Journal of Health

Vol. 7, No. 5, Winter 2016, Pages 611-620

The Effect of Ultrasonic Waves on Dewaterability of Excess Sludge

Golbabaei Kootenaei F*[1], Mehrdadi N[2], Nabi Bidhendi G[3], Amini Rad H[4]

1. PhD.Candidate, Graduate Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Professor, Graduate Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Professor, Graduate Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran.

**** Corresponding author.*** Tel: +989112249431 Fax: +982166407719 E-mail: farshadgolbabaei@yahoo.com

Received: Feb 23, 2015 Accepted: Dec 9, 2015

ABSTRACT

Background & Objectives: Sludge treatment and dewatering processes in wastewater treatment plants are one of the most important challenges for professionals and officials. The purpose of this study was to determine the effect of low wavelength and high energy ultrasonic waves to improve sludge dewatering properties and the optimum operating parameters of the ultrasonic method.

Methods: In this research variables include ultrasound density (0.375, 0.75, 1, 1.3 and 2.5w/m), time (1, 5, 10, 15 and 30 min), and amount of sonificated sludge (10, 15, 20, 50 and 100%). In this research effect of the variables on capillary suction time (CST) and sludge dewatering capacity were studied.

Results: The experiments determined that the optimum operating parameters as; sonification time=5 minutes, ultrasound density=1 W/ml, and amount of sonificated sludge equal to 15% at frequency of 20 kHz. Under these conditions CST was measured as 86 seconds.

Conclusion: Based on the results of this research, ultrasound waves could improve sludge dewatering process and can increase the treatment rate.

Keywords: Dewaterability; Waste Sludge; Ultrasonic Waves; Capillary Suction Time.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]

تاثیر امواج اولتراسونیک بر قابلیت آبگیری لجن مازاد

فرشاد گلبابایی کوتنایی [۱،*]، ناصر مهردادی [۲]، غلامرضا نبی بیدهندی [۳]، حسن امینی راد [٤]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی محیط‌زیست- آب و فاضلاب، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران ۲. استاد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران
۳. استاد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران ٤. استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۱۲۲۱۹٤۳۱ فکس: ۰۲۱۶۶٤۰۷۷۱۹ ایمیل: farshadgolbabaei@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: تصفیه و آبگیری لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب یکی از مشکل‌ترین فرآیندهای تصفیه و چالشی اساسی برای متخصصین و مسئولان می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق تعیین اثر سیستم انتشار امواج اولتراسونیک با طول موج پایین و سطح بالای انرژی جهت بهبود خاصیت آبگیری لجن و تعیین محدوده بهینه پارامترهای راهبری در استفاده از روش اولتراسونیک بود.

روش کار: متغیرهای تحقیق شامل چگالی اولتراسوند (۰/۳۷۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۳ و ۲/۵) بر حسب وات بر میلی‌لیتر، زمان (۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰) بر حسب دقیقه و میزان لجن قرار گرفته در معرض سونیفیکاسیون (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰) بر حسب درصد بود. در این مطالعه، تاثیر این متغیرها بر میزان زمان مکش موئینه (CST) و قابلیت آبگیری لجن سنجیده شد.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق میزان بهینه زمان سونیفیکاسیون را برابر ۵ دقیقه و چگالی اولتراسوند را برابر ۱ وات بر میلی‌لیتر نشان داد. همچنین میزان لجن قرار گرفته در معرض سونیفیکاسیون ۱۵ درصد و فرکانس بدست آمده ۲۰ کیلوهرتز بود. میزان CST در این شرایط برابر ۸۶ ثانیه بدست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، امواج اولتراسوند قابلیت بهبود فرآیند آبگیری لجن را داشته و می‌توانند سبب افزایش میزان تصفیه گردند.

