

بررسی تأثیر امواج اولتراسونیک بر بهبود فرایند تثبیت و آبگیری لجن هاضم‌های بی هوازی

مهدی کارگر^۱، امیر حسین محوی^{۲*}

۱- مربی مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی گلستان mahdikargar1@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۱

چکیده

در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب مقدار بسیار زیادی لجن تولید می‌شود که بسیار فساد پذیر است و باید تثبیت شود. فرایند هاضم بی هوازی یک تکنیک استاندارد تثبیت است. به دلیل محدودیت در مرحله هیدرولیز بیولوژیکی لجن، تجزیه بی‌هوازی کند بوده و به زمان طولانی نیاز داشته زمان ماند معمول ۲۰ روز یا بیشتر است. با توجه به این که امواج اولتراسونیک به دلیل افزایش دادن فعالیت آنزیم‌ها می‌تواند زمان مرحله هیدرولیز که عامل محدود کننده در هاضم‌ها است را کم کند. در نتیجه این تحقیق با هدف تأثیر امواج اولتراسونیک بر تثبیت و آبگیری لجن هاضم‌های بی‌هوازی و هضم سریع‌تر لجن و کم کردن هزینه‌ها طراحی شده است. در این بررسی نمونه‌های لجن هاضم بی‌هوازی لجن تصفیه‌خانه جنوب تهران تحت دو فرکانس ۳۵ و ۱۳۱ کیلوهرتز و مدت زمان‌های مختلف شامل ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه قرار داده شد و آزمایش‌های کل جامدات، جامدات فرار، pH، دما، COD کل، COD محلول و جامدات قابل ته نشینی انجام شد. نتایج نشان داد که امواج اولتراسونیک باعث افزایش COD محلول و دما شده و باعث کاهش جامدات فرار، pH و جامدات قابل ته نشینی می‌شود. میزان کاهش جامدات فرار در فرکانس ۳۵ kHz در زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ به ترتیب ۴۰، ۲۹/۳، ۳۹/۷ و ۴۶/۲ درصد و در فرکانس ۱۳۱ به ترتیب ۴۵/۴، ۱۲/۷۶، ۳۰/۵۵ و ۱۸/۳۴ درصد بود. میزان کاهش جامدات قابل ته‌نشینی در فرکانس ۳۵ و مدت زمان ۱۵ دقیقه افزایش و در بقیه زمان‌های صوت دهی کاهش یافت. کاهش جامدات فرار با امواج اولتراسونیک در فرکانس ۱۳۱ kHz نسبت به فرکانس ۳۵ کیلوهرتز بیشتر است و بیشترین کارایی کاهش جامدات فرار در مدت ۱۵ دقیقه و فرکانس ۱۳۱ بوده است.

کلید واژه

هاضم بی هوازی، آبگیری، تثبیت، امواج اولتراسونیک

سر آغاز

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 برای آبگیری و تثبیت برای کاهش مواد آلی فرار است (منزوی، ۱۳۸۳). آبگیری از لجن موجب کاهش هزینه‌های گزاف حمل و دفع لجن می‌شود. متداول‌ترین روش‌های آبگیری استفاده از انواع فیلترها، سانتریفوژها و بسترهای لجن خشک کن است (تاروردیزاده، ۱۳۹۰).

تصفیه لجن و دفع آن در حال حاضر یکی از مهمترین چالش‌های تکنیکی بوده و بیش از ۵۰ درصد از کل هزینه پایه و بهره برداری فرایند تصفیه فاضلاب را در بر دارد (Zhang, et al., 2007). برای تثبیت لجن از فرایند هضم با هاضم‌های

