Journal of Research in Environmental Health
Volume10, Issue1, Spring 2024

Determination of Bacterial Bio-aerosols Type and Its Concentration in Indoor Air of Tehran in 2023

Pezhman Gheitasian
Department of Environmental Health Engineering, deputy of health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Seyed Mohammad Tabatabaee
Associate Professor, Department of sports medicine school of medicine, Iran University of medical sciences, Tehran, Iran.
Anoushiravan Mohseni-Bandpey
Professor ,Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Massoudinejad Mohammad Reza
Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Science Tehran, Tehran, Iran.
Mohsen Farhadi
Head of the National Tobacco Control Secretariat, Ministry of Health and Medical Education.
Elham Shariatmadari
Deputy of health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Mehdi Kamari
Department of Environmental Health Engineering, Deputy of health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Maryam meserghani
*Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. (Corresponding Author) m_eserghany@yahoo.com

Received: 2023/08/26
Accepted: 2024/01/20
Doi: 10.22038/jreh.2024.24359

Abstract

Background and Purpose: Bioaerosols are airborne particles that include living organisms, such as bacteria and fungi, and their related metabolites, including endotoxins. This study aimed to investigate the exposure of individuals to bacterial bioaerosols in indoor air and explore the factors influencing their concentration.

Materials and Methods: This research was conducted across 11 wards of the Camp Collection to assess indoor air quality. A total of 224 samples were analyzed. The resulting bacterial colonies were counted, and bacterial density was expressed as colony-forming units per cubic meter (CFU/m³). The data obtained were analyzed using SPSS, ANOVA.

Results: The mean bacterial concentration was 721 CFU/m³. The most prevalent bacteria identified in the air samples were Staphylococcus aureus and Staphylococcus epidermidis.

Conclusion: In some environments, the bioaerosol concentration in indoor air exceeded the World Health Organization (WHO) guidelines, posing health risks and increasing the likelihood of respiratory diseases. To mitigate these risks, it is recommended to control individual traffic, modify disinfectant types and application procedures on ward surfaces, and establish the standard and suitable ventilation systems.

Keywords: Bio-Aerosol, Indoor Air, Bacteria, Microbial Diversity

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Citation: Gheitasian P, Tabatabaee S.M, Mohseni- Bandpey A, Massoudinejad M.R, Farhadi M, Shariatmadari E, Kamari M, Meserghani M. Determination of Bacterial Bio-aerosols Type and Its Concentration in Indoor Air of Tehran in 2023. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2024; 10(1):20-30.

بررسی تنوع و تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در هوای تنفسی مراکز اقامتی درمان سوءمصرف مواد تهران در سال ۱۴۰۲

پژمان قیطاسیان
گروه مهندسی بهداشت محیط، معاونت بهداشت دانشگاه علوم‌پزشکی و خدمات بهداشتی‌درمانی ایران، تهران، ایران.
سیدمحمد طباطبایی
استادیار، گروه طب‌ورزش دانشگاه علوم‌پزشکی و خدمات بهداشتی‌درمانی ایران، تهران، ایران.
انوشیروان محسنی بندپی
استاد، گروه مهندسی بهداشت‌محیط، دانشگاه علوم‌پزشکی‌وخدمات‌بهداشتی‌درمانی شهیدبهشتی، تهران، ایران.
محمدرضا مسعودی‌نژاد
استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
محسن فرهادی
رییس دبیرخانه ستاد کشوری کنترل دخانیات وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران.
الهام شریعتمداری
معاونت بهداشت دانشگاه علوم‌پزشکی و خدمات بهداشتی‌درمانی ایران، تهران، ایران.
مهدی کمری
گروه مهندسی بهداشت‌محیط، معاونت بهداشت دانشگاه علوم‌پزشکی و خدمات بهداشتی‌درمانی شهیدبهشتی، تهران، ایران.
مریم مصرقانی
* دکترا، گروه مهندسی بهداشت‌محیط، معاونت بهداشت دانشگاه علوم‌پزشکی و خدمات بهداشتی‌درمانی ایران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
m_eserghany@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: بیوآئروسل‌ها به ذرات بیولوژیک منتقله توسط هوا گفته می‌شود که شامل ارگانیسم‌های زنده مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و متابولیت‌های ناشی از آن‌ها نظیر اندوتوکسین‌ها می‌باشند. این مطالعه با هدف تعیین تراکم و تنوع بیوآئروسل‌های باکتریایی در هوای داخلی مراکز اقامتی درمان سوءمصرف مواد و بررسی فاکتورهای تاثیرگذار بر روی غلظت آن‌ها انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این مطالعه با هدف بررسی تراکم و تنوع بیوآئروسل‌های باکتریایی در هوای محیط داخل ساختمان ۱۱ مرکز اقامتی درمان سوءمصرف مواد با استفاده از نمونه‌بردار تک‌مرحله‌ای انجام شد. در مجموع ۲۲۴ نمونه برداشت و اعداد کلنی‌ها شمارش و باکتری‌ها تعیین هویت شدند، در نهایت تراکم باکتری‌ها بر حسب CFU/m^3 گزارش شد و داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS مورد تحلیل آزمون آماری ANOVA قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین تراکم کل بیوآئروسل‌ها CFU/m^3، ۷۲۱ بوده است که در ۶۰ درصد موارد نمونه‌برداری بالاتر از حدود توصیه شده است. بیشترین درصد باکتری‌های شناسایی‌شده در نمونه‌های هوا استافیلوکوک اورئوس، استافیلوکوک اپیدرمیدس بود.

نتیجه‌گیری: تراکم باکتری‌های هوابرد در هوای فضاهای بسته موردبررسی بیش از مقادیر پیشنهادی ارایه‌شده توسط WHO (CFU/m^3 ۵۰۰) بود که می‌تواند باعث خطرات بهداشتی و بیماری‌های تنفسی گردد. می‌بایست کنترل و حضور افراد، استفاده از شیوه‌ها و مواد گندزدایی مناسب جهت ضدعفونی‌کردن سالن‌ها، ایجاد سیستم‌های تهویه استاندارد و مناسب، طراحی و اجرا گردد.

