ORIGINAL ARTICLE

Identification and Seasonal Distribution of Ambient Bioaerosols and Associated Meteorological Factors in Shahrekord, Iran

Milad Bagheri[1],
Abbas Khodabakhshi[2],
Gholam Reza Mobini[3],
Mitra Bagheri[4],
Majid Validi[5],
Ali Ahmadi[6],
Marzieh Farhadkhani[7],
Sara Hemati[8],
Fazel Mohammadi-Moghadam[2]

[1] MSc Student in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
[2] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
[3] Assistant Professor, Department of Molecular Medicine, Cellular and Molecular Research Center, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
[4] MSc in Microbiology, Cellular and Molecular Research Center, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
[5] Assistant Professor, Department of Bacteriology, Faculty of Allied Medical Sciences, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
[6] Associate Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, Faculty of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
[7] Assistant Professor, Educational Development Center, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
[8] PhD Student in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

(Received December 8, 2021 ; Accepted April 19, 2021)

Abstract

Background and purpose: Bacterial and fungal bioaerosols play important roles in the atmosphere and have significant effects on human health. This study aimed at investigating the concentration of bioaerosols in ambient air in Shahrekord, Iran during two warm and cold seasons at three different points in 2019. Moreover, the effect of meteorological factors such as temperature, relative humidity, UV intensity, and wind speed and direction on bioaerosols were studied.

Materials and methods: In this descriptive-analytical study, sampling of bioaerosols was conducted using Andersen single-stage sampler at a flow rate of 28.3 L/min for 5 min on Sabrod dextrose agar (SDA) and Tryptic Soy agar (TSA) media for bacterial and fungal bioaerosols, respectively.

Results: The study showed that the concentration of fungal bioaerosols was higher than bacterial bioaerosols in warm and cold seasons. The predominant genera of bacteria in both seasons included *Micrococcus luteus* (21.35%), *Pseudomonas aeruginosa* (12.68%), *Bacillus subtilis* (10.14%), and *Staphylococcus aureus* (9.93%). The predominant genus of fungi were *Cladosporium* (41%), *Alternaria* (16%), and *Aspergillus* (11%). Correlation analysis showed a significant positive correlation between the concentration of bioaerosols and wind direction and relative humidity and a significant negative correlation between temperature, wind speed and UV intensity in warm season.

Conclusion: The predominant species of bioaerosols identified in this study were opportunistic pathogens and allergens which can threaten public health. So, monitoring of the concentration of airborne bioaerosols in cities is a vital key to assess the health effects of ambient air pollution.

Keywords: bioaerosol, airborne bacteria, airborne fungi, Shahrekord

J Mazandaran Univ Med Sci 2021; 31 (199): 53-65 (Persian).

*** Corresponding Author: Fazel Mohammadi-Moghadam -** Faculty of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran (E-mail: fm.moghadam@skums.ac.ir)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی و یکم شماره 199 مرداد سال 1400 (65-53)

شناسایی، توزیع فصلی و فاکتورهای تاثیرگذار بر غلظت بیوآئروسل های هوای آزاد در شهرکرد، ایران

میلاد باقری[1]
عباس خدابخشی[2]
غلامرضا مبینی[3]
میترا باقری[4]
مجید ولیدی[5]
علی احمدی[6]
مرضیه فرهادخانی[7]
سارا همتی[8]
فاضل محمدی مقدم[2]

