بررسی تراکم بیوآئروسل‌ها در هوای محیط‌های مختلف داخل ساختمان

حامد میرحسینی [۱]، مهناز نیک‌آیین [۲]، مریم حاتم‌زاده [۳]، اکبر حسن‌زاده [٤]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: بیوآئروسل‌ها به ذرات بیولوژیک منتقله توسط هوا گفته می‌شود که شامل ارگانیسم‌های زنده مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و متابولیت‌های ناشی از آن‌ها نظیر اندوتوکسین‌ها می‌باشند. اثرات ناشی از بیوآئروسل‌ها مانند بیماری‌های عفونی و تنفسی، اثرات سمی حاد، آلرژی و سرطان طی چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این تحقیق بررسی میزان تراکم بیوآئروسل‌ها شامل باکتری و قارچ در محیط‌های داخلی (مسکونی، اداری و آموزشی) می‌باشد.

روش‌ها: این مطالعه توصیفی- مقطعی در سال ۱۳۹۱به منظور بررسی میزان باکتری‌ها و قارچ‌ها در هوای محیط‌های داخلی شامل: محیط‌های مسکونی، اداری و آموزشی با استفاده از نمونه‌بردار تک مرحله‌ای آندرسون انجام شد و در مجموع ۲۴۰ نمونه (۶۰ نمونه باکتری و ۶۰ نمونه قارچ با تکرار) برداشت شد. اثر عوامل محیطی مانند دما و رطوبت نیز بر میزان تراکم بیوآئروسل‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: هوای محیط‌های مسکونی با میانگین تراکم باکتری CFU/m^3 ۹۴۴ بالاترین غلظت باکتری را نسبت به سایر محیط‌های داخلی داشت. هم‌چنین کلاس مدرسه با میانگین تراکم قارچ CFU/m^3 ۱۰۲ دارای بیشترین بار آلودگی قارچی بود. از طرفی کمترین تراکم باکتری و قارچ با میانگین کلی CFU/m^3 ۱۳۲ و CFU/m^3 ۳۶ به ترتیب مربوط به محیط‌های اداری و کلاس دانشگاهی بوده است

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصله، افراد در محیط‌های داخلی به‌ویژه فضاهای مسکونی در معرض غلظت‌های بالایی از بیوآئروسل‌ها قرار دارند و تراکم باکتری‌های هوابرد و قارچ در هوای فضاهای بسته مورد بررسی بیش از مقادیر پیشنهادی ارایه شده توسط WHO (CFU/m^3 ۵۰۰) می‌باشد، که می‌تواند باعث ایجاد خطرات بهداشتی و بیماری‌های تنفسی به ویژه در کودکان و افراد حساس شود.

واژه‌های کلیدی: بیوآئروسل، هوای محیط‌های داخلی، قارچ، باکتری

ارجاع: میرحسینی حامد، نیک‌آیین مهناز ، حاتم‌زاده مریم ، حسن‌زاده اکبر. **بررسی تراکم بیوآئروسل‌ها در هوای محیط‌های مختلف داخل ساختمان.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۳؛ ۱۰(۲): ۳۸۵-۳۷۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۰۹ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۹**

۱. دانشجوی دکتری بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲. دانشیارگروه مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول)
Email: nikaeen@hlth.mui.ac.ir

۳. کارشناس آزمایشگاه، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

٤. مربی، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

مقدمه

بیوآئروسل‌ها شامل باکتری‌های مرده و زنده‌ی بیماری‌زا یا غیر بیماری‌زا، ویروس‌ها، قارچ‌ها، کپک‌ها، آلرژن‌ها با وزن ملکولی بالا، اندوتوکسین باکتری‌ها، سموم قارچی، پپتیدوگلیکان، گرده و فیبرهای گیاهی هستند که اندازه آن‌ها از ۰/۰۰۱ تا ۱۰۰ میکرومتر متغیر است (۱). بخش قابل تنفس بیوآئروسل‌ها یعنی ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون به دلیل قابلیت نفوذ به عمق سیستم تنفسی بیشترین نگرانی را به خود اختصاص می‌دهند. این ذرات منتقل شده توسط هوا (هوابرد) بخش مهمی از آئروسل‌ها هستند که گاهی تا ۵۰ درصد کل

