



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

بررسی کیفیت میکروبی لجن دفعی از تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری

بهاره قریشی^۱، محمد شاکر خطیبی^۲، حسن اصلانی^۳، افسانه دولتخواه^۴، علی عبدلی سیلابی^۵، محمد مسافری^{۶*}

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
- ۲- دکتری محیط زیست، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
- ۳- دکتری مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- دانشجوی دکتری انگل شناسی دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۵- معاون محیط زیست انسانی محیط زیست استان آذربایجان شرقی
- ۶- (نویسنده مسئول): دکتری بهداشت محیط، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

چکیده

زمینه و هدف: ارزیابی کیفی لجن‌های تولید شده در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب قبل از کاربرد آنها برای مصارف مختلف از جمله بعنوان تقویت کننده خاک امری ضروری است. این مطالعه به منظور پوشش دادن کاستی‌های موجود در خصوص کیفیت لجن تولیدی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان آذربایجان شرقی و با هدف مطالعه کل کلی‌فرم‌ها، کلی‌فرم‌های مقاوم به حرارت و سالمونلا در این تصفیه‌خانه‌ها انجام گردید.

روش بررسی: این مطالعه بر روی لجن‌های دفعی از ۹ تصفیه‌خانه فاضلاب در استان آذربایجان شرقی انجام شد و پارامترهای کل کلی‌فرم‌ها، کلی‌فرم‌های مقاوم به حرارت و سالمونلا مورد بررسی قرار گرفت. برای شمارش باکتری‌های کلی‌فرم کل و مقاوم به حرارت از روش شماره ۱۶۸۰ EPA و برای شمارش سالمونلا از روش ۱۶۸۲ EPA استفاده گردید.

یافته‌ها: از نظر کلی‌فرم کل نمونه لجن شهرستان جلفا با میزان 1.0×10^6 MPN/g دارای بیشترین و شهرستان سراب با 2.0×10^3 MPN/g دارای کمترین میزان آلودگی بوده‌اند. بررسی شاخص کلی‌فرم گرمایی نیز نشان داد که شهرستان جلفا با تعداد 1.0×10^6 MPN/g بیشترین و شهرستان اهر که هیچ کلی‌فرم گرمایی در نمونه‌های آن مشاهده نگردید، دارای کمترین میزان آلودگی بوده است. از نظر باکتری سالمونلا، در لجن تولیدی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اهر و بستان آباد هیچگونه آلودگی مشاهده نگردید، در حالی‌که لجن تصفیه‌خانه فاضلاب تبریز با تعداد ۸۳ عدد در هر گرم دارای بالاترین میزان آلودگی به باکتری سالمونلا بود.

نتیجه‌گیری: از نظر کیفیت میکروبی نیز همه تصفیه‌خانه‌های استان استاندارد کلاس B توصیه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA) را تامین می‌کنند، اما هیچ یک از تصفیه‌خانه‌های قابلیت تولید لجن با استاندارد کلاس A را نداشته‌اند. بنابراین در کاربرد لجن‌های تولید شده تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان برای اصلاح خاک باید ملاحظات خاصی مد نظر قرار گیرد.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۱۷
تاریخ ویرایش: ۹۴/۱۰/۲۷
تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۰۵
تاریخ انتشار: ۹۵/۰۳/۱۷

واژگان کلیدی: تصفیه فاضلاب، لجن فاضلاب، کلی‌فرم، کلی‌فرم مقاوم به حرارت، سالمونلا

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

mosaferim@gmail.com

مقدمه

آب یکی از ضروری ترین منابع طبیعی زمین است که بدون آن زندگی کردن امکان پذیر نخواهد بود. در تصفیه خانه های فاضلاب با استفاده از یک سری فرایندها، غلظت مواد آلی تجزیه پذیر کاهش داده می شود. به مواد جامد باقیمانده و غیرمحللول که پس از فرایندهای تصفیه تولید می شود، جامدات بیولوژیکی یا لجن اطلاق می شود (۱). با اجباری شدن مدیریت فاضلاب های تولیدی در کشورهای توسعه یافته، تصفیه خانه های فاضلاب همه ساله در سرتاسر جهان میلیون ها تن لجن تولید می کنند (۵-۲). روش های دفع لجن شامل کاربرد در زمین، دفن بهداشتی، سوزاندن و دفع در لاگون ها هستند (۶). لجن های فاضلاب حاوی مواد آلی، مواد مغذی، و میکرو و ماکروفون ها هستند. اصلاح خاک با لجن فاضلاب سبب بهبود ویژگی های خاک نظیر مواد آلی، ماده مغذی، تخلخل، قدرت نگهداشت آب و دانسیته آن خواهد شد و از نظر اقتصادی بسیار مقرون به صرفه است (۷، ۸).