کلیدواژه‌ها: بیوآئروسل، باکتری، هوای محیط داخلی، تراکم میکروبی

استناد: قیطاسیان پ، طباطبایی س.م، محسنی بندپی ا، مسعودی‌نژاد م، فرهادی م، شریعتمداری ا، کمری م، مصرقانی م. بررسی تنوع و تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در هوای تنفسی مراکز اقامتی درمان سوءمصرف مواد تهران در سال ۱۴۰۲. فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط. بهار ۱۴۰۳؛۱۰(۱)؛۲۰-۳۰.

مقدمه

دستگاه تنفسی به طور متوسط حدود ۱۲۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰ لیتر هوا و میکروارگانیسم‌های موجود در آن را روزانه استنشاق می‌کند. هوا چه هوای آزاد و چه هوای داخل ساختمان در صورت آلوده‌بودن می‌تواند سلامت انسان را به مخاطره بیاندازد. اهمیت کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها به‌دلیل زمان زیادی است که افراد در این محیط‌ها سپری می‌کنند و همچنین زمان تماس با آلاینده نقش زیادی را در شدت اثر آن دارد. بهترین شرایط برای حیات یک بیوآئروسل رطوبت بالا و دمای متوسط است که معمولا در فضاهای بسته و جمعیت بالا این شرایط حاکم است و می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر یک آلاینده در هوای داخل ساختمان می‌تواند بیشتر از هوای آزاد باشد(۱-۳). تماس با بیوآئروسل‌ها با گستره‌ی وسیعی از اثرات بهداشتی چون عامل انتقال بیماری‌های واگیر، ایجاد اثرات سمی حاد و یا آلرژی حائز اهمیت است. بیوآئروسل‌ها به ذرات بیولوژیک منتقله توسط هوا گفته می‌شود که شامل باکتری‌های مرده و زنده‌ی بیماری‌زا یا غیربیماری‌زا، ویروس‌ها، قارچ‌ها، کپک‌ها، آلرژن‌ها با وزن مولکولی بالا، اندوتوکسین باکتری‌ها، سموم قارچی، پپتید وگلیکان، گرده و فیبرهای گیاهی هستند که اندازه‌ی آن‌ها از ۰/۰۰۱ تا ۱۰۰ میکرومتر متغیر است(۴, ۵). بخش قابل تنفس بیوآئروسل‌ها یعنی ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون به‌دلیل قابلیت نفوذ به عمق سیستم تنفسی بیشترین نگرانی را به‌خود اختصاص می‌دهند. این ذرات منتقله توسط هوا (هوابرد) بخش مهمی از آئروسل‌هایی می‌باشند که گاهی تا ۵۰ درصد کل آئروسل‌ها را تشکیل می‌دهند. مواجهه با بیوآئروسل‌ها وجه مشترک زندگی همه‌ی مردم می‌باشد. مواجهه‌ی افراد بیمار و یا حساس با میکروب‌ها در محیط‌های بسته احتمال ابتلا به بیماری‌های عفونی را بیش‌تر می‌کند (۶-۸). پاتوژن‌های هوابرد درحال حاضر یک چالش مهم در بیماری‌زایی و انتشار بیماری‌های هوابرد را دارند. عفونت‌های منتقله توسط هوا در سراسر جهان مسئول مرگ میلیون‌ها نفر در سال در کشورهای با درآمد کم و متوسط می‌شود. (۶, ۹) بیوآئروسل‌ها از عوامل اصلی آلودگی هوای محیط‌های سربسته یا داخل ساختمان می‌باشند به گونه‌ای که ۵-۳۴ درصد آلودگی هوای داخل ساختمان مربوط به این ذرات هوابرد است(۱۰, ۱۱).

بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی در حال حاضر بیماری‌های تنفسی در مقایسه با سایر بیماری‌ها افزایش بیشتری دارند مانند طاعون، تولارمی، سیاه‌زخم، آسم، آنفلوانزا، سل و برخی از پاندمی‌ها چون کووید ۱۹ از جمله بیماری‌هایی هستند که عامل ایجادکننده آن بیوآئروسل‌ها بودند و از طریق هوا منتقل می‌شوند (۱۲-۱۴) تهویه می‌تواند طبیعی، مکانیکی یا ترکیبی از هر دو باشد. تهویه مکانیکی استفاده از فن یا استفاده از سیستم تهویه مطبوع است. تهویه طبیعی بوسیله اختلاف فشار به‌وجود می‌آید و با توجه به شرایط آب‌وهوایی می‌توان تهویه طبیعی و مکانیکی استفاده کرد و تهویه‌ی تلفیقی به‌عنوان یک گزینه‌ی موثر در صرفه‌جویی و استفاده از انرژی پاک و دوستدار محیط‌زیست مطرح است (۹, ۱۵). در شرایط با آب‌وهوای مناسب، تهویه‌ی مکانیکی دارای راندمان مشابه با تهویه طبیعی است. در تهویه‌ی طبیعی تعداد دفعات تعویض هوا ACH و پیکربندی تهویه در تمام فضاهای اتاق حائز اهمیت است. فاکتورهای موثر بر میزان تهویه ۱) حساسیت افراد ساکن، ۲) فاکتور اتاق (وسعت، نظافت و ...)، فاکتور سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی و نرخ تهویه (نرخ تغییر هوا، جریان هوا سیستم) حاکم است. مطالعات متعددی نشان داده است بازکردن پنجره‌ها و درها به‌طور طبیعی باعث ۲۸ — ۴۰ بار تغییر هوا در ساعت در اتاق می‌شود که این امر باعث کاهش شدید ذرات عفونی معلق در هوا می‌گردد. تهویه‌ی ترکیبی بر نیروهای رانش طبیعی برای فراهم نمودن میزان جریان هوای مطلوب تکیه دارد و زمانی‌که میزان جریان تهویه طبیعی بسیار پایین باشد از تهویه مکانیکی استفاده می‌شود(۱۶, ۱۷)

