DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.3043 Published by Vesnu Publications

تأثیر امواج اولتراسونیک بر میزان درصد جامدات لجن بیولوژیکی در فرایند آبگیری لجن مازاد

فرشاد گلبابایی کوتنایی[۱]، ناصر مهردادی[۲]، مهدی اسدی قالهری[۳]، غلامرضا نبی بیدهندی[۲]، حسن امینی‌راد[۴]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: امروزه آبگیری لجن، یکی از مشکل‌ترین فرایندها در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و مسأله مهمی جهت افزایش میزان تصفیه و کاهش آلودگی محیط زیست می‌باشد. هدف از انجام تحقیق حاضر، تعیین اثر سیستم انتشار امواج اولتراسونیک جهت بهبود آبگیری لجن، افزایش میزان جامدات در کیک لجن و تعیین محدوده بهینه شاخص‌های راهبری در استفاده از روش اولتراسونیک بود.

روش‌ها: این مطالعه به روش تجربی- آزمایشگاهی و به صورت ناپیوسته انجام شد و در آن تأثیر متغیرهایی مانند چگالی اولتراسوند (بر حسب وات بر میلی‌لیتر)، زمان (بر حسب دقیقه) و میزان لجن قرار گرفته در معرض سونیفیکاسیون (بر حسب درصد)، بر میزان جامدات کیک و آبگیری لجن مورد بررسی قرار گرفت. میزان جامدات در نمونه‌های لجن قبل از آبگیری، ۰/۹ ± ۲۰/۳ درصد به دست آمد. داده‌ها در نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل گردید.

یافته‌ها: میزان بهینه زمان سونیفیکاسیون، ۵ دقیقه و چگالی اولتراسوند ۱ وات بر میلی‌لیتر مشخص شد. همچنین، میزان لجن قرار گرفته در معرض سونیفیکاسیون، ۱۵ درصد و فرکانس حاصل شده، ۲۰ کیلوهرتز بود. میزان جامدات کیک لجن در این شرایط، ۲۶/۴ درصد به دست آمد که معادل ۳۰ درصد بهبود در آبگیری لجن بود.

نتیجه‌گیری: امواج اولتراسونیک و میکرو و نانوحباب‌های کاویتاسیون، قابلیت افزایش میزان جامدات کیک لجن را دارند و می‌توانند سبب بهبود فرایند آبگیری و افزایش راندمان تصفیه لجن شوند.

واژه‌های کلیدی: لجن مازاد، آبگیری، جامدات کیک لجن، امواج اولتراسونیک

ارجاع: گلبابایی کوتنایی فرشاد، مهردادی ناصر، اسدی قالهری مهدی، نبی بیدهندی غلامرضا، امینی‌راد حسن. **تأثیر امواج اولتراسونیک بر میزان درصد جامدات لجن بیولوژیکی در فرایند آبگیری لجن مازاد.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۳): ۳۴۶-۳۴۰

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۲۳ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱/۲۳

مقدمه

لجن فعال، یکی از فرایندهای متداول تصفیه بیولوژیکی فاضلاب است که در طی آن، آلاینده‌های آلی به طور عمده به دی‌اکسید کربن و آب تبدیل می‌شوند (۲، ۱). لجن اولیه تولید شده در این فرایند، ۹۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر نفر در روز و لجن ثانویه با توجه به خصوصیات فاضلاب ورودی و نوع فرایند لجن فعال، متغیر است. هزینه تصفیه این لجن مازاد اغلب بین ۴۰ تا ۶۰ درصد هزینه راهبری تصفیه‌خانه‌ها را شامل می‌شود (۴، ۳).

یکی از فرایندهای اصلی در تصفیه لجن، واحد آبگیری است که وظیفه جداسازی آب مازاد از لجن را به عهده دارد تا لجن آماده استفاده در بخش‌های مختلف گردد و یا این که برای درجه بالاتری از تصفیه آماده شود (۵). کاهش میزان لجن مسأله‌ای است که مدت‌هاست ذهن کارشناسان فاضلاب و مهندسان محیط زیست را به خود مشغول ساخته است؛ چرا که با کاهش میزان آن، از هزینه‌های راهبری و تصفیه نیز به میزان قابل توجهی کاسته می‌شود (۶). تاکنون روش‌های متعددی برای کاهش حجم لجن در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به تصفیه فیزیکی، شیمیایی (ازن، آب اکسیژنه، اسید و باز)، حرارتی یا بیولوژیکی (مانند هیدرولیز آنزیمی) و... اشاره نمود. استفاده از امواج‌های اولتراسونیک در فرکانس‌های ۲۰ تا ۲۰۰ کیلوهرتز، به عنوان یکی از روش‌های جدید در کاهش حجم لجن فاضلاب مطرح شده است. امواج اولتراسونیک با شکستن دیواره سلولی و محلول‌سازی ذرات، باعث افزایش میزان تصفیه در هاضم‌ها می‌گردد و لجن دفعی را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (۹-۷).