با این حال کاربرد لجن (در صورتی که بخوبی تثبیت نشده باشد) برای اصلاح کیفیت خاک زمین های کشاورزی ممکن است منجر به آلودگی خاک به فلزات سنگین، هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای و عوامل میکروبی شود که این موضوع در سال های اخیر سبب نگرانی های زیادی شده است (۹). بنابراین ارزیابی کیفی لجن های تولید شده در تصفیه خانه های فاضلاب قبل از کاربرد آنها برای اصلاح و تقویت زمین های کشاورزی ضروری است (۱۰-۱۳). براساس گزارش Destatis در سال ۲۰۱۳ در کشور آلمان، ۵۵٪ لجن های تولیدی سوزانده شده، ۴۲٪ برای مصارف کشاورزی و محوطه سازی به کار رفته، ۳٪ ذخیره شده و بنابراین هیچ مقدار لجنی وارد محل دفن نمی شود (۱۴). تاکنون استاندارد و مقررات خاصی از طرف سازمان حفاظت محیط زیست کشور برای دفع و استفاده مجدد از لجن های خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب کشور ارائه نشده است (۱۵)، از این رو جهت بررسی قابلیت دفع و استفاده مجدد این لجن ها لازم است استانداردهای معتبر سایر کشورها [نظیر

استانداردهای ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA)] مورد توجه قرار گیرد. بر اساس رهنمود USEPA، لجن های فاضلاب براساس شاخص های میکروبی نظیر تعداد کلی فرم مقاوم به حرارت، تعداد سالمونلا، ویروس ها و تخم انگل ها به دو کلاس A و B تقسیم شده و کاربرد هر یک از این لجن ها برای مصارف خاصی مجاز دانسته شده است. در مقررات کاهش پاتوژن برای لجن کلاس A تعداد کلی فرم مقاوم به حرارت کمتر از ۱۰۰۰ MPN/g.ds، سالمونلا کمتر از ۳ MPN/g.ds و ویروس های روده ای ۱ PFU/g.ds و تعداد تخم انگل کمتر از ۱ OVA/g.ds تعیین شده است (۱۶، ۱۷). لجن فاضلاب در این کلاس هیچ محدودیتی جهت استفاده مجدد و یا محل دفع ندارد. در مقررات کاهش پاتوژن برای کلاس B تنها به شاخص کلی فرم مقاوم به حرارت اشاره شده است که تعداد آن باید کمتر از ۱۰^۶ MPN/g.ds باشد، این لجن ها تنها برای احیاء اراضی نامرغوب و یا کاربرد در جنگل ها مناسب هستند (۱۲، ۱۶، ۱۸، ۱۹). کلی فرم های گرم پای قادرند تخمیر لاکتوز را در دمای ۴۴/۵ °C انجام دهند. این باکتری یکی از شاخص های ارائه شده توسط سازمان های مختلف برای طبقه بندی لجن های تولیدی است (۲۰).

سالمونلاها گروه بزرگی از باسیل های گرم منفی دارای ویژگی های عمومی خانواده انتروباکتریاسه هستند که در همه محیط ها وجود داشته و به عنوان پاتوژن های روده ای عامل طیف وسیعی از بیماری ها نظیر تب روده ای، گاستروانتریت، باکتری می و سیتی سمی در انسان و حیوانات شناخته شده اند. این باکتری اغلب از طریق تماس مستقیم و یا مصرف غذا و آب آلوده به مدفوع انسان یا حیوان و همچنین توسط ناقلین بدون علامت منتقل می شود (۲۱، ۲۲). در سوئد Danielsson نشان داد که سالمونلا هم در لجن خام و هم در لجن هضم شده (۶۵٪ لجن های هضم شده) وجود داشته است (۱۴). مطالعه حاضر به منظور افزایش آگاهی در خصوص میزان عوامل بیماری زای موجود در لجن تصفیه خانه های فاضلاب در استان آذربایجان شرقی انجام گردید تا از این طریق بتوان احتمال خطرات بهداشتی

کشت میکروبی

برای شمارش باکتری‌های کلی‌فرم مقاوم به حرارت از روش EPA ۱۶۸۰ استفاده گردید. بطور خلاصه در مرحله احتمالی با استفاده از ۴ سری لوله ۵ تایی حاوی محیط لوریل تریبتوز براث نمونه‌ها کشت داده شده و به مدت ۲۴ h در انکوباتور 35°C انکوبه شدند. برای شمارش باکتری‌های کلی‌فرم کل پس از انتخاب سری‌های پر اهمیت (۳ سری از ۴ سری)، لوله‌های مثبت این مرحله بر روی محیط بریلیانت گرین لاکتوز بایل براث انتقال داده شده و به مدت ۲۴ h در دمای 35°C قرار داده شد. برای تشخیص و شمارش باکتری‌های کلی‌فرم مقاوم به حرارت، لوله‌های مثبت شده در مرحله احتمالی بر روی محیط EC انتقال داده شده و پس از انکوباسیون در حمام آب 45°C به مدت ۲۴ h نتایج با استفاده از جدول MPN مورد بررسی قرار گرفت.

شمارش باکتری‌های سالمونلا برای اولین بار به روش EPA ۱۶۸۲ انجام گردید (۲۴) که در هیچ یک از تحقیقات قبلی داخل کشور به دلیل پیچیدگی و هزینه زیاد استفاده نشده بود. بطور خلاصه بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها، مقادیر مشخص به داخل محیط کشت TSB تلقیح شده و به مدت ۲۴ h در دمای 36°C انکوبه شدند. سپس نمونه‌های مثبت این مرحله به داخل محیط کشت MSRV اضافه شده و به مدت ۲۴ h در دمای 42°C انکوبه گردید. کلونی‌های شناسایی شده مرحله احتمالی روی محیط XLD آگار ایزوله می‌شوند، حضور کلنی‌های صورتی با مرکز سیاه بعنوان علامت رشد مثبت برای سالمونلا در نظر گرفته می‌شود. پس از این مرحله آزمایشات بیوشیمیایی (مرحله تاییدی) با استفاده از محیط‌های کشت TSI, LIA, TSI، اوره براث و آنتی سرم O انجام گرفت. جامدات کل (درصد وزن خشک) تعیین شدند و سالمونلا بر حسب MPN/4g dry weight گزارش شد.

