

بررسی باکتری‌ها و قارچ‌های منتقله از هوا در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران و ارتباط آن با پارامترهای محیطی

مجید کرمانی^۱، آناهیتا دهقانی^{۲*}، مهدی فرزادکیا^۳، کاظم ندافی^۴، فرشاد بهرامی اصل^۵، داریوش زینال زاده^۶

۱. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران
 ۲. دانشجویار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
 ۳. دانشجویار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
 ۴. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
 ۵. دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان
 ۶. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۲۱ ۸۸۷۷۹۱۱۸، فکس: ۰۲۱ ۸۸۶۲۲۷۰۷، ایمیل: anahita_h662000@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: در سال‌های اخیر تماس با بیوآئروس‌ها به صورت یک مشکل عمده مطرح شده است که سلامتی انسان را به مخاطره می‌اندازد. هدف از این مطالعه بررسی آلودگی باکتریایی و قارچی در هوای اطراف واحدهای عملیاتی و فرآیندی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران و بررسی ارتباط آنها با پارامترهای محیطی می‌باشد.

روش کار: این مطالعه توصیفی-مقطعی، در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران به مدت ۴ ماه انجام گرفت. نمونه‌ها در سه واحد دانه‌گیر، هاضم‌هوازی و در فاصله ۱۰۰ متری بعد از آخرین واحد تصفیه خانه و هوای داخل ساختمان اداری به روش غیرفعال با استفاده از پلیت ۹ سانتیمتر و به تعداد ۴۴۰ نمونه برداشت شدند. محیط کشت مورد استفاده برای نمونه‌های باکتریایی تریپتیک سوی آگار و برای نمونه‌های قارچی سابورو دکستروز آگار بود.

یافته‌ها: غلظت باکتری‌ها و قارچ‌ها به ترتیب در محدوده ۱۸۲۳-۶۲ و ۵۰-۱ CFU/Plate متغیر بود. بیشترین غلظت باکتریایی مربوط به هاضم‌هوازی، با میانگین CFU/Plate ۳۳۰۳ و کمترین میزان مربوط به دانه‌گیری با میانگین CFU/Plate ۵۸۶ بود. همچنین بیشترین آلودگی قارچی مربوط به دانه‌گیری با میانگین CFU/Plate ۶۱ و کمترین میزان مربوط به هوادهی با میانگین CFU/Plate ۴۱ بود. از بین باکتری‌ها، گونه‌های باسیلوس، استافیلوکوکوس و میکروکوکوس و از بین قارچ‌ها، گونه‌های کلادوسپوریوم، آلترناریا و پنی سیلیوم غالب بودند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت که واحدهای عملیاتی و فرآیندی موجود در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب بر بار آلودگی و انتشار بیوآئروس‌ها تاثیر گذارند. در نتیجه مدیریت مناسب بهداشت محیط در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌تواند یکی از عوامل مهم در کاهش انتشار بیوآئروس‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: میکروبیولوژی هوا، تصفیه‌خانه فاضلاب، بیوآئروس، هوای داخل

دریافت: ۹۲/۶/۲۱ پذیرش: ۹۲/۱۱/۷

مقدمه

بسیاری از منابع میکروارگانیسم‌ها در نتیجه فعالیت‌های بشری تولید می‌شوند. از طرفی با افزایش رشد جمعیت، تولید مواد زاید نیز افزایش یافته که نیاز به وجود امکانات و تجهیزات را جهت تصفیه و دفع ایمن افزایش می‌دهد. گاهی اوقات

همین امکانات و تجهیزات سبب انتشار میکروارگانیسم‌های عفونی در هوا می‌شوند. از این موارد می‌توان به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، کمپوست‌سازی، و زمین‌های دفن زباله بهسازی شده اشاره نمود (۱). برخی از میکروارگانیسم‌ها با قطره‌های کوچک به راحتی در حین تصفیه فاضلاب رها

شده و تبدیل به بیوآئروسول می‌شوند که حاوی انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها هستند. تعداد این میکروارگانیسم‌های هوابرد با افزایش اندازه بیوآئروسول افزایش می‌یابد (۲). اکثر ذراتی که حامل باکتری می‌باشند قطر آئرودینامیکی کمتر از $4/7$ میکرومتر دارند. اندازه کوچک این ذرات نشان می‌دهد که می‌توانند به راحتی هنگام تنفس وارد ریه شده و سبب ایجاد عفونت در افراد دارای نقص ایمنی و آلرژی در سایر افراد شوند. همچنین، این ذرات کوچک می‌توانند به راحتی توسط باد مسافت چند صد متری تا چندین کیلومتری را طی کنند. بنابراین نه تنها برای کارگران تصفیه‌خانه، بلکه برای ساکنین محلی نیز می‌توانند خطرآفرین باشند (۳). محققان زیادی بروز بیماری خاصی به نام سندرم کارکنان تصفیه‌خانه فاضلاب را گزارش کرده‌اند که در میان کارگران تصفیه‌خانه فاضلاب مشاهده شده است. علایم این بیماری ضعف، کسالت، تب و رینیت حاد و بیماری‌های دستگاه گوارش می‌باشد (۳،۴). بر اساس مطالعات انجام گرفته می‌توان گفت که این میکروارگانیسم‌ها می‌توانند سبب بیماری‌های پوستی (۵)، آسم (۶)، عفونت گوش و علایم مشابه آنفولانزا نیز شوند (۷). هینونن^۱ نشان داد که بیشترین غلظت بیوآئروسول‌ها در دانه‌گیری به روش هوادهی می‌باشد (۸). مطالعه لی^۲ و همکاران نشان داد که بیشترین میزان آلودگی باکتریایی مربوط به بخش آبگیری لجن و بیشترین میزان آلودگی قارچی مربوط به دانه‌گیر می‌باشد (۲). در مطالعه دیگری سانچز^۳ و همکاران به بررسی تاثیر روش‌های مختلف هوادهی در میزان انتشار بیوآئروسول‌ها پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که بیشترین انتشار آئروسول‌ها مربوط به هوادهی گسترده و کمترین میزان مربوط به هوادهی دیفیوزری می‌باشد (۳).

