

ارزیابی وضعیت انتشار بیوآئروسول‌ها در واحدهای مختلف یک تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی

مهدی جهانگیری^۱ - مسعود نقاب^{۲*} - رضا رستمی^۳ - ماندانا آقابگی^۴ - وحید خادمیان^۵ - فروغ زارع دریسی^۵

neghabm@sums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۲۰

چکیده

مقدمه: بیوآئروسول‌های منتشر شده از فرایندهای تصفیه پساب می‌توانند حاوی عوامل بیماری‌زای موجود در فاضلاب باشند و سلامت کارکنان شاغل در تصفیه خانه‌های فاضلاب را در معرض خطر قرار دهند. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی وضعیت انتشار بیوآئروسول‌ها در واحدهای مختلف یک تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی بود.

روش کار: این مطالعه به شکل مقطعی در بخش‌های مختلف یک تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی انجام شد. برای این منظور از محیط‌های کشت آگار خونی و دکسترو آگار و نمونه بردار تک مرحله‌ای آندرسون با دبی ۲۸/۳ لیتر در دقیقه استفاده شد. مدت زمان نمونه برداری به طور متوسط ۱۰ دقیقه بود. نمونه‌های جمع‌آوری شده بلافاصله در آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور قرار گرفته و سپس مورد شمارش قرار گرفتند.

یافته‌ها: بر اساس نتایج این مطالعه میانگین تراکم بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی در کل واحدهای تصفیه پساب به ترتیب $412/86 \pm 23/30$ CFU/m³ و $53/72 \pm 23/99$ CFU/m³ اندازه‌گیری شد. آلودگی میکروبی هوا در فاصله ۱ کیلومتری (نقطه مرجع) ۱۷ برابر کمتر از میانگین تراکم اندازه‌گیری شده در واحدهای تصفیه پساب بود.

نتیجه‌گیری: فرایندهای تصفیه پساب می‌توانند سبب آلودگی هوای اطراف تصفیه خانه به بیوآئروسول‌ها به ویژه باکتری‌ها شوند که ضروری است اقدامات لازم جهت کنترل انتشار آلودگی و حفاظت از سلامت کارکنان در برابر مخاطرات ناشی از استنشاق آنها به عمل آید.

کلمات کلیدی: بیوآئروسول، تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی، باکتری، قارچ

- ۱- استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شیراز
- ۲- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز
- ۳- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز
- ۴- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مدیریت HSE شرکت ملی صنایع پتروشیمی، تهران
- ۵- کارشناس مهندسی بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز

مقدمه

مهم‌ترین عناصر آلودگی بیولوژیکی هوا شامل ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشند که می‌توانند از منابعی همچون فاضلاب، مدفوع انسانی و حیوانی، خاک، محصولات گیاهی و حیوانی و گردوغبار ناشی شوند (Michalkiewicz, 2011a). برخی از انواع میکروارگانیسم‌های موجود در هوا بیماری‌زا بوده و می‌توانند خطرات بهداشتی متعددی همچون عوارض ریوی، گوارشی، شیوع بیماری‌های واگیر و ... را در پی داشته باشند (Choo-bineh, 2009). تصفیه خانه‌های فاضلاب اگرچه برای حفاظت از محیط زیست و جمع‌آوری فاضلاب ایجاد شده‌اند، ولی عوارضی همچون انتشار بو و میکروارگانیسم‌ها در محیط اطراف را نیز به همراه دارند (Vitezova, 2012). بررسی‌ها نشان داده است که بیوآئروسول‌های منتشر شده از فرایندهای تصفیه پساب ممکن است حاوی عوامل بیماری‌زای موجود در فاضلاب باشند (Karra, 2007) که در نتیجه سبب مواجهه کارکنان شاغل در تصفیه خانه‌های فاضلاب با عوامل مختلف بیولوژیکی و شیمیایی و بروز اثرات بهداشتی مرتبط با کار در آنها می‌شود. فاضلاب (Doris Haas, 2010; Lidwien Smit, 2005) فرآوری شده در تصفیه خانه فاضلاب می‌تواند به عنوان یک خطر بهداشت شغلی به شمار آمده (Douwes, 2003; Sanchez - Monedero, 2008) و سبب بروز بیماری‌های همچون گوارشی (Lidwien Smit, 2005)، سردرد، خستگی و حالت تهوع (Gregova, 2008)، عوارض ریوی (Douwes, 2003) و ... در افراد در معرض مواجهه شود.

میزان انتشار بیوآئروسول‌ها از فرایندهای مختلف تصفیه پساب به عواملی همچون موقعیت جغرافیایی، شرایط محیطی، نوع و ظرفیت تصفیه خانه فاضلاب

(Douwes J, 2003)، زمان بررسی، فصل، سرعت و جهت وزش باد، رطوبت، بارندگی و همچنین درجه اتوماسیون و عملیات فرایندی و تجهیزات مورد استفاده بستگی دارد (Uhrbrand, 2011).

