

## بررسی کارآیی هاضم هوازی در تثبیت لجن تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان

دکتر مهدی فرزادکیا\*، نفیسه نوریه\*\*

### چکیده:

هضم هوازی متداولترین روش تثبیت مواد آلی لجن برای تصفیه خانه های کوچک فاضلاب به شمار می رود. هدف از این تحقیق ارزیابی کارآیی هاضم هوازی در مقیاس آزمایشگاهی جهت تثبیت لجنهای دفعی از تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان می باشد.

این تحقیق به مدت ۷ ماه از مرداد تا اسفندماه ۱۳۸۰ در چهار مرحله مجزا بر روی لجنهای دفعی این تصفیه خانه انجام شد. عملیات هضم هوازی در داخل بیوراکتور به حجم ۳۰ لیتر در آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده بهداشت همدان انجام گرفت. در هر مرحله، ابتدا یک نمونه از لجنهای دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان آنالیز شده سپس نمونه های تهیه شده از بیوراکتور در طول سه هفته عملیات هضم هوازی مورد بررسی قرار گرفت. شاخصهای تثبیت و استفاده مجدد لجن که در این نمونه ها تعیین شدند، پارامترهای نسبت جامدات فرار به جامدات کل (VS/TS)، درصد کاهش جامدات فرار، سرعت ویژه جذب اکسیژن (SOUR) و تعداد کلیفرمهای کل (TC) و مدفوعی (FC) بودند. نتایج آزمایشات نشان داد که مقادیر متوسط نسبت VS/TS، SOUR و FC در لجنهای خروجی از این تصفیه خانه به ترتیب مقادیر ۰/۷۵۴، ۳/۳۹۵ و  $1/93 \times 10^8$  بودند. اندازه گیری شاخصهای تثبیت لجن در بیوراکتور مشخص کرد که میزان جامدات فرار (VS) بعد از گذشت حداکثر ۱۱ روز ۴۰ درصد کاهش داشته و نسبت (VS/TS) حداکثر در روز پانزدهم به کمتر از ۶۰ درصد رسیده است. همچنین مقدار (SOUR) نیز حداکثر بعد از گذشت ۱۷ روز به کمتر از  $2 \text{ mgO}_2/\text{gr.vs.h}$  کاهش یافته است. میانگین تعداد کلی فرمهای مدفوعی پس از انجام مراحل هضم هوازی در لجنهای موجود در بیوراکتور پس از گذشت ۲۲ روز  $1/08 \times 10^6$  تعیین شد.

این نتایج مشخص نمود که لجنهای دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان خام و تثبیت نشده هستند و هاضم هوازی قادر است در مدت ۱۷ روز این لجنها را تثبیت نماید. با این وجود کیفیت میکروبی لجنهای موجود در هاضم پس از گذشت ۲۲ روز حداکثر در سطح کلاس B استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا قرار می گیرد. بر این اساس، لجنهای تثبیت شده در هاضم هوازی در نهایت قابلیت احیای خاکهای ضعیف و یا استفاده در اراضی جنگلی را داشته اما به هیچوجه نایستی به عنوان کود در اراضی کشاورزی بکار گرفته شوند.

کلید واژه ها: تثبیت لجن / تصفیه خانه فاضلاب / هاضم هوازی لجن

### مقدمه:

است. کارشناسان بر این عقیده اند که تأسیسات تصفیه لجن ۴۰ تا ۶۰ درصد هزینه سرمایه گذاری اولیه و حدود ۵۰ درصد از هزینه راهبری تصفیه خانه های فاضلاب را به

تثبیت و دفع بهداشتی لجن حاصل از تصفیه فاضلاب یکی از مشکلترین مسائل رشته مهندسی محیط زیست

\* استادیار گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان

\*\* کارشناسی بهداشت محیط

خود اختصاص می دهند(۱).

متداولترین روشهای تثبیت لجن، تجزیه بیولوژیکی آن به دو صورت هضم بی هوازی و هضم هوازی است(۱). اگرچه هضم بی هوازی لجن دارای سابقه طولانی تری است، لیکن به دلایل زیادی از قبیل بالا بودن هزینه های سرمایه گذاری اولیه و حساس بودن شرایط راهبری، روش هضم هوازی به ویژه در خصوص تصفیه خانه های کوچک فاضلاب تا ظرفیت ۰/۲ مترمکعب در ثانیه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (۲-۴).