یافته‌ها

اطلاعات کلی در مورد فرایند تصفیه فاضلاب و روش تصفیه لجن و مساحت هر یک از تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۱ آورده شده است.

ناشی از کاربرد لجن برای مصارف کشاورزی را ارزیابی نمود. برای این منظور کیفیت لجن‌های تولید شده تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان از نظر کلی‌فرم مقاوم به حرارت و سالمونلا مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی بوده و جامعه مورد بررسی آن شامل لجن تولیدی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرهای تبریز، مرند، جلفا، عجب شیر، اهر، میانه، مراغه، بستان آباد و سراب بود. نمونه‌برداری در یک بازه زمانی ۳ ماهه از دی تا اسفندماه سال ۱۳۹۳ صورت گرفت. با توجه به تعداد بسترهای لجن خشک کن در هر یک از تصفیه‌خانه‌ها، در مجموع تعداد ۲۰ نمونه از تصفیه‌خانه‌های مذکور جمع آوری شده و مورد بررسی قرار گرفت.

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری به صورت مرکب از لجن نهایی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بر اساس روش استاندارد انجام گرفت. به منظور نمونه‌برداری از ظروف شیشه‌ای استریل شده، استفاده گردید. نمونه‌ها از قسمت‌های مختلف بستر لجن برداشته شده و پس از اختلاط به داخل ظروف مخصوص انتقال داده شدند. پس از جمع آوری، نمونه‌ها با استفاده از یخدان (Cold Box) و در دمای کمتر از 4°C در کوتاه‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل شده و آنالیزهای میکروبی بلافاصله بعد از ورود به آزمایشگاه انجام گرفت (۱۸).

آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه از الک با مش شماره ۷ و ۲۰ عبور داده شده و مقدار ۳۰ g نمونه با ۲۷۰ mL سرم فیزیولوژی (۹ g نمک در ۱ L آب مقطر) به صورت سوسپانسیون هموزن درآمد. هر میلی لیتر از این نمونه نشان دهنده ۰/۱ (رقت ۰/۱) نمونه جامد است. برای شمارش باکتری‌های کلی‌فرم کل و مقاوم به حرارت از روش EPA ۱۶۸۰ استفاده شد (۲۳).

جدول ۱- فرایند تصفیه فاضلاب و لجن در تصفیه خانه‌های فاضلاب

| تصفیه‌خانه فاضلاب | فرایند تصفیه | روش تصفیه لجن | مساحت (ha) |
|-------------------|--|---|------------|
| تبریز | لجن فعال با هوادهی دیفیوزری | تغلیظ لجن + هضم بیهوازی + بستر | ۳۰ |
| مرند | لجن فعال با هوادهی ممتد | تغلیظ لجن + بستر | ۱۴ |
| جلفا | لجن فعال با هوادهی گسترده و نهر اکسیداسیون | تغلیظ لجن + بستر | ۱۰ |
| عجب شیر | لجن فعال با هوادهی ممتد | تغلیظ لجن + بلت فیلتر پرس ^۱ + بستر | ۵/۴ |
| اهر | لجن فعال با هوادهی ممتد | تغلیظ لجن + بلت فیلتر پرس ^۱ + بستر | ۲۰ |
| میانه | لجن فعال با هوادهی ممتد | تغلیظ لجن + بلت فیلتر پرس ^۱ + بستر | ۵ |
| مراغه- مدول ۱ | لجن فعال متعارف | تغلیظ + هاضم هوازی ^۲ + بستر | ۱۷/۵ |
| مراغه- مدول ۲ | SBR پیشرفته | بلت فیلتر پرس ^۱ | ۱۷/۵ |
| بستان آباد | SBR پیشرفته | تغلیظ لجن + بلت فیلتر پرس + بستر ^۳ | ۸/۵ |
| سراب | لجن فعال با هوادهی ممتد | تغلیظ لجن + بلت فیلتر پرس ^۱ + بستر | ۱۰ |