چکیده

سابقه و هدف: بیوآئروسل‌ای باکتریایی و قارچی نقش مهمی در جو دارند و تأثیرات قابل توجهی بر سلامت انسان می‌گذارند. در این مطالعه غلظت بیوآئروسل‌ها در هوای آزاد در طول دو فصل گرم و سرد در سال 1398 در سه نقطه متفاوت از شهر شهرکرد اندازه‌گیری شد. همچنین، تاثیر پارامترهای هواشناسی مانند دما، رطوبت نسبی، شدت تابش اشعه UV، سرعت و جهت باد بر بیوآئروسل‌ها بررسی شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه از نوع توصیفی- تحلیلی می‌باشد. نمونه‌برداری از بیوآئروسل‌ها با استفاده از نمونه‌بردار تک مرحله‌ای آندرسون با دبی 28/3 لیتر بر دقیقه و به مدت 5 دقیقه بر روی محیط کشت سابرود دکستروز آگار (SDA) و تریپتیک سوی آگار (TSA) به ترتیب برای بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت بیوآئروسل‌های قارچی در فصل گرم و سرد نسبت به بیوآئروسل‌های باکتریایی بیش‌تر بود. جنس غالب باکتری‌ها در هر دو فصل گرم و سرد به‌ترتیب شامل میکروکوکوس لوتئوس(21/35 درصد)، سودوموناس آئروژینوزا (12/68 درصد)، باسیلوس سوبتیلیس (10/14 درصد) و استافیلوکوکوس اورئوس(9/93 درصد) و جنس غالب قارچ‌ها کلادوسپوریوم (41 درصد)، آلترناریا (16 درصد) و آسپرژیلوس (11 درصد) بود. بر اساس نتایج آنالیز همبستگی در فصل گرم بین جهت باد و رطوبت نسبی با غلظت بیوآئروسل‌ها همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین دما، سرعت باد و تابش UV همبستگی منفی و معنی دار وجود دارد.

استنتاج: گونه‌های غالب بیوآئروسل‌های شناسایی شده در این مطالعه جزو عوامل بیماری‌زای فرصت طلب و آلرژن بودند که قادر به تهدید سلامت عمومی هستند، بنابراین پایش غلظت بیوآئروسل‌های هوابرد برای ارزیابی اثرات سلامتی آلودگی هوای آزاد در شهرها امری حیاتی است.

واژه های کلیدی: بیوآئروسل، باکتری‌های هوابرد، قارچ‌های هوابرد، شهرکرد

مقدمه

بیوآئروسل‌ها، ذرات هوابرد بسیار ریزی (0/001 تا 100 میکرون) هستند که شامل باکتری‌های زنده و مرده (بیماری‌زا و غیربیماریزا)، ویروس‌ها، قارچ‌ها، اندوتوکسین‌های باکتریایی، مایکوتوکسین‌ها،

مولف مسئول: فاضل محمدی مقدم - شهرکرد: دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، دانشکده بهداشت E-mail: fm.moghadam@skums.ac.ir
1. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
2 دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
3. استادیار، گروه پزشکی مولکولی، مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
4. کارشناس ارشد میکروب شناسی، مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
5. استادیار باکتری شناسی ، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
6. دانشیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
7. استادیار مهندسی بهداشت محیط، مرکز مطالعات و توسعه آموزش پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
8. دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
تاریخ دریافت : 1399/9/18 تاریخ ارجاع جهت اصلاحات :1399/9/24 تاریخ تصویب : 1400/1/30

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

پیتیدوگلیکان، گرده و پولن گیاهی می‌باشند(3-1). بیوآئروسل‌ها حدود 25 درصد حجمی ذرات منتقله توسط هوا را تشکیل می‌دهند. بخش قابل تنفس بیوآئروسل‌ها (ذرات کم‌تر از 2/5 میکرون) به‌دلیل قابلیت نفوذ به عمق سیستم تنفسی بیش‌ترین نگرانی را به خود اختصاص می‌دهند(4).

باکتری‌ها وقارچ‌ها فراوان‌ترین ترکیبات بیوآئروسل‌های موجود در محیط‌های داخلی و بیرونی هستند که کمیت و کیفیت آن‌ها به فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بستگی دارد(5). بیوآئروسل‌های باکتریایی در اتمسفر در همه جا حضور دارند. کوچک ترین ذرات باکتری‌ها می‌توانند در جو معلق شوند و گاهی اوقات نیز به تروپوسفر بالایی برسند، جایی‌که این باکتری‌ها ممکن است نور خورشید دریافتی را منعکس یا جذب‌کنند و بر شکل‌گیری قطرات ابر و کریستال‌های یخ تأثیر بگذارند(6). برخی مطالعات نشان داده‌اند که 76 درصد از باکتری‌های موجود در نمونه‌های آب ابر جوی از نظر متابولیکی فعال هستند و می‌توانند تأثیرات مهمی بر شیمی ابر داشته باشند. بنابراین، باکتری‌های موجود در ذرات بیوآئروسول به‌طور غیرمستقیم بر تغییرات جهانی نیز تأثیر می‌گذارند(7). علاوه بر بیوآئروسل‌های باکتریایی، قارچ‌های موجود در هوا نیز به عنوان شاخص سطح آلودگی بیولوژیکی اتمسفر عمل می‌کنند. فراوانی اسپورهای قارچی موجود در هوا در فضای باز از مکانی به مکان دیگر متفاوت است و عمدتاً تحت تأثیر شرایط آب و هوایی مانند باد، دما، رطوبت، نوع فصل، بارش و فعالیت‌های انسانی است. اهمیت آلاینده‌های قارچی موجود در هوا با توجه به خطرات سلامتی ناشی از خود اسپور یا متابولیت‌های میکروبی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است(8).