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

آئروسل‌ها را تشکیل می‌دهند (۲). ترکیب بیوآئروسل‌ها به منشأ، مکانیسم آئروسله شدن و شرایط محیطی غالب در محل بستگی دارد (۳). بیوآئروسل‌ها از عوامل اصلی آلودگی هوای محیط‌های سربسته یا داخل ساختمان می‌باشند به گونه‌ای که ۳۴-۵ درصد آلودگی هوای داخل ساختمان مربوط به این ذرات هوابرد است (۴). افزایش عایق‌بندی ساختمان همراه با تهویه ضعیف، محیط‌هایی را با تماس بالا با بیوآئروسل‌ها بویژه کپک‌ها ایجاد کرده است. مطالعات انجام شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا نیز مؤید این واقعیت است که آلودگی هوای محیط‌های بسته، مخاطره انگیزتر از آلودگی هوای آزاد است. مشکل کیفیت هوای فضاهای بسته زمانی مطرح و جدی شد که ساکنان برخی فضاها از ناراحتی‌هایی مثل ریزش مو، خارش پوست، چشم، حساسیت، خستگی، سردرد و سرگیجه شکایت داشتند. بیماری‌های مربوط به ساختمان (Building Related Illness) عبارتی است که اشاره بر بیماری‌هایی دارد که با در معرض قرار گرفتن هوای ساختمان، بروز می‌کنند. بیوآئروسل‌ها از راه‌های مختلف (استنشاق، بلع یا جذب پوستی) وارد بدن انسان می‌شوند و اثرات بهداشتی مختلفی را ایجاد می‌کنند که شامل بیماری‌های واگیر، اثرات سمی حاد، آلرژی و سرطان می‌شود. استنشاق مهم‌ترین مسیر انتقال این میکروارگانیسم‌ها به بدن می‌باشد. عفونت تنفسی و تضعیف عملکرد ریه از اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه با بیوآئروسل‌ها است (۵). تماس با بیوآئروسل‌ها بر خلاف مواد شیمیایی به دلایلی مانند نوع میکروارگانیسم، نحوه‌ی ورود و تفاوت در پاسخ فردی از نظر بهداشتی فاقد حد آستانه می‌باشد (۷-۶). در چند سال اخیر نمونه‌برداری و آنالیز میکروارگانیسم‌های منتقل شده توسط هوا به دلایلی مانند آلودگی هوای داخل ساختمان، مسأله بیوتروریسم، اثرات بهداشتی ناشی از بیوآئروسل‌ها، مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات اپیدمیولوژیکی نشان داده است که سندرم ساختمان بیمار، به تماس با غلظت‌های بالای میکروارگانیزم های هوابرد مرتبط است که منجر به بیماری‌های عفونی مختلف نظیر عفونت‌های ریوی و غیره می‌شود (۹-۸). از آن‌جایی که افراد جوامع مختلف از کودکان تا افراد سالخورده بیشتر از ۹۰ درصد وقت خود را در داخل ساختمان سپری می‌کنند و زمان تماس با یک آلاینده مشخص، نقش زیادی در شدت اثر آن دارد می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تأثیر یک آلاینده در هوای داخل ساختمان بسیار بیشتر از هوای آزاد است (۱۱-۱۰). با در نظر گرفتن این‌که کودکان به نسبت وزن بدن هوای بیشتری از بزرگسالان دریافت می‌کنند و افراد سالخورده نیز سیستم دفاعی ضعیفی دارند بنابراین خطر تماس این افراد با بیوآئروسل‌ها بسیار بیشتر است. فاکتورهای محیطی از قبیل دما، رطوبت و میزان تهویه تأثیر به‌سزایی در غلظت بیوآئروسل‌های داخل ساختمان دارد (۵). در طراحی ساختمان‌های جدید به دلیل تمرکز روی حفظ انرژی میزان تهویه کاهش یافته است که این امر منجر به افزایش غلظت بیوآئروسل‌ها در محیط‌های داخلی شده است (۱۲). فعالیت‌هایی مانند صحبت کردن، عطسه کردن، سرفه کردن، راه رفتن، شستشو و غیره می‌توانند عامل تولید ذرات معلق بیولوژیکی باشند. گاهی اوقات مواد غذایی، گیاهان و حیوانات خانگی، مواد چوبی و مواد تشکیل‌دهنده مبلمان، منسوجات و فرش، اسپورهای قارچ را در هوا آزاد می‌سازند (۱۳). WHO در سال ۲۰۰۹ اولین رهنمود را در زمینه کیفیت هوای داخل ساختمان با تأکید بر میزان رطوبت و قارچ‌های کپکی منتشر کرده است (۵). رشد قارچ‌ها نیازمند رطوبت نسبی ۷۰ درصد است بنابراین محیط آشپزخانه و حمام برای رشد و تکثیر آن‌ها مناسب‌تر می‌باشد. اسپور این قارچ‌ها در هوا معلق شده و علاوه بر بیماری‌های عفونی که توسط برخی قارچ‌ها مانند *آسپرژیلوس* به وجود می‌آید، بیشتر قارچ‌ها در اثر تولیدات متابولیکی‌شان علایم حساسیت‌زایی شدیدی را موجب می‌شوند (۱۴). پارامترهایی مانند سرعت جریان باد، حجم نمونه‌برداری و قدرت تقسیم ذره بر غلظت و تعداد آئروسل‌ها تأثیر دارند. روش‌های متعددی جهت نمونه‌برداری از آئروسل‌ها ارایه شده است لیکن، نمونه‌برداری و آنالیز بیوآئروسل‌ها به‌دلیل دارا بودن ویژگی‌های خاص مشکلاتی را

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

به همراه دارد (۱۵). وسایل استاندارد زیادی برای جمع‌آوری بیوآئروسل‌ها وجود دارد ولی برای نمونه‌برداری استانداردهای قابل پذیرش همگانی وجود ندارد.

با توجه به موارد فوق و اهمیت باکتری‌ها و قارچ‌ها در آلودگی محیط‌های داخلی و این‌که تاکنون در ایران مطالعه جدی در این زمینه صورت نگرفته است لذا در این پژوهش به منظور افزایش اطلاعات در زمینه بیماری‌های بالقوه ناشی از بیوآئروسل‌ها در داخل ساختمان‌های مسکونی، اداری و آموزشی؛ اقدام به بررسی غلظت بیوآئروسل‌ها در داخل ساختمان شد.