مطالعه برزا^۴ و همکاران نشان داد که مهمترین منبع بیوآئروسول‌ها در تصفیه‌خانه فاضلاب دانه‌گیری می‌باشد (۹). نتایج مطالعه ولازلو^۵ نشان داد که سیستم‌های هوادهی سبب انتشار بیشترین بیوآئروسول‌ها در هوای تصفیه‌خانه فاضلاب می‌شوند (۱۰). تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس در زمینی به مساحت ۱۳ هکتار در غرب تهران احداث و از سال ۱۳۷۷ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. تصفیه‌خانه برای جمعیتی معادل ۸۵۰۰۰ نفر برآورد شده که امکان توسعه آن برای ۱۳۰۰۰۰ نفر نیز پیش‌بینی شده است. روش تصفیه در این تصفیه‌خانه، لجن فعال و نوع هوادهی آن گسترده سطحی می‌باشد. عکس هوایی تصفیه‌خانه شهرک قدس تهران و جانمایی واحدهای عملیاتی و فرآیندی مختلف آن در شکل ۱ آمده است. با توجه به اهمیت آلودگی هوا و عواقب ناشی از آن، در این تحقیق پتانسیل انتشار آئروسول‌های باکتریایی و قارچی در هوای اطراف واحدهای عملیاتی و فرآیندی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران و ارتباط آنها با پارامترهای محیطی مورد بررسی قرار گرفت.

روش کار

این مطالعه توصیفی-مقطعی، در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران از اسفند ماه ۹۱ تا تیرماه ۹۲ انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی این تصفیه‌خانه در شکل ۲ ارائه شده است. نمونه‌برداری مطابق با تقویم نمونه‌برداری EPA^۶ در سال ۲۰۱۳، به مدت ۱ ساعت و به روش غیرفعال و هر ۶ روز یک بار و در پلیت‌های ۹ سانتیمتری انجام شد. نمونه‌ها در سه واحد دانه‌گیر، حوض هوادهی و هاضم هوازی در شعاع ۲، ۵ و ۱۵ متری و در ارتفاع حدود ۱ متری (۱۱) و به فاصله ۱ متر از دیوارها و موانع برداشت شدند (۱۲). همچنین در فاصله ۱۰۰ متری بعد از

⁴ Breza

⁵ Wlazlo

⁶ Environmental Protection Agency

¹ Heinonen

² Li

³ Sanchez

آخرین واحد تصفیه‌خانه و از هوای داخل ساختمان اداری نیز نمونه‌برداری انجام گرفت. در مجموع ۴۴۰ نمونه برداشت شد. در هر بار نمونه‌برداری پارامترهای هواشناسی مانند دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و شاخص پرتو فرابنفش اندازه‌گیری و ثبت شد. محیط کشت انتقالی مورد استفاده برای نمونه‌های باکتریایی تریپتیک سوی آگار و برای نمونه‌های قارچی سابورو دکستروز آگار بود (۱۳). برای جلوگیری از رشد قارچ‌ها در محیط تریپتیک سوی آگار از آنتی‌بیوتیک سیکلوهگزامید ($\mu\text{g/L}$) ۵۰۰ و برای جلوگیری از رشد باکتری‌ها بر روی محیط کشت سابورو دکستروز آگار از آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل ($100 \mu\text{g/L}$) استفاده شد (۱۴). نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل شدند و برای شناسایی باکتری‌ها به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در انکوباتور در دمای 35 ± 0.5 درجه سانتیگراد قرار داده شد و سپس از نظر رشد باکتری‌ها مورد بازبینی قرار گرفتند. همچنین محیط کشت‌های

قارچی به مدت ۳ تا ۷ روز در دمای اتاق (۲۵-۲۰ درجه سانتیگراد) قرار داده شدند. تعداد کلنی‌های باکتریایی و قارچی رشد کرده بر روی محیط کشت شمارش و به صورت واحد CFU/Plate ثبت شد. جنس باکتری‌های رشد یافته با استفاده از تست‌های افتراقی مثل رنگ آمیزی گرم و روش‌های تشخیص بیوشیمیایی شامل تست‌های کاتالاز، اکسیداز، تست DNase، اسکولین صفراوی، اوره‌آز، مقاومت به دیسک نوویوسین و باسیتراسین، مصرف قندها و سایر تست‌های افتراقی مشخص شد. برای تعیین جنس و گونه قارچ‌ها روش ساده اسلاید کالچر مورد استفاده قرار گرفت و قارچ‌ها با استفاده از میکروسکوپ شناسایی شدند. یافته‌ها با استفاده از نرم افزارهای SPSS-20، ANOVA، Kruskal-Wallis H test، Independent t-test، Man-Whitney U تجزیه و تحلیل شدند.



شکل ۱. عکس هوایی تصفیه‌خانه و جانمایی واحد‌ها

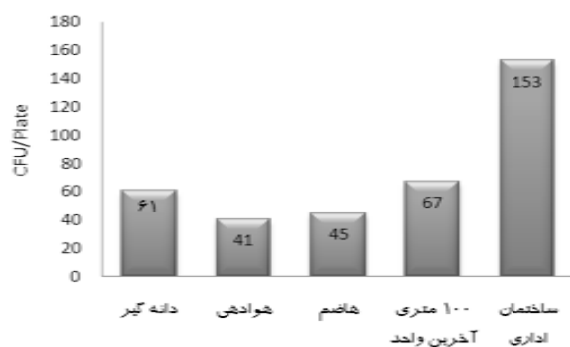


شکل ۲. موقعیت جغرافیایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران

یافته ها

غلظت بیوآئروسل‌ها در نقاط مختلف نمونه‌برداری در نمودارهای ۱ و ۲ میانگین غلظت باکتری‌ها و قارچ‌ها بر حسب CFU/Plate در نقاط مختلف نمونه‌برداری نشان داده شده است. همانطور که در این دو نمودار نشان داده شده، بیشترین و کمترین غلظت باکتری‌ها به ترتیب مربوط هاضم هوازی (از واحدهای فرآیندی تصفیه‌خانه) با میانگین CFU/Plate ۳۳۰۳ و حوض دانه‌گیر (از واحدهای عملیاتی تصفیه‌خانه) با میانگین CFU/Plate ۵۸۶ بود. همچنین بیشترین و کمترین غلظت قارچی به ترتیب مربوط به دانه‌گیر با میانگین CFU/Plate ۶۱ و حوض هوادهی با میانگین CFU/Plate ۴۱ بود. نتایج