از جمله محدودیتهای هاضمهای هوازی لجن میتوان به مصرف زیاد انرژی در حدود ۲۰ تا ۴۰ کیلووات به ازای هر ۱۰۰۰ متر مکعب از فاضلاب در آنها اشاره کرد. این مسئله، کاربرد این هاضمها را به لحاظ اقتصادی بیشتر برای تصفیه خانه های کوچک توجیه نموده اما در سالهای اخیر استفاده از آنها در تصفیه خانه های بزرگتر نیز مورد توجه قرار گرفته است(۱).

از میان فرآیندهای تصفیه فاضلاب برخی از آنها نظیر لجن فعال با هوادهی گسترده بگونه ای طراحی شده اند که تثبیت هوازی لجن در طول فرآیند تصفیه فاضلاب انجام می گیرد. بدین ترتیب این تصفیه خانه ها نیازی به تأسیسات جداگانه ای برای تثبیت لجن ندارند. تجربه موجود از این قبیل تصفیه خانه ها نشان داده است که در اکثر موارد شرایط نامطلوب راهبری، موجب عدم تثبیت لجن شده است(۵). تصفیه خانه فاضلاب شهرسرکان یکی از این موارد است که با وجود دارا بودن فرآیند هوادهی گسترده لجن فعال به دلیل مسائل و نواقص بهره برداری در امر تصفیه لجن ناکارآمد می باشد (۶).

نتایج آزمایش های مقدماتی بر روی لجنهای این تصفیه خانه نشان داد که در اکثر موارد این لجنها خام و تثبیت نشده اند. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان در تثبیت لجنهای تولیدی و بررسی روند تثبیت لجن این تصفیه خانه در شرایط هضم هوازی در مقیاس آزمایشگاهی می باشد.

### روش کار:

این مطالعه به مدت ۷ ماه از مرداد تا اسفند ماه

۱۳۸۰ در چهار مرحله در آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده بهداشت همدان انجام شد. روش کار در این تحقیق به سه بخش مجزا تقسیم گردید:

- بررسی وضعیت تثبیت لجنهای تولیدی در تصفیه خانه جهت بررسی کیفیت لجن تولیدی در این تصفیه خانه تعداد چهار نمونه (در مراحل مختلف) از قسمت ورودی لجن برگشتی به حوض هوادهی تهیه شد. نمونه برداری بصورت لحظه ای در شرایط کار عادی تصفیه خانه انجام و نمونه ها در اسرع وقت به آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده بهداشت منتقل شد. به منظور تعیین کیفیت نمونه های لجن، برخی از معیارهای سنجش درجه تثبیت و قابلیت استفاده مجدد لجن نظیر TS (جامدات کل)، VS (جامدات فرار)، SOUR (سرعت ویژه جذب اکسیژن)، رنگ، تعداد کلیفرمهای کل (TC) و مدفوعی (FC) و تخم انگلهای بارور به همراه فاکتورهای pH و دما مورد آزمایش قرار گرفت. کلیه آزمایشهای فوق بر اساس دستور العملهای کتاب روشهای استاندارد برای آزمایشهای آب و فاضلاب انجام شد(۷) و تنها شمارش تخم انگلهای بارور با روش پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) انجام گرفت(۸). جهت ارزیابی عملکرد تصفیه خانه و بررسی تعیین درجه تثبیت و قابلیت استفاده مجدد لجن، نتایج این آزمایشها با معیارهای موجود در این زمینه مقایسه شد.

- بررسی روند تثبیت لجن در هاضم هوازی در مقیاس آزمایشگاهی: جهت بررسی روند تثبیت لجن در هاضم هوازی یک مخزن شیشه ای به حجم ۳۰ لیتر ساخته شد. عملیات هوادهی در این مخزن به طور دائمی توسط یک شبکه هوا پخش متصل به یک کمپرسور انجام گرفت. این بخش نیز در چهار مرحله جداگانه انجام شد و ترتیب کار به گونه ای بود که ابتدا حدود ۳۰ لیتر از لجن دفعی تصفیه خانه برداشته و برای تخلیه به هاضم به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس عملیات هوادهی و اختلاط لجن در داخل بیوراکتور شروع شد و این کار بدون وقفه حدود سه هفته ادامه یافت. جهت پایش و کنترل فرآیند، شاخصهای pH, SOUR, VS, TS و دما در طول دوره کاری بیوراکتور بصورت متوالی مورد آزمایش قرار گرفت و با معیارهای سنجش درجه تثبیت