در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب مقدار بسیار زیادی بیوسالید (لجن فاضلاب^۱) تولید می‌شود. این لجن بسیار فساد پذیر است (Nickel, et al., 2007). لجن اولیه بسیار فسادپذیر، بدبو، خاکستری و ۷۰-۶۰ درصد آن جامدات آلی فرار است. لجن ثانویه قهوه‌ای رنگ، بدون بو و بیشتر جرم میکربی و با ۷۰-۸۰ درصد جامدات آلی فرار است. لجنی که با این مشخصات تولید می‌شود مشکلاتی کمتر از خود فاضلاب ندارد (منزوی، ۱۳۸۳)؛ ابریشم‌چی، ۱۳۷۸). بنابراین برای دفع و استفاده ایمن باید تثبیت شود (Nickel, et al., 2007). در تصفیه خانه‌های بزرگ مقدار لجن تولیدی زیاد است، بنابراین قبل از دفع باید عملیاتی روی آن

- بهبود کیفیت بیوسالیدها (برای نمونه بیوسالیید با باقیمانده کم مواد قابل تجزیه بیولوژیک آلی، کاهش تعداد پاتوژنها و ...) (Harrison, et al., 1994; Tiehm, et al., 2003; Hogan, et al., 2004; Yin, et al., 2004; Sandino, et al., 2005). استفاده از فرایند اولتراسونیک برای تجزیه آلاینده‌ها در آب و فاضلاب یکی از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته^۲ (AOP) است و به عنوان فناوری کارآمد پیشرفته در زمینه‌های مختلف علوم مهندسی محیط به منظور حفظ محیط زیست از آلاینده‌ها و به عنوان تکنولوژی کلیدی برای آینده در جهان مورد توجه قرار گرفته است (Lifka, et al., 2003).

از سال ۱۹۵۴ مطالعات تجربی و آزمایشگاهی نشان داد که انتشار امواج اولتراسونیک در آب و فاضلاب منجر به حذف آلاینده‌های آلی می‌شود. به دلیل تولید رادیکال‌های OH^0 از طریق کاپیتاسیون اکوستیک، اولتراسونیک فرایند اکسیداسیون پیشرفته است و منجر به برش همولیتیک مولکول در آب می‌شود (Petrier, et al., 2010).

این فرایند بتنهایی و به طور مستقیم، یا غیرمستقیم و به همراه سایر روشهای دیگر مانند از ناسیون و اشعه ماورای بنفش (UV) و ... به منظور تجزیه آلاینده‌های مثل ترکیبات آلی فرار، ترکیبات آلی کلره، ترکیبات بنزن، متیل ترشیاری بوتیل اتر، سموم آلی، تری هالومتان‌ها و ... بسیار کارآمد بوده و منجر به دستیابی نتایج بهتری در مقایسه با کاربرد مجزای هر کدام از روشها می‌شود (Hoffman, et al., 1996; Lifka, et al., 2003). اولتراسوند برای تخریب سلول‌های بیولوژیکی برای بازیابی مواد داخل سلولی در دهه‌های گذشته استفاده شده است (Harrison, et al., 1994).

یافته‌های جدید، افزایش کاربرد آن را در تجزیه لجن شهری در مقیاس کامل و همچنین تأثیر آن بر هیدرولیز و بهبود توانایی تجزیه بیولوژیکی ترکیبات آلی فاضلاب‌های مختلف از جمله صنایع لبنی، کاربرد آن در بهبود هضم هوازی لجن حاصل از فرایند لجن فعال نشان می‌دهد (مهرداد، ۱۳۹۰؛ زاهدی، ۱۳۸۷).

تجزیه اولتراسونیک فرایندی فیزیکی است و بنابراین هرگز مواد ثانویه سمی تولید نمی‌کند. افزون بر آن برای تجزیه فیزیکی لجن، مواد سمی زیاد و آلاینده آلی مقاوم مثل ترکیبات آروماتیک، ترکیبات کلرینه آلیفاتیک، سورفاکتانت‌ها، رنگهای آلی و ... نیز به فرم‌های ساده‌تر شکسته می‌شود.