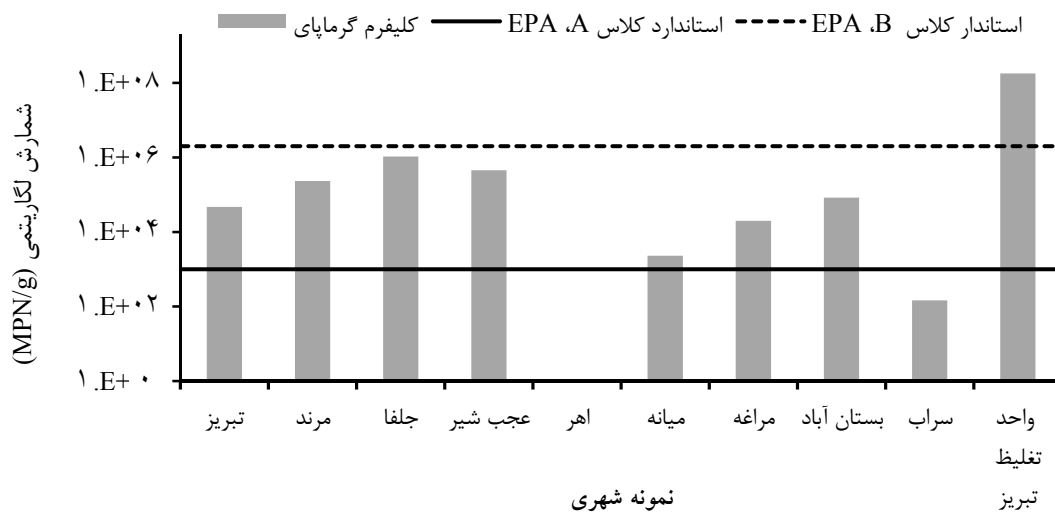
۱- واحد بلت فیلتر در زمان نمونه‌برداری خارج از مدار بوده و لجن مازاد مستقیماً به بسترهای خشک کن لجن پمپ شد.
 ۲- واحد هاضم در زمان نمونه‌برداری خارج از مدار بوده و لجن مازاد مستقیماً به بسترهای لجن خشک کن پمپ شد.
 ۳- در زمان نمونه برداری واحدهای مربوط به فرآوری لجن این تصفیه خانه تکمیل نبود و لجن مازاد تولیدی (بصورت خام) بعد از جمع‌آوری در محل موقت، در خود سایت تصفیه خانه دفن می‌شد.

جدول شماره ۲ نتایج حاصل از بررسی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ملاحظه می‌شود که دامنه تغییرات pH، درصد جامدات کل، جامدات فرار، رطوبت و کلی‌فرم کل نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمایشات فیزیکی و کلی‌فرم کل در تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری

| تصفیه خانه | pH | درصد جامدات کل | درصد جامدات فرار | درصد رطوبت | کلی فرم کل MPN/g |
|------------|------|----------------|------------------|------------|----------------------|
| تبریز | ۷/۷۲ | ۶۹/۲۸ | ۳۸/۲۳ | ۱۰/۳ | ۲/۱۷×۱۰ ^۵ |
| مرند | ۷/۲۶ | ۶۷/۷۹ | ۴۵/۷۴ | ۱۰/۴ | ۱/۳۴×۱۰ ^۶ |
| جلفا | ۷/۳۹ | ۵۳/۸۷ | ۵۳/۱۱ | ۱۵/۲۵ | ۱/۸۲×۱۰ ^۶ |
| عجب شیر | ۷/۰۹ | ۷۱/۰۷ | ۴۸/۷۳ | ۸/۸ | ۴/۵۳×۱۰ ^۵ |
| اهر | ۸/۳۶ | ۶۶/۵۹ | ۴۳/۹۲ | ۱۰/۴ | ۲/۲۵×۱۰ ^۳ |
| میانه | ۷/۵۸ | ۴۶/۶۱ | ۵۱/۹۵ | ۱۸/۲ | ۳/۹۳×۱۰ ^۳ |
| مراغه | ۷/۲۸ | ۷۳/۳۳ | ۴۶/۱۱ | ۸/۴ | ۳/۰۲×۱۰ ^۴ |
| بستان آباد | ۷/۲۸ | ۱/۱ | ۵۰/۰۳ | ۴۷/۱ | ۱/۰۹×۱۰ ^۶ |
| سراب | ۷/۵۱ | ۷۵/۸۶ | ۴۲/۱۵ | ۷/۳ | ۲/۰۲×۱۰ ^۳ |

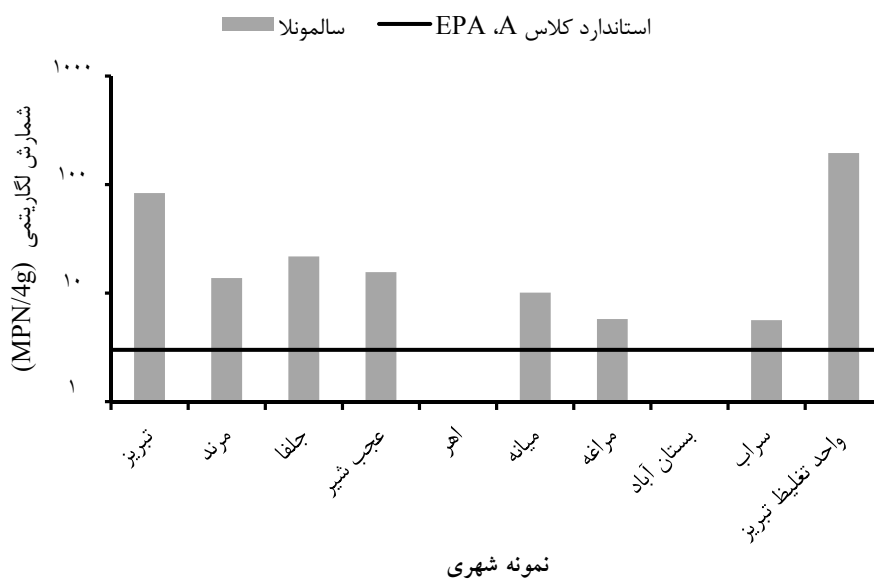
نمودار ۱ نتایج بدست آمده از شمارش باکتری کلی فرم مقاوم به حرارت در لجن تصفیه خانه های شهری مورد مطالعه و مقایسه آن با استاندارد ارائه شده برای لجن کلاس A و B را نشان می دهد.