میانگین نسبت (VS/TS) در لجنهای دفعی تصفیه خانه ۰/۷۵۴۲ بوده که این مقدار اختلاف معنی داری با مقدار مجاز در لجنهای تثبیت شده (حداکثر ۰/۶) دارد (P<۰/۰۰۳). میانگین میزان SOUR در لجنهای دفعی تصفیه خانه سرکان ۳/۳۹۵ mgo<sub>2</sub>/gr.vs.h می باشد که با مقدار مجاز در لجن های تثبیت شده (حداکثر ۲ mgo<sub>2</sub>/gr.vs.h) اختلاف معنی داری دارد (P<۰/۰۱۳). بررسی شاخص کیفی رنگ لجن نشان داد که لجنهای تولیدی این تصفیه خانه عمدتاً رنگ قهوه ای تیره تا کاملاً سیاه داشتند. میانگین دانسیته کلیفرم مدفوعی در گرم جامدات خشک لجنهای دفعی ۱۰<sup>۷</sup> × ۸/۹۷ بود که اختلاف معنی داری با مقدار (۲×۱۰<sup>۶</sup> MPN/gr.ds) مربوط به کلاس B مقرر شده توسط USEPA، دارد (P<۰/۰۰۸).

- نتایج آزمایشهای انجام شده از ۴ مرحله بارگذاری لجن در هاضم هوازای در نمودارهای ۱ تا ۳ ارائه شده است.

لجن مقایسه شد. به منظور ارزیابی وضعیت همبستگی روند تغییرات پارامترهای (VS/TS)، درصد کاهش جامدات فرار (VS) و مقدار (SOUR) نسبت به زمان، ضریب همبستگی پیرسون تعیین گردید.

- ارزیابی قابلیت استفاده مجدد از لجن هضم شده:

به منظور ارزیابی قابلیت استفاده مجدد از لجن هضم شده در هاضم هوازی شاخصهای میکروبی TC، FC و تخم انگل مورد پایش قرار گرفت و با استانداردهای زیست محیطی USEPA در این خصوص مقایسه شد (۸).

جهت مقایسه نتایج حاصل از شاخصهای کمی با مقادیر مجاز از نرم افزار Minitab و آزمون آماری t-test استفاده گردید، همچنین جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

### نتایج:

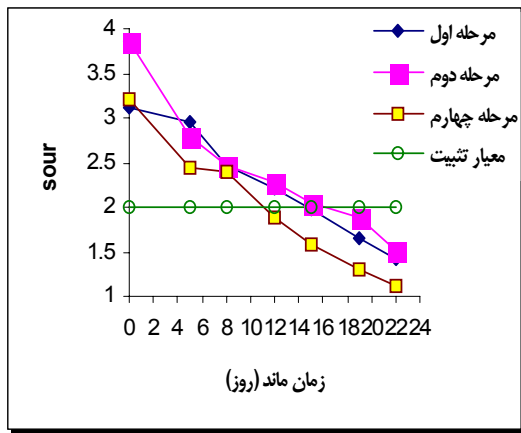
نتایج آزمایشهای لجن خام در چهار مرحله آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. این نتایج نشان می دهند که:

جدول ۱: نتایج آزمایشهای انجام شده بر روی لجن خام در ۴ مرحله

انحراف معیار	میانگین	تاریخ انجام آزمایش				واحد	پارامتر
		۸۰/۱۰/۲۴	۸۰/۹/۶	۸۰/۷/۳	۸۰/۵/۱۵		
۰/۴۶۴	۰/۹۹۳	۰/۴۹	۰/۸۰۲	۱/۵۸	۱/۰۹۹	%	TS
۰/۰۲۱	۰/۷۵۴	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۵۷	-	VS/TS
۰/۳۹۷	۳/۳۹۵	۳/۲۱۵	-	۳/۸۵	۳/۱۲	mgo <sub>2</sub> /gr.vs.h	SOUR
۸/۴۹	۱۶/۴	۷/۳	۱۱/۵	۲۱	۲۵/۸	°C	دما
۰/۳۴	۷/۵۷	۷/۱۵	۷/۸	۷/۸۸	۷/۴۳	-	pH
۳/۴۲×۱۰ <sup>۸</sup>	۵/۰۵×۱۰ <sup>۸</sup>	۶/۹۳×۱۰ <sup>۸</sup>	۱/۶×۱۰ <sup>۸</sup>	۸/۸۶×۱۰ <sup>۸</sup>	۲/۸×۱۰ <sup>۸</sup>	MPN/gr.ds	TC
۲/۴۳×۱۰ <sup>۸</sup>	۱/۹۳×۱۰ <sup>۸</sup>	۵/۵×۱۰ <sup>۸</sup>	۱/۱۷×۱۰ <sup>۷</sup>	۱/۲۷×۱۰ <sup>۸</sup>	۸/۲×۱۰ <sup>۷</sup>	MPN/gr.ds	FC
۷۲۸	۱۲۷۸	۷۱۳	۹۰۴	۱۱۶۱	۲۳۳۳	MPN/4gr.ds	*تعداد تخم انگل بارور
-	-	قهوه ای تیره	قهوه ای تیره	سیاه	سیاه	-	رنگ

\* تخم انگل شامل: آسکاریس، توکساکارا، تریکوسفال، اکسیور، هیمنولپیس نانا، تنیا، ترماتودها

نمودار ۱ نشان می دهد که نسبت VS/TS حداقل در روز هفتم و حداکثر در روز پانزدهم به مقدار مجاز رسیده است. میانگین نسبت VS/TS در روز پانزدهم هضم لجن ۰/۵۵۱۵ بوده که این مقدار اختلاف معنی داری با مقدار مجاز لجنهای تثبیت شده ندارد ( $P < 0/0295$ ).



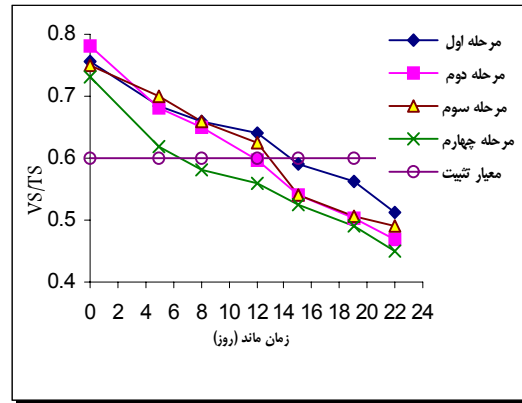
نمودار ۳: روند تغییرات Sour در مراحل اول، دوم و چهارم هضم

نتایج آزمایشهای میکروبی و انگلی در چهار مرحله بارگذاری، در جداول ۲ تا ۵ نیز نشان می دهد که میانگین کلیفرم مدفوعی در پایان روز بیست و دوم برابر با  $10^6 \times 1/08$  بود. این مقدار اختلاف معنی داری با مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A ( $1000 \text{ MPN/gr.ds}$ ) دارد ( $P < 0/0001$ ) اما اختلاف معنی داری با مقدار استاندارد کلاس B ( $2 \times 10^6 \text{ MPN/gr.ds}$ ) ندارد ( $P < 0/033$ ). میانگین میزان تخم انگل بارور در پایان دوره هضم در چهار مرحله برابر ۹۹۶ در ۴ گرم از کل جامدات بوده، که اختلاف معنی داری با مقدار استاندارد کلاس A (۱ MPN/4gr.ds) دارد ( $P < 0/0001$ ).