روش‌ها

این مطالعه توصیفی- مقطعی که در سال ۱۳۹۱ بر روی هوای محیط‌های داخلی شامل: محیط‌های مسکونی، اداری و آموزشی انجام شد از دو مرحله تشکیل یافته است، مرحله اول آن نمونه‌برداری از بیوآئروسل‌های موجود در فضاهای مختلف داخل ساختمان همراه با اندازه‌گیری رطوبت و دما در هنگام نمونه‌برداری و مرحله دوم شامل: شمارش، شناسایی و تشخیص کلنی‌های رشد یافته بود. محل‌های نمونه‌برداری در این پژوهش شامل: منزل مسکونی، ساختمان اداری، آزمایشگاه میکروب‌شناسی، مدرسه ابتدایی، کلاس درس دانشگاه و خوابگاه دانشجویی می‌باشند. عمل نمونه‌برداری هوا در ۶۰ مکان مختلف با استفاده از نمونه‌بردار تک‌مرحله‌ای اندرسن در ارتفاع ثابت ۱/۵ متر از سطح زمین (ارتفاع تنفسی انسان) در مدت زمان نمونه‌برداری ۵ دقیقه با دبی ۱۵ لیتر بر دقیقه انجام شد و در مجموع ۲۴۰ نمونه (۶۰ نمونه باکتری و ۶۰ نمونه قارچ با تکرار) از هوای محیط‌های مختلف داخل ساختمان برداشت گردید. نمونه‌برداری در روش تک‌مرحله‌ای اندرسن بر اساس برخورد مستقیم نمونه هوا با پلیت حاوی محیط کشت بوده که پس از انجام نمونه‌برداری، نمونه‌ها در شرایط ۴ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شد.

در این مطالعه از محیط کشت (MEA یا Malt extract agar) حاوی آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل (غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) برای کشت قارچ‌ها و محیط کشت (TSA یا Tryptic soy agar) حاوی نیستاتین (غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) برای کشت باکتری‌ها استفاده شد. نمونه‌های باکتریایی در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸- ۲۴ ساعت قرار گرفت(۱۶). تشخیص کلنی‌های باکتریایی با استفاده از آزمایشات گرم و تست‌های بیوشیمیایی کاتالاز و کواگولاز انجام شد. نمونه‌های قارچ در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۷-۵ روز قرار گرفت. جهت تشخیص گونه‌های قارچی با توجه به شکل کلنی و شکل میکروسکوپی شناسایی انجام گردید. با توجه به این‌که در هر مورد نمونه‌برداری، دو پلیت حاوی محیط کشت یکسان (duplicate) برای نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گرفته بود، میانگین تعداد شمارش شده دو پلیت به عنوان تعداد باکتری‌ها و قارچ‌های موجود در هوا استفاده گردید. سپس تراکم کلنی‌های شمارش شده بسته به حجم هوای نمونه‌برداری شده بر اساس واحد CFU/m^3 محاسبه گردید. جهت تعیین ارتباط بین تعداد کلنی و شرایط محیطی، در هر محل سنجش دما و رطوبت هوا با استفاده از دستگاه KIMO مدل AMI300 صورت گرفت.

یافته‌ها

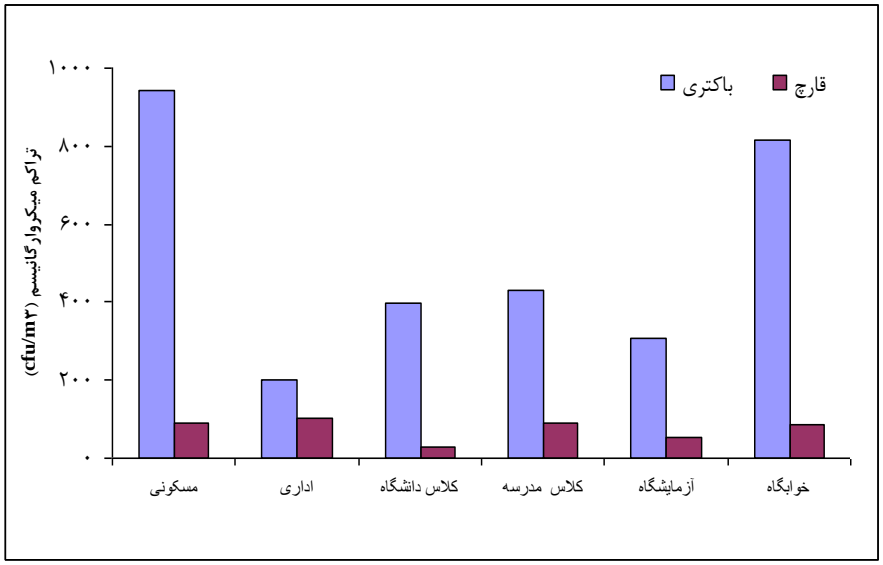
بر اساس نمونه‌گیری‌های انجام شده در محیط‌های مختلف داخلی مشخص گردید، هوای محیط‌های مسکونی با میانگین تراکم باکتری CFU/m^3 ۹۴۴ بالاترین مقدار را نسبت به سایر محیط‌های داخلی دارد. هم‌چنین هوای محیط‌های اداری با میانگین تراکم قارچ CFU/m^3 ۱۰۳ دارای بیشترین بار آلودگی قارچی است. از طرفی کمترین تراکم باکتری و قارچ به ترتیب با میانگین کلی CFU/m^3 ۲۰۱ و CFU/m^3 ۲۶ به ترتیب مربوط به محیط‌های اداری و کلاس دانشگاهی می‌باشد. میانگین، حداقل و حداکثر تراکم بیوآئروسل‌ها در هوای محیط‌های داخلی در جدول (۱) ارایه شده است. نمودار (۱) مقایسه میزان تراکم غلظت باکتری‌ها و قارچ‌ها در هوای محیط‌های مختلف را نشان می‌دهد. نتایج آزمون آماری نشان داد که بین میانگین کلی غلظت باکتری و قارچ در محیط‌های داخلی مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p < ۰/۰۰۱$).