نمودار ۱- شمارش باکتری های کلی فرم مقاوم به حرارت در لجن تصفیه خانه ها

و بستان آباد باکتری سالمونلا وجود نداشته ولی در بقیه موارد مقادیر موجود بالاتر از استاندارد کلاس A، EPA بوده است.

نتایج حاصل از شمارش باکتری های سالمونلا و مقایسه آن با استاندارد کلاس A در نمودار ۲ نشان داده شده است. توجه به این شکل واضح است که فقط در دو تصفیه خانه اهر



نمودار ۲- تعداد باکتری سالمونلا در لجن تصفیه خانه های مورد بررسی

بحث

با توجه به جدول شماره ۱ ملاحظه می‌شود که در همه تصفیه‌خانه‌های مورد بررسی بغیر از مدول دوم تصفیه‌خانه شهر مراغه و بستان‌آباد از فرایندهای مختلف لجن فعال برای تصفیه فاضلاب شهری استفاده می‌شود، در شهر مراغه و بستان‌آباد، فاضلاب شهری با استفاده از روش SBR پیشرفته تصفیه می‌شود. از نظر جمعیت تحت پوشش پس از شهر تبریز که در رتبه نخست قرار دارد، شهر مراغه با احتساب بهره‌برداری از مدول دوم با تحت پوشش قرار دادن ۹۵۰۰۰ نفر در رتبه دوم قرار گرفته است. نحوه تصفیه لجن در همه تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه تقریباً یکسان بوده است و لجن پس از خروج از واحد تغلیظ بر روی بسترها انتقال داده می‌شود. البته در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تبریز علاوه بر واحد تغلیظ و بستر لجن خشک کن از واحد هاضم بی‌هوازی برای تصفیه لجن استفاده می‌شود. در همه تصفیه‌خانه‌های مورد بررسی به جز تصفیه‌خانه شهر اهر و لجن تغلیظ شده تصفیه‌خانه شهر تبریز pH لجن در محدوده خنثی قرار دارد. نتایج بدست آمده از این بخش با یافته‌های گزارش شده همخوانی دارد (۸). pH لجن تولید شده در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اهر در محدوده قلیایی (۸/۳۶) قرار داشته است. از نظر مقدار جامدات کل نیز لجن شهر سراب با میزان بالاتر از ۷۵٪ بالاترین درصد جامدات را داشته است، در حالی که شهر میانه با حدود ۴۶٪ جامدات کمترین مقدار درصد جامدات را داشته است. در خصوص شهر بستان‌آباد ذکر این نکته ضروری است که در زمان نمونه‌برداری بدلیل عدم بهره‌برداری کامل از تصفیه‌خانه نمونه‌برداری از حوض SBR صورت گرفت و همین امر دلیل درصد جامدات کم اندازه‌گیری شده در لجن این شهر است (جدول ۲). میزان جامدات فرار که نشان از ماهیت آلی جامدات موجود در لجن دارد، در لجن تصفیه‌خانه شهر جلفا (۵۳/۱۱٪) بالاتر از سایر شهرها بوده است.

با بررسی باکتری‌های کلی فرم کل در نمونه لجن‌های برداشته شده از بسترها خشک کن تصفیه‌خانه فاضلاب شهرهای مختلف ملاحظه گردید که نمونه لجن شهر جلفا با میزان

$1/82 \times 10^6$ MPN/g دارای بیشترین و شهرستان سراب با $2/02 \times 10^3$ MPN/g دارای کمترین میزان آلودگی بوده‌اند. همچنین شهرستان‌های عجب شیر، مرند، بستان‌آباد، تبریز، مراغه، میانه و اهر به ترتیب پس از جلفا در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند (جدول شماره ۱). حضور باکتری‌های کلی فرم از این نظر قابل توجه است که در صورت استفاده از لجن‌های آلوده برای اصلاح خاک در زمین‌های کشاورزی این لجن‌ها بصورت بالقوه قادر به آلوده کردن خاک منطقه و در نتیجه محصولات کشاورزی خواهند بود. تعداد باکتری‌های کلی فرم در مطالعات مختلفی مورد بررسی قرار گرفته و مقادیر متفاوتی برای آنها گزارش گردیده است. در مطالعه Orenes و همکاران در سال ۲۰۰۷، که تاثیر آبیاری بر روی قابلیت زنده ماندن باکتری‌های کلی فرم مورد بررسی قرار دادند، تعداد باکتری‌های کلی فرم در لجن خام برابر 2×10^7 CFU/g گزارش گردید (۳). اصولاً فرایندهای تثبیت و تصفیه لجن بایستی تعداد باکتری‌ها و سایر عوامل بیماری‌زای آن را کاهش دهند، بگونه‌ای که کاربرد آن برای اصلاح و خاک و افزایش رشد محصولات کشاورزی از نظر بهداشتی خطری را متوجه مصرف‌کنندگان محصولات تولید شده با این روش ننماید. Lloret و همکاران در سال ۲۰۱۲ کارایی فرایند هضم هوازی اوتوترمال (ATAD) در غیرفعال سازی باکتری‌ها و اسپورها در لجن را مورد بررسی قرار دادند، یافته‌های آنان نشان داد که تعداد باکتری‌های کلی فرم کل از $1/8 \times 10^8$ CFU/g در لجن خام، در لجن تثبیت شده به اندازه‌ای کاهش یافته بود (حدود ۸ لگاریتم) که قابل شناسایی نبوده است (۲۵).

