‌دهنده افزایش مصرف انرژی در زمان‌های بالاتر است و عملا زمان بالاتر صوت‌دهی کارایی بالاتری ندارد که این با نتایج مطالعه Klaus Nickel که در سال ۲۰۰۷ در آلمان انجام شده و همچنین با نتایج مطالعه P.Zhang در چین در سال ۲۰۰۷ انجام شد مطابقت دارد(۱و ۳).

در کل میزان کاهش جامدات فرار در هاضم‌های بی‌هوازی تحت امواج اولتراسونیک بیشتر از هاضم‌های هوازی بود که طبق تست ANOVA دارای اختلاف معنی‌دارست.

کاهش در فاز جامدات آلی باعث افزایش مواد آلی سوپرناتانت می‌شود، بنابراین کاهش جامدات فرار شاخص مناسبی برای نشان دادن متلاشی شدن فلوک‌ها و بهبود هضم است. کاهش جامدات معلق کمتر از جامدات فرار است و این مشخص‌کننده ثابت بودن مواد غیرآلی در طول صوت‌دهی است.

میزان دما در نمونه‌ها در صوت‌دهی به دلیل ایجاد حرارت توسط امواج اولتراسونیک در هر دو لجن هاضم هوازی و بی‌هوازی افزایش می‌یابد. اگر چه در مطالعه با سیرکولاسیون آب سرد در حمام اولتراسونیک سعی بر این بود که دما ثابت باشد ولی در اثر حرارت ایجاد شده توسط امواج اولتراسونیک مقداری دما افزایش می‌یابد. این افزایش با مدت زمان و

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]

فرکانس مرتبط است .میزان افزایش دما در مدت زمان بیشتر صوت‌دهی بیشتر است یعنی بیشترین افزایش دما در مدت زمان ۹۰ دقیقه و کمترین در مدت زمان ۱۵ دقیقه بوده است. همچنین میزان افزایش دما در فرکانس ۱۳۱ تا اندازه‌ای بیشتر از فرکانس ۳۵ کیلوهرتز بوده است.

میزانpH برعکس دما با صوت‌دهی در نمونه‌های هر دو هاضم کاهش می‌یابد. میزان کاهش pH نیز با فرکانس و مدت زمان صوت‌دهی متناسب است. در مدت زمان بیشتر و فرکانس بیشتر میزان کاهش pH بیشتر است. این میزان کاهش درمقدار pH زیاد نبوده و می‌تواند به دلیل تولید رادیکال‌ها توسط امواج اولتراسونیک و افزایش درجه حرارت در اثر این امواج است.

میزان جامدات قابل ته‌نشینی در قیف ایمهاف با میزان ۲۵۰ سی‌سی در مدت زمان ۳۰ دقیقه برای هر دو فرکانس و هر چهار مدت زمان صوت‌دهی، در نمونه‌های هر دو هاضم اندازه‌گیری شد. میزان جامدات قابل ته‌نشینی با صوت‌دهی در هاضم هوازی و بی‌هوازی به جز در مدت زمان ۱۵ دقیقه در فرکانس ۳۵ کیلوهرتز در بقیه موارد کاهش یافت. میزان کاهش جامدات قابل ته‌نشینی با توجه به جامدات مایع مخلوط یکسان، ایجاد لجن فشرده‌تر و آبگیری بهتر در فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز نسبت به فرکانس ۳۵ کیلوهرتز نمود. طبق جدول ۲ و ۳ بهترین نتیجه در مدت زمان ۶۰ دقیقه و فرکانس ۱۳۱ به دست آمد که این با نتایج مطالعه Seungmin Na در کره جنوبی در سال ۲۰۰۶ مطابقت دارد (۷). بنابراین امواج اولتراسونیک در فرکانس ۱۳۱ می‌تواند قابلیت آبگیری لجن را افزایش دهد.

در کل نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد امواج اولتراسونیک باعث افزایش میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی کل و محلول و دما شده و باعث کاهش جامدات فرار، pH و جامدات قابل ته‌نشینی لجن می شود. کاربرد امواج اولتراسونیک در فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز جهت کاهش جامدات فرار و افزایش قابلیت آبگیری لجن موثرتر از فرکانس ۳۵ کیلوهرتز است و بیشترین کارایی جهت کاهش جامدات فرار را در مدت زمان ۱۵دقیقه و فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز داشته است. البته در فرکانس ۳۵ کیلوهرتز و زمان ۹۰ دقیقه درصد کاهش جامدات مقداری بیشتر از زمان ۱۵ دقیقه در فرکانس ۱۳۱ است (۴۶/۲ درصد) اما زمان طولانی تری جهت دستیابی به این کاهش نیاز است. طبق مطالعات انجام شده بهبود هضم می‌تواند به دلیل افزای‌ش فعالیت آنزیم‌ها به وسیله تابش اولتراسونیک بوده و باعث تغییر پروتیین پلی ساکارید و آنزیم‌های خارج سلولی شود. بنابراین کاربرد امواج اولتراسونیک جهت کمک به هضم لجن و افزایش قابلیت آبگیری موثر بوده و به عنوان یک گزینه در کمک کردن به تصفیه لجن و کاهش جامدات فرار می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه گیری