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

نمودار (۲) درصد فراوانی بیشترین گونه‌های قارچی موجود در هوای محیط‌های داخلی را نشان می‌دهد که بیشترین درصد قارچ موجود در نمونه‌ها مربوط به قارچ سیاه (۶۶/۸ درصد) بود. آنالیز مربوط به آئروسل‌های باکتریایی موجود در هوای محیط‌های داخلی نشان داد که ۴۱ درصد نمونه‌ها باسیل گرم مثبت، ۱۵ درصد باسیل گرم منفی، ۳۵ درصد کوکسی گرم مثبت و ۹ درصد کوکسی گرم منفی هستند (نمودار ۳). به منظور ارزیابی اثر عوامل محیطی بر تراکم بیوآئروسل‌ها، در هنگام نمونه‌برداری میزان رطوبت و دمای هوای محیط های داخلی مورد سنجش قرار گرفت. جدول ۲ ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن را بین پارامترهای مختلف نشان می‌دهد. آنالیز همبستگی Spearman نشان داد که بین غلظت باکتری‌ها با دما و رطوبت ارتباط مستقیم وجود دارد ($p<۰/۰۵$). در حالی‌که این آنالیز ارتباط معنی‌داری بین غلظت قارچ‌ها با دما و رطوبت را نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

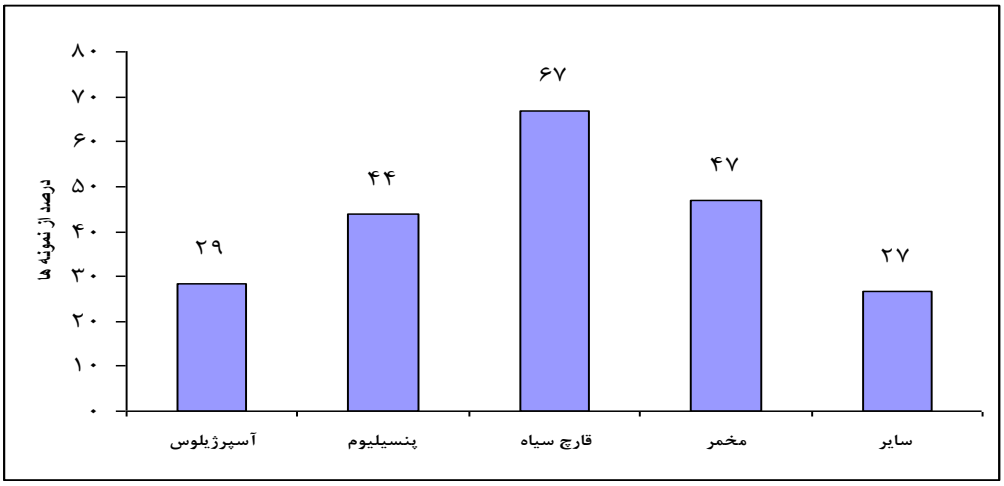
جدول ۱. میانگین، حداقل و حداکثر تراکم بیوآئروسل‌ها در هوای محیط‌های داخلی مختلف (CFU/m^3)

میکروارگانیسم / نام محیط	باکتری			قارچ			گونه های آسپرژیلوس		
	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل
مسکونی	۹۴۴	۲۷۷۸	۱۳۳	۹۰	۳۰۰	۲۲	۳	۱۷	۰
اداری	۲۰۱	۶۲۲	۷۷	۱۰۳	۲۵۵	۲۲	۹	۴۴	۰
خوابگاه	۸۱۵	۲۴۴۴	۳۳	۸۷	۳۸۸	۰	۷	۳۳	۰
مدرسه	۴۳۰	۸۸۸	۱۲۲	۸۸	۱۶۶	۴۴	۹	۲۲	۰
کلاس دانشگاه	۳۹۵	۸۸۸	۸۸	۲۶	۷۷	۰	۴	۲۲	۰
آزمایشگاه	۳۰۸	۶۶۶	۴۴	۵۴	۱۳۳	۱۱	۱۶	۸۹	۰
کل	۵۱۵	۲۷۷۸	۳۳	۷۵	۳۸۸	۰	۸	۸۹	۰