حاصل از آزمون‌های آماری اختلاف معنی‌داری بین غلظت قارچ‌ها بر حسب CFU/Plate در ساختمان اداری و فضای آزاد تصفیه‌خانه را نشان داد (Kruskal-Wallis H test, $p < 0.05$). غلظت قارچ‌ها در هوای آزاد کمتر از هوای ساختمان اداری بود. نتایج آزمون آماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میزان آلودگی باکتریایی و قارچی در بخش‌های مختلف تصفیه‌خانه (فرآیندی و عملیاتی) وجود دارد ($p < 0.05$). از طرف دیگر غلظت بیوآئروسل‌ها در واحدهای مختلف فرآیندی و عملیاتی تصفیه‌خانه با ساختمان اداری از نظر آلودگی یکسان نبودند.



نمودار ۲. میانگین غلظت قارچ‌ها بر حسب CFU/Plate در نقاط مختلف



نمودار ۱. میانگین غلظت باکتری‌ها بر حسب CFU/Plate در نقاط مختلف

جنس و گونه باکتری‌ها و قارچ‌های جداسازی شده
بر اساس آزمایشات افتراقی صورت گرفته در مجموع ۳ گونه غالب باکتریایی و ۲۲ گونه قارچی جداسازی شدند. انواع باکتری‌ها و قارچ‌های جداسازی شده و میانگین آنها بر حسب CFU/Plate در طول دوره نمونه‌برداری به تفکیک نقاط به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده است.

بیشترین درصد باکتری‌های مشاهده شده به ترتیب گونه‌های باسیلوس با ۳۶ درصد، استافیلوکوکوس با ۳۵/۴ درصد و میکروکوکوس با ۲۸/۵ درصد بود. کلیه این باکتری‌ها باکتری‌های گرم مثبت هستند. درصد گونه‌های مختلف باکتریایی در نقاط نمونه‌برداری در نمودار ۳ نشان داده است.

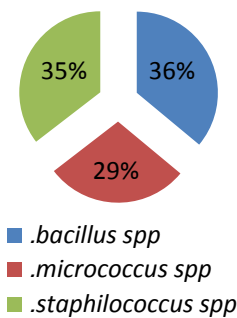
جدول ۱. انواع باکتری‌های جداسازی شده و میانگین آنها بر حسب CFU/Plate به تفکیک نقاط نمونه‌برداری

دانشیته باکتری‌ها بر حسب CFU/Plate											
باکتری	حوض دانه گیر			حوض هوادهی			هاضم			۱۰۰ متری	ساختمان
	۲ متری	۵ متری	۱۵ متری	۲ متری	۵ متری	۱۵ متری	۲ متری	۵ متری	۱۵ متری		
گونه های باسیلوس	۳۷۹	۱۲۹	۱۰۸	۱۳۴۰	۳۴۶	۲۱۴	۱۸۲۳	۱۰۱۶	۶۷۷	۱۸۰	۹۹
گونه های استافیلوکوکوس	۲۶۳	۲۳۱	۱۹۳	۱۲۶۹	۳۶۶	۱۹۷	۱۷۱۴	۱۱۸۸	۴۵۶	۱۴۲	۱۹۰
گونه های میکروکوکوس	۱۸۳	۱۴۳	۱۳۰	۸۷۷	۱۶۷	۱۱۸	۱۶۰۰	۸۹۳	۵۴۲	۲۰۷	۶۲
مجموع	۸۲۵	۵۰۳	۴۳۱	۳۴۸۶	۸۷۹	۵۲۹	۵۱۳۷	۳۰۹۷	۱۶۷۵	۵۲۹	۳۵۱
میانگین	۵۸۶/۳			۱۶۳۱/۳			۳۳۰۳			---	---

جدول ۲. انواع قارچ‌های جداسازی شده غالب و میانگین آنها بر حسب CFU/Plate به تفکیک نقاط نمونه‌برداری