خطر شیوع بیماری‌های تنفسی در مراکز تجمعی(زندان‌ها، کمپ‌ها، مراکز اقامتی و نگه‌داری سالمندان و معتادین، مراکز آموزشی و بهداشتی‌درمانی همیشه وجود داشته است. مراکز اقامتی بلندمدت درمان سوءمصرف مواد (کمپ‌ها) به‌دلیل خطر بزرگی چون شیوع عفونت‌های هوابرد و حضور افراد حساس بیشتر حائز اهمیت می‌باشد. غلظت آلودگی هوای داخل، بستگی به فاکتورهای زیادی ازجمله منابع داخلی، میزان انتشار، میزان تبادل هوا، نفوذ آلاینده‌های خارجی به محیط داخل و میزان ته‌نشست یا حفظ آلاینده‌ها روی سطوح داخلی دارد (۱۸, ۱۹). سیستم‌های تهویه و هم‌چنین سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی در اماکن

تجمعی نیز می‌تواند عامل انتشار بسیاری از عوامل بیماری‌زا باشد(۱۴). تهویه ازجمله عوامل بسیار موثر در تصفیه و حذف عوامل هوابرد در فضاهای دربسته می‌باشد و فاکتورهای محیطی از قبیل دما، رطوبت، میزان تهویه تاثیر به‌سزایی در غلظت بیوآئرسول‌ها داخل ساختمان دارد. در طراحی ساختمان‌های جدید به‌دلیل تمرکز روی حفظ انرژی با افزایش عایق‌بندی و کاهش تهویه، محیط‌هایی را با تماس بالا بیوآئروسل‌ها ایجاد کرده است. تهویه فرایندی است که در آن هوا به‌طور عمده به یک فضا وارد می‌شود و هوای کهنه از آن خارج می‌شود. تهویه عبارتند از ورود هوای تازه و پخش آن در بخش‌های مختلف به‌منظور فراهم نمودن هوای سالم، کاهش غلظت آلاینده‌ها و با شرط این‌که خطر گسترش آلودگی به دیگر بخش‌ها و یا فضاهای خارجی انتقال پیدا نکند(۲۰-۲۲). بنابراین هوای محیط‌های بسته ممکن است حاوی انواع میکروارگانیسم‌ها از قبیل باکتری، قارچ و ویروس باشد که برخی از آن‌ها می‌توانند سلامت انسان را تحت‌تاثیر قرار دهند(۲۳). کمپ‌ها با توجه به شرایط خاص حاکم بر آن از نظر محدودیت و ثابت‌بودن فضاها و خوابگاه‌ها و از سویی ورود روزانه افراد جدید از سطوح گوناگون اجتماعی و با وضعیت سلامت جسمی و شرایط سنی متفاوت می‌تواند در کنار شرایط زمینه‌ای گفته‌شده به‌همراه عوامل مستعدکننده‌ی فردی و گروهی نظیر استعمال دخانیات، ایجاد کانون‌های نشر عوامل بیماری‌زا در غالب ذرات هوابرد از طریق تنفس، عطسه و سرفه نماید با توجه به این‌که کیفیت بیولوژیک هوای اماکن تجمعی چون مراکز اقامتی درمان سوءمصرف مواد (کمپ‌ها) حائز اهمیت می‌باشد، مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی تنوع و تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در هوای محیط داخل ساختمان در ۱۱ مرکز اقامتی درمان سوءمصرف مواد شامل ۲۸ نقطه نمونه‌برداری (سالن سم‌زدایی، بهبودی و ورزش) واقع در محدوده‌ی دانشگاه علوم‌پزشکی ایران در سال ۱۴۰۲ و مقایسه‌ی آن با میزان استاندارد مرتبط بود.

روش‌کار

این پژوهش یک مطالعه‌ی توصیفی- مقطعی بود که در یک بازه‌ی زمانی ۳ ماهه (مهر، آبان و آذر سال ۱۴۰۲) انجام شد. بررسی تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در هوای محیط داخل ساختمان در ۱۱ مرکز اقامتی درمان سوءمصرف مواد (کمپ) شامل ۲۸ سالن واقع در محدوده‌ی دانشگاه علوم-پزشکی ایران انجام شد. نمونه‌برداری از نظر وجود بیوآئروسل‌های باکتریایی، دما و رطوبت نسبی مورد بررسی قرار گرفتند. در هر کمپ سالن‌های اسکان (سالن سم‌زدایی، سالن بهبودی، سالن تربیت‌بدنی) مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار گرفت. سنجش شامل دو مرحله بود: مرحله‌ی اول شامل نمونه‌برداری از هوای داخل ساختمان و گردآوری اطلاعات هر یک از نمونه‌ها شامل نوع محیط کشت، زمان و مکان نمونه‌برداری، مدت‌زمان نمونه‌برداری، نوع تهویه، تعداد افراد حاضر در هر سالن، دما و رطوبت نسبی و مرحله‌ی دوم مطالعه شامل شمارش و شناسایی و تشخیص کلنی‌های رشدیافته بود.

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از روش توصیه‌شده‌ی کمیته‌ی بیوآئروسل مجمع دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا [1] به روش فیلتراسیون انجام گرفت. نمونه‌برداری از ۲۸ مکان مختلف با استفاده از پمپ نمونه‌گیر فردی مدل ۳۰-۲۲۴ ساخت شرکت انگلیسی [2] و دبی ۴ لیتر در دقیقه ، هلدر فیلتر تفلونی با قطر ۴۷ میلی‌متر، فیلتر میلی پور با پور سایز ۰/۴۵ میکرون و قطر ۴۷ میلی‌متر ساخت شرکت اشلیخر و شوئل آلمان با دبی، پلیت‌های یکبارمصرف با محیط کشت آگار خونی بود. دبی پمپ نمونه‌برداری قبل از نمونه‌برداری با استفاده از کالیبراتور دیجیتال، کالیبره گردید. دستگاه در ارتفاع ۱۵۰سانتی‌متر از سطح زمین در ناحیه‌ی تنفسی افراد و با فاصله بیش از ۱متری از دیوارها قرار داده شد. در مجموع ۲۲۴ نمونه در طی ۳ ماه با تکرار از محیط‌های مختلف داخل انجام شد. محیط کشت با حفظ شرایط استریل کامل در آزمایشگاه ساخته شد و تا زمان استفاده در یخچال نگهداری شدند. پس از نمونه‌برداری اطراف پلیت‌ها با پارافیلم درزگیری شد تا خطای ناشی از آلودگی ثانویه کاهش یابد. پلیت‌ها بعد از نمونه‌برداری با حفظ زنجیره سرد به آزمایشگاه منتقل شد. ضمنا در هر بار نمونه‌برداری، دما و رطوبت نسبی [3] اندازه‌گیری شد(۲۴)