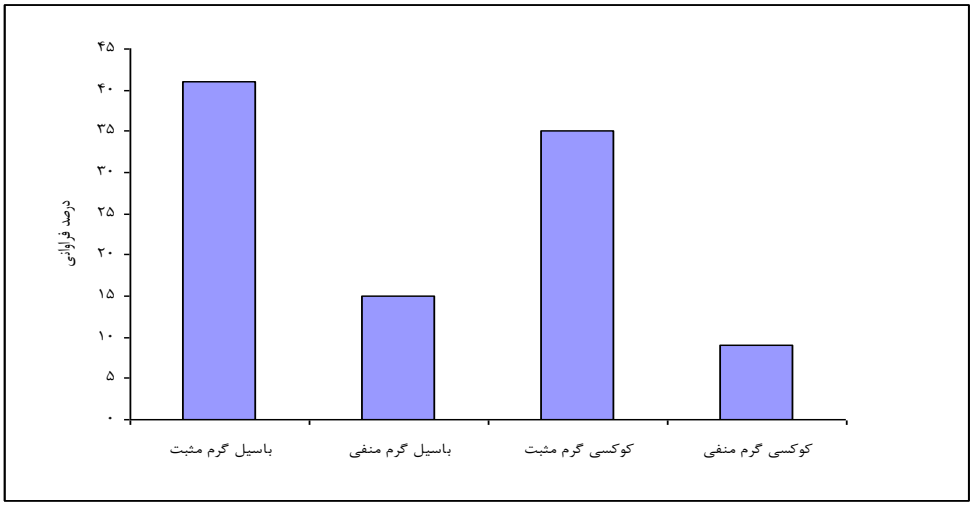


[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

نمودار ۱. مقایسه میانگین تعداد باکتری و قارچ در هوای محیط‌های داخلی



نمودار ۲. درصد فراوانی گونه های قارچ غالب در هوای محیط های داخلی



نمودار ۳. درصد فراوانی گونه های باکتری غالب در هوای محیط های داخلی

جدول ۲. ماتریس ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین پارامترهای مختلف

پارامتر	باکتری	قارچ	دما	رطوبت
باکتری				
قارچ	-۰/۹۱			
دما	۰/۲۹۷*	-۰/۰۱۴		
رطوبت	۰/۲۴*	۰/۰۶۵	۰/۰۹۴	

*سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

بحث

قرار گرفتن در معرض بیوآئروسل‌ها با گستره وسیعی اثرات بهداشتی از قبیل بیماری‌های عفونی، اثرات سمی حاد یا آلرژی در ارتباط است. مطابق رهنمود WHO میانگین غلظت برای تک گونه بیماری‌زا و سمی قارچ در هوای داخل ساختمان نباید بالاتر از CFU/m^3 ۵۰ باشد و برای ترکیبی از انواع گونه‌های قارچی مقدار کمتر یا برابر CFU/m^3 ۱۵۰ قابل قبول است (۱۷). با توجه به نتایج به‌دست آمده، میانگین کلی غلظت قارچ در هوای فضاهای داخلی (CFU/m^3 ۷۵) پایین‌تر از غلظت رهنمود WHO می‌باشد. با این وجود حداکثر مقادیر به دست آمده در هوای داخلی فضاهای مسکونی، اداری، خوابگاه و کلاس مدرسه بالاتر از مقدار رهنمود ارایه شده است و می‌تواند باعث ایجاد خطرات بهداشتی و بیماری‌های تنفسی شود (۲۱-۱۸).

میانگین تراکم باکتری در هوای فضاهای مسکونی در این تحقیق (CFU/m^3 ۹۴۴) نزدیک به دو برابر مقدار رهنمود WHO برای هوای محیط‌های داخلی (CFU/m^3 ۵۰۰) است. ولی از رهنمود اتحادیه اروپا برای هوای خانه‌های مسکونی (CFU/m^3 ۱۰۰۰) کمتر است (۶).

در رهنمود ارایه شده توسط گروه مدیریت کیفیت هوای داخلی هنگ‌کنگ مقدار باکتری‌های هوابرد در فضاهای داخلی با غلظت کمتر از CFU/m^3 ۵۰۰ در کلاس عالی و غلظت کمتر از CFU/m^3 ۱۰۰۰ در کلاس خوب رتبه‌بندی شده است (۲۲). مقایسه نتایج به دست آمده برای باکتری‌های هوابرد در محیط‌های داخلی با این رهنمود نشان می‌دهد که هوای محیط‌های داخلی مسکونی و خوابگاه در کلاس خوب و بقیه در کلاس عالی قرار می‌گیرند. اگر چه مقادیر حداکثر تراکم باکتری‌های هوابرد به ویژه در فضاهای مسکونی و خوابگاه، ۲/۵ تا ۳ برابر مقدار ارایه شده برای کلاس خوب است، که این می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی و عدم تهویه مناسب باشد. در پژوهش انجام شده توسط Jo و همکاران بر روی میزان تراکم بیوآئروسل‌ها در هوای محیط‌های داخلی شامل مدرسه ابتدایی، منزل مسکونی و مراکز تفریحی، تعداد کلی کلنی قارچ و باکتری بین ۱۰ تا ۱۰۰۰ CFU/m^3 گزارش شده است و در هوای اکثر محیط‌های داخلی از مقدار رهنمود کشور کره (CFU/m^3 ۸۰۰) بالاتر بوده است (۲۰).