این به دلیل تولید رادیکال‌های بسیار اکسیداتیو ری اکتیو (OH^0)، هیدروژن (H^0) و هیدروپروکسید (OH_2^0) و هیدروژن

بیولوژیکی استفاده می‌شود. هضم لجن به دو صورت هوازی و بی‌هوازی انجام می‌شود. در روش هوازی چون لجن هوادهی می‌شود سریع‌تر هضم می‌شود ولی به دلیل هزینه زیاد به‌منظور تأمین انرژی و هوادهی برای تصفیه خانه‌های بزرگ با مقادیر بالای لجن مناسب نیست (منزوی، ۱۳۸۳).

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 (Metcalf & Eddy, 2003). فرایند هاضم بی‌هوازی 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 بین ۲۵ تا ۶۰ درصد متغیر است (Nickel, et al., 2007).

فرایند هضم بی‌هوازی به طور وسیعی از ۲۰ سال پیش مورد استفاده قرار گرفته و روشهای مختلفی برای بهبود فرایند پیشنهاد شده است.

تحقیقات نشان می‌دهد برای بهتر شده هیدرولیز در فرایند هضم بی‌هوازی از روشهای زیر می‌توان استفاده کرد:

- ۱- پیش تصفیه حرارتی؛
- ۲- کاربرد مواد شیمیایی؛
- ۳- تجزیه مکانیکی لجن؛
- ۴- هضم سلول با امواج اولتراسونیک که این روش در سالهای اخیر در آزمایشگاه بیوتکنولوژی به کار گرفته شده است؛ (Nickel, et al., 2007).

مزیت‌های پیش تصفیه با اولتراسوند به شرح زیر است:

- طراحی متراکم و بروز در آوردن در سیستم موجود؛
- هزینه کم و بهره‌برداری بهینه در مقایسه با سایر روشهای پیش تصفیه؛
- تولید منبع کربن در محل برای تأسیسات دینتریفیکاسیون؛
- اتوماسیون کامل فرایند؛
- نیروی کنترل بالکینگ فیلامنتوس و کف در هاضم‌ها؛
- پایداری بهتر هاضم؛
- بهبود تخریب جامدات فرار و تولید بیوگاز؛
- بهتر شدن قابلیت آگیری لجن؛

مواد و روشها

در این بررسی از لجن هاضم بی هوازی تصفیه خانه جنوب تهران برای انجام مطالعه استفاده شد. تعداد نمونه‌ها ۲۰ نمونه از هاضم بوده و هر هفته دو نمونه گرفته شد.

نمونه های 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 و از راکتور بسته به حجم ۳۰۰ میلی لیتر استفاده شد. هر کدام از راکتورها با چهار مدت زمان مختلف شامل ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه در معرض هر کدام از امواج اولتراسونیک قرار گرفتند.

بر روی نمونه‌های خام و نمونه‌های تحت امواج اولتراسونیک آزمایش‌های کل جامدات، جامدات فرار^۳ (VS)، pH، دما، COD کل و محلول و جامدات قابل ته نشینی انجام شد. برای انجام آزمایش‌های جامدات از روش ۲۵۴۰ و برای انجام آزمایش COD از روش ۵۲۲۰C و ۵۲۲۰D و آزمایش جامدات قابل ته نشینی از روش ۲۵۴۰E استاندارد متد استفاده شد (APHA, 1992).

پروکساید (H₂O₂) در طول پیش تصفیه با اولتراسونیک است که منجر به شکسته شدن اکسیداتیو ترکیبات مقاوم می‌شود (Adewuyi, 2001).

پیش تصفیه با اولتراسونیک دارای چند چالش نیز است. یکی از مهمترین مسائل، هزینه بالای سرمایه گذاری و بهره برداری واحدهای اولتراسونیک است.

با توجه به مطالب عنوان شده و زمان ماند زیاد در فرایند بی‌هوازی و مشکلات آگیری لجن در تصفیه خانه نیاز به کاربرد روشهایی برای کاهش زمان ماند 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 را که عامل محدود کننده در هاضم‌هاست کم کند، در نتیجه باعث کاهش زمان ماند می‌شود. بنابراین این تحقیق با هدف تأثیر امواج اولتراسونیک بر تثبیت و آگیری لجن هاضم بی‌هوازی و هضم سریع تر لجن و کم کردن هزینه‌ها طراحی شده است.