تصفیه خانه‌های فاضلاب برحسب وسعت، نوع و تجهیزات مورد استفاده در آنها می‌توانند اثرات مختلفی بر محیط زیست داشته باشند. یکی از انواع آلودگی‌های ناشی از تصفیه خانه‌های فاضلاب بیوآئروسول‌ها هستند که حاوی انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (Fracchia, 2006).

بیوآئروسول‌ها در فرایند تصفیه پساب از شکستن حباب‌ها به وسیله سیستم‌های هوادهی ناشی می‌شوند که کار تامین اکسیژن برای فرایندهای تجزیه بیولوژیکی را به عهده دارند. بیوآئروسول‌ها ممکن است حاوی عوامل مختلفی همچون باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و ... باشند (Gerardi, 2004) و سبب عوارض بهداشتی بالقوه در کارگران شاغل در تصفیه خانه شوند. که در این میان عوامل باکتریایی آلرژی‌زا و آندوتوکسین‌ها از اهمیت بیشتری برخوردارند (Rylander, 1999). بیشترین انتشار بیوآئروسول‌ها از واحدهای پیش تصفیه، کلاریفایرهای مقدماتی و نیز مکان‌هایی رخ می‌دهد که از تجهیزات مکانیکی برای هوادهی آب استفاده می‌شود (Pascual *et al.*, 2003).

با وجود اینکه مخاطرات بهداشتی مواجهه با بیوآئروسول‌ها مشخص شده، ولی به دلیل عدم تعیین ارتباط بین دوز-پاسخ در مورد اغلب آنها، هنوز حدود آستانه مجازی برای شان تدوین نشده است (Choobineh, 2009). با این حال مقادیری به عنوان راهنما از سوی برخی موسسات به عنوان حدود پیشنهادی ارائه گردیده است. به عنوان مثال در کشورهای اسکاندیناوی و همچنین

(Jahangiri, 2013) در یک تصفیه خانه فاضلاب صنعتی بود که در آن میانگین تراکم بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی در کل واحدهای تصفیه خانه به ترتیب $731/70 \pm 58/23$ و $28/43 \pm 10/51$ CFU/m³ اندازه گیری شد.

با توجه به موارد فوق و نظر به اینکه مطالعات بسیار محدودی در این زمینه در داخل کشور انجام شده است، این مطالعه با هدف بررسی وضعیت انتشار بیوآئروسول‌ها از واحدهای مختلف یک واحد تصفیه پساب بهداشتی در شهرستان ماهشهر انجام گردید.

روش کار

در این مطالعه مقطعی میزان تراکم بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی در واحدهای مختلف یک تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی شامل ایستگاه پمپاژ اولیه، آشغالگیر، حوضچه متعادل سازی، حوضچه های هوادهی بیولوژیک، کلاریفایر، تغلیظ لجن، کلرزنی، بسترهای لجن خشک کن، همچنین ساختمان اداری و محوطه ی آزاد مجتمع از نظر آلودگی میکروبی مورد بررسی قرار گرفت. از سویی تراکم بیوآئروسول‌ها در یک منطقه مرجع (در فاصله یک کیلومتری و در خلاف جهت وزش باد که شکایتی در مورد آلودگی وجود نداشت) اندازه گیری شد تا تراکم بیوآئروسول‌ها در واحدهای تصفیه پساب با آن مقایسه گردد.

برای نمونه برداری از پمپ نمونه بردار اندرسون تک مرحله ای (ساخت کشور انگلستان) با دبی $28/3$ لیتر بر دقیقه استفاده شد. محیط کشت آگار خونی (برای باکتری ها) و محیط کشت سابروودکستروز آگار (برای قارچ ها) در

کنفرانس دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) برای باکتری های کل مقدار 10000 و برای باکتری های گرم منفی 1000 CFU/m³ در هشت ساعت به عنوان مقادیر راهنما برای مواجهه توصیه شده است (Lavoie, 2002). وزارت بهداشت و تامین اجتماعی فنلاند نیز مقدار 4500 CFU/m³ را به عنوان حد مجاز برای باکتری ها و مقادیر 500 CFU/m³ و 2500 CFU/m³ را برای کل میکروارگانسیم‌ها به ترتیب در زمستان و تابستان در اماکن مسکونی، مدارس و اداره‌ها ارایه نموده است (HSE, 2003). موسسه تحقیقات ایمنی و بهداشت روبرت (IRSST) برای باکتری‌ها مقدار 10000 CFU/m³ و برای قارچ‌ها تراکم کمتر از نقطه مرجع را تعیین نموده است (Goyer, 2001). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) برای آلودگی باکتریایی مقدار 1000 CFU/m³ و برای آلودگی قارچی مقدار 500 CFU/m³ را پیشنهاد نموده است (Buyer, 2009).