شناسایی بیوآئروسل‌های باکتریایی

برای شناسایی گونه‌های باکتریایی، محیط کشت‌ها در دمای ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت۲۴ الی ۴۸ ساعت انکوبه

[1] ACGIH
[2] SKC
[3] WBGT Model MK427JY

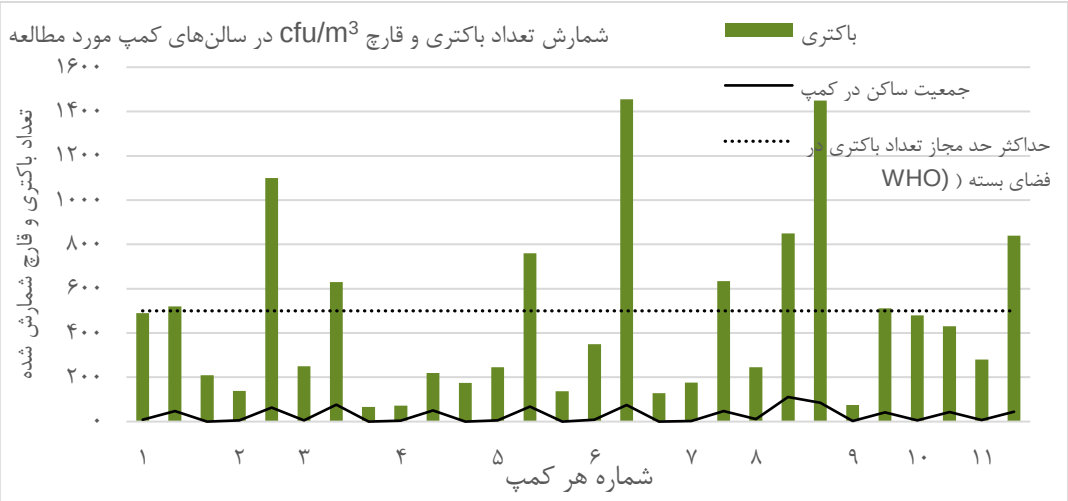
شد. برای تشخیص افتراقی باکتری‌ها از روش‌هایی مثل رنگ‌آمیزی گرم و تست‌های بیوشیمیایی کاتالاز و کواگولاز استفاده شد و در نهایت تراکم کلنی‌های شمارش‌شده بسته به حجم هوای نمونه‌برداری‌شده بر حسب تعداد کلنی شمارش‌شده در هر مترمکعب هوا CFU/m^3 گزارش شد و با راهنماهای موجود مورد مقایسه قرار گرفت(۲۴).

تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل از آمار توصیفی جهت تعیین میانگین، توزیع و انحراف‌معیار استفاده شد و از آمار تحلیلی برای تعیین تفاوت داده‌ها، همبستگی متغیرها و اخذ روابط وابستگی استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. درنهایت نتایج حاصل از شمارش کلنی‌ها با استاندارد سازمان بهداشت جهانی مقایسه گردید.

یافته‌ها

در این مطالعه از ۱۱ کمپ، جمعا ۲۸ نقطه نمونه‌برداری واقع در سالن سم‌زدایی، بهبودی و سالن‌ورزش، مورد نمونه-برداری و پایش قرار گرفت و تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی بر اساس CFU/m^3 گزارش گردید. در زمان این پژوهش (مهر، آبان و آذر ۱۴۰۲) در تمام کمپ‌های مورد مطالعه (هر نقطه حداقل ۴ بار مورد پایش قرار گرفت) حداقل یک‌بار میزان تراکم باکتری آن‌ها بالاتر از $500\ CFU/m^3$ بوده است و از ۲۸ نقطه ثابت نمونه‌برداری(سالن سم‌زدایی، بهبودی و سالن‌ورزش) ۶۰/۷ درصد موارد حداقل یک‌بار تراکم باکتری آن‌ها بالاتر از $500 CFU/m^3$ را تجربه کرده بودند. میانگین و حداکثر تراکم بیوآئروسل‌ها باکتریایی در هوای محیط‌های داخلی در **جدول ۱** ارایه شده است. در **نمودار ۱** مقایسه‌ی تعداد باکتری در کمپ‌های مختلف با در نظر گرفتن جمعیت افراد ساکن نشان داده شده است. در این مطالعه در بین بیوآئروسل‌های تشخیص داده‌شده تراکم استافیلوکوک اورئوس با درصد فراوانی ۶۴ درصد و بعد از آن به‌ترتیب استافیلوکوک اپیدرمیدیس (۵۲ درصد)، کلبسیلا (۳۲ درصد)، پسودوموناس(۲۸ درصد) و انترکوک فیکالیس با درصد فراوانی ۲۵ درصد از بقیه بیشتر بودند.