– امواج اولتراسونیک به طور موثری باعث از هم گسیخته شدن فلوک‌های لجن و تجزیه سلول‌های بیولوژیکی می‌شود که این امر باعث آزاد شدن COD، پروتیین و اسیدهای نوکلییک از لجن به سوپرناتانت می شود.

– کاهش میزان SCOD در فرکانس ۱۳۱ در ۹۰ دقیقه مشخص‌کننده این است که افزایش زمان باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود و تاثیر زیادی بر روی تجزیه سلول‌ها ندارد. زمان کمتر و فرکانس بیشتر تاثیر بهتری بر تجزیه سلول‌ها و تلاشی فلوک‌ها دارد.

– صوت‌دهی باعث کاهش جامدات فرار می‌شود و این کاهش شاخص مناسبی برای تجزیه و تثبیت لجن است. میزان کاهش جامدات فرار در هاضم‌های بی‌هوازی بیشتر از هاضم‌های هوازی است. بنابراین کاربرد امواج اولتراسونیک به عنوان پیش تصفیه در هاضم‌های بی‌هوازی از لحاظ اقتصادی و کم کردن هزینه و زمان ماند موثرتر است.

– در فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز در مدت زمان ۱۵ دقیقه باعث کاهش ۴۵/۴ درصد از جامدات فرار در هاضم بی‌هوازی شد. در فرکانس ۳۵ کیلوهرتز در زمان ۹۰ دقیقه ۴۶/۲ درصد

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]

کاهش جامدات فرار به دست آمد. بنابراین فرکانس بالاتر در مدت زمان کمتر باعث بهبود فروپاشی لجن، تجزیه سلول‌ها و غیرفعال‌سازی آنها شود.

- واکنش‌های شیمیایی ناشی از رادیکال‌های تولید شده توسط امواج اولتراسونیک ممکن است در غیرفعال‌سازی سلول‌های لجن نقش داشته باشد.

- کاهش جامدات معلق کمتر از جامدات فرار است و این مشخص‌کننده ثابت بودن مواد غیرآلی در طول صوت دهی است.

- میزان کاهش جامدات قابل ته‌نشینی با توجه به جامدات مایع مخلوط یکسان، ایجاد لجن فشرده تر و آبگیری بهتر در فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز نسبت به فرکانس ۳۵ کیلوهرتز نمود.

- کارایی پیش تصفیه توسط امواج اولتراسونیک در تثبیت و آبگیری لجن در نمونه های هاضم بی‌هوازی موثر تر از هاضم هوازی بود.

تشکروقدردانی

در نهایت از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران جهت تصویب طرح با کد ۸۵۸۱ –۲۷ و مساعدت انجام این طرح پژوهشی قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]

منابع

1- Nickel K, Neis U. Ultrasonic disintegration of biosolids for improved biodegradation.Ultrasonics Sonochemistry. 2007 Apr; Volume 14, Issue 4: 450-5.

2-Monzavi MT, Wastewater Treatment.11th ed. Tehran University;2003

3-Zhang P, Zhang G, Wang W. Ultrasonic treatment of biological sludge: Floc disintegration. cell lysis and inactivation. Bioresource Technology.2007 Jan; Volume 98, Issue 1 : 207-10.

4- Abrishamchi A, Afshar A, Jamshid B. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. Iran University Press;1999.

5- Metcalf & Eddy.Wastewater Engineering Treatment and Reuse. 4th ed.McGraw Hill;2003.

6- Hui Yu G, He P, Shao L, Zhu Y. Extracellular proteins, polysaccharides and enzymes impact on sludge aerobic digestion after ultrasonic pretreatment. Water Research. 2008 Apr; Volume 42, Issues 8-9: 1925-34.

7- Na S, Kim Y, Khim J. Physiochemical properties of digested sewage sludge with ultrasonic treatment. Ultrasonics Sonochemistry. 2007 Mar;Volume 14, Issue 3 : 281-5.