جدول شماره (۱): میانگین پارامترهای اندازه گیری شده از هاضم بی هوازی تصفیه خانه فاضلاب جنوب و نمونه های صوت دهی شده

نمونه	TS(mg/L)	VS(mg/L)	COD(mg/L) کل	COD(mg/L) محلول	pH	جامدات قابل ته نشینی در ۲۵ سی سی	دما
نمونه لجن خام	۳۴۰۸/۵	۱۳۴۳/۵	۸۰۰۰	۲۹۲/۵	۷/۱۴	۵۶/۵	۱۹/۶
۱۵ دقیقه در فرکانس ۳۵	۳۵۰۹/۵	۸۰۲/۵	۷۷۷۵	۴۲۷/۵	۷/۰۷	۶۰	۲۲/۹
۳۰ دقیقه در فرکانس ۳۵	۵۸۹۱/۵	۹۴۹/۵	۶۷۲۵	۴۵۵	۶/۹۹	۵۵	۲۴/۱
۶۰ دقیقه در فرکانس ۳۵	۳۲۸۹	۸۱۰	۶۶۵۰	۵۱۰	۶/۹۵	۵۰/۵	۲۸
۹۰ دقیقه در فرکانس ۳۵	۳۱۷۵	۷۲۳	۷۸۲۵	۷۰۰	۶/۹۰	۵۲	۳۰/۵
۱۵ دقیقه در فرکانس ۱۳۱	۳۴۱۰	۷۳۳	۷۰۷۵	۴۱۰	۷/۰۱	۵۴/۵	۲۴/۹
۳۰ دقیقه در فرکانس ۱۳۱	۳۵۰۰	۱۱۷۲	۷۵۲۵	۳۷۵	۶/۹۲	۵۳	۲۶/۴۵
۶۰ دقیقه در فرکانس ۱۳۱	۳۳۳۳/۰۵	۹۳۳	۸۷۵۰	۴۸۰	۶/۹۴	۵۲/۵	۲۸/۶
۹۰ دقیقه در فرکانس ۱۳۱	۳۵۰۳/۵	۱۰۹۷	۷۲۷۵	۴۳۵	۶/۹۱	۵۲/۵	۳۰/۴۵

جدول شماره (۲): درصد کاهش جامدات فرار در نمونه های

لجن در هاضم بی هوازی در زمانهای مختلف صوت دهی

درصد کاهش جامدات فرار	هاضم بی‌هوازی فرکانس ۳۵
۴۰	۱۵ دقیقه
۲۹/۳	۳۰ دقیقه
۳۹/۷	۶۰ دقیقه
۴۶/۲	۹۰ دقیقه
درصد کاهش جامدات فرار	هاضم بی‌هوازی فرکانس ۱۳۱
۴۵/۴	۱۵ دقیقه
۱۲/۷۶	۳۰ دقیقه
۳۰/۵۵	۶۰ دقیقه
۱۸/۳۴	۹۰ دقیقه

یافته ها

با توجه به آزمایش‌ها 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 تصفیه خانه جنوب تهران در جدول شماره (۱) و میزان کاهش جامدات فرار در زمان‌های مختلف در جدول شماره (۲) نشان داده شده است.

بحث و نتیجه گیری

در این بررسی برای اندازه‌گیری میزان اکسیژن شیمیایی کل، نمونه‌ها ۱۰ برابر رقیق شدند و برای اندازه‌گیری میزان اکسیژن مورد

ته نشینی با صوت دهی به جز در مدت زمان ۳۰ دقیقه در فرکانس ۳۵ کیلو هرتز در بقیه موارد کاهش یافت.

میزان کاهش جامدات قابل ته نشینی با توجه به جامدات مایع مخلوط یکسان ایجاد لجن فشرده تر و آبیگری بهتر در فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز نسبت به فرکانس ۳۵ کیلوهرتز بیشتر بود که این با نتایج مطالعه Seungmin Na که در کره جنوبی در سال ۲۰۰۶ انجام شد مطابقت دارد (Na, et al., 2007).

نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد امواج اولتراسونیک موجب افزایش میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی محلول و دما شده و باعث کاهش جامدات فرار، pH و جامدات قابل ته نشینی لجن می شود.

کاربرد امواج اولتراسونیک در فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز در مدت زمان کمتر، برای کاهش جامدات فرار و افزایش توانایی آبیگری لجن مؤثرتر از فرکانس ۳۵ کیلوهرتز است و بیشترین کارایی را در مدت زمان ۱۵ دقیقه و فرکانس ۱۳۱ کیلوهرتز داشته است. بهبود هضم می تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم ها به وسیله تابش اولتراسونیک بوده که باعث تغییر پروتئین پلی ساکراید و آنزیم های خارج سلولی می شود و همچنین تولید رادیکال های اکسیداتیو ری اکتیو (OH°)، هیدروژن (H°) و هیدروپروکسید (OH_2°) و هیدروژن پروکساید (H_2O_2) در طول پیش تصفیه با اولتراسونیک است. بنابراین کاربرد امواج اولتراسونیک برای کمک به هضم لجن و افزایش قابلیت آبیگری مؤثر بوده و به عنوان یک گزینه در کمک کردن به تصفیه لجن و کاهش جامدات فرار می تواند مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

در نهایت از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران برای تصویب و مساعدت انجام این طرح پژوهشی تشکر و قدردانی می شود.

یادداشت

- 1- Biosolids
- 2- Advanced Oxidation Process(AOP)
- 3- Volatile Solid

نیاز شیمیایی محلول نمونه ها صاف شده و بدون رقیق سازی اندازه گیری شدند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی محلول پس از صوت دهی در هر دو فرکانس، ۳۵ و ۱۳۱ کیلوهرتز افزایش می یابد. همان طور که در جدول شماره (۱) نشان داده شده است میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی کل در نمونه لجن خام بالا بوده و با صوت دهی در هر دو فرکانس مقداری کاهش می یابد.

میزان جامدات فرار با توجه به امواج اولتراسونیک و فرکانس آن و همچنین مدت زمان صوت دهی کاهش می یابد. این میزان کاهش در امواج اولتراسونیک، ۳۵ کیلوهرتز نسبت به امواج ۱۳۱ کیلوهرتز بیشتر است.

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 که این با نتایج مطالعه Nickel که در سال ۲۰۰۷ در آلمان انجام شده و همچنین با نتایج مطالعه Zhang در چین در سال ۲۰۰۷ انجام شد مطابقت دارد (Nickel, et al., 2007; Zhang, et al., 2007; Hui (Yu, et al., 2008).

میزان دما در صوت دهی به دلیل ایجاد حرارت با امواج اولتراسونیک افزایش می یابد. این افزایش با مدت زمان و فرکانس مرتبط است. میزان افزایش دما در مدت زمان بیشتر صوت دهی 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 اندازه های بیشتر از فرکانس ۳۵ کیلوهرتز بوده است. میزان pH برعکس دما با صوت دهی کاهش می یابد.

میزان کاهش pH نیز با فرکانس و مدت زمان صوت دهی متناسب است. در مدت زمان بیشتر و فرکانس بیشتر، میزان کاهش pH بیشتر است. میزان کاهش pH به علت افزایش درجه حرارت در اثر امواج اولتراسونیک است.

میزان جامدات قابل ته نشینی در قیف ایمهاف با میزان ۲۵۰ سی سی در مدت زمان ۳۰ دقیقه برای هر دو فرکانس و هر چهار مدت زمان صوت دهی، نمونه اندازه گیری شد. میزان جامدات قابل

منابع مورد استفاده

ابریشم چی ا. افشار، ع. بهشید، ج. ۱۳۷۸. مهندسی فاضلاب. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، چاپ دوم، صفحه ۲۹۳ تا ۲۹۶.