مطالعات مختلفی در مورد بررسی انتشار بیوآئروسول‌ها از فرایندهای مختلف تصفیه پساب انجام شده است که از جمله آنها می توان به مطالعه ی Vitzova و همکاران در سال ۲۰۱۲ اشاره نمود که در آن تراکم باکتری‌ها از 20 CFU/m³ تا 18500 CFU/m³ و تراکم قارچ‌ها در هوا از 25 CFU/m³ تا 32000 CFU/m³ اندازه‌گیری شد و بیشترین آلودگی هوا در اطراف حوضچه ی تغلیظ، محوطه‌ی آبیگری لجن و اطراف ساختمان تصفیه‌ی مکانیکی مشاهده گردید (Vitezova, 2012). تنها مطالعه انجام شده در زمینه بررسی میزان تراکم بیوآئروسول‌ها در تصفیه خانه های فاضلاب، مربوط به مطالعه جهانگیری و همکاران

در آزمایشگاه نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۵-۳۷ درجه انکوبه شده و سپس کلنی های رشد یافته بر روی محیط کشت به وسیله دستگاه شمارشگر کلنی شمارش شد. بر اساس میزان کلنی شمارش شده و مشخص بودن حجم هوای نمونه برداری شده، تراکم آلودگی بر حسب CFU/m^3 گزارش شد. تشخیص نوع باکتری ها از طریق تهیه گسترش از نمونه ها روی لام صورت گرفته و سپس رنگ آمیزی گرم انجام شد. مورفولوژی باکتری ها نیز با استفاده از میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت. نمونه های قارچی نیز توسط آزمایشگاه میکروبیولوژی به صورت ماکروسکوپی تشخیص داده شدند.

≡ یافته ها

در جدول شماره ۱، میزان تراکم کل بیوآئروسل های باکتریایی در بخش های مختلف تصفیه خانه بهداشتی مورد بررسی ارائه شده است. همان طور

پلیت های ۹۰ میلیمتری تهیه گردید. ابتدا قسمت های مختلف نمونه بردار، با پنبه ی آغشته به الکل ۷۰٪ ضد عفونی شده و سپس خشک گردید. بعد از استریلیزاسیون کامل محفظه نمونه بردار، پلیت های حاوی محیط کشت در داخل نمونه بردار قرار گرفت و به مدت ۱۰ دقیقه نمونه برداری از هوا صورت گرفت. هنگام نمونه برداری پارامترهای جوی شامل دمای خشک و تر هوا و فشار بارومتریک اندازه گیری و ثبت گردید. جهت جلوگیری از آلودگی ثانویه در حین حمل و نقل، پلیت ها با نوار چسب درزگیری شدند. به نمونه ها (اصلی و شاهد) برچسبی که نشان دهنده محل نمونه برداری بود، الصاق شد و به صورت وارونه در داخل جعبه مخصوص حمل نقل (حاوی یخ خشک) قرار داده شدند. در نهایت نمونه ها جهت انکوباسیون، به آزمایشگاه منتقل گردیدند. از هر کدام از واحدهای تصفیه پساب سه نمونه اصلی و یک نمونه شاهد گرفته شد.

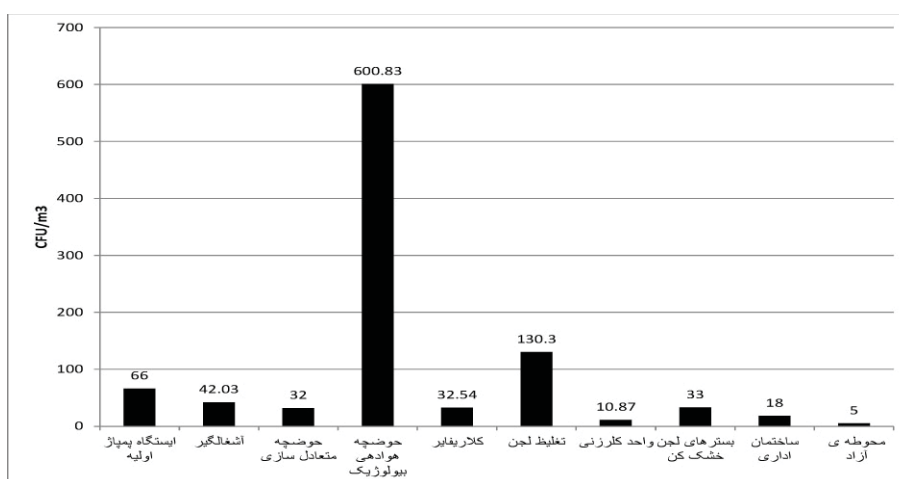
جدول ۱: تراکم بیوآئروسل های باکتریایی (محیط کشت بلاد آگار) و قارچی (محیط کشت سابرو دکستروز آگار) در بخش های مختلف تصفیه خانه بهداشتی بر حسب CFU/m^3