نمودار ۱. مقایسه میانگین تعداد شمارش باکتری در هر کمپ با لحاظ جمعیت اسکان در هر کمپ

جدول ۱. نتایج شمارش تعداد باکتری در سالن مراکز اقامتی ، بهبود و بازتوانی افراد دارای اختلال سوءمصرف مواد

شماره مرکز	تعداد مددجو	نام سالن	دما(سانتی گراد)	رطوبت به درصد	تعداد باکتری CFU/m³	
					میانگین	حداکثر
۱	۸	سالن سم‌زدایی	۲۵	۴۱	۴۹۰	۷۱۲
	۴۸	سالن بهبودی	۲۳/۷	۳۹	۵۲۰	۶۳۰
	-	سالن‌ورزش	۲۲	۴۴	۲۱۰	۳۹۰
۲	۵	سالن سم‌زدایی	۲۵	۴۰	۱۳۹	۲۴۹
	۶۴	سالن بهبودی	۲۴/۸	۴۶	۱۱۰۰	۱۲۳۴
۳	۶	سالن سم‌زدایی	۲۵	۴۶	۲۵۰	۴۸۰
	۷۶	سالن بهبودی	۲۶/۵	۴۹	۶۳۰	۸۷۰
	-	سالن‌ورزش	۲۴/۱	۴۴	۶۶	۳۳۰
۴	۴	سالن سم‌زدایی	۲۳	۴۸	۷۲	۱۰۰
	۵۰	سالن بهبودی	۲۶/۵	۴۸	۲۲۰	۵۴۶
	-	سالن‌ورزش	۲۷/۲	۴۵	۱۷۴	۲۵۸
۵	۶	سالن سم‌زدایی	۲۶/۴	۴۸	۲۴۵	۳۹۰
	۶۷	سالن بهبودی	۲۳/۵	۴۴	۷۶۰	۹۹۰
	-	سالن‌ورزش	۲۱	۴۳	۱۳۷	۲۳۳
۶	۹	سالن سم‌زدایی	۲۲	۴۹	۳۵۰	۵۶۸
	۷۵	سالن بهبودی	۲۵	۴۸	۱۰۵۵	۱۲۵۴
	-	سالن‌ورزش	۱۹	۴۲	۱۲۸	۳۴۸
۷	۳	سالن سم‌زدایی	۲۲	۴۸	۱۷۶	۳۷۱
	۴۷	سالن بهبودی	۲۵	۴۱	۶۳۴	۹۵۰
۸	۱۲	سالن سم‌زدایی	۲۵	۴۷	۲۴۶	۵۰۵
	۱۱۱	سالن بهبودی	۲۲	۴۷	۸۵۰	۱۰۸۶
	۸۵	سالن بهبودی	۲۱	۴۳	۱۰۵۰	۱۰۹۰
۹	۲	سالن سم‌زدایی	۱۸	۴۹	۷۵	۱۲۰
	۴۱	سالن بهبودی	۲۴	۴۹	۵۱۱	۷۲۰
۱۰	۶	سالن سم‌زدایی	۲۸	۴۴	۴۸۰	۶۵۷
	۴۳	سالن بهبودی	۲۱،۵	۴۳	۴۳۰	۷۰۹
۱۱	۷	سالن سم‌زدایی	۲۲	۴۲	۲۸۰	۵۲۵
	۴۴	سالن بهبودی	۲۴	۴۵	۸۴۰	۱۰۹۰

بحث

هوا حاوی میکروارگانیسم‌های مختلفی بوده که می‌تواند عامل بیماری‌های عفونی یا آلرژیک در انسان گردد. در هر دم که هوا وارد شش‌های انسان می‌شود و بسته به تعداد و نوع باکتری‌های موجود در آن نیز می‌توانند وارد بدن شده و ایجاد عفونت و یا عوارض آلرژیک نماید (۲۵, ۲۶). کمپ‌ها به‌دلیل اسکان جمعیت بالا و احتمال وجود عوامل هوابرد که یکی از عوامل اصلی در انتقال بیماری‌ها به‌خصوص بیماری‌های عفونی می‌باشند. این مکان‌ها همچنین به‌علت حضور افراد حساس و مواجهه با بیماری‌های مختلف از مکان‌های مهم برای داشتن استاندارد می‌باشد. برابر رهنمود سازمان بهداشت‌جهانی میانگین تراکم باکتری غیرپاتوژنیک در هوای فضای داخل ساختمان CFU/m^3 ۰-۵۰۰ و برای باکتری‌های پاتوژنیک صفر پیشنهاد شده است (۲۷). در این مطالعه بالاترین مقدار تراکم باکتری با حداکثر۱۲۵۴ CFU/m^3 در کمپ شماره‌ی ۶ سالن بهبودی با جمعیت اسکان ۷۵ نفر با متراژ ۱۰۸۰ مترمربع بدست آمد و کمترین میزان تراکم باکتری با عدد $CFU/m^3$۱۴ در سالن‌ورزش و متراژ ۱۵۰ مترمکعب به‌دست آمد.

با توجه به غلظت بیوآئروسل‌ها لازم است که این مقادیر با یک حد مجاز مقایسه شود. **جدول ۲** مقادیر رهنمود بیوآئروسل‌ها (باکتری و قارچ) در فضای در بسته در کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. مهم‌ترین علت تفاوت موجود در رهنمودهای کشورهای مختلف می‌توان به تنوع بیوآئروسل‌ها و پتانسیل متفاوت آن‌ها را در بیماری‌زایی نسبت داد.

در مطالعه نصیر و همکاران و بررسی تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در مراکز اقامتی به‌ترتیب حداقل و حداکثر کلنی شمارش‌شده باکتریایی CFU/m^3 ۱۵۵۷ و ۵۰۳۶ بود (۲۸). در مطالعه وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۰ و بررسی تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در یک بیمارستان واقع در تایوان به‌ترتیب حداقل و حداکثر کلنی شمارش‌شده باکتریایی CFU/m^3 ۳۵ و ۷۲۸ بدست آمد(۲۹) در مطالعه گیلبرت و همکاران در سال ۲۰۱۰ و بررسی تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در هوای تنفسی بیمارستانی به‌ترتیب حداقل و حداکثر کلنی شمارش‌شده باکتریایی CFU/m^3 ۳۸ و ۱۳۱ به‌دست آمد (۳۰). در مطالعه نیسلر و همکاران در سال ۲۰۱۰ و بررسی تراکم بیوآئروسل‌های باکتریایی در هوای تنفسی موزه به‌ترتیب میانگین، حداقل و حداکثر کلنی شمارش‌شده باکتریایی CFU/m^3 ۷۱۴ ، ۵۴۵ و ۸۸۳ به دست آمد(۳۱) که نتایج این مطالعه در خصوص تراکم بالای کلنی‌های باکتریایی با مطالعات فوق هم‌خوانی دارد و نشانگر غلظت بالای بیوآئروسل‌های باکتریایی در اماکن تجمعی و پرتردد می‌باشد.