واژه های کلیدی: قابلیت آبگیری، لجن مازاد، امواج اولتراسونیک، زمان مکش موئینه

دریافت: ۹۳/۱۲/٤ **پذیرش:** ۹٤/۹/۱۸

مقدمه

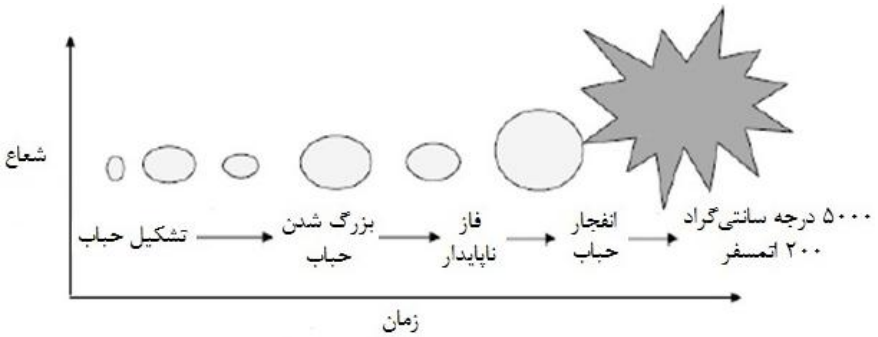
فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی بویژه لجن‌فعال هوازی، روش متعارفی برای تصفیه فاضلاب می‌باشد. در طی تصفیه بیولوژیکی هوازی، آلاینده‌های آلی به دی‌اکسید کربن و آب تبدیل می‌شوند که همراه با تولید زیست‌توده میکروبی مازاد همراه است که به عنوان لجن فعال مازاد شناخته می‌شوند (۱،۲). فرآیندهای لجن‌فعال مقدار زیادی لجن (لجن اولیه برابر با ۹۰۰ میلی لیتر به ازای هر نفر در روز و لجن ثانویه با توجه به خصوصیات فاضلاب ورودی و نوع فرآیند لجن فعال متغیر می‌باشد) ایجاد می‌کنند. هزینه تصفیه این لجن مازاد معمولاً بین ٤۰ تا ۶۰ درصد هزینه راهبری تصفیه‌خانه را شامل می‌شود (۳،٤). با توجه به روند رو به رشد ساخت تصفیه‌خانه‌های جدید فاضلاب در ایران، میزان لجن تولیدی نیز افزایش می‌یابد. یکی از فرایندهای بکار رفته در تصفیه لجن واحد آبگیری می‌باشد که وظیفه جداسازی آب مازاد از لجن را به عهده دارد تا لجن آماده استفاده در بخش‌های مختلف گردد و یا اینکه برای درجه بالاتری از تصفیه آماده گردد (۵). کاهش میزان لجن نیز مساله‌ای است که مدتهاست ذهن کارشناسان فاضلاب و مهندسین محیط‌زیست را بخود مشغول داشته است. زیرا با کاهش میزان لجن، حجم تصفیه‌خانه کاهش پیدا کرده و هزینه راهبری و تصفیه نیز کاسته می‌شود و همچنین پس از تصفیه و در مواردی که از روش دفن در خاکچال جهت دفع

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]

نهایی استفاده می‌گردد، از حجم لجن دفعی به میزان قابل توجهی کاسته می‌گردد (۶).

انتشار موج‌های اولترسونیک در فرکانس‌های ۲۰ تا ۲۰۰ کیلو هرتز و سطوح بالای انرژی به عنوان یکی از روش‌های جدید در تاسیسات فاضلابی مطرح هستند که امروزه نیز در سازمان فضایی ایالات متحده برای تصفیه فاضلاب بهداشتی در سفرهای فضایی طولانی مدت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روش‌های زیادی برای شکستن دیواره سلولی وجود دارد، از مهمترین این روش‌ها می‌توان به تصفیه فیزیکی، شیمیایی (ازن، آب اکسیژنه، اسید و باز)، حرارتی یا بیولوژیکی (مثل هیدرولیز آنزیمی) و غیره اشاره نمود. روش اولتراسونیک نیز با شکستن دیواره سلولی و محلول کردن ذرات باعث افزایش میزان تصفیه در هاضم‌ها گشته و نقش مهمی در کاهش میزان لجن دفعی خواهد داشت (۹-۷).

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 در نواحی‌ای که کاهش تراکم رخ می‌دهد، شکل می‌گیرند. این حباب‌های ریز، حباب‌های کاویتاسیون نامیده می‌شوند که در واقع بخارات مایع و گازهایی را که قبلا در مایع محلول بوده‌اند، حمل می‌کنند (۱۰). هنگامی که موج حرکت می‌کند؛ حباب‌های ریز تحت تأثیر فشار مثبت نوسان می‌کنند. بنابراین قبل از آنکه متلاشی شود، به اندازه‌ای ناپایدار می‌رسند. کاویتاسیون پدیده‌ای است که حباب‌های ریز در فاز آبی شکل می‌گیرند و تا یک اندازه ناپایدار منبسط می‌شوند، بنابراین به سرعت متلاشی می‌شوند. متلاشی شدن حباب‌ها اغلب موجب حرارتی موضعی تا ۵۰۰۰ درجه سانتیگراد و فشار تا ۲۰۰۰ اتمسفر می‌شود، این انرژی به اندازه‌ای زیاد است که نور تولید می‌کند. همچنین متلاشی شدن یکباره و شدید میلیون ها حباب کوچک، نیروهای برشی هیدرومکانیکی قدرتمندی نیز تولید می‌کند (۱۱، ۱۲). شکل ۱ نحوه ایجاد و تخریب حباب‌های کاویتاسیون را نمایش می‌دهد (۱۳).