معمول‌ترین روش کاهش حجم لجن در تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب، استفاده از مواد منعقد کننده و سپس آبگیری مکانیکی لجن می‌باشد. امروزه تحقیقات متعددی بر روی تولید مواد منعقد کننده و کمک منعقد کننده جدید صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان کیتوزان، پلی‌آلومینیوم کلراید، لجن برگشتی اصلاح شده و... را نام برد (۱۱، ۱۰). پازوکی و تکدستان با انجام مطالعه‌ای بر روی لجن فاضلاب با استفاده از گرما دادن لجن، به این نتیجه رسیدند که با افزایش دمای بخشی از لجن به ۶۰ درجه سانتی‌گراد، حجم لجن

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳- استادیار، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۴- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران
نویسنده مسؤول: فرشاد گلبابایی کوتنایی
Email: farshadgolbabaei@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.3043]

به میزان ۴۷ درصد کاهش پیدا خواهد کرد (۱۲).

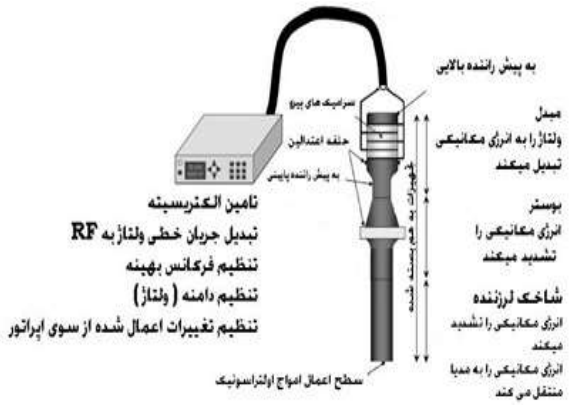
وقتی موج اولتراسوند در یک محیط آبی منتشر می‌شود، الگوی تکرار متراکم شدن و کاهش تراکم، موجب حرکت موج صوت می‌شود. به علت کاهش فشار، حباب‌های خیلی ریز (با قطری در مقیاس نانومتر و میکرومتر) در نواحی دارای کاهش تراکم شکل می‌گیرد. این حباب‌های ریز، حباب‌های کاویتاسیون نامیده می‌شود که در واقع، بخارات مایع و گازهایی را که پیش‌تر در مایع محلول بوده‌اند، حمل می‌کند (۱۳). کاویتاسیون پدیده‌ای است که حباب‌های ریز در فاز آبی شکل می‌گیرند و تا اندازه ناپایداری منبسط می‌شوند. بنابراین، به سرعت متلاشی می‌شوند. متلاشی شدن حباب‌ها اغلب موجب ایجاد حرارتی موضعی تا ۵۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و افزایش فشار تا ۲۰۰۰ اتمسفر می‌شود و این انرژی به اندازه‌ای زیاد است که نور تولید می‌کند. همچنین، متلاشی شدن یکباره و شدید میلیون‌ها حباب کوچک، باعث ایجاد نیروهای برشی هیدرومکانیکی قدرتمندی می‌شود (۱۵، ۱۴).

Huan و همکاران آبگیری از لجن را با استفاده از امواج اولتراسونیک به میزان ۵ درصد بهبود بخشیدند (۱۶). در تحقیق حیدری و همکاران که بر روی آبگیری لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران با استفاده از امواج اولتراسونیک انجام شد، میزان بهینه آبگیری در زمان ۵ دقیقه و فرکانس ۳۵ کیلوهرتز به دست آمد (۱۷). پژوهش Sahinkaya و Sevimli بر روی آبگیری لجن صورت گرفت و چگالی اولتراسوند بهینه در بازه‌ای از ۰/۷۵ تا ۱ وات بر میلی‌لیتر حاصل شد. نتایج مطالعه آنان نشان داد که با افزایش چگالی اولتراسوند به بیش از ۱/۲ وات بر میلی‌لیتر یا کمتر از ۰/۵ وات بر میلی‌لیتر، قابلیت آبگیری لجن کاهش می‌یابد (۱۸). با توجه به تمرکز بیشتر مطالعات بر تأثیر امواج اولتراسونیک بر هضم لجن و کمبود مطالعات تکمیلی در زمینه تأثیر امواج اولتراسونیک بر آبگیری لجن، هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین اثر سیستم انتشار امواج اولتراسونیک جهت بهبود آبگیری لجن، افزایش میزان جامدات در کیک لجن و تعیین محدوده بهینه شاخص‌های راهبری در استفاده از روش اولتراسونیک بود.

روش‌ها

این تحقیق از نوع تجربی- آزمایشگاهی بود که به صورت ناپیوسته و در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. نمونه‌ها جهت انجام آزمایش‌ها، از لجن تثبیت شده و خروجی هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران برداشت گردید. روش تصفیه در تصفیه‌خانه جنوب تهران به صورت بیولوژیکی و با استفاده از فرایندهای لجن فعال و صافی چکنده صورت می‌گیرد. بر این اساس، در طی دو فصل، ۱۲ نمونه با فاصله زمانی ۱۵ روزه از محل مورد نظر برداشت شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری به آزمایشگاه انتقال یافت و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید.