باکتری کلی فرم مقاوم به حرارت یکی از شاخص‌های ارائه شده توسط سازمان‌های مختلف برای طبقه بندی لجن‌های تولیدی است. برای لجن‌های کلاس A و کلاس B مقدار آن به ترتیب باید کمتر از 1000 و 2×10^6 عدد در هر گرم جامدات کل باشد. با توجه به جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود که شهرستان جلفا با تعداد $1/06 \times 10^6$ MPN/g بیشترین و شهرستان اهر که هیچ کلی فرم گرم‌پایی در نمونه‌های آن مشاهده نگردید، دارای کمترین میزان آلودگی بوده است. از نظر آلودگی به

بدون نظارت و مدیریت خاصی وارد محیط زیست شده و یا در برخی جاها به مصارف کشاورزی می‌رسد. در مطالعه حاضر برای اولین بار در کشور تعداد سالمونلا در لجن تصفیه خانه فاضلاب شهری به روش EPA ۱۶۸۲ تعیین گردید. این باکتری یکی از شاخص‌های اعلام شده از سوی EPA برای لجن کلاس A است. براساس استاندارد این سازمان در صورتی که تعداد باکتری سالمونلا در یک لجن کمتر از ۳ عدد در 4 g کل جامدات باشد، می‌توان آن را جزء لجن کلاس A طبقه‌بندی نمود. همان‌گونه که در نمودار ۲ نشان داده شده است در تصفیه خانه‌های فاضلاب اهر و تصفیه خانه بستان آباد هیچ تعداد باکتری سالمونلا مشاهده نگردید. با توجه به این شکل لجن تغلیظ شده شهر تبریز با ۱۹۵ عدد سالمونلا در هر گرم بیشترین میزان آلودگی را به خود اختصاص داده است. همچنین مشخص است که تعداد باکتری‌های سالمونلا در لجن نمونه‌برداری شده از بسترهای لجن خشک کن تصفیه خانه فاضلاب تبریز با تعداد ۸۳ عدد در هر گرم بیشتر از بقیه بوده، ولی در لجن تصفیه خانه فاضلاب شهر سراب باکتری‌های سالمونلا با تعداد ۶ عدد در هر گرم کمترین مقدار بوده است. در مقایسه با مقدار استاندارد ارائه شده برای باکتری‌های سالمونلا به غیر از دو تصفیه خانه اهر و بستان آباد سایر تصفیه خانه‌های بررسی شده قادر به تامین استاندارد کلاس A نبوده‌اند. نتایج به دست آمده در این بخش با یافته‌های Jafarzadeh و همکاران همخوانی دارد (۲۷). در مطالعه Wong و همکاران در سال ۲۰۰۸ در میشیگان ایالات متحده آمریکا مقادیر سالمونلا نیز در لجن خروجی هاضم‌های بی‌هوازی مزوفیلیک اندازه‌گیری شد و نتیجه زیر $1\text{ MPN}/4\text{g}$ گزارش شد (۲۶). در مطالعه‌ای که توسط Fukushi و همکاران در سال ۲۰۰۲ در ژاپن انجام شد، باکتری سالمونلا در هاضم بی‌هوازی فاز اسیدی لجن تصفیه خانه فاضلاب شهری بررسی شد و نتایج نشان داد که مقادیر سالمونلا در مخلوط لجن و اسید آلی خروجی از هاضم بی‌هوازی کاهش یافته است (۲۸). علاوه بر این مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که کاربرد لجن برای اصلاح خاک سبب تغییر کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک می‌شود، که این

کلی فرم گرم‌پای شهرستان‌های عجب شیر، مرند، بستان آباد، تبریز، مراغه و میانه در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. شمارش باکتری‌های کلی فرم گرم‌پای و مقایسه آن با استانداردهای لجن کلاس A و B (شکل ۱)، نشان داد که لجن تولیدی همه تصفیه خانه‌های استان استاندارد کلاس B توصیه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA) را تامین نموده اما به جز تصفیه خانه شهرهای اهر و سراب هیچ یک قابلیت تولید لجن با استاندارد کلاس A را ندارند. همچنین واضح است که بار آلودگی لجن تغلیظ شده شهر تبریز بالاتر از مقادیر استاندارد کلاس B است. در بین تصفیه خانه‌های بررسی شده، لجن تولید شده در تصفیه خانه فاضلاب شهر اهر فاقد آلودگی به کلی فرم‌های گرم‌پای بوده و از این نظر، به همراه تصفیه خانه شهر سراب که تعداد باکتری‌های گرم‌پای آن $146\text{ MPN}/\text{g}$ بود، استاندارد کلاس A توصیه شده توسط EPA را تامین نموده است. با توجه به اینکه نحوه تصفیه فاضلاب و لجن در همه شهرهای بررسی شده مشابه هم است، نحوه راهبری فرایند تصفیه لجن می‌تواند بعنوان عامل تاثیر گذار در کاهش باکتری‌های در نظر گرفته شود. در مطالعه Lloret و همکاران در سال ۲۰۱۲ در اسپانیا میانگین تعداد باکتری‌های مقاوم به حرارت در لجن خام $10^6 \times 1/4\text{ CFU}/\text{g}$ گزارش گردید، که پس از تصفیه با فرایند ATAD به کمتر از ۱۵ عدد کاهش پیدا کرده بود (۲۵). در مطالعه دیگری که توسط Wong و همکاران در سال ۲۰۰۸ در میشیگان ایالات متحده آمریکا انجام شد، پاتوژن‌های شاخص کلی فرم گرم‌پای در لجن خروجی هاضم‌های بی‌هوازی مزوفیلیک و لجن‌های آبگیری شده در ۴ تصفیه خانه فاضلاب بررسی شد و نتایج نشان داد که میزان این باکتری‌های در نمونه لجن‌های حاصل از هاضم‌های بی‌هوازی برابر 10^4 MPN بود. این شاخص‌ها در نمونه لجن‌های آبگیری شده بالاتر از این مقدار بود (۲۶). در اغلب کشورهای پیشرفته دنیا برای بهبود وضعیت کیفی لجن‌های تولید شده از نظر میکروبی، از فرایندهای تصفیه اختصاصی استفاده می‌شود، در حالی که در کشور ما در اغلب موارد لجن‌های تولید شده