شکل ۱. نحوه ایجاد و تخریب حباب‌های کاویتاسیون

در زمینه تاثیر اولتراسونیک بر لجن فعال مازاد در سطح جهانی، تحقیقاتی وجود دارد، اما بیشتر آنها در سطوح پایین انرژی انجام شده است. هوآن[1] و همکاران به صورت موازی بر روی تخریب لجن و خاصیت آبگیری آن با اعمال امواج اولتراسونیک اقدام نمودند. مشاهده گردید که با اعمال امواج اولترسونیک به لجن می‌توان به بهبودی در میزان آبگیری لجن دست یافت (۱٤). بیین[2] و همکاران بر روی تاثیر امواج اولتراسونیک بر پلی الکترولیت‌های بکار رفته در فرآیند تصفیه لجن آزمایشاتی نمودند. نتایج این آزمایشات با اعمال امواج اولتراسونیک با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز و زمان ۶۰ ثانیه نشان دهنده

[1] Huan

[2] Bien

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]

کاهش CST و بهبود قابلیت آبگیری لجن بوده است (۱۵). بیشترین محتویات لجن و لخته‌های زیستی آن (بیش از ۹۰ درصد) را آب تشکیل می‌دهد (۱٤). آب موجود در لجن به دو صورت کلی آب آزاد و آب باند شده وجود دارد که این تقسیم‌بندی به صورتی دیگر و به دسته‌بندی آب‌های آزاد، ذره‌ای، محاطی و هیدراسیون نیز انجام شده است (۱٤، ۱۶). در این میان آب آزاد توسط سیستم‌های متداول جدا شده ولی سایر انواع آب‌ها به راحتی جدا نمی‌گردند. آب ذره‌ای که آبی است که در میان لخته‌ها و یا در سلول‌ها وجود دارد می‌تواند توسط فرآیند اولتراسونیک و با شکستن لخته‌ها و یا از میان بردن دیواره سلولی و واردشدن آب درون سلولی به محیط لجن جدا نمود (۱۷،۱۸). آب محاطی (آبی که به سطح جامدات لجن چسبیده است) نیز می‌تواند با اعمال امواج اولتراسونیک و ریز کردن جامدات لجن و جداشدن آب از این جامدات و ورود این آب به محیط لجن، جداسازی نمود (۱٤،۱۸). بخشی از آب هیدراسیون (آبی که به صورت شیمیایی به ذرات چسبیده است) نیز می‌تواند به علت ایجاد نقاطی با دمای بالا و شکستن پیوندهای شیمیایی از لجن جدا شود (۱٤،۱۶،۱۸،۱۹). بنظر می رسد که نیروی هیدرومکانیکی زیاد تولیدشده بر اثر پدیده کاویتاسیون، مهمترین مکانیسم موثر بر فرآیند آبگیری لجن در اثر اعمال امواج اولتراسونیک می‌باشد (۹،۱٤،۲۰). جهت آبگیری نیاز به استفاده از حجم بسیار بالایی از مواد شیمیایی منعقد کننده و پلیمرها جهت آماده سازی لجن برای آبگیری وجود دارد اما با بکارگیری فرآیند اولتراسونیک و میزان کمی انرژی الکتریکی، می‌توان میزان مواد شیمیایی مورد نیاز جهت فرآیندهای آبگیری نظیر سانتریفیوژ و غیره را به مقدار قابل توجهی کاهش داد. افزایش میزان آبگیری لجن با توجه به کاهش میزان لجن (به علت محلول‌سازی جامدات) سبب کاهش هزینه راهبری و تصفیه می‌شود و همچنین پس از تصفیه از حجم لجن دفعی به میزان قابل توجهی کاسته می‌گردد (٤،۶). تحقیق حاضر بر تأثیر انتشار موج‌های اولتراسونیک بر لجن فعال مازاد در سطوح بالای انرژی، جهت افزایش قابلیت آبگیری متمرکز گردید. هدف از انجام این تحقیق تعیین اثر سیستم انتشار امواج اولتراسونیک با طول موج پایین و سطح بالای انرژی جهت بهبود خاصیت آبگیری لجن بود و محدوده بهینه پارامترهای راهبری در استفاده از روش اولتراسونیک جهت بهبود خاصیت آبگیری لجن تعیین گردید.

روش کار

این تحقیق یک مطالعه تجربی است که به صورت ناپیوسته و در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. نمونه‌های لجن برداشت شده جهت آزمایشات این تحقیق از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران برداشت گردیده است. محل نمونه‌گیری پس از هاضم بی‌هوازی و قبل از آبگیری لجن می‌باشد.