جدول ۲. مقادیر رهنمود بیوآئروسل‌ها (باکتری و قارچ) در فضای در بسته در کشورهای مختلف

نام کشور	تعداد ارگانیسم‌های قابل کشت به‌عنوان واحدهای تشکیل دهنده کلنی CFU/m^3		
	باکتری	قارچ	کل بیوآئروسل(باکتری + قارچ)
برزیل		۷۵۰	
کانادا		۱۵۰	
چین	۲۵۰۰- ۷۰۰۰		
فنلاند	۴۵۰۰		
آلمان	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	
پرتغال		۵۰۰	
هلند	۱۰۰۰۰		۱۰۰۰۰
آمریکا		۱۰۰۰	
سازمان بهداشت جهانی	۵۰۰		
اتحادیه اروپا	۲۰۰۰- ۱۰۰۰۰	۲۰۰۰- ۱۰۰۰۰	

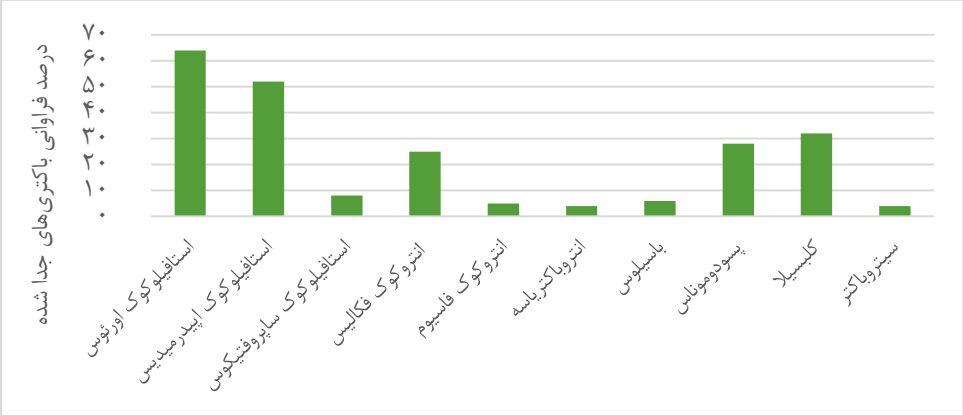
مواجهه با بیوآئروسل‌های باکتریایی می‌تواند باعث طیف وسیعی از عوارض مثل ایجاد التهاب و تحریک در سیستم دستگاه تنفسی فوقانی و تحتانی و واکنش‌های آلرژیک در ریه‌ها در افراد حساس شوند .(۳۲, ۳۳) عفونت تنفسی و تضعیف عملکرد ریه از اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه با بیوآئروسل‌ها است (۱۳, ۳۴) فاکتورهای محیطی از قبیل دما، رطوبت و میزان تهویه تاثیر به‌سزایی در غلظت بیوآئروسل‌های داخل ساختمان دارد (۳۵) فعالیت‌هایی مانند سرفه‌کردن، عطسه‌زدن، صحبت‌کردن، راه‌رفتن، شستشو و... می‌تواند باعث انتشار ذرات معلق بیولوژیکی گردد.(۳۳)

نمودار ۲ فراوانی جنس باکتری در هوای داخل سالن‌های مورد پایش را نشان می‌دهد. گونه‌ی استافیلوکوک اورئوس

با ۶۰ درصد فراوانی بیشترین گونه‌ی باکتری یافت‌شده بود که علت آن‌را می‌توان به مقاومت این گونه باکتری به دما، محیط و شرایط محیطی دانست و می‌تواند باعث عفونت‌های تنفسی در گروه‌های پرخطر گردد(۳۶). غلظت بالای کوکسی‌های گرم مثبت در هوا ممکن است به‌دلیل حساسیت کمتر این باکتری‌ها به فشار یا حرارت محیطی باشد(۳۷). انترکوک‌ها باکتری‌های مقاوم در شرایط سخت بوده، بنابراین قادر به زنده‌ماندن در هوا می‌باشد(۳۸) شلوغی و تراکم جمعیت در محل را می‌توان یکی از عوامل مهم تاثیر بر تراکم آلودگی باکتریایی دانست(۱۲). تعداد باکتری‌ها در هوا می‌تواند تابع عواملی نظیر تراکم جمعیت، میزان تهویه، شرایط بهداشتی ساختمان و ساکنین آن باشد(۳۹, ۴۰). در زمان این مطالعه ارتباط معنی‌داری بین درصد رطوبت و دمای محیط نمونه‌برداری با غلظت باکتری‌ها در هیچ کدام از نقاط موردمطالعه به‌دست نیامد(P-value > ۰/۰۵) باتوجه به موارد فوق، اصلاح سیستم تهویه ضروری می‌باشد به‌طوری‌که دبی هوای دمشی بزرگتر از دبی هوای مکشی باشد.

علی‌رغم اینکه خطرات بهداشتی مواجهه بیوآئروسل‌ها شناسایی‌شده و به قطعیت رسیده است برای این دسته از آلاینده‌های هوابرد حدود مجاز خاصی توصیه نشده و مقادیر ارایه شده هنوز در قالب پیشنهاد است که این ارقام پیشنهادی نیز دارای طیف گسترده‌ای است. علت این موضوع هم می‌تواند به تنوع بیوآئروسل‌ها و پتانسیل متفاوت آن در بیماری‌زایی نسبت داد که این موضوع توسط گیلبرت نیز مورد تاکید قرار گرفته است(۴۱).

بین تراکم جمعیت و تعداد کلنی‌ها ارتباط مستقیم و خطی برقرار بود (p-value < ۰/۰۵) همچنین همبستگی بالایی بین غلظت بیوآئروسل‌ها و تهویه برقرار بود(P-value< ۰/۰۵) ولی بین دما و رطوبت و بین غلظت بیوآئروسل‌ها شمارش‌شده رابطه‌ی همبستگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نشد.