زیست آمریکا (USEPA) نشان داد که لجن تصفیه خانه‌های فاضلاب مورد مطالعه اغلب در کلاس B قرار داشته و قادر به تامین الزامات کلاس A نیستند. استفاده از این لجن‌ها برای اصلاح کیفیت خاک و افزایش حاصلخیزی آن در وضعیت فعلی باید با در نظر گرفتن ملاحظات خاصی صورت بگیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان "آنالیز کیفیت میکروبی، فلزات سنگین و نحوه مدیریت لجن در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری استان آذربایجان شرقی در سال ۱۳۹۳" است که با حمایت‌های مالی اداره کل محیط زیست استان آذربایجان شرقی در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تبریز به انجام رسیده است.

منابع

1. Singh R, Agrawal M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*. 2008;28(2):347-58.
2. Chen M, Li X-m, Yang Q, Zeng G-m, Zhang Y, Liao D-x, et al. Total concentrations and speciation of heavy metals in municipal sludge from Changsha, Zhuzhou and Xiangtan in middle-south region of China. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;160(2):324-29.
3. García-Orenes F, Roldán A, Guerrero C, Mataix-Solera J, Navarro-Pedreno J, Gomez I, et al. Effect of irrigation on the survival of total coliforms in three semiarid soils after amendment with sewage sludge. *Waste Management*. 2007;27(12):1815-19.
4. Kelessidis A, Stasinakis AS. Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Management*. 2012;32(6):1186-95.
5. Wong J, Li K, Fang M, Su D. Toxicity evaluation of sewage sludges in Hong Kong. *Environment International*. 2001;27(5):373-80.
6. Sanchez-Monedero M, Mondini C, De Nobili M, Leita L, Roig A. Land application of biosolids. Soil response to different stabilization degree

تغییر در خصوص وضعیت میکروبی افزایش تعداد باکتری‌های خاک است (۱). بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعه واضح است که در صورتی که هدف استفاده از لجن تصفیه‌خانه فاضلاب برای بهبود وضعیت خاک باشد، بایستی نسبت به ارتقای واحدهای تصفیه لجن در تمامی تصفیه‌خانه‌ها توجه شود، بگونه‌ای که کارایی آنها افزایش پیدا کرده و از ورود عوامل میکروبی به محیط جلوگیری شود.

نتیجه‌گیری

در حال حاضر لجن تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری در استان آذربایجان شرقی در عرصه‌های مختلف کشاورزی استان مصرف می‌گردد. آنالیزهای انجام شده در مورد تعداد باکتری‌های کلی‌فرم مقاوم به حرارت و سالمونلا و مقایسه آن‌ها با استانداردهای ارائه شده از سوی سازمان حفاظت محیط

of the treated organic matter. *Waste Management*. 2004;24(4):325-32.

7. Metcalf and Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment and Resources Recovery*. 5th ed. New York: McGraw-Hill; 2014.
8. Roig N, Sierra J, Martí E, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL. Long-term amendment of Spanish soils with sewage sludge: Effects on soil functioning. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2012;158:41-48.
9. Ciešlik BM, Namieśnik J, Konieczka P. Review of sewage sludge management: Standards, regulations and analytical methods. *Journal of Cleaner Production*. 2015;90:1-15.
10. Chipasa KB. Accumulation and fate of selected heavy metals in a biological wastewater treatment system. *Waste Management*. 2003;23(2):135-43.
11. Dai J, Xu M, Chen J, Yang X, Ke Z. PCDD/F, PAH and heavy metals in the sewage sludge from six wastewater treatment plants in Beijing, China. *Chemosphere*. 2007;66(2):353-61.
12. Metcalf and Eddy. *Wastewater Engineering, Treat-*