دستگاه اولتراسونیک خریداری شده برای مطالعه (مدل Sonics Vibra Cell، کارخانه Ningbo، چین) با بیشینه توان خروجی ۷۵۰ وات و با فرکانس ثابت راهبری ۲۰ کیلوهرتز بود. عمق استغراق سونوترود دو سانتی‌متر و فاصله سونوترود از کف بشر یک لیتری در تمامی آزمایش‌ها به صورت ثابت، دو سانتی‌متر می‌باشد. امواج اولتراسونیک تولید شده در این دستگاه، موجب ایجاد حباب و پدیده کاویتاسیون در مایع می‌گردد. از این دستگاه می‌توان برای خرد کردن بافت‌ها، سلول‌ها و باکتری‌ها استفاده نمود و در همان حال امولسیون سازی، تفکیک، تجزیه، هموژن، تخلیص، گازززدایی و واکنش شیمیایی را تسریع کرد (۱۹). اجزای سیستم به کار گرفته شده در تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. اجزای سیستم اولتراسونیک جهت به کارگیری در تحقیق

چگالی اولتراسونیک (مشابه دوز اولتراسونیک)، به توان ورودی برای حجم لجن ارتباط دارد و بر حسب توان تأمین شده بر واحد حجم لجن محاسبه گردید (رابطه ۱) که در آن، P توان اولتراسونیک بر حسب کیلووات، V حجم لجن قرار گرفته در معرض سونیفیکاسیون بر حسب لیتر و Ultrasonic Density (UD) چگالی اولتراسونیک بر حسب کیلووات بر لیتر می‌باشد (۲۰).

$$UD = P/V \qquad \text{رابطه ۱}$$

پس از انجام آزمایش و جهت انجام آبگیری لجن، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. سپس با جداسازی فاز مایع و جامد، آزمایش‌ها بر روی جامدات ادامه یافت (۲۲، ۲۱). برای اندازه‌گیری میزان پروتئین، از روش Bradford استفاده گردید (۲۱). غلظت پروتئین با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و در طول موج ۵۹۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

کلیه آزمایش‌های صورت گرفته در محل آزمایشگاه نانو و آب و فاضلاب دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران و بر اساس کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب (۲۱) انجام شد. میزان pH با دستگاه Metrohm 691، میزان Total dissolved solids (TDS) با دستگاه WTW 7110 و میزان Chemical oxygen demand (COD) با دستگاه Hach DR 5000 اندازه‌گیری گردید (۲۱).

داده‌ها پس از جمع‌آوری، با استفاده از شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مانند میانگین و انحراف معیار و حداقل و حداکثر در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ (version 18, SPSS Inc., Chicago, IL) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین، نمودارها در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ ترسیم گردید.

یافته‌ها

مشخصات لجن مورد استفاده در مطالعه حاضر در جدول ۱ ارایه شده است.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.3043]