نمودار۲. فراوانی باکتری‌ها در هوای تنفسی داخل سالن‌های مراکز اقامتی درمان سوءمصرف مواد

نتیجه‌گیری

آلودگی هوا در هر دو محیط داخلی و خارجی، اغلب علت عمده‌ی مشکلات بهداشت محیطی در نظر گرفته می‌شود و در سال‌های اخیر نگرانی عمومی در زمینه کیفیت هوای داخل ساختمان مورد توجه محققین قرار گرفته است. نتایج حاصل از این مطالعه از هوای داخل ساختمان سالن‌های ۱۱ مرکز اقامتی درمان سوءمصرف مواد در پاییز ۱۴۰۲ نشان داد در ۱۰۰ درصد کلیه مراکز بیان‌شده و ۶۰/۷ درصد نقاط مورد پایش (سالن‌های سم‌زدایی، بهبودی و ورزش) حداقل یک‌بار تراکم باکتریایی بالاتر از مقادیر توصیه‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی($۵۰۰CFU/m^3$) بودند، همچنین بیشترین درصد باکتری‌های موجود در نمونه‌های هوا مربوط به باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس و استافیلوکوک اپیدرمیدیس بود و طراحی و اجرای سیستم تهویه منطبق بر استانداردهای معتبر جهانی برای مراکز اقامتی مورد مطالعه به‌عنوان یک ضرورت مطرح می‌باشد. همچنین با

توجه به شناسایی غلظت بالای انواع باکتری‌ها در هوای تنفسی سالن‌ها رعایت موازین و دستورالعمل‌های بهداشتی و ایمنی توسط کلیه افراد ذینفع توصیه می‌گردد.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از تمامی کسانی که در انجام این پژوهش ما را یاری کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض‌منافع: نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج تفسیر مقاله تاثیر بگذارد را رد می کند.

حمایت مالی: این پژوهش حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با شماره ۲۷۷۹۱ در سال ۱۴۰۲ و حمایت مالی معاونت بهداشت دانشگاه علوم‌پزشکی ایران انجام گرفت.

ملاحظات‌اخلاقی: تمامی اصول اخلاقی در این مقاله در نظر گرفته شده است و نویسندگان در جریان هدف پژوهش و مراحل اجرای آن قرار گرفته اند.

مشارکت نویسندگان: پژمان قیطاسیان، سیدمحمد طباطبایی، انوشیروان محسنی بندپی ، محسن فرهادی، الهام شریعتمداری ، مهدی کمری، مریم مصرقانی در تمامی مراحل تحقیق مشارکت داشتند.

References

1. Ghosh B, Lal H, Srivastava AJEi. Review of bioaerosols in indoor environment with special reference to sampling, analysis and control mechanisms. 2015;85:254-72. https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.018 PMid:26436919 PMCid:PMC7132379
2. Mirhoseini SH, Nikaeen M, Satoh K, Makimur KJA, Research AQ. Assessment of airborne particles in indoor environments: Applicability of particle counting for prediction of bioaerosol concentrations. 2016;16(8):1903-10. https://doi.org/10.4209/aaqr.2015.08.0528؛
3. Menetrez M, Foarde K, Ensor DJJotA, Association WM. An analytical method for the measurement of nonviable bioaerosols. 2001;51(10):1436-42. https://doi.org/10.1080/10473289.2001.10464365 PMid:11686248؛
4. Mandal J, Brandl HJTOE, Journal BM. Bioaerosols in indoor environment-a review with special reference to residential and occupational locations. 2011;4(1). https://doi.org/10.2174/1875040001104010083؛
5. Kozdrój J, Frączek K, Ropek DJB, Environment. Assessment of bioaerosols in indoor air of glasshouses located in a botanical garden. 2019;166:106436. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106436؛
6. Srikanth P, Sudharsanam S, Steinberg RJIjomm. Bio-aerosols in indoor environment: composition, health effects and analysis. 2008;26(4):302-12. https://doi.org/10.1016/S0255-0857(21)01805-3 PMid:18974481؛
7. Gorny RL, Dutkiewicz JJAoA, Medicine E. Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries. 2002;9(1).؛
8. Brandl H, von Däniken A, Hitz C, Krebs WJA. Short-term dynamic patterns of bioaerosol generation and displacement in an indoor environment. 2008;24:203-9. https://doi.org/10.1007/s10453-008-9099-x؛
9. Hsu Y-C, Kung P-Y, Wu T-N, Shen Y-HJA, Research AQ. Characterization of indoor-air bioaerosols in Southern Taiwan. 2012;12(4):651-61. https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.03.0070؛
10. Ghosh B, Lal H, Kushwaha R, Hazarika N, Srivastava A, Jain VJSER. Estimation of bioaerosol in indoor environment in the university library of Delhi. 2013;23(3):199-207.؛
11. Mentese S, Rad AY, Arısoy M, Güllü GJI, environment b. Seasonal and spatial variations of bioaerosols in indoor urban environments, Ankara, Turkey. 2012;21(6):797-810. https://doi.org/10.1177/1420326X11425965؛
12. Kakaei K, Padervand M, Akinay Y, Dawi E, Ashames A, Saleem L, et al. A critical mini-review on challenge of gaseous O3 toward removal of viral bioaerosols from indoor air based on collision theory. 2023;30(36):84918-32. https://doi.org/10.1007/s11356-023-28402-2 PMid:37380862؛
13. Jeong SB, Ko HS, Heo KJ, Shin JH, Jung JHJAEX. Size distribution and concentration of indoor culturable bacterial and fungal bioaerosols. 2022;15:100182. https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2022.100182؛
14. Singh NK, Sanghvi G, Yadav M, Padhiyar H, Gupta A, Christian J, et al. Assessment and characterization of bioaerosols from an indoor