Gorny و همکاران در بررسی بیوآئروسل‌های موجود در هوای محیط‌های مسکونی میزان تراکم باکتری را بین ۸۸ تا ۴۷۵۱ CFU/m^3 گزارش کردند (۲۳). در مطالعه Mentese و همکاران با روش نمونه‌برداری اندرسن تک‌مرحله‌ای، حداکثر میزان باکتری و قارچ در هوای محیط اداری به ترتیب برابر ۲۸۳ و ۲۷۴ CFU/m^3 بوده است (۲۴). مقایسه این مطالعات با نتایج حاصله از مطالعه حاضر نشان می‌دهد حداکثر میزان غلظت باکتری در هوای محیط‌های مسکونی در این تحقیق، کمتر از مقادیر گزارش شده توسط Gorny و همکاران بوده است. ولیکن حداکثر میزان غلظت باکتری و قارچ در محیط اداری به ترتیب با CFU/m^3 ۶۲۲ و CFU/m^3 ۲۵۵ بالاتر از میزان تراکم حاصله از این مطالعات است. بر طبق نتایج مطالعه حاضر شایع‌ترین قارچ‌های موجود در هوای محیط‌های داخلی به ترتیب آلترناریا، کلادوسپوریوم، پنسیلیوم و آسپرژیلوس بودند. Kim و همکاران گونه‌های غالب قارچ‌های منتقله توسط هوای داخل بیمارستان را به ترتیب کلادوسپوریوم (۳۰درصد)، پنیسیلیوم (۲۵-۲۰درصد)، آسپرژیلوس (۲۰-۱۵درصد) و آلترناریا (۲۰-۱۰درصد) گزارش کردند (۲۵). حد آستانه غلظت جهت بروز علایم آلرژیک برای آلترناریا ۱۰۰ اسپور در هر متر مکعب است و غلظت‌های بالای CFU/m^3 ۵۰ اسپورهای آسپرژیلوس با شیوع بالای سندرم بیماری ساختمان در ارتباط است (۱۴). مقایسه این مقدار با نتایج به دست آمده برای قارچ آسپرژیلوس نشان می‌دهد که میانگین تراکم این قارچ در همه محیط‌های داخلی پایین‌تر از میزان تراکم عنوان شده است. اما، هوای محیط آزمایشگاه با میزان تراکم حداکثر CFU/m^3 ۸۹، بالاتر از این مقدار بوده و می‌تواند ایجاد مخاطرات بهداشتی مرتبط با آسپرژیلوس را نماید. رشد قارچ‌ها در محیط داخلی به میزان رطوبت و منبع کربن در دسترس آن‌ها بستگی دارد بنابراین

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

مهم‌ترین راهکار برای کاهش یا از بین بردن رشد قارچ‌ها، کنترل رطوبت موجود و آلاینده‌های آلی در فضاهای داخلی است.

همان‌گونه که بیان شد در این تحقیق بین غلظت باکتری با دما و رطوبت ارتباط معنی‌داری وجود داشت که با مطالعه انجام شده توسط Zhu و همکاران در مورد غلظت باکتری‌های منتقله توسط هوا در محیط‌های داخلی و بیرونی همخوانی دارد (۲۶) ولی آنالیز همبستگی پیرسون در بررسی انجام شده توسط نورمرادی و همکاران، ارتباط معنی‌داری را بین رطوبت و دمای محیط با غلظت بیوآئروسل‌ها نشان نداد (۱۶).

ارزیابی کیفیت میکروبیولوژی هوای محیط‌های داخلی اداری و مراکز خرید توسط Nunes و همکاران نشان داد که ۹۴/۳ تا ۹۹/۴ درصد از نمونه‌های گرفته شده دارای غلظت بیوآئروسل کمتر از $750 CFU/m^3$ (مقدار رهنمود کشور برزیل) بوده‌اند و دما و رطوبت تأثیر معنی‌داری در تراکم بیوآئروسل‌ها نداشته است (۲۷).

در بررسی کیفیت هوای داخلی و بیرونی مدارس ابتدایی در لیسبون، میانگین تراکم باکتری و قارچ برای کلاس‌های این مدارس بین CFU/m^3 ۹۳۴-۱۶۳۴ گزارش شده است و ناشی از عدم تهویه مطلوب بوده است (۲۱). این مقادیر برای هوای داخلی کلاس‌های درس مدرسه در مطالعه حاضر پایین‌تر بوده و بین CFU/m^3 ۱۰۵۵- ۸۳ می‌باشد. بخش عمده‌ای از زمان کودکان در مدرسه و کلاس درس سپری می‌شود و این قشر به‌دلیل حجم هوای تنفسی بیشتر نسبت به وزن بدن و ضعیف‌تر بودن سیستم ایمنی بدنشان حساسیت بیشتری نسبت به آلاینده‌های داخلی به ویژه بیوآئروسل‌ها دارند. از طرفی مدارس در بخش توسعه و نگهداری از تسهیلات (سیستم تهویه، تجهیزات و امکانات...) همواره با کمبود بودجه مواجه هستند بنابراین نیاز به توجه ویژه‌ای به محیط‌های آموزشی مربوط به کودکان وجود دارد و پایش مستمر در این بخش را می‌طلبد. طراحی مناسب، افزایش حجم کلاس درس و کاهش تراکم جمعیت کلاس نقش به سزایی در کاهش غلظت بیوآئروسل‌ها دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که ۷۶ درصد باکتری‌های موجود در هوای محیط‌های داخلی گرم مثبت (۴۱ درصد باسیل و ۳۵ درصد کوکسی) و ۲۴ درصد گرم منفی (۱۵ درصد باسیل و ۹درصد کوکسی) بودند. در حالی‌که در مطالعه Aydogdu و همکاران بر روی باکتری‌های منتقله توسط هوا در مرکز مراقبت از کودکان مشخص شد که ۹۵ درصد کل باکتری‌ها گرم مثبت بوده و کوکسی‌های گرم مثبت در محیط داخلی غالب بودند (۲۸).