جدول ۱. مشخصات نمونه لجن خروجی از هاضم بی‌هوازی

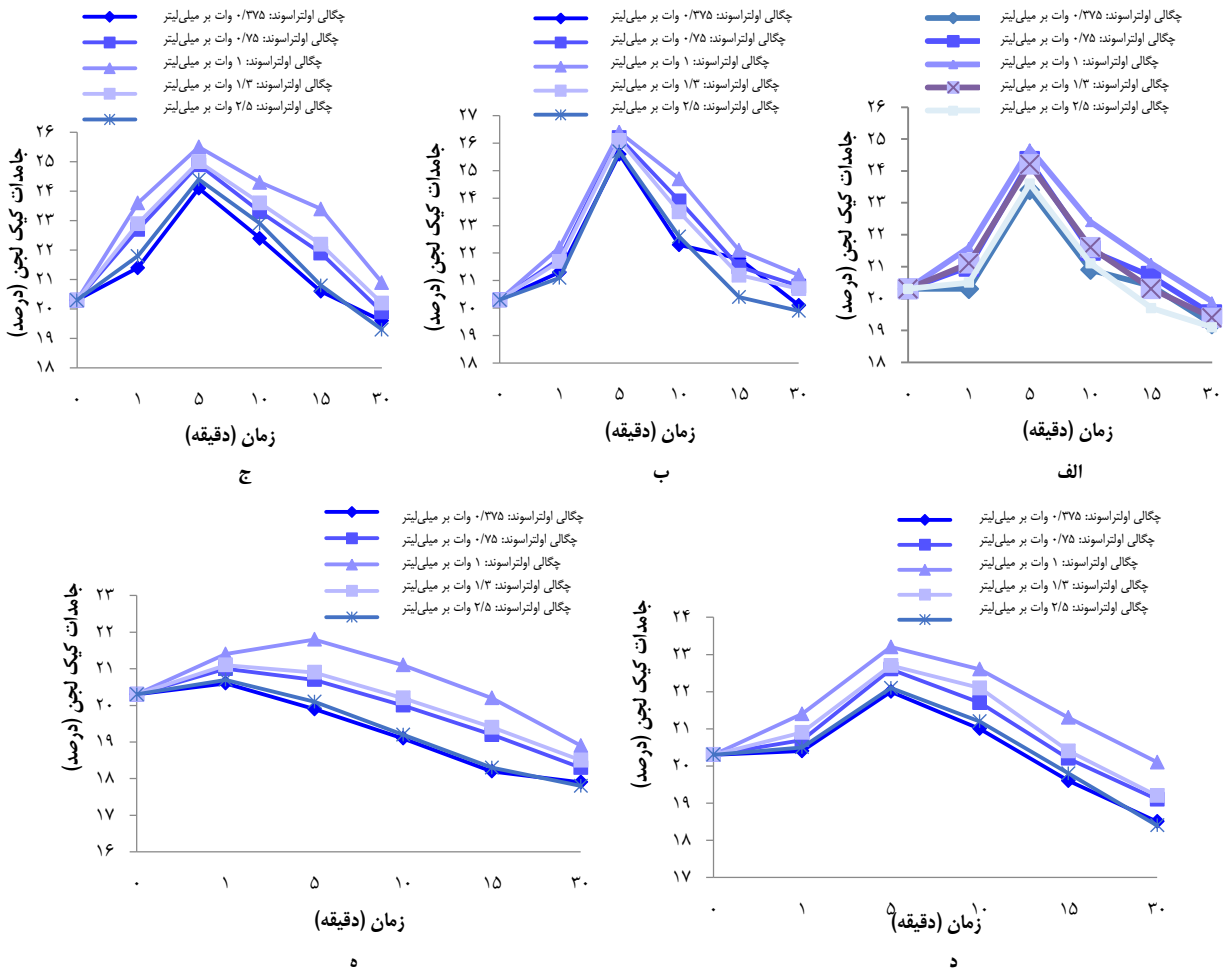
پارامتر	میزان جامدات کیک لجن (درصد)	SCOD (میلی‌گرم بر لیتر)	TDS (میلی‌گرم بر لیتر)	TSS (میلی‌گرم بر لیتر)	pH	دما (درجه سانتی‌گراد)
مقدار (میانگین ± انحراف معیار)	۲۰/۳ ± ۰/۹	۶۴۰۰ ± ۱۲۴	۱۴۲۰۰ ± ۱۶۳	۲۱۶۰۰ ± ۲۸۴	۷/۸۸ ± ۰/۱۰	۲۲ ± ۱

TSS: Total suspended solids; TDS: Total dissolved solids; SCOD: Soluble chemical oxygen demand

جهت بررسی تغییرات میزان جامدات در کیک لجن، بازه‌ای از چگالی‌های اولتراسوند مختلف از ۰/۳۷۵ تا ۲/۵ وات بر میلی‌لیتر استفاده گردید. آزمایش‌ها در زمان‌های ۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه انجام گرفت و چگالی‌های اولتراسوند انتخابی نیز ۰/۳۷۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۳ و ۲/۵ وات بر میلی‌لیتر بود. جامدات لجنی که در معرض سونیفیکاسیون قرار داشت نیز به ترتیب ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد بود. شکل ۲ تغییرات میزان جامدات در کیک لجن بر حسب زمان در چگالی‌های اولتراسوند و میزان اختلاط لجن مختلف را نشان می‌دهد.

بر اساس داده‌های شکل ۲، با افزایش زمان، میزان جامدات در کیک لجن نیز افزایش یافت که این یافته به دلیل افزایش زمان قرار گرفتن سلول‌های میکروارگانیسم در معرض سونیفیکاسیون می‌باشد.

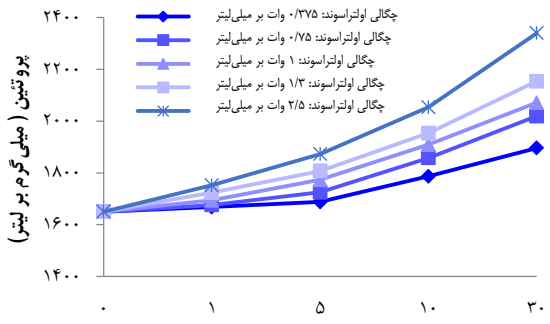
در شکل ۳، تغییرات میزان پروتئین بر حسب زمان در چگالی‌های اولتراسوند و زمان‌های مختلف نشان داده شده است. بر اساس این شکل، با افزایش زمان سونیفیکاسیون، میزان پروتئین در لجن نیز افزایش یافت.