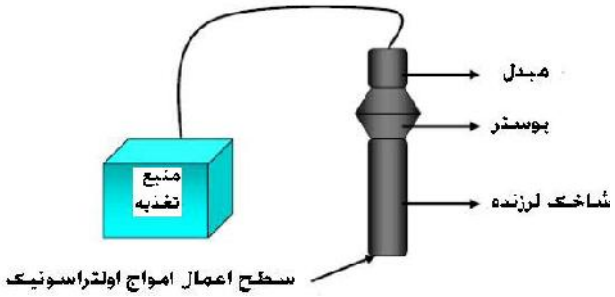
بر این اساس در طی دو فصل، تعداد ۱۲ نمونه با فاصله زمانی ۱۵ روزه از محل مورد نظر برداشت گردید. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل شده و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

خردکننده سلول اولتراسونیک[1] یک دستگاه چندکاره و چندمنظوره است که با استفاده از امواج اولتراسونیک موجب ایجاد حباب و پدیده کاویتاسیون در مایع می‌گردد. از این دستگاه می‌توان برای خردکردن بافت‌ها، سلول‌ها و باکتری‌ها استفاده کرد و در همان حال امولسیون‌سازی، تفکیک، تجزیه، هموژن، تخلیص، گاززدایی، تمیز و واکنش شیمیایی را تسریع می‌کند (۲۱). دستگاه اولتراسونیک خریداری شده در این تحقیق مدل SonicsVibraCell ساخت شرکت Ningbo با بیشینه توان خروجی ۷۵۰ وات و با فرکانس ثابت راهبری ۲۰ کیلوهرتز بوده است. عمق استغراق سونوترود دو سانتیمتر و فاصله سونوترود از کف بشر یک لیتری در تمامی آزمایشات بطور ثابت

[1] Ultrasonic Cell Crusher

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]

دو سانتیمتر می‌باشد. اجزاء سیستم بکارگرفته شده در این تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. اجزاء سیستم اولتراسونیک جهت بکارگیری در تحقیق حاضر

چگالی اولتراسونیک مشابه دوز اولتراسونیک به توان ورودی برای حجم لجن ارتباط دارد. چگالی اولتراسونیک بر حسب توان تامین شده بر واحد حجم لجن محاسبه گردید (معادله ۱).

$$UD = P / V \qquad (۱)$$

P توان اولتراسونیک بر حسب کیلووات، V حجم لجنی که در معرض سونیفیکاسیون قرار می‌گیرد بر حسب لیتر و UD چگالی اولتراسونیک بر حسب KW/L است (۲۲). امروزه روش جدیدی برای مشخص نمودن میزان قابلیت آبگیری و فیلتراسیون لجن حاصل از واحدهای تصفیه، برپایه خاصیت مکش آب در منافذ مویین و کاغذهای صافی و ثبت زمان عبور آب از صافی بر اثر این مکش CST[1] به وجود آمد. این روش طی سالیان اخیر به عنوان یک روش سریع و قابل اطمینان جهت بررسی قابلیت صاف شدن و بهسازی لجن، مورد استفاده قرار گرفت. بر این اساس که مقدار مشخصی از لجن بر روی بشر دستگاه که بر روی کاغذ صافی مخصوص و دارای منافذ ریز قرار گرفته، ریخته می‌شود. آب موجود در لجن به واسطه خاصیت مکش توسط منافذ ریز موجود در کاغذ صافی از آن عبور می‌کند. در دیواره‌های ظرف دو جفت سنسور الکتریکی موجود است. به محض اینکه آب نفوذی در کاغذ صافی به الکترود اول برسد، به واسطه خاصیت رسانایی آب اتصال الکتریکی بین دو سنسور برقرار شده و کرنومتر دستگاه شروع بکار می‌کند و زمانی که آب نفوذی در کاغذ صافی به جفت سنسور دوم برسد دوباره اتصال الکتریکی بین آنها برقرار شده و سیگنال حاصل کرنومتر را نگه می‌دارد. زمان ثبت شده توسط کرنومتر به عنوان CST گزارش می‌شود (۲۳). تصویر دستگاه CST Meter بکار گرفته شده در این آزمایشات در شکل ۳ مشاهده می‌شود. جهت انجام تحقیق حاضر دستگاه CST Meter از شرکت Fann خریداری گردید.

[1] Capillary Suction Time test (CST)

شکل ۳. تصویر دستگاه CST Meter بکار گرفته شده در آزمایشات حاضر

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]

نیروی اعمال شده توسط خاصیت مکش منافذ مویین بسیار بیشتر از نیروی هیدرواستاتیک اعمالی به لجن در تست قیف بوخنر است، در نتیجه تا هنگامی که سطح کافی برای تامین نیروی مکش منافذ مویین تامین می‌شود، این تست مستقل از میزان لجن مورد آزمایش بوده و سریعتر انجام می‌شود. این برتری روش CST بر تست قیف بوخنر است (۲۴).