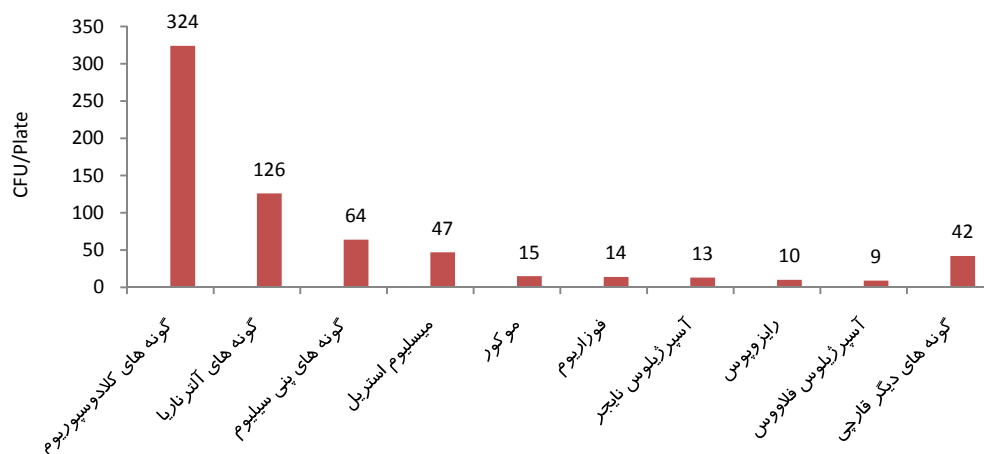
دانشیته قارچ‌ها بر حسب CFU/Plate											
باکتری	حوض دانه گیر			حوض هوادهی			هاضم			۱۰۰ متری	ساختمان
	۲ متری	۵ متری	۱۵ متری	۲ متری	۵ متری	۱۵ متری	۲ متری	۵ متری	۱۵ متری		
گونه های کلادوسپوریوم	۳۰	۴۳	۲۹	۱۵	۲۶	۲۷	۲۱	۲۷	۱۶	۴۰	۵۰
گونه های آلترناریا	۱۳	۶	۲۱	۷	۸	۳	۴	۴	۶	۹	۴۵
گونه های پنی سیلیوم	۳	۶	۲	۱	۰	۱	۹	۴	۱	۶	۳۱
گونه‌های کرایزوسپوریوم	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
آسپرژیلوس فلاووس	۰	۰	۳	۱	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۳
آسپرژیلوس فومیگاتوس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
آسپرژیلوس نایجر	۰	۰	۲	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۲	۵
آسپرژیلوس ترئوس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۰	۰	۱
فوزاریوم	۰	۰	۵	۳	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رایزوپوس	۲	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۱	۲	۱	۲
ژئوتریکوم	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۲	۰	۱	۰	۰
میسلیوم استریل	۵	۲	۴	۳	۱	۳	۰	۴	۵	۶	۱۴
سین سفالوسپوریوم	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰
موکور	۳	۰	۱	۰	۱	۰	۶	۱	۳	۰	۰
رودوترولا	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آکرومانیوم	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
اولوکلادیوم	۰	۰	۱	۰	۰	۵	۰	۰	۲	۰	۰
ناترازا	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰
اگزوفیلا	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۰
تریکودرما	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱
تریکوتشیوم	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مخمرها	۰	۰	۰	۳	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۰
مجموع	۵۷	۵۷	۷۰	۳۴	۴۲	۴۷	۴۶	۴۹	۴۱	۶۷	۱۵۳
میانگین	۶۱/۳			۴۱			۴۵/۳			---	---

مجموع کل قارچ‌ها) بود. بعد از آن گونه‌های آلترناریا با ۱۹٪ و گونه‌های پنسیلیوم با ۱۰٪ غالب بودند. در هوای درون ساختمان اداری جنس آسپرژیلوس نسبت به سایر واحد‌های نمونه‌برداری در تصفیه‌خانه غالب بود که گونه‌های نایجر و فلاووس بیشترین گونه‌های شناسایی شده این جنس در هوای ساختمان اداری بودند. در نمودار ۴ میانگین غلظت گونه‌های قارچی بر حسب CFU/Plate در کلیه نقاط نمونه‌برداری آورده شده است.



نمودار ۳. درصد گونه‌های باکتریایی در کلیه نقاط نمونه‌برداری

در رابطه با قارچ‌ها بیشترین جنس و گونه قارچی در نقاط نمونه‌برداری جنس کلادوسپوریوم (۴۹٪ از



نمودار ۴. غلظت گونه‌های قارچی جداسازی شده بر حسب CFU/Plate در کلیه نقاط نمونه‌برداری

درجه سانتی گراد، ۱۱ تا ۴۹ درصد، ۵ تا ۱۷ کیلومتر بر ساعت و ۴ تا ۷ قرار داشتند. دامنه، میانگین و انحراف معیار پارامترهای ثبت شده در جدول ۳ نشان داده شده است.

ارتباط بین پارامترهای ثبت شده و غلظت بیوآئروس‌ها در نقاط مختلف نمونه‌برداری در طول مدت پژوهش درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت باد و شاخص پرتو فرابنفش به ترتیب در گستره ۳ تا ۳۴

جدول ۳. خلاصه آماری از شرایط آب و هوایی در طول دوره نمونه‌برداری

ماه نمونه‌برداری	محدوده (انحراف معیار ± میانگین)			
	درجه حرارت (°C)	رطوبت نسبی (%)	سرعت باد (Km/h)	UV Index
اسفند	۱۴-۳ (۹/۸ ± ۳/۸)	۳۰-۴۹ (۳۷/۳ ± ۷/۳)	۱۷-۵ (۱۰ ± ۲/۱)	۴-۴ (۵/۱ ± ۰/۹)
اردیبهشت	۲۸-۱۶ (۲۴ ± ۴/۳)	۱۹-۳۲ (۲۷/۹ ± ۴/۰۲)	۱۶-۵ (۹/۹ ± ۲)	۶-۴ (۵/۱ ± ۰/۹)
خرداد	۳۲-۲۸ (۳۰/۲ ± ۱/۷)	۲۰-۱۱ (۱۵/۶ ± ۴/۲)	۱۳-۸ (۹/۶ ± ۱/۷)	۷-۶ (۶/۴ ± ۰/۵)
تیر	۳۴-۲۸ (۳۱/۷ ± ۲/۲)	۴۵-۱۸ (۲۷/۳ ± ۱۰/۵)	۱۱-۸ (۹/۴ ± ۱/۸)	۷-۶ (۶/۷ ± ۰/۴۲)

اسفندماه بود. میکروکوکوس‌ها در اسفند و اردیبهشت و باسیلوس‌ها در خرداد و تیر جنس غالب

در این مطالعه بیشترین انتشار آئروس‌های باکتریایی مربوط به تیرماه و کمترین میزان مربوط به