شکل ۲. تغییرات جامدات کیک لجن در چگالی‌های اولتراسوند مختلف و میزان اختلاط لجن ۱۰ درصد (الف)، ۱۵ درصد (ب)، ۲۰ درصد (ج)، ۵۰ درصد (د) و ۱۰۰ درصد (ه)

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.3043]



شکل ۳. تغییرات میزان پروتئین بر حسب زمان در چگالی‌های اولتراسوند و زمان‌های مختلف

بحث

بیشترین محتویات لجن و لخته‌های زیستی (بیش از ۹۰ درصد) را آب تشکیل می‌دهد (۱۶). آب موجود در لجن به دو صورت کلی آب آزاد و آب باند شده وجود دارد که این تقسیم‌بندی به صورت دیگری و به دسته‌بندی آب‌های آزاد، ذره‌ای، محاطی و هیدراسیون نیز انجام شده است (۲۳، ۱۶). در این میان، آب آزاد با استفاده از سیستم‌های متداول جدا می‌شود، اما سایر آب‌ها به راحتی جدا نمی‌گردد. آب ذره‌ای، آبی است که در میان لخته‌ها و یا در سلول‌ها وجود دارد و می‌توان آن را با کمک فرایند اولتراسونیک و با شکستن لخته‌ها و یا از میان بردن دیواره سلولی و وارد شدن آب درون سلولی به محیط لجن، جدا نمود (۲۵، ۲۴). آب محاطی (آبی که به سطح جامدات لجن چسبیده است) را می‌توان با اعمال امواج اولتراسونیک و ریز کردن جامدات لجن و جدا شدن آب از این جامدات و ورود این آب به محیط لجن، جدا کرد (۲۳، ۱۶). بخشی از آب هیدراسیون (آبی که به صورت شیمیایی به ذرات چسبیده است) را به علت ایجاد نقاطی با دمای بالا و شکستن پیوندهای شیمیایی، می‌توان از لجن جدا نمود (۲۶، ۲۵، ۱۶). به نظر می‌رسد که نیروی هیدرومکانیکی زیاد تولید شده بر اثر پدیده کاویتاسیون، مهم‌ترین مکانیسم مؤثر بر فرایند آبگیری لجن در اثر اعمال امواج اولتراسونیک می‌باشد (۲۷، ۱۶، ۱۲).

افزایش تماس با امواج اولتراسوند، با افزایش متلاشی شدن دیواره سلولی همراه است و سبب خارج شدن آب درون سلولی، پروتئین و مواد درون سلولی می‌گردد. در مطالعه حاضر، میزان جامدات در کیک لجن نمونه خام، ۰/۹ ± ۲۰/۳ درصد بود که با افزایش زمان سونیفیکاسیون از ۱ به ۵ دقیقه، این میزان نیز افزایش یافت و به میزان بهینه خود رسید، اما با افزایش زمان به ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه، میزان جامدات در کیک لجن روندی کاهشی یافت که این کاهش می‌تواند به دلیل افزایش بیش از اندازه سونیفیکاسیون و کوچک‌تر شدن اندازه ذرات و افزایش میزان جذب آب توسط لخته‌های کوچک‌تر و در نتیجه، کاهش قابلیت آبگیری و به دنبال آن، کاهش جامدات در کیک لجن و کاهش آبگیری لجن باشد (۳۱-۲۸).

با افزایش چگالی اولتراسوند از ۰/۳۷۵ وات بر میلی‌لیتر، میزان جامدات در کیک لجن افزایش پیدا کرد و این به معنی افزایش قابلیت آبگیری لجن می‌باشد. این میزان در چگالی اولتراسوند ۱ وات بر میلی‌لیتر به میزان بهینه خود (۱/۱ ± ۲۶/۴ درصد) رسید، اما با افزایش بیشتر چگالی اولتراسوند به ۱/۳ و ۲/۵ وات بر میلی‌لیتر، میزان جامدات در کیک لجن به شدت کاهش یافت که این امر به دلیل وارد نمودن بیش از اندازه انرژی و شدت تخریب بالاتر از حد مورد نیاز سلول‌ها و لخته‌های بیولوژیکی می‌باشد. این امر، سبب افزایش مواد درون سلولی و پلیمرها در سوپرناتانت لجن می‌گردد. این مواد دارای قابلیت بالای جذب آب هستند و با افزایش انرژی اعمال شده به لجن، سلول‌های بیشتری تخریب می‌شود و این مواد به درون محیط وارد می‌گردد و موجب کاهش میزان جامدات در کیک لجن و کاهش آبگیری لجن می‌شود (۳۲-۳۰).

بیشترین میزان آبگیری لجن با استفاده از امواج اولتراسونیک وقتی حاصل شد که میزان لجن در محدوده ۱۰ تا ۱۵ درصد بود (شکل ۲، قسمت‌های الف و ب). در این حالت میزان بهینه جامدات در کیک لجن، ۱/۱ ± ۲۶/۴ درصد به دست آمد. با افزایش میزان لجن قرار گرفته در معرض امواج اولتراسونیک به ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد، مقدار جامدات در کیک لجن رو به کاهش گذاشت که این به معنی کاهش آبگیری لجن بود.