اثرات بالقوه مواجهه با این عوامل بیولوژیکی هوابرد بر روی سلامتی، عفونت، بیماری‌های تنفسی ایمنی- آلرژیکی و التهاب مسیر هوایی می‌باشند(9). تماس با بیوآئروسل‌های موجود در محیط‌های مختلف با ابتلا به بسیاری از بیماری‌های واگیر سیستم تنفسی، سوزش ریه‌ها، سردرد، اثرات سمی حاد، ایجاد آلرژی و سرطان در ارتباط است(10). شواهدی از رابطه میان بیوآئروسل‌ها با بیماری‌هایی نظیرآنفلوانزا، پنومونیا، سرخک، بیماری‌های گوارشی، تب مالت، تب Q، آنتراکس، سل، پنومونی، آسم، رینیت آلرژیک و بیماری انسداد مزمن ریوی (COPD)[1] ارائه شده است(11). بنابراین به‌دلیل ارتباط بیوآئروسل‌ها با بیماری‌های انسانی، شناخت از غلظت بیوآئروسل‌های موجود می‌تواند یک پارامتر مهم در پیش‌بینی وقوع بیماری‌های ذکر شده باشد(12). علاوه بر شناسایی و تشخیص نوع بیوآئروسل‌ها، منابع تولیدکننده آن‌ها در اطراف جوامع نیز باید شناسایی شوند، که فعالیت‌هایی نظیر کمپوست، لندفیل‌ها، صنایع پردازش محصولات غذایی و کشاورزی، دامداری‌ها، کشتارگاه‌ها و صنعت نساجی و... از مهم‌ترین منابع تولید آن‌ها می‌باشند(11). اندازه کوچک و وزن سبک بیوآئروسل‌ها سبب می‌شود، به راحتی از طریق گرد و غبار، خاک و قطرات آب از منابع تولیدکننده خود فاصله گرفته و از محیطی به محیط دیگر جابه‌جا شوند(10). در این میان پارامترهای هواشناسی مختلفی از جمله درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش اشعه UV می‌توانند بر غلظت و ماندگاری میکروارگانیسم‌های موجود در هوا اثرگذار باشند. بیوآئروسل‌ها همچنین بسته به شرایط و عوامل محیطی، فعالیت‌های انسانی، نوع پوشش گیاهی و عوامل هواشناسی به‌طور روزانه یا فصلی، می‌توانند دستخوش تغییر شوند(13). تاکنون مطالعات کمی در رابطه با اندازه‌گیری بیوآئروسل‌ها در فصل زمستان و به‌ویژه در مناطق با ارتفاع زیاد از سطح دریا انجام شده است. اعتقاد بر این است که شرایط آب و هوایی خشک و سرد برای رشد و بقای میکروارگانیسم‌ها ایده‌آل نیست. بنابراین هوا در فصل زمستان عاری از هر گونه میکروارگانیسم‌های هوابرد محسوب می‌شود(12). اما اخیرا نتایج یک مطالعه نشان داد که مقادیر قابل

1. Chronic Obstructive Pulmonary Disease

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

توجهی از بیوآئروسل‌های قارچی قابل کشت در طول زمستان در هوا وجود دارد. در مقابل تعداد کمی باکتری قابل کشت در هوا تشخیص داده شد. نتایج اینگونه مطالعات جهت توضیح الگوی بیماری‌هایی که در فصل زمستان رخ می‌دهند مناسب است(14).

در مطالعه انجام شده توسط رستمی و همکاران غلظت میانگین اسپورهای قارچی در هوای شهر دامغان CFU/m^3 45/71 بود(15). گودرزی و همکاران نیز میانگین غلظت باکتری‌ها در هوای شهر اهواز را CFU/m^3 620/6 گزارش دادند(16). همچنین در مطالعه Madhwal میانگین غلظت باکتری‌ها و قارچ‌ها در هوای شهر دهرادون هند به ترتیب CFU/m^3 1962/95 و 1118/95 به دست آمد(17).

نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد اثرات بیوآئروسل‌ها بر روی بهداشت و مواجهه با آن ها در موقعیت‌های مختلف، اندازه‌گیری تراکم و تنوع بیوآئروسل‌های هوا یک ضرورت برای برنامه‌ریزی جهت کاهش انتشار ذرات هوابرد بیولوژیکی و کاهش مواجهه با آن‌ها در محیط‌های باز می‌باشد(15،17،18). در این مطالعه غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی موجود در هوا در طول دو فصل گرم و سرد در سه نقطه متفاوت از مرتفع‌ترین مرکز استان در ایران (شهرکرد) اندازه‌گیری شد. علاوه بر این پارامترهای محیطی از قبیل دما، رطوبت نسبی، شدت تابش اشعه UV، سرعت و جهت باد به‌منظور تجزیه و تحلیل تاثیر آن‌ها بر بیوآئروسل‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه درک ما را از پویایی بیوآئروسل‌های موجود در هوا درشرایط مختلف هواشناسی به ویژه در مناطق مرتفع بهبود می‌بخشد و تا حدودی به شبهات عمومی در رابطه با غلظت بیوآئروسل‌های هوابرد در فصول سرد و گرم پاسخ می‌دهد.

مواد و روش‌ها

2-1- محدوده مورد مطالعه

این مطالعه از نوع توصیفی - تحلیلی می باشد. شهر شهرکرد (32° 19′ 36″ N and 50° 51′ 32″ E)، مرکز استان چهارمحال و بختیاری با مساحتی حدود 2047 هکتار در فلات مرکزی ایران واقع شده است. شهرکرد با ارتفاع 2070 متر از سطح دریا مرتفع ترین مرکز استان کشور است و به بام ایران معروف است. این شهر از لحاظ توپوگرافی در شمال کوه‌های زاگرس واقع شده است و در سرشماری سال 2016 جمعیت آن حدود 190441 هزار نفر بود(19).

نمونه‌برداری بیوآئروسل‌ها در سه ایستگاه چهار راه استانداری در مرکز شهر به‌دلیل ازدحام جمعیت و ترافیک بالا، پایانه مسافربری در جنوب غربی شهر و دارای تراکم بالا و ایستگاه نزدیک به قطب صنعتی در شرقی‌ترین نقطه شهر انجام شد. در این مطالعه نمونه‌های فصل گرم از تیر تا شهریور ماه و نمونه‌های فصل سرد از آذر تا بهمن ماه سال 1398 برداشت شدند. کلیه نمونه‌ها مطابق استانداردهای USEPA (United States Environmental Protection Agency) و از ارتفاع حدود 1/5 متری از سطح زمین (ناحیه تنفسی انسان) و به دور از هرگونه مانع فیزیکی برداشت شدند(18).

2-2- روش نمونه‌برداری

در این مطالعه، نمونه‌برداری از هوا توسط نمونه‌بردار تک مرحله‌ای آندرسون (مدل EP-120V، شرکت SKC، تایوان) صورت گرفت. نمونه‌برداری با دبی (نرخ جریان) 28/3 لیتر بر دقیقه در مدت زمان 5 دقیقه انجام شد. نمونه‌برداری هر 6 روز یکبار و در بازه زمانی 11 صبح تا 13 بعد از ظهر انجام شد. قبل از نمونه‌برداری در هر ایستگاه متعلقات دستگاه نمونه‌برداری با الکل اتیلیک 70 درصد گندزدایی شدند(17،20). همه نمونه‌ها با سه مرتبه تکرار جمع‌آوری شدند. در این مطالعه برای سنجش هر کدام از بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی 66 نمونه جمع‌آوری و مورد آزمایش قرار گرفت. محیط کشت‌های سابرود دکستروز آگار (Sabroud Dextrose Agar:SDA) و تریپتیک سوی

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

آگـار (Tryptic Soy Agar: TSA) بـه‌ترتیـب بـرای بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی مـورد اسـتفاده قـرار گرفت(20). بعد از نمونه برداری، محیط کشت‌ها توسـط پارافیلم پوشش داده شدند و در دمای 4°C به آزمایشگاه انتقال داده شدند. پارامترهای هواشناسی از جمله رطوبت نسبی، درجه حرارت، سـرعت بـاد، جهـت بـاد و مقـدار بارندگی در طی پروسه نمونه‌بـرداری از سـازمان هواشناسـی استان چهارمحال و بختیاری و میزان تابش اشعه فرابنفش از سایت Accuweather به‌دست آمد (جدول شماره 1).