- ment and Reuse. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
13. Paulsrud B, Nedland KT. Strategy for land application of sewage sludge in Norway. *Water Science and Technology*. 1997;36(11):283-90.
 14. Krüger O, Adam C. Recovery potential of German sewage sludge ash. *Waste Management*. 2015; 45:400-406.
 15. Farzadkia M, Mirzaiee R, Gafarkhani M, Bageri F. Microbial quality assessment of disposal effluent and sludge from four decentralized wastewater. *Journal of Health in the Field*. 2014;1(3):24-30 (in Persian).
 16. USEPA. Land application of sewage sludge: A guide for land applicers on the requirements of the federal standards for the use or disposal of sewage sludge, 40 CFR Part 503. Washington DC: Office of Enforcement and Compliance Assurance, United States Environmental Protection Agency; 1994 Dec. Report No.: EPA/831-B-93-002b.
 17. EPA. Environmental guidelines: Use and disposal of biosolids products. Sydney: Waters & Catchments Policy Section, Environmental Policy Branch, Environment Protection Authority; 2000 Dec. Report No.: EPA 97/62.
 18. USEPA. Targeted national sewage sludge survey sampling and analysis technical report. Washington DC: Office of Water, United States Environmental Protection Agency; 2009 Jan. Report No.: EPA-822-R-08-014.
 19. WHO. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Policy and Regulatory Aspects. Geneva: World Health Organization; 2006.
 20. Estrada I, Aller A, Aller F, Gómez X, Morán A. The survival of *Escherichia coli*, faecal coliforms and enterobacteriaceae in general in soil treated with sludge from wastewater treatment plants. *Bioresource Technology*. 2004;93(2):191-98.
 21. Gantzer C, Gaspard P, Galvez L, Huyard A, Dumouthier N, Schwartzbrod J. Monitoring of bacterial and parasitological contamination during various treatment of sludge. *Water Research*. 2001;35(16):3763-70.
 22. Sahlström L, Aspan A, Bagge E, Danielsson-Tham M-L, Albiñ A. Bacterial pathogen incidences in sludge from Swedish sewage treatment plants. *Water Research*. 2004;38(8):1989-94.
 23. USEPA. Method 1680: Fecal coliforms in biosolids by multiple-tube fermentation procedures. Washington DC: Office of Water, United States Environmental Protection Agency; 2002 Oct. Report No.: EPA-821-R-02-026.
 24. USEPA. Method 1682: Salmonella in sewage sludge (biosolids) by modified semisolid rappaport-vassiliadis (MSRV) medium. Washington DC: Office of Water, United States Environmental Protection Agency; 2006 Jul. Report No.: EPA/821/R-06/014.
 25. Lloret E, Pastor L, Martínez-Medina A, Blaya J, Pascual JA. Evaluation of the removal of pathogens included in the proposal for a European Directive on spreading of sludge on land during autothermal thermophilic aerobic digestion (ATAD). *Chemical Engineering Journal*. 2012;198:171-79.
 26. Wong K, Onan BM, Xagorarakis I. Quantification of enteric viruses, pathogen indicators, and Salmonella bacteria in class B anaerobically digested biosolids by culture and molecular methods. *Applied and Environmental Microbiology*. 2010;76(19):6441-48.
 27. Jafarzadeh N, Takdastan A, Vahedi H. Survey of Salmonella in anaerobically digested sewage sludge of urban wastewater treatment plants. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2005;4(3):250-54 (in Persian).
 28. Fukushi K, Babel S, Burakrai S. Survival of Salmonella spp. in a simulated acid-phase anaerobic digester treating sewage sludge. *Bioresource Technology*. 2003;86(1):53-57.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



Evaluation of Microbial Quality in Biosolids Generated from Municipal Wastewater Treatment Plants

B Ghoreishi¹, M Shaker khatibi¹, H Aslani², A Dolatkah³, A Abdoli Seilabi⁴, M Mosaferi^{1*}

¹ Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

² Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

³ Department of pathobiology, School of Veterinary, Ferdowsi University of Mashhad .

⁴ Tabriz Environmental Protection Organization, Tabriz, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 8 November 2015

Revised: 17 January 2016

Accepted: 25 January 2016

Published: 6 June 2016

Key words: Wastewater treatment, Sewage Sludge, Total Coliforms, Fecal Coliforms, Salmonella

***Corresponding Author:**
mosaferim@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objectives: Qualitative evaluation of sewage sludge before any kind of application is essential. The present study was aimed to investigate Total coliform, Fecal coliform and Salmonella in sewage sludge produced at wastewater treatment plants in Azerbaijan Province, Iran.

Materials and Methods: Nine wastewater treatment plants were chosen in East Azerbaijan Province, and their sludge from drying bed was studied. Total coliforms, thermo-tolerant coliforms, and Salmonella *spp.*, were surveyed during winter time, 2015. Total and thermos-tolerant coliforms were enumerated by EPA method 1680 and salmonella was counted using EPA method 1682.

Results: In the case of total coliform, sludge sample from Jolfa with 1.82×10^6 MPN/g showed the highest contamination, while Sarab showed lowest fecal coliform count with 2.02×10^3 MPN/g. As in the case for fecal coliform, the bacteria count for thermo-tolerant coliforms was higher in Jolfa than other cities; on the other hand, Ahar with no fecal coliform count or less than 2.2 showed the minimum contamination rate to fecal coliforms. In case of Salmonella *spp.*, sludge samples from Ahar and Bostan Abad did not show any salmonella. While sludge sample from Tabriz wastewater treatment plant was determined as the most contaminant sludge with bacteria count equal to 84 per g. Moreover, sludge sample from Sarab wastewater treatment plant showed the least contamination rate, and bacteria count was 6 per g.

Conclusion: From the stand point of microbial quality, all sludge samples met class B standards set by USEPA, while none of them could provide class A standards. Thus, special precautions must be taken in case of soil amendments by the sludge produced from wastewater treatment plants.