با توجه به مقدار CST لجن‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- CST <۱۰۰ Sec لجن دارای قابلیت آبگیری بالا که به سادگی آبگیری می‌شود.
- CST >۱۰۰ Sec لجن دارای قابلیت آبگیری کم که به سختی آبگیری می‌شود.
- CST >۵۰۰ Sec لجن دارای قابلیت آبگیری بسیار کم که بسیار سخت آبگیری می‌شود (۲۵،۲۶).

کلیه آزمایشات انجام گرفته در محل آزمایشگاه نانو و آب و فاضلاب دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران و بر اساس کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام گرفته است (۲۷). میزان pH در طی آزمایشات با دستگاه Metrom 691، میزان TDS با دستگاه WTW 7110، کدورت با دستگاه Hach DR 2000 و میزان COD با استفاده از دستگاه Hach DR 5000 اندازه‌گیری گردید (۲۷).

یافته‌ها

خصوصیات لجن خام

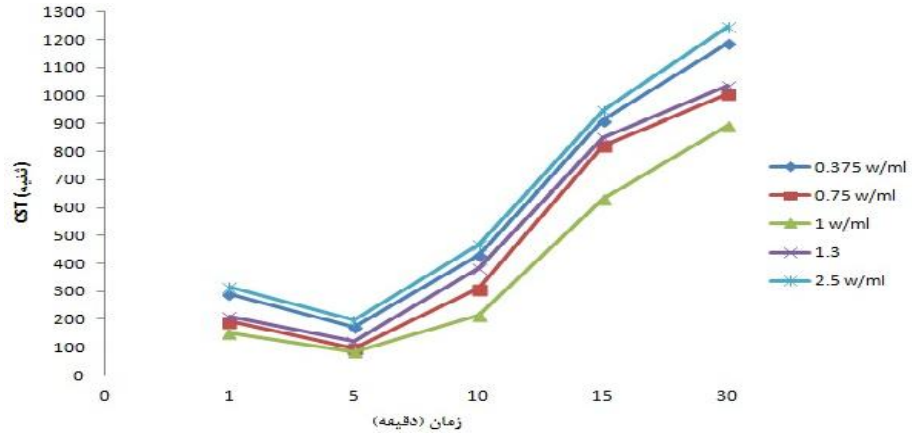
جدول ۱ بیانگر خصوصیات لجن خام مورد مطالعه می‌باشد.

جدول ۱. مشخصات نمونه لجن خام

پارامتر	TCOD	SCOD	TDS	TSS	Turbidity	pH	Temp
واحد	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	FTU	-	°C
مقدار	۲۰۶۷۵ ± ۲۶۷	۶۴۰۰ ± ۱۲۴	۱۴۲۰۰ ± ۱۶۳	۲۱۶۰۰ ± ۲۸۴	۲۱۰۰۰ ± ۲۵۱	۷/۸۸ ± ۰/۱	۲۲ ± ۱

بررسی تغییرات CST با در نظر گرفتن چگالی‌های اولتراسوند مختلف

جهت بررسی تغییرات CST، بازه‌ای از چگالی‌های اولتراسوند مختلف از ۰/۳۷۵ تا ۲/۵ وات بر میلی‌لیتر مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات در زمان‌های ۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه انجام گردید و چگالی‌های اولتراسوند انتخابی برابر ۰/۳۷۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۳ و ۲/۵ وات بر میلی‌لیتر بود. میزان لجنی که در معرض سونیفیکاسیون قرار گرفته است برابر ۱۵ درصد در نظر گرفته شد. شکل ٤ بیانگر تغییرات CST بر حسب زمان در چگالی‌های اولتراسوند مختلف می‌باشد.