8- Lifka J, Ondruschka B, Hofmann J. The use of ultrasound for the degration of pollutants in water: Aquasonolysis -A review. Engineering in Life Sciences.2003;3 :253-62.

9-Christian P. Enhanced sonochemical degradation of bisphenol-A by bicarbonate ions". Ultrasonics Sonochemistry.2010; 17 :111–5

10- Hoffman MR. Application of ultrasonic irradiation for degradation of chemical contaminants in water. ultrasonics sonochemistry.1996; 3: 163-72.

11- Shokuhi R, Mahvi AH, Bonyadi Z . Efficiency Compare of Both Sonochemical and Photosonochemical Technologies for Cyanide Removal from Aqueous Solutions. Iran. J. Health & Environ. 2010; 3(2):177-184.

12-Mahvi AH, Nasseri S,Vaezi F,Nabizadeh R, Haddadi S. Determination of the ultrasonic effectiveness in advanced wastewater treatment. Iran. J. Environ. Health Sci. Eng. 2006;2(3):109-16.

13- Harrison S. Pandit A. The disruption of cells by hydrodynamic cavitation. In Proc. of Rhodes University International Symposium on Biotechnology 1994.

14- Hogan F.Mormede S. Clark P. Crane M. Ultrasonic sludge treatment for enhanced anaerobic digestion. Water Sci. Technol.2004; 50(9):25–32.

15- Sandino J. Santha H. Rogowski S. Anderson W. Sung S. Isik F. Applicability of ultrasound pre-conditioning of WAS to reduce foaming potential in mesophilic digesters. Joint Residuals and Biosolids Management Conference, April 17–19,2005, Nashville, TN, 2005.

16- Tiehm A. Nickel K. Zellhorn MM. Neis U. Ultrasound waste activated sludge disintegration for improving anaerobic stabilization, Water Res.2001; 35(8), 2003–9.

17- Yin X. Han P. Lu X. Wang Y. A review on the dewaterability of bio-sludge and ultrasound pretreatment.Ultrason. Sonochem.2004; 11:337–48.

18- APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 18th ed;1992.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]

The Compare Improvement of Ultrasonic Treatment to Dewatering and Digestion in Aerobic and Anaerobic Stabilization

Mahdi Kargar, * Amir Hossein Mahvi

Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 7 September 2011 Accepted: 4 December 2011

ABSTRACT

Backgrounds and Objectives: Large quantities of sludge are produced in biological wastewater treatment. Because this sludge is highly rotten, it should be stabilized before its disposal. Aerobic and anaerobic digestion is widely considered as stabilization techniques. Because of high retention time and sludge dewatering difficulties, reduction in retention time, operation and maintenance should be given into consideration. Ultrasonic process increases the enzymatic activity, so decreases the hydrolysis time, a limiting factor in digestion process, and contributes to the decrease of the detention time. The objective of this investigation is to determine the effect of ultrasound in improving dewatering and stabilization of aerobic and anaerobic digested sludge. In addition, the impact of ultrasonic treatment on improvement of sludge dewatering and aerobic and anaerobic digestion is compared.

Materials and Methods: In this survey, samples of aerobic and anaerobic digestion were collected from local full-scale Garb Town and Tehran South wastewater treatment plant, respectively. The grab samples were collected for 4 month from July to October 2010. Total numbers of 20 samples were collected biweekly for each type of digestion. Each sample was sonicated for 15, 30, 60, and
90 min under 35 and 131 kHz frequencies separately. Total solids, volatile solids , pH, temperature , total COD, dissolved COD and settle able solids were measured. Ultrasound bath of the solution in a 300 mL glass reactor was performed as a bath reactor with power of 500 W.

Result: The results showed that the application of ultrasonic wave increased dissolved COD and
temperature and decreased volatile solid, pH and settle able solids. Application of ultrasonic wave with frequency of 131 kHz decreased the VS and increased the dewatering of sludge more effective than the 35 kHz frequency and the highest performance was at 15 min of time and 131 kHz of frequency. Also sonication method showed better efficiency for anaerobic sludge samples compared to the aerobic sludge samples.

Conclusion: The results obtained showed that digestion and dewatering properties of sludge
improved by ultrasonic application. Therefore it can be used as an alternative method for the sludge treatment.

Key words: Aerobic and Anaerobic Stabilization, Dewatering, Stabilization, Ultrasonic Wave, Municipal Wastewater Sludge

*Corresponding Author: *ahmahvi@yahoo.com*
Tel: +9821 88974914, Fax: +98 21 88951088

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-28]