تراکم بر حسب CFU/m^3 - (انحراف معیار) میانگین		نام واحد
تراکم قارچ	تراکم باکتری	
۲۶/۶۵ (۱۰/۷۷)	۱۴۴/۶۸ (۵/۳۸)	ایستگاه پمپاژ اولیه
۲۶/۷۵ (۴/۴۱)	۴۲/۰۳ (۵/۴۰)	اشغالگیر
۱۵/۲۱ (۱۰/۷۵)	۶۰۰/۸۳ (۴۳/۰۲)	حوضچه متعادل سازی
۳۸۹/۴۴ (۱۸۳/۵۸)	۲۸۲/۵۳ (۸۱)	حوضچه هوادهی بیولوژیک
۳/۸۳ (۵/۳۷)	۳۲/۵۴ (۱۸/۹۵)	کلاریفایر
۱۱/۴۱ (۳/۸۱)	۱۱/۴۱ (۱۰/۷۶)	تغلیظ لجن
۷/۶۲ (۳/۱۱)	۳۶/۲۲ (۱۸/۸۷)	واحد کلرزنی
۳۷/۶۴ (۱۸/۶۳)	۱۴۴/۷۸ (۴۲/۵۵)	بسترهای لجن خشک کن
۷/۱۹ (۴/۳۳)	۱۸۳/۵۴ (۵/۰۹)	ساختمان اداری
۲۶/۶۵ (۱۱/۳۴)	۱۱۱/۰۴ (۲)	محوطه ی آزاد
۶۸/۱۵ (۷/۸۱)	۲۳/۹۴ (۲۸/۶۵)	فاصله یک کیلومتری (نقطه مرجع)
۵۳/۷۲ (۲۳/۹۹)	۴۱۲/۸۶ (۲۳/۳۰)	میانگین*

* میانگین تراکم بیوآئروسل ها در واحدهای تصفیه پساب بدون احتساب تراکم نقطه مرجع، ساختمان اداری و محوطه آزاد مجتمع محاسبه شده است.

جدول ۲: فراوانی اشکال مختلف باکتری‌های نمونه برداری شده در بخش‌های مختلف تصفیه خانه بهداشتی بر حسب CFU/m³

باکتری گرم منفی			باکتری گرم مثبت			نام محل
کوکوباسیل	باسیل	کوکسی	کوکوباسیل	باسیل	کوکسی	
۰	۴۳/۴۰	۱۰۱/۲۷	۰	۰	۰	ایستگاه پمپاژ اولیه
۰	۲۱/۰۱	۲۱/۰۱	۰	۰	۰	اشغالگیر
۰	۶۰۰/۸۳	۰	۰	۰	۰	حوضچه متعادل سازی
۰	۰	۰	۰	۲۸/۲۱	۰	حوضچه هوادهی بیولوژیک
۰	۳۲/۹۵	۰	۰	۰	۰	کلاریفایر
۰	۵/۷۰	۰	۰	۵/۷۰	۰	تغلیظ لجن
۰	۱۰/۸۶	۰	۰	۰	۲۵/۳۵	واحد کلرزی
۰	۱۰۸/۵۸	۲/۱۷	۰	۰	۱۴/۴۷	بسترهای لجن خشک کن
۰	۵۵/۰۶	۹۱/۷۷	۰	۰	۳۶/۷۰	ساختمان اداری
۰	۰	۰	۰	۱۱۱/۰۴	۰	محوطه ی آزاد
۰	۰	۰	۰	۱۶/۷۵	۷/۱۸	فاصله یک کیلومتری (نقطه مرجع)



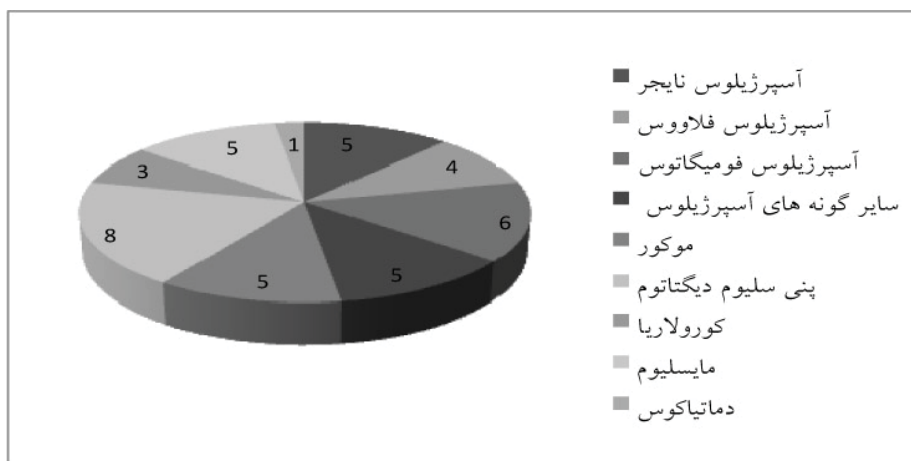
شکل ۱: تراکم باکتری‌های گرم منفی اندازه گیری شده در بخش‌های مختلف تصفیه خانه بهداشتی مورد بررسی

نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین و کمترین آلودگی قارچی به ترتیب مربوط به حوضچه‌های هوادهی بیولوژیک (با تراکم $389/44$ CFU/m³) و کلاریفایر با تراکم $3/83$ CFU/m³) مشاهده شد، درحالی‌که تراکم آلودگی قارچی در فاصله ی یک کیلومتری تصفیه خانه برابر $68/15$ CFU/m³ بود.

جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که بیشترین تراکم آلودگی قارچی اندازه گیری شده

که مشاهده می‌شود، بیشترین تراکم باکتری‌ها در حوضچه‌های هوادهی بیولوژیک (با میزان تراکم $2821/53$ CFU/m³) و کمترین تراکم مربوط به واحد تغلیظ لجن با تراکم $11/41$ CFU/m³ می‌باشد. تراکم آلودگی باکتریایی در فاصله ی یک کیلومتری تصفیه خانه (نقطه مرجع) برابر $23/94$ CFU/m³ بود.