در سال‌های اخیر استاندارد یکسان بین‌المللی برای حداکثر قابل قبول غلظت و بار بیوآئروسل گزارش نشده است. ولی در کشورهای مختلف از اصطلاحات متفاوتی مانند: مقدار حد آستانه، مقدار رهنمود، حداکثر مقدار قابل قبول، حداکثر غلظت مجاز و غلظت شاخص استفاده می‌شود (۵). در حال حاضر حد آستانه‌ای برای غلظت بیوآئروسل‌ها در منازل مسکونی ارایه نشده است تنها تعدادی از سازمان‌ها مقادیر رهنمودی برای بیوآئروسل‌ها در محیط‌های داخلی بیان کرده‌اند. تراکم جمعیت بالا و نوع و اندازه واحدهای مسکونی، هم‌چنین پارامترهایی مانند شرایط آب و هوایی و جغرافیایی در میزان تراکم بیوآئروسل‌ها در منازل تأثیرگذار است (۲۰). در مجموع این بررسی نشان داد که افراد در محیط‌های داخلی به‌ویژه فضاهای مسکونی در معرض غلظت‌های بالایی از بیوآئروسل‌ها قرار دارند و تراکم باکتری‌های هوابرد و قارچ در هوای فضاهای بسته مورد بررسی در مواردی از مقادیر پیشنهادی بالاتر بوده است و بنابراین خطر ابتلا به سندرم ساختمان بیمار و مشکلات تنفسی به‌ویژه در بچه‌ها، افراد سالخورده و افراد حساس وجود دارد.

افزایش میزان تهویه با استفاده از سیستم‌های مکانیکی یا طبیعی می‌تواند نقش مهمی در بهبود کیفیت هوای داخل خانه ایفا کند. کاستن از نفوذ هوای بیرون و هم‌چنین وجود کانون‌های بالقوه آلاینده در داخل فضاهای بسته به شدت بر کیفیت هوای داخل تأثیر می‌گذارد و تهویه‌ی طبیعی را کم می‌کند در نتیجه باید بیشتر به تهویه مصنوعی به عنوان بخشی

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

از سیستم سرد و گرم متکی بود، این وضع ایجاب می‌کند که برای حصول اطمینان از کار مؤثر این دستگاه‌ها از آن‌ها به درستی مراقبت به عمل آید. با ترکیب داده‌های مرتبط با بار میکروبی و داده‌های حاصل از اثرات بهداشتی ناشی از استنشاق میکروارگانیسم‌های خاص موجود در هوا می‌توان خطرات در معرض ساکنین داخل ساختمان را ارزیابی کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح پژوهشی مصوب به شماره ۲۹۱۱۴۱ در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان است. نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند از حمایت‌های مادی و معنوی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان قدردانی نمایند.

References

1. Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D. Bioaerosol health effects and exposure assessment: Progress and prospects. Ann Occup Hyg 2003;47(3):187-200.
2. Albrecht A, Fischer G, Fischer G Fau - Brunnemann-Stubbe G, Brunnemann-Stubbe G Fau - Jackel U, etal. Recommendations for study design and sampling strategies for airborne microorganisms, MVOC and odours in the surrounding of composting facilities. International Journal of Hygiene and Environmental Health 2008; 211(1-2):121-31.
3. Reponen T. Methodologies for Assessing Bioaerosol Exposures. Philadelphia: Elsevier Science: Encylopedia of Enviromental Health; 2011: 722-30 p.
4. Kalogerakis N, Paschali D, Lekaditis V, Pantidou A, Eleftheriadis K, Lazaridis M. Indoor air quality—bioaerosol measurements in domestic and office premises. Journal of Aerosol Science 2005; 36(5–6):751-61.
5. Haliki-Uztan A1, Ateş M, Abaci Ö, Gülbahar O, Erdem N, Çiftçi Ö, et al. Determination of potential allergenic fungal flora and its clinical reflection in suburban elementary schools in Izmir. Environ Monit Assess 2010;168(1-4):691-702.
6. Mandal J, Brandl H. Bioaerosols in Indoor Environment - A Review with Special Reference to Residential and Occupational Locations. The Open Environmental & Biological Monitoring Journal 2011; 4:83-96.
7. Tsai FC, Macher JM, Hung Y-Y. Biodiversity and concentrations of airborne fungi in large US office buildings from the BASE study. Atmospheric Environment 2007; 41(25):5181-91.
8. Bernasconi C, Rodolfi M, Picco AM, Grisoli P, Dacarro C, Rembges D. Pyrogenic activity of air to characterize bioaerosol exposure in public buildings: a pilot study. Lett Appl Microbiol 2010;50(6):571-7.
9. Brandl H, Däniken A, Hitz C, Krebs W. Short-term dynamic patterns of bioaerosol generation and displacement in an indoor environment. Aerobiologia 2008;24(4):203-9.
10. Haas D, Habib J, Galler H, Buzina W, Schlacher R, Marth E, et al. Assessment of indoor air in Austrian apartments with and without visible mold growth. Atmospheric Environment 2007; 41(25):5192-201.
11. Haleem Khan AA, Mohan Karuppayil S. Fungal pollution of indoor environments and its management. Saudi Journal of Biological Sciences 2012; 19(4):405-26.
12. Lee JH, Jo WK. Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings. Environmental Research 2006; 101(1):11-7.
13. Franck U, Herbarth O, Röder S, Schlink U, Borte M, Diez U, et al. Respiratory effects of indoor particles in young children are size dependent. Science of The Total Environment 2011; 409 (9):1621-31.
14. Kobayashi T1, Iijima K, Radhakrishnan S, Mehta V, Vassallo R, Lawrence CB, et al. Asthma-related environmental fungus, Alternaria, activates dendritic cells and produces potent Th2 adjuvant activity. J Immunol 2009;182(4):2502-10.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