جدول ۲: پارامترهای اندازه گیری شده در مرحله اول هضم هوازی لجن در راکتور هوازی

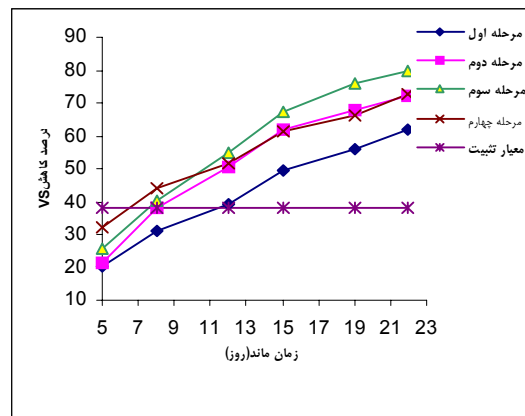
تاریخ آزمایش	TS %	pH	T °C	TC MPN/gr.ds	FC MPN/gr.ds	تخم انگل بارور MPN/4gr.ds
۸۰/۵/۱۵	۱/۰۹۹۶	۷/۴۳	۲۵/۸	$2/8 \times 10^8$	$8/2 \times 10^7$	۲۳۳۳
۸۰/۵/۲۰	۰/۹۶۷۲	۷/۲	۲۵/۴	$1/283 \times 10^8$	$4/86 \times 10^7$	—
۸۰/۵/۲۴	۰/۸۶۶۴۷	۶/۸	۲۵	$8/87 \times 10^7$	$3/395 \times 10^7$	—
۸۰/۵/۲۷	۰/۷۸۸۲۹	۶/۶	۲۵/۵	$3 \times 10^7$	$2/516 \times 10^7$	—
۸۰/۵/۳۱	۰/۷۰۹۶۲	۶/۸	۲۶/۱	$1/32 \times 10^7$	$1/19 \times 10^7$	—
۸۰/۶/۳	۰/۶۵۰۵	۶/۲	۲۵/۷	$4/21 \times 10^6$	$3/27 \times 10^6$	—
۸۰/۶/۷	۰/۶۱۹۴۵	۶/۲	۲۴/۵	$7 \times 10^5$	$1/02 \times 10^6$	۱۸۶۶
۸۰/۶/۱۱	۰/۵۵۵۸۹	۵/۸	۲۴	—	—	—

نمودار ۱: روند تغییرات نسبت VS/TS در چهار مرحله هضم



نمودار ۱: روند تغییرات نسبت VS/TS در چهار مرحله هضم

درصد کاهش جامدات فرار (VS) نسبت به زمان در نمودار ۲ نشان می دهد که جامدات فرار بین زمان ماند شش تا یازده روز به میزان ۳۸ درصد کاهش یافته اند. میانگین میزان کاهش جامدات فرار در روز پانزدهم ۴۷ درصد بوده که این مقدار اختلاف معنی داری با مقادیر مجاز (حدود مجاز در لجنهای تثبیت شده) ندارد ( $P < 0/03$ ).



نمودار ۲: تغییرات درصد کاهش جامدات فرار

تغییرات SOUR در نمودار ۳ نشان می دهد که این فاکتور حداقل در روز پانزدهم و حداکثر در روز هفتم به مقدار مجاز در لجنهای تثبیت شده رسیده است. میانگین SOUR در روز هفتم هضم لجن

بوده است. در همه موارد ضریب همبستگی مثبت و قدر مطلق آن  $r > 0.97$  و  $P < 0.0001$  بود. مقدار ضریب همبستگی میان مقادیر SOUR و زمان ماند نشان داد که ارتباط آنها بسیار قوی و معکوس بوده است. در تمام موارد ضریب همبستگی منفی و قدر مطلق آن  $r > 0.90$  و  $P < 0.003$  بود.

### بحث:

بررسی وضعیت تثبیت و قابلیت استفاده مجدد از لجن تصفیه خانه: برخی از محققین لجنهای حاصل از تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال با هوادهی گسترده را در صورت عملکرد بهینه سیستم تثبیت شده می دانند، در صورتی که عده ای دیگر، لجنهای این سیستم را لجنهای خام دانسته و تثبیت آنها را قبل از دفع اجتناب ناپذیر می دانند (۹). نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه های لجن دفعی این تصفیه خانه نشان داد که این لجنها هیچ یک از معیارهای تثبیت لجن نظیرنسبت SOUR, VS/TS و شاخص رنگ را ندارند (۱۰). براین اساس این لجنها خام و تثبیت نشده هستند. از جمله دلایل عدم تثبیت لجن در این تصفیه خانه شرایط نامطلوب راهبری می باشد که باعث مختل شدن روند تصفیه مطلوب فاضلاب و عدم تثبیت لجنهای تولید شده است.