بودند. همچنین مشخص شد که آئروسول‌های قارچی در اسفندماه بیشترین انتشار و در تیرماه کمترین انتشار را داشته‌اند و در هر ۴ ماه نمونه‌برداری قارچ کلادوسپوریوم به عنوان جنس غالب شناسایی شد. کلادوسپوریوم‌ها از قارچ‌هایی هستند که دامنه رشد حرارتی بالایی دارند و می‌توانند حتی در ۸- درجه نیز رشد کنند. بر اساس نتایج حاصله در ۲ متری حوض دانه‌گیر باسیلوس‌ها، ۵ و ۱۵ متری آن استافیلوکوکوس‌ها به عنوان جنس غالب شناسایی شدند. در ۲ و ۱۵ متری حوض هوادهی و هاضم باسیلوس‌ها و در ۵ متری این واحدها استافیلوکوکوس‌ها جنس غالب بودند. جنس غالب در ۱۰۰ متری بعد از آخرین واحد تصفیه‌خانه میکروکوکوس‌ها و جنس غالب ساختمان اداری استافیلوکوکوس‌ها بودند. داده‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که با افزایش فاصله از منبع آلودگی تعداد آئروسول‌های باکتریایی کاهش می‌یابد. نتایج آزمون آماری نشان داد همبستگی معنی‌داری بین دانسیته باکتری‌ها با فاصله در شعاع ۲، ۵ و ۱۵ متری از واحدها و همچنین شاخص پرتو فرابنفش (UVI) وجود دارد ($p < 0.05$). اما بین دانسیته باکتری‌ها با دما، رطوبت نسبی، فصل سال و سرعت باد همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. در رابطه با قارچ‌ها همبستگی معنی‌داری بین غلظت قارچ‌ها با فاصله در شعاع ۲، ۵ و ۱۵ متری از واحدها مشاهده نشد. اما بین دانسیته قارچ‌ها با دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و شاخص پرتو فرابنفش (UVI) همبستگی معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$).

بحث

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به عنوان یکی از عوامل مهم انتشار ذرات معلق، ذرات پاتوژن باکتریایی، ویروسی و اسپورهای قارچی شناخته شده‌اند (۱۵). مطالعات مختلف نشان داده است که غلظت بیوآئروسول‌ها در تصفیه‌خانه فاضلاب بستگی به محل نمونه‌گیری (۹)،

نوع میکروارگانیسم‌ها، نوع فاضلاب، روش هوادهی (بزرگی و کوچکی حباب‌های تولیدشده) (۵،۱۶)، شرایط آب و هوایی و تجهیزات تصفیه‌خانه‌ای که فاضلاب در آن تصفیه می‌شود (۱۷)، تابش خورشیدی، سرعت باد و رطوبت نسبی دارد (۴،۱۸،۱۹). نتایج این پژوهش نشان داد که در میان واحدهای عملیاتی و فرآیندی انتخاب شده در این مطالعه بیشترین میزان انتشار آئروسول‌های قارچی در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران مربوط به حوض دانه‌گیری و بیشترین انتشار آئروسول‌های باکتریایی مربوط به هاضم هوازی می‌باشد، که دلیل آن متلاشی‌شدن حباب حاصل از سیستم هوادهی است که اکسیژن را برای تجزیه مواد فراهم می‌کند (۲). ذرات حاصل از متلاشی‌شدن بیوآئروسول دوباره به سمت پایین سقوط کرده و در برخورد به سطح فاضلاب به ذرات کوچکتری با قطر ۱۰۰-۵۰ میکرون تبدیل شده و سبب ایجاد آلودگی ثانویه می‌شوند. این ذرات کوچکتر به سرعت در هوا تبخیر شده و قطر آن‌ها به ۲۰-۱۰ میکرون کاهش یافته و بالطبع سرعت ته‌نشین‌شدن آن‌ها نیز کمتر شده و به صورت معلق در هوا باقی می‌مانند (۲۰). طبق مطالعات لایتین^۱ اختلاط فاضلاب مانند هوادهی، روش‌های پردازش لجن و دانه‌گیری نیز از منابع بالقوه تولید بیوآئروسول هستند (۲۱). برزا و همکاران در مطالعه مشابهی که انجام دادند، بیشترین انتشار بیوآئروسول‌ها را در اطراف حوض دانه‌گیری مشاهده کردند (۹). مطالعه لی و همکاران نشان داد که بیشترین میزان آلودگی باکتریایی مربوط به بخش آبگیری لجن و بیشترین میزان آلودگی قارچی مربوط به دانه‌گیر می‌باشد (۲). مطالعه مشابهی توسط ولازلو انجام شده که در آن مطالعه سیستم‌های هوادهی به عنوان عامل اصلی انتشار بیوآئروسول‌ها معرفی شد (۱۰). مایکل کیویکز^۲

¹ Laitinen

² Michalkiewicz

بیشترین انتشار آئروسول‌های باکتریایی و قارچی را در اطراف حوض هوادهی، محل دفع لجن و حوض دانه‌گیری گزارش کرده است (۱۶). پاسکول^۱ نشان داد که پیش تصفیه به عنوان مهمترین عامل انتشار آئروسول‌های قارچی می‌باشد (۲۲). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بیشترین انتشار آئروسول‌های باکتریایی در تیرماه و کمترین انتشار در اسفندماه می‌باشد. مطالعات مشابهی که توسط برزا (۹) و کرزنیهوسکا^۲ (۲۳) در این زمینه انجام شده است نیز موید این مطلب است که در ماه‌های گرم سال انتشار بیوآئروسول‌ها بیشتر از ماه‌های سرد می‌باشد. طبق گزارش کرزیستوفیک^۳، رطوبت نسبی بالا همراه با دمای بالای نقطه انجماد و باد ضعیف، سبب تشکیل آگلومره‌های باکتریایی می‌شود، که خود سبب افزایش جرم ذرات و افزایش سرعت سقوط آن‌ها در طول تابستان می‌شود (۲۴). همچنین نتایج این مطالعه مشخص کرد که بیشترین انتشار آئروسول‌های قارچی در اسفندماه و کمترین انتشار مربوط به تیرماه می‌باشد. این در حالی است که مطالعه آپلیگر^۴ ثابت کرده است که میزان انتشار قارچ‌ها در ماه‌های تابستان ۸ برابر ماه‌های زمستان می‌باشد (۲۵). کلیه گونه‌های قارچی شناسایی شده قادر به تشکیل اسپور بوده که این امر این گونه‌ها را در برابر تغییرات محیطی حفظ می‌نماید. بنابراین غالب بودن این جنس و گونه‌ها را می‌توان به قابلیت متابولیکی آنها که توزیع و بقائشان را در شرایط نامطلوب محیطی مثل تابش پرتو فرابنفش، فقدان مواد مغذی یا دماهای بالا نسبت داد. غلظت قارچ‌ها در محیط داخل علاوه بر اینکه متأثر از بار قارچی محیط خارج است با سکونت، فعالیت و تردد افراد نیز مرتبط است (۲۶). به عبارت دیگر در محیط‌های بسته فعالیت‌های انسانی و تراکم جمعیت بر غلظت قارچ‌ها تاثیر می‌گذارد. از این‌رو