15. Li K. Molecular comparison of the sampling efficiency of four types of airborne bacterial samplers. Sci Total Environ 2011;409(24):5493-8.
16. Nourmoradi H, Nikaeen M, Amin M, Hatamzadeh M. An Investigation on Bio-aerosol Concentrations in the Different Wards of Hospitals of Isfahan University of Medical Sciences. Journal of Isfahan Medical School 2011; 29(149):1028-36.[In Persian]
17. Rao CY, Burge HA, Chang JC. Review of Quantitative Standards and Guidelines for Fungi in Indoor Air. J Air Waste Manag Assoc 1996;46(9):899-908.
18. Wolkoff P. Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance. Int J Hyg Environ Health 2013;216(4):371-94.
19. Bonetta S, Bonetta S, Mosso S, Sampò S, Carraro E. Assessment of microbiological indoor air quality in an Italian office building equipped with an HVAC system. Environ Monit Assess 2010; 161(1-4):473-83.
20. Jo W-K, Seo Y-J. Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities, elementary schools, and homes. Chemosphere 2005;61(11):1570-9.
21. Pegas PN, Evtyugina MG, Alves CA, Nunes T, Cerqueira M, Franchi M, et al. Outdoor/indoor air quality in primary schools in Lisbon: a preliminary study. Química Nova 2010; 33(5):1145-9.
22. Group IAQM. A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places. Hong Kong: The Government of the Hong Kong Special Administrative Region; 2003.
23. Górny RL, Dutkiewicz J. Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries. Ann Agric Environ Med 2002;9(1):17-23.
24. Mentese S, Arisoy M, Rad AY, Güllü G. Bacteria and Fungi Levels in Various Indoor and Outdoor Environments in Ankara, Turkey. Clean – Soil, Air, Water 2009; 37(6):487-93.
25. Kim KY, Kim YS, Kim D. Distribution Characteristics of Airborne Bacteria and Fungi in the General Hospitals of Korea. Industrial Health 2010; 48:236-43.
26. Zhu H, Phelan P, Duan T, Raupp G, Fernando HS, Che F. Experimental study of indoor and outdoor airborne bacterial concentrations in Tempe, Arizona, USA. Aerobiologia 2003; 19(3-4):201-11.
27. Nunes ZG, Martins AS, Altoe ALF, Nishikawa MM, Leite MO, Aguiar PF, et al. Indoor air microbiological evaluation of offices, hospitals, industries, and shopping centers. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 2005; 100:351-7.
28. Aydogdu H, Asan A, Tatman Otkun M. Indoor and outdoor airborne bacteria in child day-care centers in Edirne City (Turkey), seasonal distribution and influence of meteorological factors. Environ Monit Assess 2010; 164(1-4):53-66.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

Assessment of bioaerosol concentration in the indoor environments

Seyed Hamed Mirhoseini [1], Mahnaz nikaeen [2], Maryam Hatamzadeh [3], Akbar Hassanzadeh [4]

Original Article

Abstract

Background: Bioaerosol is defined as airborne particles such as living organisms include bacteria, fungi and their related metabolites, such as endotoxin. Over the recent years, health effects of bioaerosols such as infectious and respiratory diseases, acute toxic effects, allergies and cancer have been considered. The aim of this study was to evaluate the bacterial and fungal concentrations in indoor air of various environments.

Methods: This cross - sectional study was conducted in 2013. A single-stage Andersen biosampler was used for the bacterial and fungal collection in the air of indoor environments. A total of 240 samples (60 samples of bacteria and 60 samples of fungus with repeat) were analyzed. The effects of environmental factors such as temperature and humidity on bioaerosol concentrations were also evaluated.

Findings: The highest average concentration of airborne bacteria was seen in the residential environments 944 CFU/m^3 and the highest fungal concentration 102 CFU/m^3 was obtained in school classrooms. However, indoor air of offices and university classrooms had the lowest concentration of bacterial and fungal bioaerosols with the overall mean of 132 and 36 CFU/m^3, respectively.

Conclusion: According to the results, the bioaerosol concentration in the indoor air of some environments was higher than of WHO guideline, which can cause health risks and respiratory diseases, especially in children and people who are sensitive. Increasing the ventilation rate by mechanical equipment or natural systems can be effective in improving indoor air quality

Keywords: Bioaerosol, Indoor Air, Fungi, Bacteria

Citation: Mirhoseini H, Nikeaeen M, Hatamzadeh M, Hassanzadeh A. **Assessment of bioaerosol concentration in the indoor environments.** J Health Syst Res 2014; 10(2):376-385

Received date: 30.11.2013 **Accept date: 18.02.2014**

1. PhD Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran. (Corresponding Author) Email:Nikaeen@hlth.mui.ac.ir
3. Laboratory of microbiology, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
4. Lecturer, Department of Statistics and Epidemiology, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]