نتایج آزمایشات میکروبی نمونه های لجن خروجی از تصفیه خانه حاکی از آن است که این لجنها هیچ یک از استانداردهای کلاسهای A و B، USEPA را تامین نکردند (۸، ۱۱). بدین ترتیب کیفیت میکروبی لجنهای دفعی از این تصفیه خانه پایین تر از استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا بوده، در نتیجه دفع یا استفاده مجدد از این لجنها به هر شکل در طبیعت مغایر با اصول حفاظت محیط زیست می باشد.

بررسی روند تثبیت لجن در بیوراکتور هوازی: بررسی نتایج ۴ مرحله بارگذاری هاضم هوازی مشخص نمود که میزان جامدات کل لجن در مراحل اول تا سوم بارگذاری بین ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر می باشد. این ارقام در حدود اعداد قابل قبول برای جامدات کل لجن در فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده قرار گرفته و مطالعه روند تثبیت لجن در این مراحل بیانگر وجود یک هماهنگی منطقی بین شاخصها، زمان و روند تثبیت می باشد. غلظت جامدات کل لجن در مرحله چهارم بارگذاری بر اساس اطلاعات بدست آمده

جدول ۳: پارامترهای اندازه گیری شده در مرحله دوم هضم هوازی لجن در راکتور هوازی

تاریخ آزمایش	TS %	pH	T °C	TC MPN/gr.ds	FC MPN/gr.ds	تخم انگل بارور MPN/4gr.ds
۸۰/۷/۳	۱/۵۷۹۲	۷/۸۸	۲۱	۸/۸۶×۱۰ <sup>۴</sup>	۱/۲۷×۱۰ <sup>۴</sup>	۱۱۶۱
۸۰/۷/۷	۱/۳۰۶۴	۷/۴۱	۲۲/۶	۴/۲۳×۱۰ <sup>۴</sup>	۶/۵۸×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۷/۱۰	۱/۱۷۲۱۵	۷/۲	۲۱/۸	۲/۹۷۸×۱۰ <sup>۴</sup>	۵/۳۱×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۷/۱۴	۱/۰۱۵۷۳	۷/۵۲	۲۰/۷	۱/۸۲۳×۱۰ <sup>۴</sup>	۳/۹۹۵×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۷/۱۸	۰/۸۶۲۵	۷/۰۲	۲۰/۵	۱/۳۶۲×۱۰ <sup>۴</sup>	۱/۶۹۹×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۷/۲۱	۰/۷۸۵۲	۶/۹۱	۲۰/۶	۴/۲۵×۱۰ <sup>۴</sup>	۴/۴۴×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۷/۲۵	۰/۶۸۹۵	۶/۸۳	۲۰/۸	۱/۸۳×۱۰ <sup>۴</sup>	۱/۲×۱۰ <sup>۴</sup>	۸۵۲

جدول ۴: پارامترهای اندازه گیری شده در مرحله سوم هضم هوازی لجن در راکتور هوازی

تاریخ آزمایش	TS %	pH	T °C	TC MPN/gr.ds	FC MPN/gr.ds	تخم انگل بارور MPN/4gr.ds
۸۰/۹/۶	۰/۸۰۲۰	۷/۸	۱۱/۵	۱/۶×۱۰ <sup>۴</sup>	۱/۱۷×۱۰ <sup>۴</sup>	۹۰۴
۸۰/۹/۱۰	۰/۶۳۷۶	۷/۶	۱۸/۵	۸/۲۳×۱۰ <sup>۴</sup>	۷/۰۲×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۹/۱۳	۰/۵۴۳۲	۷/۴۲	۲۱/۸	۶/۵۳×۱۰ <sup>۴</sup>	۶/۱۶×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۹/۱۷	۰/۴۳۴۶	۷/۲	۲۱/۴	۴/۵۸۲×۱۰ <sup>۴</sup>	۳/۱۴×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۹/۲۰	۰/۳۶۴۷	۷/۰۱	۱۹/۶	۱/۹۶×۱۰ <sup>۴</sup>	۲/۹×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۹/۲۴	۰/۲۸۶۲	۶/۹۸	۲۱	۷/۸۴×۱۰ <sup>۴</sup>	۱/۹×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۹/۲۷	۰/۲۴۹۵	۶/۸	۲۳	۵/۹۲×۱۰ <sup>۴</sup>	۵/۰۱×۱۰ <sup>۴</sup>	۷۶۵