جدول شماره 1: مقادیر میـانگین پارامترهـای هواشناسـی در طـول فصول مختلف

پارامتر	فصل گرم	فصل سرد
	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین
دما (°C)	4/8±27/06	5/1±2/91
بارندگی (mm)	0	0/99±0/36
رطوبت نسبی(%)	5/57±16/79	23/65±62/97
سرعت باد (Km/s)	3/94±6/90	7/49±9/57
جهت باد(ɵ)	48/86±194/08	37/07±207/83
تابش UV	2/79±7/27	0/86±2/39

2-3- شناسایی بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی

بعد از نمونه برداری، محیط کشـت SDA بـه مـدت 48-72h در دمای 35-37 °C جهت شناسایی اسـپورهای باکتریـایی، و محـیط کشـت TSA بـه مـدت 3-5 d در دمای آزمایشگاه (20-28 °C) جهـت شناسـایی اسـپورهای قـارچی انکوبـه شـدند. غلظـت بیوآئروسـل‌هـا براسـاس CFU/m^3 بیان شد(21). شناسایی باکتری‌های گرم مثبـت و گرم منفی موجود در هـوا بـا اسـتفاده از مورفولـوژی، رنگ‌آمیزی گرم و انجام آزمایشـات اسـتاندارد بیوشـیمیایی شامل کاتالاز، اکسیداز، کوآگولاز، اکسیداسیون/تخمیر (OF) و MR/VP انجام شد. گونـه‌هـای قـارچی در زیـر میکروسـکوپ نـوری (مشخصـات میکروسـکوپ) بـا بزرگ‌نمایی 400 × 100 تشخیص داده شـدند(18). لازم به ذکر است تمام محلول‌ها، معرف‌ها و محیط کشـت‌هـا از شرکت مرک آلمان خریداری شده‌اند.

2-4- آنالیزهای آماری

آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن 23 انجام شد. جهت توضیح غلظت بیوآئروسل‌هـای باکتریـایی و قارچی از مینیمم، ماکسیمم، میانگین و انحراف معیـار استفاده شد. جهت بررسی نرمال یا غیرنرمال بودن داده‌ها از آزمون One–Sample Kolmogorove-Smirnov اسـتفاده شد وچنانچه .sig آزمون از α کم‌تر باشد فرض نرمال بـودن داده‌ها در سطح خطای α رد خواهد شد. همچنین جهت ارزیابی همبستگی بین پارامترهـای هواشناسـی و غلظـت بیوآئروسل‌ها از ضـریب همبسـتگی پیرسـون اسـتفاده شـد. مقادیر P-value کم‌تر از 0/05 معنی‌دار در نظرگرفته شد.

یافته ها

3-1- غلظت بیوآئروسل‌ها

غلظت بیوآئروسل‌های باکتریـایی و قـارچی هـوای سه ایستگاه نمونه برداری در جدول شـماره 2 نشـان داده شـده اسـت. همـان‌طورکـه مشـاهده مـی‌شـود، میـانگین غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی در چهـار راه استانداری نسبت به دو ایستگاه دیگر بیش‌تر است.

جدول شماره 2: غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی در طول فصول مختلف

	چهار راه استانداری		ترمینال آزادی		قطب صنعتی	
	انحراف معیار ± میانگین	Min-Max	انحراف معیار ± میانگین	Min-Max	انحراف معیار ± میانگین	Min-Max
بیوآئروسل های باکتریایی (CFU/m^3)						
فصل گرم	59/83±88/65	21/20-212/01	53/30±57/17	7/06-197/88	28/68±53/32	14/13 - 84/80
فصل سرد	48/75±39/82	0-183/74	14/48±28/26	7/06 - 49/47	23/10±35/97	7/06 - 91/87
بیوآئروسل های قارچی (CFU/m^3)						
فصل گرم	98/77±147/7	35/33-318/02	166/01±122/06	17/66 - 565/37	104/57±117/24	17/6 - 335/6
فصل سرد	74/57±75/48	17/66 - 247/35	56/12±72/27	17/66 - 176/67	48/99±72/27	17/66 - 176/6