وجود بالاتر بودن غلظت قارچ‌ها در ساختمان اداری را می‌توان به این واقعیت نسبت داد. مقایسه نتایج این مطالعه با نتایج حاصله از سایر مطالعات نشان‌گر همخوانی این یافته‌ها می‌باشد. علاوه بر این غالب‌بودن گونه‌های باسیلوس را در این مطالعه، می‌توان به این امر نسبت داد که این باکتری‌ها توانایی تشکیل اسپور داشته و در برابر شرایط سخت محیطی مقاوم می‌باشند، بنابراین بقای آنها در هوا زیاد می‌باشد. استفیلوکوکوس‌ها از باکتری‌های فلور طبیعی دستگاه گوارش انسان‌ها هستند و در محیط داخل به علت حضور افراد میزان این جنس از باکتری‌ها بالا بوده است. نتایج آماری این مطالعه نشان داد که پارامترهای محیطی مانند دما، رطوبت، فصل سال و شاخص پرتو فرابنفش با میزان انتشار آئروسول‌های قارچی ارتباط معنادار دارند. ولی بین میزان انتشار آئروسول‌های باکتریایی و متغیرهای ذکر شده ارتباط معنادار وجود نداشت. مطالعات آپلیگر نیز موید این مطلب است (۲۵). پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش فاصله از منبع آلودگی تعداد بیوآئروسول‌ها نیز کاهش می‌یابد. مطالعات فرناندو^۵ (۲۷) و کاردوچی^۶ (۴) نیز در این زمینه نشان داد که با افزایش فاصله از منبع آلودگی میزان انتشار آئروسول‌های باکتریایی به طور مشخصی کاهش می‌یابد. ولی در رابطه با انتشار آئروسول‌های قارچی همان‌طور که در این مطالعه نیز اثبات شد، بین فاصله و میزان انتشار ارتباط معنادار وجود نداشت. در این مطالعه مجموع کل قارچ‌های شناسایی شده در طول ۴ ماه نمونه‌برداری ۶۶۳ کلنی در پلیت که نسبت به مجموع کل باکتری‌های شناسایی شده ۱۷۴۴۲ کلنی در پلیت، کمتر است. شاید یک دلیل آن اندازه قارچ‌ها باشد، غالباً اندازه قارچ‌ها در حدود ۲/۱-۳/۳ میکرون است در صورتی که اندازه باکتری‌ها در حدود ۱/۱-۲/۱ میکرون است لذا با توجه به اینکه

¹ Pascual² Korzeniewska³ Krzysztovic⁴ Oppliger⁵ Fernando⁶ Carducci

اندازه قارچ‌ها بزرگتر است می‌توانند زودتر رسوب کنند، که این می‌تواند یکی از دلایل کم‌تر بودن میزان قارچ‌ها نسبت به باکتری‌ها باشد (۲۸). بیشتر گونه‌های باسیلوس عمدتاً پاتوژن فرصت طلب بوده‌اند و باعث گاستروآنتریت، عفونت‌های چشمی و سپسیس مرتبط با کاتتر داخل وریدی می‌شود. همچنین در ایجاد دو شکل از مسمومیت‌های غذایی نیز سهم می‌باشد. استافیلوکوکوس‌ها نیز که از عوامل مهم بیماری‌زا در انسان هستند سبب ایجاد طیف وسیعی از بیماری‌های سیستمیک تهدیدکننده حیات از جمله عفونت‌های مربوط به پوست، بافت‌های نرم، استخوان‌ها، مجاری ادراری و عفونت‌های فرصت طلب می‌شوند.

استافیلوکوکوس‌ها نیز که از عوامل مهم بیماری‌زا در انسان هستند سبب ایجاد طیف وسیعی از بیماری‌های سیستمیک تهدید کننده حیات از جمله عفونت‌های مربوط به پوست، بافت‌های نرم، استخوان‌ها، مجاری ادراری و عفونت‌های فرصت طلب می‌شوند (۲۹).

نتیجه گیری

این مطالعه غلظت و سطح آلودگی باکتری‌ها و قارچ‌های منتقله از هوا در اطراف واحدهای عملیاتی و فرآیندی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران را توصیف می‌نماید. انتقال میکروارگانیسم‌ها از فاضلاب به هوا به طور عمده طی روش‌های مکانیکی تصفیه مانند به حرکت درآوردن فاضلاب (دانه‌گیری) و یا طی تصفیه بیولوژیکی مانند هوادهی رخ می‌دهد (۳۰،۳۱). رینیت آلرژیک، آسم، برونشیت مزمن و سندروم گرد و غبار آلی سمی از جمله گروه‌های عمده بیماری‌های تنفسی هستند که در نتیجه تماس با بیوآئروسول‌ها ایجاد می‌شوند (۳۲). نتایج این مطالعه گویای این مطلب است که در تماس قرار گرفتن کارگران تصفیه‌خانه به ویژه طی فرآیندهای هوادهی بایستی محدود شود. جداسازی فیزیکی مناطق آلوده‌تر از مناطق با آلودگی کمتر