چگالی اولتراسوند بهینه در مطالعه Zhang و همکاران، ۰/۸ وات بر میلی‌لیتر گزارش گردید. با افزایش چگالی اولتراسوند به بیشتر از ۱/۲ وات بر میلی‌لیتر یا کمتر از ۰/۴ وات بر میلی‌لیتر، میزان جامدات در کیک لجن به شدت کاهش پیدا کرد و از قابلیت آبگیری لجن کاسته شد (۳۳) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت. نتایج تحقیق Feng و همکاران (۳۴) نیز تأیید کننده نتایج بررسی حاضر بود.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، میزان بهینه جامدات در کیک لجن، ۱/۱ ± ۲۶/۴ درصد برای شرایط راهبری بهینه در چگالی اولتراسوند ۱ کیلووات بر لیتر، زمان سونیفیکاسیون ۵ دقیقه و میزان لجن قرار گرفته در معرض امواج اولتراسونیک ۱۵ درصد به دست آمد که این مقدار، افزایش حدود ۳۰ درصدی میزان جامدات در کیک لجن را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آزمایش‌ها و با توجه به تحقیقات مشابه مشخص شد که اعمال امواج اولتراسوند، سبب افزایش جامدات در کیک لجن و در نتیجه، بهبود آبگیری لجن می‌گردد.

در بررسی حاضر با افزایش زمان سونیفیکاسیون، میزان پروتئین در لجن نیز افزایش یافت که این امر به دلیل افزایش زمان قرار گرفتن سلول‌های میکروارگانیسم در معرض سونیفیکاسیون می‌باشد. این افزایش تماس با امواج اولتراسوند، با افزایش متلاشی شدن دیواره سلولی همراه است و سبب خارج شدن آب درون سلولی و پروتئین می‌گردد. با افزایش زمان از ۱ تا ۳۰ دقیقه، میزان پروتئین روند صعودی داشت. همچنین، با افزایش چگالی اولتراسوند، به دلیل وارد نمودن انرژی بیشتر و شدت تخریب بالاتر سلول‌ها و لخته‌های بیولوژیکی، میزان پروتئین نیز افزایش یافت (۳۵). این میزان در چگالی اولتراسوند ۲/۵ وات بر میلی‌لیتر و زمان ۳۰ دقیقه به میزان بیشینه خود (۲۱۳ ± ۴۷۷۰ میلی‌گرم در لیتر) رسید که این مقدار افزایش حدود ۱۸۹ درصدی میزان پروتئین را نشان می‌دهد. در مقدار بهینه آبگیری و بیشینه جامدات کیک لجن، میزان پروتئین به ۸۹ ± ۱۷۷۳ میلی‌گرم در لیتر رسید که این مقدار نیز حاکی از افزایش ۸ درصدی می‌باشد.

نتایج مطالعه Akin بر روی لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهر Boon آمریکا نشان داد که با افزایش زمان قرار گرفتن لجن در معرض امواج اولتراسوند، میزان غلظت پروتئین نیز افزایش خواهد یافت. میزان بیشینه پروتئین در پژوهش وی، ۱۹۴۸ میلی‌گرم در لیتر در زمان ۲۴۰ ثانیه بود (۳۶) که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت داشت.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.3043]

Sahinkaya و Sevimli با انجام آزمایش‌هایی بر روی لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهری، به این نتیجه رسیدند که هرچه میزان چگالی امواج اولتراسوند اعمالی افزایش یابد، غلظت پروتئین نیز افزایش پیدا می‌کند و بیشترین میزان پروتئین در تحقیق آن‌ها، ۳۷۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و در چگالی اولتراسوند ۱ وات بر میلی‌لیتر به دست آمد (۱۸). به طور کلی، میزان افزایش در پروتئین به این دلیل است که طی فرایند اولتراسونیک و بر اثر نیروی هیدرومکانیکی زیاد تولید شده بر اثر پدیده کاویتاسیون و میکرو و نانوحباب‌های تولید شده، سلول‌های لجن به میزان زیادی تجزیه می‌شوند و این تجزیه لجن سبب شکسته شدن فلوک‌های لجن و دیواره سلول‌ها و آزادسازی بخش زیادی از مواد درون سلولی و پروتئین‌ها به خارج سلول می‌گردد (۳۷، ۳۵، ۳۲).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، میزان بهینه جامدات در کیک لجن، ۲۶/۴ درصد برای شرایط راهبری بهینه در چگالی اولتراسوند ۱ کیلووات بر لیتر، زمان سونیفیکاسیون ۵ دقیقه و میزان لجن قرار گرفته در معرض امواج اولتراسونیک ۱۵ درصد به دست آمد که این مقدار، افزایش حدود ۳۰ درصدی میزان جامدات در کیک لجن را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آزمایش‌ها و با توجه به تحقیقات مشابه، مشخص شد که اعمال امواج اولتراسوند، سبب افزایش جامدات در کیک لجن و در نتیجه، بهبود آبگیری لجن می‌گردد. مواد پلیمری خارج سلولی دارای قابلیت بالای جذب آب هستند و با افزایش بیش از اندازه انرژی اعمال شده به لجن، سلول‌های بیشتری تخریب می‌شود و این مواد به درون محیط وارد می‌گردد و منجر به کاهش قابلیت آبگیری و کاهش میزان جامدات می‌شود. بر اساس نتایج آزمایش‌ها و با توجه به یافته‌های تحقیقات مشابه، مشخص گردید که اعمال امواج اولتراسوند و میکرو و نانوحباب‌های تولید شده در اثر پدیده کاویتاسیون، می‌تواند سبب افزایش میزان جامدات کیک لجن و در نتیجه، افزایش آبگیری لجن شود.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از طرح تحقیقاتی با شماره ۹۰/۱۴۹۱۱/۵۰۱ می‌باشد که با حمایت شرکت آب و فاضلاب تهران و شرکت فاضلاب تهران انجام شد. بدین وسیله نویسندگان از مسؤولان ذی‌ربط در شرکت‌های نامبرده و تصفیه‌خانه تهران جنوب به جهت حمایت‌های مادی و معنوی در طی انجام پژوهش، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