تاروردیزاده، ا.، ترابیان، ع.، مهرداد، ن.، عظیمی، ع. ۱۳۹۰. ۱. بررسی تأثیر مکش هیدرواستاتیکی و آمایش شیمیایی در آبگیری از لجن فاضلاب در بسترهای لجن خشک کن. محیط شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۵۷، صفحه ۲۷ تا ۳۴.

زاهدی، ع. ۱۳۸۷. کاربرد امواج اولتراسونیک بر بهبود هضم هوازی لجن حاصل از فرایند لجن فعال. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.

منزوی، م ت ۱۳۸۳. تصفیه فاضلاب. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ یازدهم.

مهرداد، ن. و همکاران. ۱۳۹۰. کاربرد امواج مافوق صوت بر محلول سازی (هیدرولیز) و بهبود قابلیت تجزیه بیولوژیکی ترکیبات آلی فاضلاب صنایع لبنی، مطالعه موردی: صنایع لبنی پگاه تهران. مجله آب و فاضلاب، شماره ۲.

Adeyuyi, Y.G. 2001. Sonochemistry: Environmental science and engineering application, Ind. Eng. Chem. Res. 40(22), 4681–4715.

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

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

Hogan, F., et al. 2004. Ultrasonic sludge treatment for enhanced anaerobic digestion, Water Sci. Technol. 50(9), 25–32.

Hoffman, M.R. I., Hua, R., Hochemer. 1996. Application of ultrasonic irradiation for degradation of chemical contaminants in water". ultrasonics sonochemistry. 3: 163-172.

Hui Yu, G. et al., Extracellular proteins, polysaccharides and enzymes impact on sludge aerobic digestion after ultrasonic pretreatment. Water Research, Volume 42, Issues 8-9, Pages 1925-1934. (April 2008).

Lifka, J., et al. 2003. The use of ultrasound for the degradation of pollutants in water: Aquasonolysis-m A review". Eng. Life. Sci. 3-6.

Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. Forth Edition, McGraw Hill.

Na, S., Y., Kim, J., Khim. 2007. Physiochemical properties of digested sewage sludge with ultrasonic treatment. Ultrasonics Sonochemistry, Volume 14, Issue 3, Pages 281-285.

Nickel, K., U., Neis. 2007. Ultrasonic disintegration of biosolids for improved biodegradation. Ultrasonics Sonochemistry. Volume 14, Issue 4, Pages 450-455..

Petrier, C. et al. 2010. Enhanced sonochemical degradation of bisphenol-A by bicarbonate ions". Ultrasonics Sonochemistry 17 :111–115.

Sandino, J., et al. 2005. Applicability of ultrasound pre-conditioning of WAS to reduce foaming potential in mesophilic digesters. Joint Residuals and Biosolids Management Conference, April 17–19, Nashville, TN.

Tiehm, A., et al. 2001. Ultrasound waste activated sludge disintegration for improving anaerobic stabilization, Water Res. 35(8), 2003–2009.

Yin, X. ,et al . 2004. A review on the dewaterability of bio-sludge and ultrasound pretreatment, *Ultrason. Sonochem.* 11, 337–348.

Zhang, P., G.,Zhang, W.,Wang. .2007. Ultrasonic treatment of biological sludge: Floc disintegration. cell lysis and inactivation", *Bioresource Technology*, Volume 98, Issue 1 , Pages 207-210.

Effect of Ultrasound in Improving Dewatering and Stabilization of Anaerobic Digested Sludge

kargar,M.¹, Mahvi,A.H.*²

1- Instructor, Environmental Health Researches Center, Golstan University of Medical Sciences, Gorgan-Iran
mahdikargar1@gmail.com

2-Assist. Prof., Environmental Health Engineering Department, Tehran University of Medical Sciences, Tehran-Iran

Received: March, 2011 Accepted: Oct., 2011

Introduction

Large quantities of sludge are produced in biological wastewater treatment. This kind of sludge or biosolids are very putrescible. The primary sludge being produced in primary sedimentation tank is very putrescible, odorous, and grey, from which 60 -70 percent is volatile solids. The secondary sludge being produced in primary sedimentation tank is brown, odourless and highly microbial containing 70-80 percent volatile solids. The sludge with these properties has problems not less than domestic wastewater. Therefore, the sludge should be stabilized for safe utilization and disposal in environment.