در تصفیه‌خانه می‌تواند یکی از روش‌های موثر برای حفاظت از کارگران در آن محدوده باشد (۱۴). استفاده از هوادهای دیفیوزری به جای هوادهای گسترده سطحی، به عنوان یکی از روش‌های مناسب جهت کاهش انتشار بیوآئروسول‌ها پیشنهاد می‌شود، چرا که در اکثر موارد سیستم‌های هوادهی عامل اصلی انتشار بیوآئروسول‌ها در هوای اطراف تصفیه‌خانه فاضلاب می‌باشند. لذا نوع سیستم هوادهی تا حد زیادی بر میزان انتشار بیوآئروسول‌ها موثر می‌باشد. هوادهای دیفیوزری نسبت به هوادهای گسترده، تلاطم کمتری در فاضلاب ایجاد می‌کنند لذا حباب‌های تولیدشده توسط آنها نیز کوچک‌تر می‌باشد (۳،۱۴). مطالعات نشان داده است که غلظت میکروارگانیسم‌ها در آئروسول‌های تولیدی ۱۰۰-۱۰۰۰ برابر بیشتر از خود فاضلاب است و تعداد این میکروارگانیسم‌ها با افزایش اندازه حباب، افزایش می‌یابد (۳۳). لذا نوع سیستم هوادهی می‌تواند تا حد زیادی بر میزان تولید این بیوآئروسول‌ها موثر باشد (۱۵،۲۳،۲۷). علاوه بر این وجود یک اتاقک به عنوان پوشش، تعداد آئروسول‌ها را در تصفیه‌خانه و محیط اطراف آن کاهش می‌دهد (۱۵،۲۰،۲۳،۲۷). در نهایت رعایت بهداشت فردی به همراه واکسیناسیون، شست و شوی مرتب دست‌ها با آب گرم و صابون و استفاده از لباس‌های محافظ به ویژه هنگام کار در مناطق آلوده‌تر می‌تواند یک روش مناسب برای پیشگیری از ایجاد عفونت در بین کارگران تصفیه‌خانه و انتقال آن به افراد دیگر باشد (۸)، و با توجه به عدم وجود رهنمود و استاندارد مشخصی در رابطه با آلودگی میکروبی هوای تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، ضروری به نظر می‌رسد تا دستگاه‌های مسئول اقدامات لازم را در تدوین این رهنمودها انجام دهند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از مسئولین محترم تصفیه‌خانه شهرک قدس تهران به خاطر همکاری صمیمانه در طول دوره پژوهش و همچنین از مسئولین آزمایشگاه میکروبیولوژی محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران تشکر و قدردانی نمایند. این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان بررسی پتانسیل واحدهای فرآیندی

و عملیاتی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران در انتشار آئروسول‌های باکتریایی و قارچی و مقایسه آن با دو نقطه خارج از تصفیه‌خانه، مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۹۲، به کد ۲۱۰۴۴ می‌باشد که با حمایت پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران اجرا شده است.

References

- 1- Fannin KF, Vana SC, Jakubowski W. Effect of an activated sludge wastewater treatment plant on ambient air densities of aerosols containing bacteria and viruses. *Applied and environmental microbiology*. 1985;49(5):1191-6.
- 2- Li L, Gao M, Liu J. Distribution characterization of microbial aerosols emitted from a wastewater treatment plant using the Orbal oxidation ditch process. *Process Biochemistry*. 2011;46(4):910-5.
- 3- Sánchez-Monedero M, Aguilar M, Fenoll R, Roig A. Effect of the aeration system on the levels of airborne microorganisms generated at wastewater treatment plants. *Water Research*. 2008;42(14):3739-44.
- 4- Carducci A, Tozzi E, Rubulotta E, Casini B, Cantiani L, Rovini E, et al. Assessing airborne biological hazard from urban wastewater treatment. *Water Research*. 2000;34(4):1173-8.
- 5- Kruczalak K, Olanczuk-Neyman K. Microorganisms in the Air Over Wastewater Treatment Plants. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2004;13(5):537-42.
- 6- Lee JH, Jo WK. Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings. *Environmental research*. 2006;101(1):11-7.
- 7- Orsini M, Laurenti P, Boninti F, Arzani D, Ianni A, Romano-Spica V. A molecular typing approach for evaluating bioaerosol exposure in wastewater treatment plant workers. *Water Research*. 2002;36(5):1375-8.
- 8- Heinonen-Tanski H, Reponen T, Koivunen J. Airborne enteric coliphages and bacteria in sewage treatment plants. *Water Research*. 2009;43(9):2558-66.
- 9- Breza-Boruta B, Paluszak Z. Influence of water treatment plant on microbiological composition of air bioaerosol. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2007;16(5):663.
- 10- Wlazło A, Pastuszka J, Łudzeń-Izbińska B, Pracy ZHMIM. Assessment of workers' exposure to airborne bacteria at a small wastewater treatment plant. *Medycyna Pracy*. 2002;53(2):109-14.
- 11- Sawyer B, Elenbogen G, Rao K, O'Brien P, Zenz DR, Lue-Hing C. Bacterial aerosol emission rates from municipal wastewater aeration tanks. *Applied and environmental microbiology*. 1993;59(10):3183-6.
- 12- Jensen PA, Schafer MP. Sampling and characterization of bioaerosols. NIOSH manual of analytical methods Cincinnati, OH: US Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health. 1998:82-112.
- 13- Bauer H, Fuerhacker M, Zibuschka F, Schmid H, Puxbaum H. Bacteria and fungi in aerosols generated by two different types of wastewater treatment plants. *Water Research*. 2002;36(16):3965-70.
- 14- Kim K-Y, Kim H-T, Kim D, Nakajima J, Higuchi T. Distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in the feedstuff-manufacturing factories. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;169(1-3):1054-60.
- 15- Filipkowska Z, Janczukowicz W, Krzemieniewski M, Pesta J. Microbiological air pollution in the surroundings of an Ecoblock wastewater treatment plant. *Biuletyn Naukowy Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*. 2002;9(4):273-80.