در این جدول همچنین تراکم بیوآئروسول‌های قارچی در بخش‌های مختلف تصفیه خانه بهداشتی



شکل ۲: فراوانی قارچ های مشاهده در تصفیه خانه بهداشتی مورد بررسی

قارچ های شناسایی شده مربوط به انواع گونه های آسپرژیلوس و از بین گونه های آسپرژیلوس نیز بیشترین فراوانی مربوط به گونه فومیگاتوس بود.

بحث

هدف از این مطالعه بررسی وضعیت انتشار بیوآئروسول های باکتریایی و قارچی در واحدهای مختلف یک تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی بود. همان طور که ذکر شد، نظر به اینکه هنوز حدود آستانه مجازی برای مواجهه با بیوآئروسول ها تدوین نشده است، در این مطالعه از تراکم نقطه مرجع برای ارزیابی وضعیت انتشار بیوآئروسول ها استفاده گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین تراکم بیوآئروسول های باکتریایی CFU/m^3 $412/86 \pm 23/30$ بود که این تراکم حدوداً ۱۷ برابر تراکم اندازه گیری شده در نقطه مرجع می باشد.

مقایسه تراکم بیوآئروسولها در نقاط اندازه گیری شده با تراکم نقطه مرجع نشان داد که تقریباً در کلیه واحدهای تصفیه پساب انتشار بیوآئروسول ها وجود دارد که این موضوع با مطالعه Michalkiewicz

از میزان تراکم نقطه مرجع، بالاتر است. با این حال میانگین تراکم بیوآئروسول های قارچی از تراکم نقطه مرجع پایین تر است.

در شکل ۱ تراکم باکتری های گرم منفی اندازه گیری شده در بخش های مختلف تصفیه خانه بهداشتی مورد بررسی نشان داده شده است. بر اساس نمودار بیشترین تراکم باکتری های گرم منفی که عامل تولید اندوتوکسین ها می باشد به ترتیب مربوط به حوضچه هوادهی و سپس واحد تغلیظ لجن می باشد.

در جدول شماره ۲ فراوانی اشکال مختلف باکتری های نمونه برداری شده در بخش های مختلف تصفیه خانه بهداشتی نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، بیشتر باکتری های شناسایی شده در واحدهای مختلف تصفیه خانه از نوع باسیل گرم منفی بودند.

فراوانی قارچ های مشاهده شده در تصفیه خانه مورد بررسی در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود، بیشترین قارچ مشاهده شده از نوع پنی سلیموم دیگتاتوم، نزدیک به ۵۰ درصد (۴۷/۶۱ درصد)

و همکاران (Michalkiewicz, 2011b) و نیز مطالعه جهانگیری و همکاران (Jahangiri, 2013) همخوانی دارد. برخی از آلاینده های بیولوژیکی به علت مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی ماندگاری طولانی تری داشته و می توانند موجب مشکلات بهداشتی مختلفی نظیر بیماری های ریوی گردند (Naddafi *et al.*, 2011). در این مطالعه آلودگی میکروبی هوا در فاصله ی یک کیلومتری به طور قابل ملاحظه ای کمتر از تراکم میانگین آلودگی در داخل خود تصفیه خانه بود، که این موضوع با مطالعه Vitzova مبنی بر اینکه فرایند تصفیه خانه فاضلاب می تواند هوای اطراف را تحت تأثیر قرار دهد (Vitezova, 2012) همخوانی دارد. به عبارت دیگر می توان عملیات تصفیه فاضلاب و وجود جریان های فاضلاب را عامل بالا رفتن آلودگی در واحدهای تصفیه پساب قلمداد کرد. در این مطالعه، میانگین تراکم بیوآئروسول های قارچی CFU/m^3 $23/99 \pm 53/72$ بود. این میزان از تراکم اندازه گیری شده در نقطه مرجع (CFU/m^3 $68/81 \pm 7$) کمی کمتر بود که دلیل آن احتمالاً ناشی از یک منبع ناشناخته در نقطه مرجع می باشد. با این حال واحدهای تصفیه پساب از نظر تراکم بیوآئروسول های قارچی در درجه با کمترین آلودگی طبقه بندی شدند. مطابق استانداردهای کشور لهستان محیطها با تراکم قارچی کمتر از CFU/m^3 500 به عنوان محیط های با کمترین آلودگی شناخته می شوند و از نظر آلودگی باکتریایی نیز تقسیم بندی تراکم به صورت کمتر از ۱۰۰۰ (غیر آلوده)، ۱۰۰۰-۳۰۰۰ (آلودگی متوسط) و بیشتر از ۳۰۰۰ (به عنوان آلودگی بالا) می باشد. (Michalkiewicz, 2011b). از آنجا که در این مطالعه میانگین تراکم