In large wastewater treatment plants high quantities of sludge are produced. Therefore, prior to disposal, solids must be processed for dewatering and reduction of its volatile solids. The processes prior to sludge disposal are thickening, dewatering and stabilization. Dewatering of sludge is reducing transfer and disposal costs. Typical methods for dewatering are filtering, centrifuge and drying sludge bed. At the present time, sludge undergoes many important technical challenges and about 50% of the investments and operation costs are associated with sludge treatment.

Usually for the stabilization of sludge, biological digestion processes are used. The digestion methods could be aerobic or anaerobic process. The anaerobic digestion has been studied many years ago and was used for sludge stabilization. This process includes degradation of organic and inorganic compounds in the absence of molecular oxygen. The main application of stabilization process is thickening of sludge from wastewater treatment plants and treatment of industrial wastes. The anaerobic process is a standard technique for sludge stabilization.

With regard to the limitation in hydrolysis phase, anaerobic degradation of sludge is a very slow process. This process requires a high fermentative microorganism mass with typical detention time of more than 20 days for sludge digestion. The rate of degradation of organic compounds is in the range of 50 to 60% . Investigation showed that for a better sludge hydrolysis, the following processes is suggested:

1) Chemical solubilisation, 2) thermal pre-treatment, 3) mechanical sludge degradation, and 4) ultrasonic cell degradation.

Some advantages of ultrasound pre-treatment of sludge are as below:

- Low cost and efficient operation compared to other pre-treatment processes.
- Complete process automation.
- Potential to control filamentous bulking and foaming in the digester.
- Better digester stability.
- Improved volatile solid destruction.
- Better sludge dewatering ability.
- Improved sludge quality.

The Usage of ultrasonic process for pollutant degradation in water and wastewater treatment was an advanced oxidation process, which is developed as an efficient technology in different fields of environmental engineering science in order to protect the environment from pollutants and as a key technology for future in the world.

Since 1954, experimental and laboratory studies have shown that the ultrasonic wave in water and wastewater leads to remove organic pollutants due to OH radicals produced by acoustic cavitation. Therefore, ultrasonic process is an AOP leading to a haemolytic shear in water molecules. The process itself and directly or indirectly with other methods such as ozonation ,UV etc, in order to degrade pollutants such as VOCs, organic chlorinated pollutants, benzene compounds, MTBEs, organic toxins, THMs, TNTs etc, is quite efficient and leads to achieving better results in comparison with each individual method.

Recent reports show an increase in the application of ultrasonic wave in the degradation of sludge in large scale. Also, ultrasonic wave is effective on the hydrolysis and improvement of biological degradation of various organic compound in dairy industry and aerobic digestion in activated sludge.

Due to high detention times for the stabilization and difficulties in sludge dewatering, sludge digestion requires the application of other methods in order to reduce the detention time and neglect any limitation and finally decrease the operation and maintenance costs. Ultrasonic process increases the enzymatic activity and thus decreases the detention time and time of hydrolysis which is a limiting factor in digestion process. The objective of this investigation is to determine the effect of ultrasound in improving dewatering and stabilization of anaerobic digested sludge.

Materials and methods

In this investigation samples of anaerobic sludge digester were collected from local full-scale wastewater treatment plant in Tehran. Twenty samples were collected from each type of digester. Two samples were taken every week. Sludge samples were taken to the Laboratory of Public Health Tehran University of Medical Sciences. Two frequencies of 35 and 131 kHz of ultrasonic waves were used. Each of the sludge samples were exposed with four different times of 15, 30, 60 and 90 minutes. On the raw samples and samples under the ultrasonic wave, tests of total solids, volatile solids, pH, temperature, total COD, dissolve COD and settelable solids can be done. Testing methods of 2540 for solids, 5220C ,5220D for COD , 2540 E for settelable solid from the standard methods were used.