- 16- Michalkiewicz M, Pruss A, Dymaczewski Z, Jeż-Walkowiak J, Kwaśna S. Microbiological Air Monitoring around Municipal Wastewater Treatment Plants. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2011;20(5):1243-50.
- 17- Małecka-Adamowicz M, Donderski W, Dokładna W. Microflora of Air in the Sewage Treatment Plant of Kapuściska in Bydgoszcz. 2011;5(20):1235-42
- 18- Karra S, Katsivela E. Microorganisms in bioaerosol emissions from wastewater treatment plants during summer at a Mediterranean site. *Water Research*. 2007;41(6):1355-65.
- 19- Tang JW. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents. *Journal of the Royal Society Interface*. 2009;6(Suppl 6):S737-S46.
- 20- Filipkowska Z, Janczukowicz W, Krzemieniewski M, Pesta J. Microbiological air pollution in the surroundings of the wastewater treatment plant with activated-sludge tanks aerated by horizontal rotors. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2000;9(4):273-80.
- 21- Laitinen S, Kangas J, Kotimaa M, Liesivuori J, Martikainen PJ, Nevalainen A, et al. Workers' exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. *American Industrial Hygiene Association*. 1994;55(11):1055-60.
- 22- Pascual L, Pérez-Luz S, Yanez MA, Santamaria A, Gibert K, Salgot M, et al. Bioaerosol emission from wastewater treatment plants. *Aerobiologia*. 2003;19(3):261-70.
- 23- Korzeniewska E, Filipkowska Z, Gotkowska-Płachta A, Janczukowicz W, Dixon B, Czułowska M. Determination of emitted airborne microorganisms from a BIO-PAK wastewater treatment plant. *Water Research*. 2009;43(11):2841-51.
- 24- Krzysztofik B. Air microbiology. Warsaw University of Technology Publishing House, Warszawa. 1992.241-43
- 25- Oppliger A, Hilfiker S, Duc TV. Influence of seasons and sampling strategy on assessment of bioaerosols in sewage treatment plants in Switzerland. *Annals of Occupational Hygiene*. 2005;49(5):393-400.
- 26- Rosas I, Calderón C, Martínez L, Ulloa M, Lacey J. Indoor and outdoor airborne fungal propagule concentrations in Mexico City. *Aerobiologia*. 1997;13(1):23-30.
- 27- Fernando NL, Fedorak PM. Changes at an activated sludge sewage treatment plant alter the numbers of airborne aerobic microorganisms. *Water Research*. 2005;39(19):4597-608.
- 28- Schlesinger P, Mamane Y, Grishkan I. Transport of microorganisms to Israel during Saharan dust events. *Aerobiologia*. 2006;22(4):259-73.
- 29- Walker A. review of the microbiology and bacterial diseases Publications of Ahvaz Medical Sciences University. 2005. 143-303
- 30- Filipkowska Z, Janczukowicz W, Krzemieniewski M, Pesta J. Municipal wastewater treatment plant with activated sludge tanks aerated by CELPOX devices as a source of microbiological pollution of the atmosphere. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2002;11(6):639-48.
- 31- Haas D, Unteregger M, Habib J, Galler H, Marth E, Reinthaler FF. Exposure to bioaerosol from sewage systems. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2010;207(1-4):49-56.
- 32- Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D. Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Annals of Occupational Hygiene*. 2003;47(3):187-200.
- 33- Bünger J, Schappler-Scheele B, Hilgers R, Hallier E. A 5-year follow-up study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants. *International archives of occupational and environmental health*. 2007;80(4):306-12.

Investigation of Airborne Bactria and Fungi in Tehran's Shahrake Ghods WWTP and Its Association with Environmental Parameters

Kermani M¹, Dehghani A^{*2}, Farzadkia M³, Nadafi K⁴, Bahrami Asl F⁵, Zeinalzadeh D⁶

1. Assistant professor in Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2. MSc of Environmental Health Engineering, Air Pollution Research Center, Institute of Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3. Associate professor in Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4. Professor in Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

5. PhD student of Environmental Health Engineering, School of Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran

6. MSc of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

* *Corresponding author.* Tel: +982188779118 Fax: +982188622707 E-mail: anahita_h662000@yahoo.com

Received: Sep 12, 2013 Accepted: Jan 27, 2014

ABSTRACT

Background & Objectives: In recent years exposure to bioaerosols has been an important matter of concern; causing danger to human health. This study aimed to determine bacterial and fungal pollution in ambient air of Tehran's Shahrake Ghods waste water treatment and investigate its relations to environmental parameters.

Material and Methods: This cross-sectional study was done in Tehran WWTP for 4 months. 440 samples were taken from grit chamber, aeration tank, aerobic digester, 100 meters apart from the last unit of the treatment plant, and management building of treatment plant by a passive method using 9cm plates. Soy agar and dextrose agar were used for sampling of Trypticase and Sabouraud, respectively.

Results: Concentrations varied from 62 to 1823 CFU/Plate for bacteria and from 1 to 50 CFU/Plate for fungi. The highest concentration of bacterial pollution was observed in aeration digester with an average of 3303 CFU/Plate and the lowest one related to grit chamber with an average of 586 CFU/Plate. In terms of fungal pollution, respective highest and lowest numbers were quantified in grit chamber with an average of 61 CFU/Plate and aeration system with an average of 41 CFU/Plate. Dominant species for bacteria were *Bacillus*, *Staphylococcus*, and *Micrococcus* and for fungi were *Cladosporium*, *Alternaria* and *Penicillium*.

Conclusion: According to the results, operational and processing units of WWTP influence pollution load and dispersion of bioaerosols. Therefore, appropriate environmental health management in WWTP could be one of the important factors reducing dispersion of bioaerosols.

Keywords: Aeromicrobiology; WWTP; Bioaerosol; Indoor Air.