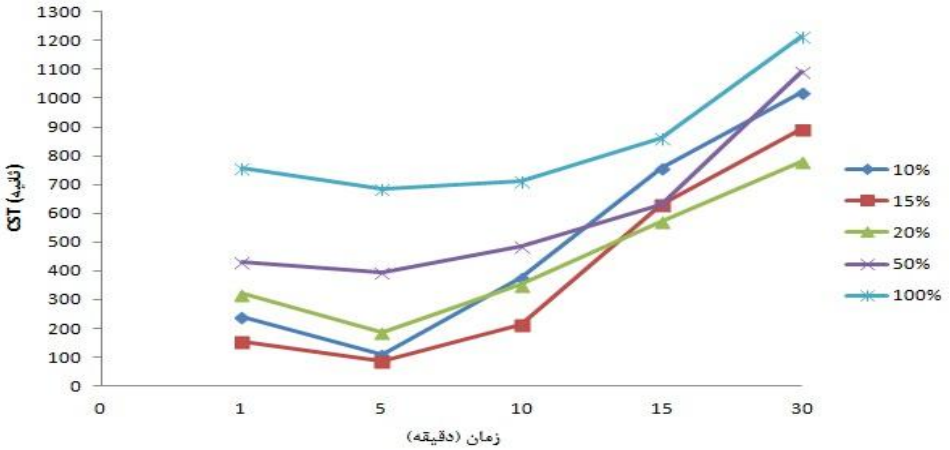


شکل ٤. تغییرات CST با در نظر گرفتن چگالی‌های اولتراسوند مختلف

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]

بررسی تغییرات CST با در نظر گرفتن میزان اختلاط لجن

در بخشی دیگر از تحقیقات، میزان لجنی که در معرض سونیفیکاسیون قرار گرفته است مورد بررسی قرار گرفت و تغییرات ایجاد شده در میزان CST ثبت گردید. میزان لجن قرار گرفته در معرض سونیفیکاسیون برابر ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از نمونه آزمایشی بود. آزمایشات در زمان‌های ۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه انجام گردید و چگالی اولتراسوند انتخابی برابر ۱ وات بر میلی‌لیتر بود. شکل ۵ بیانگر تغییرات CST با در نظر گرفتن میزان اختلاط لجن بر حسب زمان سونیفیکاسیون می‌باشد.



شکل ۵. تغییرات CST با در نظر گرفتن میزان اختلاط لجن

بحث

مطابق شکل ٤ و ٥ با افزایش زمان، میزان CST نیز افزایش یافت که این بدلیل افزایش زمان قرار گرفتن سلول‌های میکروارگانیسم‌ها 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، پروتئین و مواد درون سلولی می‌گردد. میزان CST نمونه خام برابر با ۳۲۸ ثانیه بوده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد با افزایش زمان از ۱ دقیقه به ۵ دقیقه میزان CST کاهش یافته و به میزان بهینه خود می‌رسد اما با افزایش زمان به ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه میزان CST افزایش یافته که این افزایش می‌تواند به دلیل شکسته شدن بیش از حد سلول‌های لجن و تولید ذرات بسیار ریز با بار سطحی منفی بالا می‌گردد. این امر منجر به افزایش ویسکوزیته و در نتیجه رهاسازی میزان زیادی از مواد درون سلولی در سوپرناتان لجن می‌شود و این افزایش بیش از حد، سبب تخریب و کاهش آبگیری لجن می‌گردد که این مساله در افزایش CST خود را نشان می‌دهد (۳۰-۲۸). در یک مطالعه مشابه، وانگ[1] و همکاران در سال ۲۰۰۶ طی تحقیقاتی بر روی لجن تغلیظ شده تصفیه‌خانه فاضلاب تیانجین[2] چین، به این نتیجه رسیدند که با افزایش زمان قرار گرفتن لجن در معرض امواج اولتراسوند به بیش از ۲۰ دقیقه، از قابلیت آبگیری لجن به شدت کاسته شده و میزان زمان مکش موئینه افزایش چشمگیری پیدا خواهد نمود (۳۱). نتایج آزمایشات شائو[3] و همکاران نیز تایید کننده این موضوع می‌باشد و زمان بهینه سونیفیکاسیون در این تحقیق برابر ۱۰ دقیقه بدست آمده است (۳۲). محوی و همکاران در تحقیقاتی بر

[1] Wang
[2] Tianjin
[3] Shao

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]

روی قابیلت آبگیری لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران در سال ۱۳۹۳ بر روی مقدار CST و تاثیر امواج اولتراسونیک بر آن دریافتند که میزان بهینه آن برابر ۱۵۱ ثانیه در زمان ۵ دقیقه و فرکانس ۳۵ کیلوهرتز بدست آمده است (۳۰).

با توجه به شکل ٤ که بیانگر تغییرات CST بر حسب زمان در چگالی‌های اولتراسوند مختلف می‌باشد، با افزایش چگالی اولتراسوند از ۰/۳۷۵ وات بر میلی لیتر میزان CST کاهش پیدا کرده که این به معنی افزایش قابلیت آبگیری لجن می‌باشد. این میزان در چگالی اولتراسوند برابر ۱ وات بر میلی لیتر به میزان بهینه خود و برابر ۸۶ ثانیه رسیده است. اما با افزایش بیشتر چگالی اولتراسوند به ۱/۳ و ۲/۵ وات بر میلی‌لیتر دیده می‌شود که میزان CST به شدت افزایش می‌یابد که این امر به دلیل وارد نمودن بیش از اندازه انرژی و شدت تخریب بالاتر از حد مورد نیاز سلول‌ها و لخته‌های بیولوژیکی که همانطور که در قسمت قبل به آن اشاره گردید سبب افزایش مواد درون سلولی و پلیمرها در سوپرناتانت لجن و کاهش قابلیت آبگیری لجن می‌باشد (۹).