بیوآئروسول ها باکتریایی و قارچی به ترتیب CFU/m^3 $23/30 \pm 412/86$ و CFU/m^3 $23/99 \pm 53/72$ اندازه گیری شدند، بنابراین بر اساس این تقسیم بندی در دسته کم آلودگی قرار می گیرند. این یافته با نتایج مطالعه Katrine و همکاران در یک تصفیه خانه فاضلاب در کشور دانمارک همخوانی دارد (Katrine Uhrbrand, 2011). بر خلاف این مطالعه، در مطالعه Michalkiewicz در اکثر ایستگاهها آلودگی بالا وجود داشت که احتمالاً ناشی از تفاوت دبی ورودی به فاضلاب و وسعت تصفیه خانه می باشد (Michalkiewicz, 2011b) در بسیاری از مطالعات مشخص شده است که در حین فرایندهای مختلف تصفیه فاضلاب مقادیر زیادی از بیوآئروسول ها منتشر می شود (HSE, 2013; Leonor Pascual, 2003; Ranalli, 2000). میزان تراکم بیوآئروسول ها در این مطالعات از CFU/m^3 10 تا 100000 متفاوت بوده است (Stelzenbach, 2002). در مقایسه با این مطالعات، تراکم اندازه گیری شده در این مطالعه به میزان چشمگیری کمتر بود که علت آن را می توان به شرایط بهتر تصفیه خانه مورد بررسی از نظر نوع فاضلاب و نیز وسعت آن و همچنین عواملی همچون سطح تکنولوژی تصفیه خانه و نیز شرایط محیطی اندازه گیری، زمان اندازه گیری و فاصله از منبع آلودگی نسبت داد (HSE, 2013). بیشترین مقدار اندازه گیری شده بیوآئروسول های باکتریایی و قارچی در حوضچه ی هوادهی بیولوژیک به ترتیب با تراکم CFU/m^3 $2821/53$ و CFU/m^3 $389/44$ مشاهده شد. این یافته با نتایج مطالعات Sanchez Brandi, (Sanchez-Monedero, 2008) Brandi, (2000) ، Walzlo و همکاران (Wlazlo, 2002) که

هستند و آندوتوکسین‌ها می‌توانند طیف وسیعی از بیماری‌ها را به وجود آورند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. میانگین و بالاترین تراکم اندازه گیری شده باکتری‌های گرم منفی به ترتیب ۹۷ و $600/8$ CFU/m³ (حوضچه هوادهی) بود که این میزان از حدود پیشنهادی کنفرانس دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) (1000 CFU/m³) کمتر است.

همان‌طور که مشاهده شد در این مطالعه نزدیک به ۵۰ درصد قارچ‌های شناسایی شده مربوط به گونه‌های مختلف آسپرژیلوس شامل نایجر، فلاووس، فومیگاتوس و ... بود که بر طبق توصیه‌های AIHA و نیز وزارت بهداشت کانادا در صورت وجود گونه‌های آسپرژیلوس لازم است بررسی‌های تفصیلی بیشتری در مورد آنها انجام شود. مهم‌ترین محدودیت این مطالعه عدم آنالیز میکروبی و عدم تعیین نوع باکتری‌ها و نیز عدم سنجش تراکم آندوتوکسین‌ها (که به سبب ایجاد عوارض بهداشتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است) بود که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی در نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری

در مجموع این مطالعه نشان داد، فرایندهای تصفیه پساب می‌توانند سبب آلودگی هوای اطراف تصفیه‌خانه به بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی شوند. در حالی که تراکم باکتری‌ها در همه واحدهای تصفیه پساب از تراکم نقطه مرجع بالاتر می‌باشد، میانگین تراکم بیوآئروسول‌های قارچی از تراکم نقطه مرجع پایین‌تر می‌باشد. با توجه به موارد فوق ضروری است با اقداماتی نظیر استفاده از سیستم‌های هوادهی عمقی، محصور کردن کانال‌های انتقال فاضلاب و لجن و نیز

اظهار داشتند مجاورت با منابع هوادهی و میزان هوادهی با میزان تولید بیوآئروسول‌ها ارتباط دارد، هم‌خوانی دارد. با این حال در مطالعه Fernando و همکاران (Fernando, 2005) مشخص گردید که مناطق مجاور مخازن لجن فعال بیشترین تراکم بیوآئروسول‌ها را دارند. علت این تناقض احتمالاً ناشی از تفاوت در نوع سیستم هوادهی در این دو مطالعه بوده است چرا که کاربرد سیستم‌های هوادهی عمقی در فرایندهای تصفیه پساب، خطرات بیولوژیکی بالقوه را که ممکن است کارگران تصفیه‌خانه فاضلاب با آنها مواجه شوند، بطور معنی‌داری کاهش می‌دهد و از سوی دیگر سیستم‌های هوادهی با همزن مکانیکی مقدار بسیار زیادی از بیوآئروسول‌ها (بین 450 تا 4580 CFU/m³) را ایجاد می‌کنند (Sanchez-Monedero, 2008).