جدول ۵: پارامترهای اندازه گیری شده در مرحله چهارم هضم هوازی لجن در راکتور هوازی

تاریخ آزمایش	TS %	pH	T °C	TC MPN/gr.ds	FC MPN/gr.ds	تخم انگل بارور MPN/4gr.ds
۸۰/۱۰/۲۴	۰/۴۹۰۰۸	۷/۱۵	۷/۳	۶/۹۳×۱۰ <sup>۴</sup>	۵/۵×۱۰ <sup>۴</sup>	۷۱۳
۸۰/۱۰/۲۶	۰/۴۰۲۰	۷/۵	۱۱/۳	۴/۶۹×۱۰ <sup>۴</sup>	۵/۵×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۱۰/۲۹	۰/۳۲۲۱	۷/۷	۱۸/۷	۳/۰۳۷×۱۰ <sup>۴</sup>	۲/۵۲×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۱۱/۲	۰/۳۴۶۷	۷/۲	۱۸/۵	۲/۲۰۴×۱۰ <sup>۴</sup>	۷/۹۴×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۱۱/۶	۰/۳۰۹۵	۷/۲۵	۱۸	۸/۸×۱۰ <sup>۴</sup>	۶/۳۱×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۱۱/۹	۰/۲۶۲۹	۷/۰۵	۱۸	۵/۴۷×۱۰ <sup>۴</sup>	۳/۴۹۵×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۱۱/۱۳	۰/۲۴۵۰	۶/۹۶	۱۸/۹	۳/۱۹×۱۰ <sup>۴</sup>	۱/۱۹×۱۰ <sup>۴</sup>	—
۸۰/۱۱/۱۶	۰/۲۱۶۳	۶/۷۳	۱۸/۷	۱/۰۴×۱۰ <sup>۴</sup>	۱/۵۸×۱۰ <sup>۴</sup>	۵۰۱

مقدار ضریب همبستگی میان مقادیر نسبت VS/TS و زمان ماند نشان داد که ارتباط میان آنها بسیار قوی و معکوس بوده است. در همه موارد ضریب همبستگی منفی و قدر مطلق آن  $r > 0.97$  و  $P < 0.0001$  بود. مقدار ضریب همبستگی میان مقادیر درصد کاهش VS و زمان ماند مشخص نمود که ارتباط آنها بسیار قوی و مستقیم

- مقایسه با مقررات کاهش جذب ناقل: مقررات کاهش جذب ناقل برای لجن هضم شده به طریقه هوازی در هنگامی که درصد جامدات فرار در طول تثبیت لجن بیش از ۳۸ درصد کاهش یابد و یا هنگامی که سرعت جذب اکسیژن ویژه (SOUR) در  $20^{\circ}\text{C}$  معادل و یا کمتر از  $2\text{ mgo}_2/\text{gr.vs.h}$  باشد، برآورده خواهد شد (۶).

این مطالعه مشخص کرد که هاضم هوازی در همه مراحل توانسته است مقررات جذب ناقل را در روز ۱۷ برآورده نماید.

نتیجه گیری کلی از این مطالعه گویای این واقعیت است که در حال حاضر لجنهای دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان به دلیل بهره برداری نامطلوب، خام و تثبیت نشده هستند. در صورتیکه عملیات هضم هوازی به خوبی در این سیستم انجام پذیرد، این لجنها در شرایط مناسب دما در زمان ماند حدود ۱۷ روز تثبیت شده و مقررات کاهش جذب ناقل را تامین می نمایند، اما برای رسیدن به کلاس B استاندارد USEPA، شرایط هضم هوازی حداقل بایستی به مدت ۲۲ روز برقرار باشد.

#### سپاسگزاری:

از همکاری صمیمانه آقای مهندس امیری عضو محترم هیأت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان در انجام آنالیزهای آماری کمال تشکر را داریم.