ساهینکایا[1] و همکاران با انجام آزمایشاتی بر روی خواص آبگیری لجن به این نتیجه رسیدند که چگالی اولتراسوند بهینه در بازه ۰/۷۵ تا ۱ وات بر میلی‌لیتر بدست آمده و با افزایش چگالی اولتراسوند به بیش از ۱/۲ وات بر میلی‌لیتر یا کمتر از ۰/۵ وات بر میلی‌لیتر، میزان CST به شدت افزایش پیدا کرده و از قابلیت آبگیری لجن کاسته می‌شود (۳۳)، همچنین تحقیقات آپول[2] و همکاران در سال ۲۰۱۰ نیز تاییدکننده این امر و نتایج بدست آمده می‌باشد (۳٤).

نمودار تغییرات CST بر حسب زمان با در نظر گرفتن میزان اختلاط لجن که در شکل ۵ آمده است، بیانگر کاهش میزان CST با تغییر میزان لجن قرارگرفته در معرض سونیفیکاسیون از ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌باشد که در این مقدار میزان بهینه CST برابر ۸۶ ثانیه به دست آمده است. با افزایش میزان لجن قرار گرفته در معرض امواج اولتراسونیک به ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد مقدار CST رو به افزایش گذاشته که این به معنی کاهش قابلیت آبگیری لجن می‌باشد.

هوآن و همکاران به صورت موازی بر روی تخریب لجن و خاصیت آبگیری آن با اعمال امواج اولتراسونیک اقدام نمودند. مشاهده گردید که زمانی که میزان لجن قرار گرفته در معرض امواج اولتراسوند حدود ۱۰ درصد باشد، بهترین میزان بهبود در آبگیری بدست می‌آید (١٤).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر میزان بهینه زمان مکش موئینه (CST) برابر ۸۶ ثانیه برای شرایط راهبری بهینه در چگالی اولتراسوند، زمان سونیفیکاسیون و میزان لجن قرار گرفته در معرض امواج اولتراسونیک به ترتیب برابر ۱ کیلووات بر لیتر، ۵ دقیقه و ۱۵ درصد بدست آمده است. بنابر نتایج آزمایشات و با توجه به تحقیقات مشابه مشخص می‌گردد که اعمال امواج اولتراسوند سبب کاهش میزان CST و در نتیجه افزایش قابلیت آبگیری لجن می‌گردد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر با استفاده از نتایج طرح شماره ۹۰/۱٤۹۱۱/۵۰۱ و با حمایت شرکت آب و فاضلاب تهران و شرکت فاضلاب تهران نگاشته شده است. نویسندگان مقاله از مسئولان مربوطه در شرکت‌های نامبرده و تصفیه‌خانه تهران جنوب به جهت حمایت‌های مادی و معنوی کمال سپاس‌گذاری و تشکر را به عمل می‌آورند.

[1] Sahinkaya
[2] Apul

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]