در این مطالعه تراکم بیوآئروسول‌های باکتریایی از $11/41$ تا $2821/53$ CFU/m³ و تراکم قارچ‌ها از $3/83$ تا $389/44$ CFU/m³ متغیر بود که این یافته از نتایج مطالعه Vitzova کمتر بود که در آن میزان تراکم باکتری‌ها بین ۲۰ تا 18500 CFU/m³ و تراکم قارچ‌ها بین ۲۵ تا 32000 CFU/m³ اندازه‌گیری شده بود. دلیل این اختلاف را می‌توان به تفاوت در نوع و درجه آلودگی فاضلاب، شرایط جوی، فصل (Wlazlo, 2002)، میزان جریان، اندازه فاضلاب ورودی، رطوبت نسبی هوا، وسعت تصفیه‌خانه‌های مورد بررسی و حجم فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه دانست (Doris Haas, 2010). در این مطالعه تراکم باکتری‌های گرم منفی نیز به طور جداگانه اندازه‌گیری شد. این باکتری‌ها از جهت اینکه عامل ایجاد آندوتوکسین‌ها (Nielsen *et al.*, 1997)

Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. *Ann Occup Hyg.*, 47(3), 187-200.

- Fernando, N. L. F., Phillip, M. (2005). Changes at an activated sludge sewage treatment plant alter the numbers of airborne aerobic microorganisms. *Water Research*, 39(19), 4597-4608. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2005.08.010>
- Fracchia, L., P., S., Rinaldi M., Martinotti, M. G. (2006). Site-related airborne biological hazard and seasonal variations in two wastewater treatment plants. *Water Research*, 40, 1985-1994.
- Gerardi, M. H., Zimmerman, M. C. (2004). *Wastewater Pathogens Gainesville: Wiley-Interscience.*
- Goyer, N. L., Jacques; Lazure, Louis; Marchand, Geneviève. (2001). *Bioaerosol in the Workplace: Evaluation Control and Prevention Guide, Technical Guide Vol. 2001.* (pp. 3-12).
- Gregova, G. V., J., Vargovam M. (2008). Bioaerosols Produced By Wastewater Treatment Plant. *Folia Veterinaria*, 52(2), 59-61.
- HSE. (2003). Health and Safety Laboratory, Occupational and environmental exposure to bioaerosols from composts and potential health effects -A critical review of published data, available at: www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr130.htm.
- HSE. (2013). Health and Safety Executive, Bioaerosol emissions from waste composting and the potential for workers' exposure, RR786, Available at; <http://www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr786.htm>
- Jahangiri . M, N. M., Aghabeigi M, V. Kahdemain, R. Rostami, A. Kasayee Nasab. (2013). Investigation of Bioaerosols Type and Concentration in an Industrial Wastewater Treatment Plant. Submitted for Iranian Journal of Health and Environment.
- Karra, S., K. E. (2007). Microorganisms in bioaerosol emissions from wastewater treatment plants

کاهش زمان شیفت های کاری، اجتناب از مواجهه های غیر ضروری و استفاده از وسایل حفاظت دستگاه تنفسی نسبت به کاهش تراکم بیوآئروسول های باکتریایی و پیشگیری از به خطر افتادن سلامت کارکنان اقدام گردد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه طی موافقتنامه پژوهشی شماره ۱۰۵۹۲۸ از سوی شرکت ملی صنایع پتروشیمی حمایت ملی شده است و بر اساس طرح تحقیقاتی شماره ۶۰۱۳-۹۱ در دانشگاه علوم پزشکی شیراز به ثبت رسیده است. بدینوسیله از همکاری کارشناسان بهداشت صنعتی شرکت مورد بررسی و نیز همکاری و مشاوره علمی آقایان دکتر علی کریمی، دکتر علیرضا رضایی و نیز سرکار خانم‌ها جملیه اخلاصی و صدیقه ابوالحرار در انجام این مطالعه تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- Brandi, G., Sisti, M., Amagliani, G. (2000). Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. *J. Appl. Microbiol*, 88, 845-852.
- Buyer, Monitoring bioaerosols(2009). a new way forward, Association for Organics Recycling. *Organics Recycling* 3, 52-56.
- Choobineh, A.R., Tabatabaei S.H.R. (2009). Assessment of Bioaerosols Types and Concentration in Ambient Air of Shiraz University of Medical Sciences Educational Hospitals. *Iran Occupational Health Journal*, 6(2), 69-76.
- Doris Haas, M. U., Juliana Habib, Herbert Galler, Egon Marth, Franz F. Reinthaler. (2010). Exposure to Bioaerosol from Sewage Systems. *Water Air Soil Pollut*, 207, 49-56.
- Douwes J, T. P., Pearce, N., Heederik, D. (2003).