#### منابع:

1. Metcalf and Eddy Inc. Wastewater engineering; treatment, disposal, reuse. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1991.
۲. موحدیان عطار ح، مصداقی نیاع، بینا ب. ارزیابی کارایی و تعیین معیارهای عمده طراحی هاضم هوازی برای تثبیت لجن مخلوط فاضلاب. مجموعه مقالات سومین همایش کشوری بهداشت محیط. ج ۱. کرمان، ۱۳۷۹: ۱۷۱-۱۶۳.
۳. فرزادکیا م. ارائه الگوهای مناسب جهت تثبیت لجن فاضلاب شهر تهران. پایان نامه دکتری مهندسی بهداشت محیط. دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۷۷.
4. United State Environmental Protection Agency. Process design manual for sludge treatment and disposal. EPA 625/1-79-011. Vol 1. 1979 Sep.
۵. فرزادکیا م. بررسی وضعیت تثبیت و قابلیت استفاده

حدود ۴۹۰۰ میلی گرم در لیتر بود. این عدد بسیار کمتر از میزان جامدات کل لجن دفعی در فرآیند هوادهی گسترده بوده و بیانگر عدم تغلیظ لجن در حوض ته نشینی می باشد. بر این اساس سرعت و روند تثبیت هوازی این لجن در مقایسه با سایر نمونه ها متفاوت بوده و دخالت آن در امر نتیجه گیری خطا ایجاد می نماید.

نتایج حاصل نشان داد که پارامترهای اندازه گیری شده در طول فرآیند هضم در بیوراکتور در جهت تثبیت لجن پیشرفته اند. سرعت تثبیت در ابتدای عملیات بیشتر و با گذشت زمان کمتر شده است، به عبارت دیگر فرآیند هضم هوازی با گذشت زمان کاملتر شده ولی سرعت تثبیت با گذشت زمان و کاهش میزان مواد آلی موجود کاهش یافته است.

بر طبق اهداف این مطالعه به منظور بررسی روند تثبیت و قابلیت استفاده مجدد از لجنهای هضم شده شاخصهای میکروبی و معیارهای تثبیت لجن مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. چنانچه در ادامه این مطالعه، محققین محترم قصد ارزیابی تغییرات حجمی آب لجن به ازای واحد جرم ماده خشک و یا قابلیت ته نشینی لجن را نیز داشته باشند می توانند اندازه گیری شاخصهای SST و SSVI,SVI را هم مورد توجه قرار دهند.

ارزیابی قابلیت استفاده مجدد از لجن هضم شده: به منظور ارزیابی قابلیت استفاده مجدد از لجن هضم شده نتایج به دست آمده در طی هضم هوازی در بیوراکتور با مقررات کاهش پاتوژن و مقررات جذب ناقل USEPA مقایسه شده اند (۸):

- مقایسه با مقررات کاهش پاتوژن: سازمان حفاظت محیط زیست ایالت متحده در بخش ۵۰۳ از مقررات زیست محیطی خود، لجنهای دفعی از تصفیه خانه های فاضلاب را با توجه به شاخصهای میکروبی و انگلی به دو کلاس A و B تقسیم کرده و روشهای دفع یا استفاده مجدد از هریک را مشخص نموده است (۱۲، ۱۰، ۸). هاضم موردنظر در هیچیک از مراحل، شرایط میکروبی کلاس A را تأمین نکرد اما توانست در تمامی مراحل در پایان روز بیست و دوم مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B را برآورده نماید. بدین ترتیب لجنهای دفعی از این هاضم به عنوان کود در کشاورزی قابل مصرف نبوده و تنها می توانند برای اصلاح خاکهای نامرغوب و یا دفع در اراضی جنگلی بکار گرفته شوند.

9. Benefield LD, Randall CW. Biological process design for wastewater treatment . Englewood Cliffs : Prentice-Hall , 1980 .
  10. Bruce AM. Sewage sludge stabilization and disinfection. Chichester: Water Research Center/Ellis Horwood Limited, 1984.
  11. Lue-Hing C, Zenz DR, Tata P. Municipal sewage sludge management a reference text on processing, utilization and disposal. Lancaster: Technomic, 1998.
  - 12- United State Environmental Protection Agency. Environmental regulation and technology use and disposal of municipal wastewater sludge. Cincinnati: USEPA, 1984.
- مجدد لجن در چهار تصفیه خانه کوچک فاضلاب شهر تهران. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان ، سال نهم، شماره ۲، ۱۳۸۱ : ۵۵-۶۲ .
۶. مهردادى ن، شکوهی ر، علی قارداشی الف. بررسی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان . مجله آب و فاضلاب شماره ۳۴ ، ۱۳۷۹ : ۴۷-۴۳ .
7. American Public Health Association, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Washington DC: APHA NW, 1995.
  8. United State Environmental Protection Agency. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. Cincinnati: USEPA , 1999.