References

1- Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD. Wastewater engineering treatment & reuse. McGraw-Hill; 2003; 661–665.
2- Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. 4th ed. McGraw-Hill Inc.; 2003; 888–890.
3- Gurgar BR. Sludge treatment and disposal. CRC Press; 2001; 147–171.
4- Turovskiy IS, Mathai PK. Wastewater sludge processing. Wiley; 2006; 62–80.
5- Mehrdadi N, Mohamadi A, Aghajani A, Zahedi A. Sonochemical solubilization of nitrogen and phosphorus: improvement of the efficiency, Fresen. Environ. Bull. 2012; 21 (3): 736-743.
6- Neis A, Kyllonen H, Korpijarvi K, Pirkonen P, Paavol T, Jokela J. Ultrasound assisted method to increase soluble chemical oxygen demand (SCOD) of sewage sludge for digestion, Ultraso. Sonochem. 2005; 12: 115–120.
7- Foladori P, Andreottola G, Ziglio G. Sludge reduction technologies in wastewater treatment plants, IWA Publishing, 2010; 189–205.
8- Show KY, Mao T, Lee DJ. Optimisation of sludge disruption by sonication, Water Res. 2007; 41: 4741 – 4747.
9- Pilli S, Bhunia P, Yan S, LeBlanc RJ, Tyagi RD, Surampalli RY. Ultrasonic pretreatment of sludge: A review. Ultrason. Sonochem. 2011; 18: 1-18.
10- Bougrier C, Carrere H, Delgenes JP. Solubilisation of waste-activated sludge by ultrasonic treatment, Chem. Eng. J. 2005; 106: 163-169.
11- Schlafer O, Sievers M, Klotzbucher H, Onyeche TI. Improvement of biological activity by low energy ultrasound assisted bioreactors, Ultrasonics. 2000; 38: 711-716.
12- Mohammadi AR, Mehrdadi N, Nabi G, Torabian A. Excess sludge reduction using ultrasonic waves in biological wastewater treatment, Desalination, 2011; 275 (1-3): 67-73.
13- Yan Y, Feng L, Zhang Ch, Wisniewski C, Zhou q. Ultrasonic enhancement of waste activated sludge hydrolysis and volatile fatty acids accumulation at pH 10.0, Water res. 2010; 44: 3329-3336.
14- Huan L, Yiying J, Mahar R, Zhiyu W, Yongfeng N. Effects of ultrasonic disintegration on sludge microbial activity and dewaterability, J. Hazard. Mater. 2009; 161: 1421-1426.
15- Bien CP, Lee DJ, Chang BV, You CS, Tay JH. Weak ultrasonic pre-treatment on anaerobic digestion of flocculated activated biosolids, Water Res. 2002; 36: 2681-2688.
16- Pham TH, Brar SK, Tyagi RD, Surampalli RY. Ultrasonication of wastewater sludge: Consequences on biodegradability and flowability, J. Hazard. Mater. 2009; 163: 891-898.
17- Xuan Y, Pingfang H, Xiaoping L, Yanru W. A review on the dewaterability of biosludge and ultrasound pretreatment, Ultrason. Sonochem. 2004; 11: 337-348.
18- Kargar M, Mahvi A. Effect of Ultrasound in Improving Dewatering and Stabilization of Anaerobic Digested Sludge, J. Environ. Stud. 2012; 38 (2): 25-27.
19- 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 (15): 102–110.
20- Feng X, Deng J, Lei H, Bai T, Fan Q, Li Z. Dewaterability of waste activated sludge with ultrasound conditioning, Bioresource Techno. 2009; 100 (10): 1074–1081.
21- 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: 965-975.
22- Mehrdadi N, Nabi G, Zahedi A, Mohamadi A, Aghajani A. Application of ultrasonic Wave irradiation in wastewater treatment, Tehran: University of Tehran Press, 2013; 5–15.
23- Chen GW, Lin WW, Lee DJ. Capillary suction time (CST) as a measure of sludge dewaterability, Water Sci. Technol. 1996; 34 (3-4): 443-448.
24- Huisman M, Vankesteren WG. Consolidaton theory applied to the Capillary Suction Time (CST) apparatus, Water Sci. Technol. 1998; 37 (6-7): 117-124.
25- Suky B, Jannesar R. Water and wastewater clarification process, Tehran: Jahad Daneshgahi Publication, 2010; 124–126.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]

26- Apul OG. Municipal Sludge Minimization: Evaluation of Ultrasonic and Acidic Pretreatment Methods and Their Subsequent Effects on Anaerobic Digestion, Master of Science Thesis, Middle East Technical University, 2009; 25-32.
27- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2005; 2709-2710.
28- Neis U, Blume T. The Effect of Ultrasound on Particulate Matter, Especially Microorganisms in Complex Water and Waste Water Media, Enviro. Prog. Sustain. 2011; 25 (3): 257-260.
29- Zhang G, Zhang P, Yang J, Liu H. Energy-efficient sludge sonication: Power and sludge characteristics, Bioresource Technol. 2008; 99: 9029-9031.
30- Mahvi A, Heidari A, Nabizadeh R, Alimohammadi M, Gholami M. A survey on the effect of ultrasonic method on dewatering of bio sludge in wastewater treatment plant. J. Sabzevar Uni. Med. Sci. 2014; 424-430.
31- Wang F, Lu S, Ji M. Components of released liquid from ultrasonic waste activated sludge disintegration, Ultrason. Sonochem. 2006; 13: 334-338.
32- Shao L, Wang G, Xu H, Yu G, He P. Effects of ultrasonic pretreatment on sludge dewaterability and extracellular polymeric substances distribution in mesophilic anaerobic digestion, J. Environ. Sci. 2010; 22 (3): 474-480.
33- Sahinkaya S, Sevimli MF. Effects and modelling of ultrasonic waste activated sludge disintegration, Water Environ. J. 2012; 27(2): 1-9.
34- Apul OG, Sanin FD. Ultrasonic Pretreatment and Subsequent Anaerobic Digestion under Different Operational Conditions. Bioresource Technol. 2010; 101: 8984-8992.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-06]