Results

According to the experiments conducted, the average parameters measured in the samples of raw sludge and sludge weakened by sound waves at ultrasonic frequencies of 35 and 131 kHz, at four different times in the local full-scale wastewater treatment plant of Tehran, are shown in Table 1.

Table 2 presents the comparison between the performances of ultrasonic waves at the frequencies and different times in anaerobic digester.

Table 1: Means of measured parameters in anaerobic digestion and sonication sample

Time (min)	15		30		60		90		Raw Sludge
Frequency(kHz)	35	131	35	131	35	131	35	131	
TS(mg/L)	3509	3410	5891	3500	3289	3333	3175	3503	3408
VS(mg/L)	802	733	949	1172	810	933	723	1097	1343
TCOD(mg/L)	7775	7075	6725	7525	6650	8750	7825	7275	8000
DCOD(mg/L)	427	410	455	375	510	480	700	435	292
pH	7.07	7.01	6.99	6.92	6.95	6.94	6.90	6.91	7.14
S. Solids(ml/L)	60.00	54.50	55.00	53.00	50.50	52.50	52.00	52.50	55.60
Temperature(°C)	22.9	24.9	24.1	26.4	28.0	28.6	30.5	30.4	19.6

Table 2. Reduction percent of volatile solids in the aerobic and anaerobic digestion samples at different sonication times

Time (min)	15		30		60		90	
Frequency(kHz)	35	131	35	131	35	131	35	131
Reduction of VS(%)in Anaerobic Digestion	40.0	45.4	29.3	12.76	39.7	30.55	46.2	18.34

Discussion

In this study, to measure the total COD, samples were diluted 10 times and to measure the amount of soluble COD, filtered samples were measured without dilution. As it is shown in Table 1, the SCOD increased after sonication in both frequencies. TCOD in the anaerobic digestion sample at raw sludge samples is high and rarely decreases after sonication.

In the anaerobic digester, the highest reduction of VS was in the frequency of 35 kHz at 90 min that equals to 46.2%, and in 131 kHz at 15 min that equals to 45.4%. The results were conformed according to the studies of Klaus Nickel in 2007 in Germany and also the results of the studies of P. Zhang from China in 2007.

The rate of temperature in sonicated sample increased due to heat produced by ultrasonic waves. This increase of temperature was related to the time of sonication and the type of frequency. In higher times of sonication, increase of temperature is higher. The highest increase in temperature was at 90 min and the lowest was at 15 min.

The rate of pH is reverse with temperature, as the sonication samples were reduced. The rate of decrease proportional to frequency and time of sonication, in the higher time and frequency rate of decrease pH is higher. Decrease of pH due to increase of temperature is created by ultrasonic waves.

The rate of settelable solids in imhoff cone with 250 cc at the 30 min are measured for both frequencies and four times of sonication. In anaerobic digester, except for the time of 15 min at the afrequency of 35 kHz, settelable solids in other sample were declined. Decrease of settelable solids at the same MLSS creates the thickness of sludge and better dewatering in 131 kHz compared to 35 kHz. The study results of Seungmin Na in South Korea in 2006 conformed this.

Conclusion

The results showed that the application of ultrasonic waves increases the TCOD , SCOD and temperature and reduce volatile solids, pH and settelable solids .Application of ultrasonic waves at frequencies of 131 kHz reduced the volatile solids and sludge dewatering effectively, and increase the ability of the frequency is 35 kHz and the highest efficiency at 15 minutes duration and frequency of 131 kHz. Digestion can improve due to increased activity of enzymes by ultrasonic radiation and alter protein polysaccharides and extracellular enzymes. Therefore, ultrasonic waves help digestion and sludge dewatering and increase functionality as an option in helping Sludge treatment and reducing the volatile solids.

Key words

Anaerobic Digestion, Dewatering, Stabilization, Ultrasonic Wave