References

1. Wang LK, Shammas NK, Hung YT. Advanced biological treatment processes. Berlin, Germany: Springer Science & Business Media; 2010.
2. Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD, Metcalf & Eddy I. Wastewater engineering: Treatment and reuse. New York, NY: McGraw-Hill Education; 2003.
3. Gurjar BR. Sludge Treatment and disposal. Abingdon, UK: Taylor & Francis; 2001.
4. Turovskiy IS, Mathai PK. Wastewater sludge processing. New York, NY: John Wiley & Sons; 2006.
5. Mehrdadi N, Mohamadi Aghdam A, Aghajani Yasini A, Zahedi A. Sonochemical solubilization of nitrogen and phosphorus: Improvement of the efficiency. Fresen Environ Bull 2012; 21(3): 736-43.
6. Gronroos A, Kyllonen H, Korpijarvi K, Pirkonen P, Paavola T, Jokela J, et al. Ultrasound assisted method to increase soluble chemical oxygen demand (SCOD) of sewage sludge for digestion. Ultrason Sonochem 2005; 12(1-2): 115-20.
7. Foladori P, Andreottola G, Ziglio G. Sludge reduction technologies in wastewater treatment plants. London, UK: IWA Publishing; 2010.
8. Show KY, Mao T, Lee DJ. Optimisation of sludge disruption by sonication. Water Res 2007; 41(20): 4741-7.
9. Pilli S, Bhunia P, Yan S, LeBlanc RJ, Tyagi RD, Surampalli RY. Ultrasonic pretreatment of sludge: A review. Ultrason Sonochem 2011; 18(1): 1-18.
10. Orooji N, Takdastan A, Kargari A, Raeesi G. Efficiency of chitosan with polyaluminum chloride in turbidity removal from Ahwaz water treatment plant influent. Water and Wastewater 2012; 23(4): 70-7. [In Persian].
11. Mirzaei A, Takdastan A, Alavi Bakhtiarvand N. Survey of PAC performance for removal of turbidity, COD, coliform bacteria, heterotrophic bacteria from water of Karoon River. Iran J Health and Environ 2011; 4(3): 267-79. [In Persian].
12. Pazoki M, Takdastan A. Investigation of minimization of excess sludge production in sequencing batch reactor by heating some sludge. Asian J Chem 2010; 22(3): 1751-9.
13. Bougrier C, Carrere H, Delgenes JP. Solubilisation of waste-activated sludge by ultrasonic treatment. Chem Eng J 2005; 106(2): 163-9.
14. Schlafer O, Sievers M, Klotzbucher H, Onyeche TI. Improvement of biological activity by low energy ultrasound assisted bioreactors. Ultrasonics 2000; 38(1-8): 711-6.
15. Mohammadi AR, Mehrdadi N, Bidhendi GN, Torabian A. Excess sludge reduction using ultrasonic waves in biological wastewater treatment. Desalination 2011; 275(1): 67-73.
16. Huan L, Yiying J, Mahar RB, Zhiyu W, Yongfeng N. Effects of ultrasonic disintegration on sludge microbial activity and dewaterability. J Hazard Mater 2009; 161(2-3): 1421-6.
17. Heidari A, Nabizadeh R, Alimohammadi M, Gholami M, Mahvi AH. A survey on the effect of ultrasonic method on dewatering of bio sludge in wastewater treatment plant. J Sabzevar Univ Med Sci 2014; 21(3): 424-30. [In Persian].
18. Sahinkaya S, Sevimli MF. Effects and modelling of ultrasonic waste-activated sludge disintegration. Water Environ J 2013; 27(2): 238-46.
19. Gonze E, Pillot S, Valette E, Gonthier Y, Bernis A. Ultrasonic treatment of an aerobic activated sludge in a batch reactor. Chem Eng Process 2003; 42(12): 965-75.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.3043]