- A comparative study on the significance of collection equipment, type of waste and seasonal variation. *The Annals of Occupational Hygiene*, 41(3), 325-344. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-4878\(96\)00045-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-4878(96)00045-2)
- Pascual, L., Pérez-Luz, S., Yáñez, M. A., Santamaría, A., Gibert, K., Salgot, M., Catalán, V. (2003). Bioaerosol emission from wastewater treatment plants. *Aerobiologia*, 19(3-4), 261-270. doi: 10.1023/B:AERO.0000006598.45757.7f
- Ranalli G., P. P., C. Sorlini. (2000). Bacterial aerosol emission from wastewater treatment plants: culture methods and bio-molecular tools. *Aerobiologia*, 16, 39-46.
- Rylander, R. (1999). Health effects among workers in sewage treatment plants. *Occup. Environ. Med.*, 56, 54-357.
- Sanchez-Monedero M.A., A. M. I., FenollR., Roig A. (2008). Effect of the aeration system on the levels of airborne microorganisms generated at wastewater treatment plants. *water research*, 42, 3739- 3744.
- Stelzenbach, L. D. (2002). Introduction to aerobiology, *Manual of Environmental Microbiology* (Vol. 801-801): ASM Press, Washington DC.
- Uhrbrand, K. S., AnnaCharlotte Madsen, AnneMette. (2011). Exposure to Airborne Noroviruses and Other Bioaerosol Components at a Wastewater Treatment Plant in Denmark. *Food and Environmental Virology*, 3(3-4), 130-137. doi: 10.1007/s12560-011-9068-3
- Vitezova M., V. T., Mlejnkova H., Losak T. (2012). Microbial contamination of the air at the wastewater treatment plant. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun, LX*(No.3), 233-240.
- Wlazło A, P. J., Łudzeń-Izbińska B. (2002). Assessment of workers' exposure to airborne bacteria at a small wastewater treatment plant. *Med Pr.*, 53(2), 109-114.
- during summer at a Mediterranean site. *Water Research*, 41, 1355-1365.
- Katrine Uhrbrand, A. C. S., Anne Mette Madsen. (2011). Exposure to Airborne Noroviruses and Other Bioaerosol Components at a Wastewater Treatment Plant in Denmark. *Food Environ Virol*(3), 130-137.
- Lavoie J., D. C. J. (2002). Assessing waste collectors' exposure to bioaerosols. *Aerobiologia*, 18, 277-285.
- Leonor Pascual, S. P. L., M. Adela Yáñez, Ana Santamaría, Karina Gibert, Miquel Salgot, David Apraiz, Vicente Catalán. (2003). Bioareosol emission from wastewater treatment plants. *Aerobiologia*, 19(261).
- Lidwien A.M. Smit, S. S., and Dick Heederik. (2005). Endotoxin Exposure and Symptoms in Wastewater Treatment Workers. *AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE*, 48, 30-39.
- Michalkiewicz, M. P., Alina; Dymaczewski, Zbyslaw; Jez-Walkowiak, Joanna; Kwasna, Sylwia. (2011a). Microbiological air monitoring around municipal wastewater treatment plant, *Pol. J. Environ. Stud. Vol.20, No.5*, 1243-1250. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(5).
- Michalkiewicz, M. P., Alina; Dymaczewski, Zbyslaw; Jez-Walkowiak, Joanna; Kwasna, Sylwia. (2011). Microbiological Air Monitoring around Municipal Wastewater Treatment Plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(5), 1243.
- Naddafi, K., Jabbari, H., Hoseini, M., Nabizadeh, R., Rahbar, M., & Younesian, M. (2011). Investigation of Indoor and Outdoor Air Bactrial Density in Tehran Subway System. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 8(4), 383-388.
- Nielsen, E. M., Breum, N. O., Nielsen, B. H., Würtz, H., Poulsen, O. M., & Midtgaard, U. (1997). Bioaerosol exposure in waste collection:

Evaluating Bioaerosol Emissions form in different parts of a Sanitary Wastewater Treatment Plant

M. Jahangiri¹; M. Neghab^{2}; R. Rostami³; Gh. Nasiri⁴; M. Aghabeigi⁵; V. Kahdemain⁶; F. Zare Derisi⁶*

¹Assistant Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Shiraz University of Medical Sciences

²Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Shiraz University of Medical Sciences

³MSc of Occupational Health, Student Research Committee, Shiraz University of Medical Sciences

⁴PhD Student of Environmental Engineering, School of Environment, University of Tehran

⁵MSc of Occupational Health, HSE Department, National Petrochemical Company, Iran

⁶BSc of Occupational Health, Student Research Committee, Shiraz University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Bioaerosols released from wastewater treatment plants may contain pathogens existing in the sewage which could endanger the health of workers. The aim of this study was to evaluate the status of bioaerosol emissions form in a sanitary wastewater treatment plant.

Material and Method: This cross-sectional study was carried out in different units of a sanitary wastewater treatment plant. For this purpose, air samples were collected on blood agar and dextro agar in an Andersen single-stage sampler with flow of 28.3 lit/min for 10 minutes. Collected samples were shipped to the lab immediately and incubated for 48 hours. Then, incubated samples were counted for colonies concentration.

Result: Based on the result of this study, the mean density of bacterial and fungal bioaerosols in all wastewater treatment plants were 412.86 ± 23.30 and 53.72 ± 23.99 CFU/m³, respectively. Microbial contamination of the air within a kilometer away from the site (control areas) was 17 times less than its average density.

Conclusion: Wastewater treatment processes can contaminate the air surrounding the plant, particularly with bacteria bioaerosols. Therefore, it is necessary to control the emissions and protect the health of workers against risks arising from exposure to bioaerosols.

Keywords: *Bioaerosols, Sanitary Wastewater Treatment Plant, Bacteria, Fungi*

* Corresponding Author Email: Neghabm@sums.ac.ir