environment-operated wastewater management facility: unraveling pathogenicity in research laboratories. 2022;38(4):519-31. https://doi.org/10.1007/s10453-022-09763-6؛
15. Nazaroff WWJIa. Indoor bioaerosol dynamics. 2016;26(1):61-78. https://doi.org/10.1111/ina.12174 PMid:25483392 PMCid:PMC7165847؛
16. Moon KW, Huh EH, Jeong HCJEm, assessment. Seasonal evaluation of bioaerosols from indoor air of residential apartments within the metropolitan area in South Korea. 2014;186:2111-20. https://doi.org/10.1007/s10661-013-3521-8 PMid:24242232 PMCid:PMC7087851؛
17. Lee T, Grinshpun S, Martuzevicius D, Adhikari A, Crawford C, Luo J, et al. Relationship between indoor and outdoor bioaerosols collected with a button inhalable aerosol sampler in urban homes. 2006;16(1):37. https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2005.00396.x PMid:16420496 PMCid:PMC2233950؛
18. Han Y, Wang Y, Li L, Xu G, Liu J, Yang KJSotTE. Bacterial population and chemicals in bioaerosols from indoor environment: sludge dewatering houses in nine municipal wastewater treatment plants. 2018;618:469-78. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.071 PMid:29136598؛
19. Priyamvada H, Priyanka C, Singh RK, Akila M, Ravikrishna R, Gunthe SSJB, et al. Assessment of PM and bioaerosols at diverse indoor environments in a southern tropical Indian region. 2018;137:215-25. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.016؛
20. Zorman T, Jeršek BJI, Environment B. Assessment of bioaerosol concentrations in different indoor environments. 2008;17(2):155-63. https://doi.org/10.1177/1420326X08089251؛
21. Jo W-K, Seo Y-JJC. Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities, elementary schools, and homes. 2005;61(11):1570-9. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.04.103 PMid:15982704؛
22. Kalogerakis N, Paschali D, Lekaditis V, Pantidou A, Eleftheriadis K, Lazaridis MJJoAS. Indoor air quality-bioaerosol measurements in domestic and office premises. 2005;36(5-6):751-61. https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2005.02.004؛
23. Karimpour Roshan S, Godini H, Nikmanesh B, Bakhshi H, Charsizadeh AJEm, assessment. Study on the relationship between the concentration and type of fungal bio-aerosols at indoor and outdoor air in the Children's Medical Center, Tehran, Iran. 2019;191:1-13. https://doi.org/10.1007/s10661-018-7183-4 PMid:30610385؛
24. Rice EW, Bridgewater L, Association APH. Standard methods for the examination of water and wastewater: American public health association Washington, DC; 2012.؛
25. Grosskopf K, Mousavi EJAJ. Bioaerosols in health-care environments. 2014;56(8):22-31.؛
26. Stockwell RE, Ballard EL, O'Rourke P, Knibbs LD, Morawska L, Bell SCJJoHI. Indoor hospital air and the impact of ventilation on bioaerosols: a systematic review. 2019;103(2):175-84. https://doi.org/10.1016/j.jhin.2019.06.016 PMid:31279762؛
27. Heseltine E, Rosen J. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. 2009.؛
28. Nasir ZA CI. Assessment of bacterial and fungal aerosol in different residential settings. Water Air Soil Pollut. 2010;211:367-77. https://doi.org/10.1007/s11270-009-0306-3؛
29. Wang CC FG, Kuo CH. . Bioaerosols as contributors to poor air quality in Taichung City, Taiwan. Environ Monit Assess. 2010;166:1-9. https://doi.org/10.1007/s10661-009-0980-z PMid:19484364؛
30. Gilbert Y VM, Duchaine C. Airborne bacteria and antibiotic resistance genes in hospital rooms. Aerobiologia. 2010;26:185-94. https://doi.org/10.1007/s10453-010-9155-1؛
31. Niesler A GR, Wlazlo A, et al. Microbial contamination of storerooms at the Auschwitz-Birkenau Museum. . Aerobiologia. 2010;26:125-33. https://doi.org/10.1007/s10453-009-9149-z؛
32. Cox J, Mbareche H, Lindsley WG, Duchaine CJAS, Technology. Field sampling of indoor bioaerosols. 2020;54(5):572-84. https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1688759 PMid:31777412 PMCid:PMC6880939؛
33. Zavieh FS, Mohammadi MJ, Vosoughi M, Abazari M, Raesee E, Fazlzadeh M, et al. Assessment of types of bacterial bio-aerosols and concentrations in the indoor air of gyms. 2021;43:2165-73. https://doi.org/10.1007/s10653-020-00774-1 PMid:33400007؛
34. Heo KJ, Lim CE, Kim HB, Lee BUJJoAS. Effects of human activities on concentrations of culturable bioaerosols in indoor air environments. 2017;104:58-65. https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2016.11.008 PMid:32226114 PMCid:PMC7094233؛
35. Blais-Lecours P, Perrott P, Duchaine CJAE. Non-culturable bioaerosols in indoor settings: Impact on health and molecular approaches for detection. 2015;110:45-53.

https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.03.039 PMid:32288547 PMCid:PMC7108366؛

36. Fung F, Hughson WGJAo, hygiene e. Health effects of indoor fungal bioaerosol exposure. 2003;18(7):535-44. https://doi.org/10.1080/10473220301451 PMid:12791550؛
37. Scott JA, Summerbell RC, Green BJ. Detection of indoor fungi bioaerosols. Fundamentals of mold growth in indoor environments and strategies for healthy living: Springer; 2011. p. 353-79. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-722-6_13 PMid:19960219؛
38. Mirhoseini SH, Hatamzadeh M, Hassanzadeh AJJoHSR. Assessment of bioaerosol concentration in the indoor environments. 2014;10(2):376-85.؛
39. Zhu H, Phelan P, Duan T, Raupp G, Fernando HJCP. Characterizations and relationships between outdoor and indoor bioaerosols in an office building. 2003;1(3):119-23. https://doi.org/10.1016/S1672-2515(07)60122-5؛
40. Gollakota AR, Gautam S, Santosh M, Sudan HA, Gandhi R, Jebadurai VS, et al. Bioaerosols: characterization, pathways, sampling strategies, and challenges to geo-environment and health. 2021;99:178-203. https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.07.003؛
41. Gilbert Y DC. Bioaerosols in industrial environments: a review. Can J Civil Eng 2009; 36:1873-86. https://doi.org/10.1139/L09-117؛