20. Mehrdadi N, Nabi-Bidhendi G, Zahedi A, Mohamadi Aghdam A, Aghajani Yasini A, Jahangiri F. Application of ultrasonic Wave irradiation in wastewater treatment. Tehran, Iran: University of Tehran Publications; 2013. [In Persian].
21. Eaton AD, Franson MA. Standard methods for the examination of water & wastewater. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
22. Kopp J, Dichtl N. Influence of the free water content on the dewaterability of sewage sludges. Water Sci Technol 2001; 44(10): 177-83.
23. Pham TT, Brar SK, Tyagi RD, Surampalli RY. Ultrasonication of wastewater sludge-consequences on biodegradability and flowability. J Hazard Mater 2009; 163(2-3): 891-8.
24. Yin X, Han P, Lu X, Wang Y. A review on the dewaterability of bio-sludge and ultrasound pretreatment. Ultrason Sonochem 2004; 11(6): 337-48.
25. Kargar M, ahvi AH . Effect of ultrasound in improving dewatering and stabilization of anaerobic digested sludge. Journal of Environmental Studies 2012; 38(62): 89-94. [In Persian].
26. Ruiz-Hernando M, Martinez-Elorza G, Labanda J, Llorens J. Dewaterability of sewage sludge by ultrasonic, thermal and chemical treatments. Chem Eng J 2013; 230(Supplement C): 102-10.
27. Feng X, Deng J, Lei H, Bai T, Fan Q, Li Z. Dewaterability of waste activated sludge with ultrasound conditioning. Bioresour Technol 2009; 100(3): 1074-81.
28. Tiehm A, Nickel K, Zellhorn M, Neis U. Ultrasonic waste activated sludge disintegration for improving anaerobic stabilization. Water Res 2001; 35(8): 2003-9.
29. Nickel K, Neis U. Ultrasonic disintegration of biosolids for improved biodegradation. Ultrason Sonochem 2007; 14(4): 450-5.
30. Wolski P, Zawieja I. Effect of ultrasound field on dewatering of sewage sludge. Archives of Environmental Protection 2012; 38(2): 25-31.
31. Zielewicz E. Indicators of ultrasonic disintegration of sewage sludge. Polish J Environ Studies 2010; 2: 268-72.
32. Lu X, Yin X, Wilhelm AM, Han P. Intensified treatment of petrochemical plant sewage sludge with ultrasound. Proceedings of the XIX EuCHEMS Conference on Organometallic Chemistry (EuCOMC); 2011 July 3-7; Toulouse, France.
33. Zhang G, Zhang P, Yang J, Liu H. Energy-efficient sludge sonication: Power and sludge characteristics. Bioresour Technol 2008; 99(18): 9029-31.
34. Feng X, Lei H, Deng J, Yu Q, Li H. Physical and chemical characteristics of waste activated sludge treated ultrasonically. Chem Eng Process 2009; 48(1): 187-94.
35. Hosnani E, Nosrati M, Shojasadati SA. Role of extracellular polymeric substances in dewaterability of untreated, sonicated and digested waste activated sludge. Iran J Environ Health Sci Eng 2010; 7(5): 395-400. [In Persian].
36. Akin B. Waste activated sludge disintegration in an ultrasonic batch reactor. Clean Air Soil Water 2008; 36(4): 360-65.
37. Houghton JI, Stephenson T. Effect of influent organic content on digested sludge extracellular polymer content and dewaterability. Water Res 2002; 36(14): 3620-8.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.3043]

DOI: *10.22122/jhsr.v13i3.3043* *Published by Vesnu Publications*

Journal of Health System Research Received: 12.01.2017

Vol. 13, No. 3, Autumn 2017 Accepted: 12.04.2017

The Effect of Ultrasonic Waves on the Solid Content Percentage in Dewatering of Excess Biological Sludge

Farshad Golbabaei-Kootenaei[1], Nasser Mehrdadi[2], Mahdi Asadi-Ghalhari[3], Gholamreza Nabi-Bidhendi[2], Hasan Amini-Rad[4]

Original Article

Abstract

Background: Today, sludge dewatering is one of the most difficult treatment processes in wastewater treatment plants. This subject is an important challenge in the decreasing of environmental pollutants. The purpose of this study was to determine the effect of ultrasonic waves on improved sludge dewatering and increased solid content of sludge, and determine the optimum operating parameters of the ultrasonic method.

Methods: An experimental study was carried out as a batch mode. In this research, the effect of some variables including ultrasound density (watts per ml), time (minutes), and amount of sonificated sludge (percentage) on the solid content of sludge and sludge dewatering was assessed. The solid content of sludge samples was 20.3 ± 0.9% prior to dewatering. Statistical analyses were performed using SPSS software.

Findings: The experiments determined that the optimum operating parameters were sonification time of 5 minutes and ultrasound density of 1 W/ml. Moreover, the amount of sonificated sludge was equal to 15% and a frequency of 20 kHz was produced. The amount of solid content of sludge obtained under these conditions was equal to 26.4% that is a 30% increase in dewatering of sludge.

Conclusion: Based on the results of this research, ultrasound waves and micro- and nano-bubbles of cavitation can increase the solid content of sludge and improve sludge dewatering process and sludge treatment efficiency.

Keywords: Excess sludge, Dewatering, Solid content, Ultrasonic waves

Citation: Golbabaei-Kootenaei F, Mehrdadi N, Asadi-Ghalhari M, Nabi-Bidhendi G, Amini-Rad H. **The Effect of Ultrasonic Waves on the Solid Content Percentage in Dewatering of Excess Biological Sludge.** J Health Syst Res 2017; 13(3): 340-6.

1- PhD Candidate, Department of Environmental Engineering, School of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Environmental Engineering, School of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Research Center for Environmental Pollutants AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
4- Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, School of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran
Corresponding Author: Farshad Golbabaei Kootenaei, Email: farshadgolbabaei@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i3.3043]