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

3-2- *غلظت و تنوع باکتریایی*

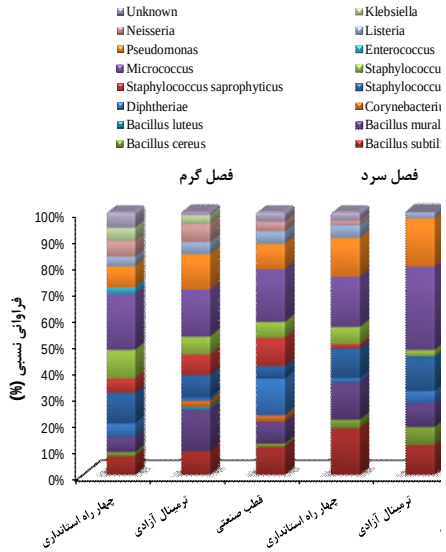
ترکیب و درصد بیوآئروسل‌های باکتریایی موجود در هوا در محل مطالعه در نمودار شماره 1 نشان داده شده است. به‌طور کلی، 15 گونه باکتری از نتایج آزمایشات میکروسکوپی و بیوشیمیایی شناسایی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که جنس غالب باکتری‌ها در هر سه ایستگاه نمونه برداری در هر دو فصل گرم و سرد بترتیب شامل میکروکوکوس لوتئوس (21/35 درصد)، سودوموناس آئروژینوزا (12/68 درصد)، باسیلوس سوبتیلیس (10/14 درصد) و استافیلوکوکوس اورئوس (9/93 درصد) بود. توزیع باکتری‌های گرم مثبت و منفی در نمودار شماره 2 نشان داده شده است. 78/2 درصد باکتری‌های گرم مثبت و 21/8 درصد باکتری‌های گرم منفی بودند.

3-3- *غلظت و تنوع قارچ ها*

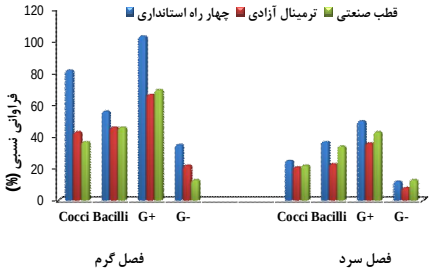
درصد و گونه بیوآئروسل‌های قارچی در نمودار شماره 3 نشان داده شده است. در این مطالعه جنس غالب قارچ در هر دو فصل گرم و سرد و در سه ایستگاه مورد مطالعه کلادوسپوریوم (41 درصد)، آلترناریا (16 درصد) و آسپرژیلوس (11 درصد) بود. اما قارچ پنیسیلیوم تنها در فصل سرد در هر سه ایستگاه غالب بود.

3-4- *تاثیر پارامترهای هواشناسی بر غلظت بیوآئروسل ها*

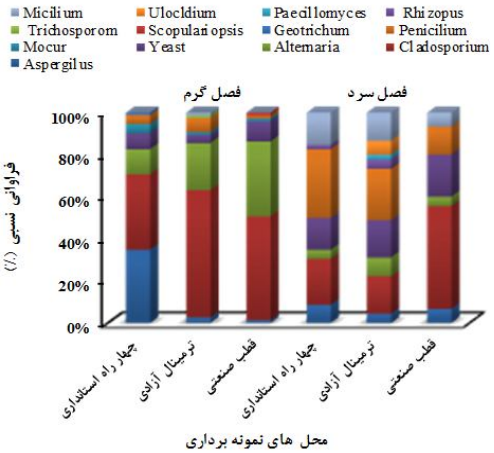
جدول شماره 3 همبستگی پیرسون بین غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی با پارامترهای هواشناسی در فصل گرم و سرد را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز همبستگی اسپیرمن نشان داد که بین غلظت باکتری‌ها در فصل گرم با جهت باد و رطوبت نسبی همبستگی مثبت و معنی‌دار، در صورتی که با دما، سرعت باد و تابش UV همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد.



نمودار شماره 1: توزیع فراوانی و گونه‌های باکتریایی شناسایی شده در محل‌های نمونه برداری



نمودار شماره 2: توزیع باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی در طول دوره مطالعه



نمودار شماره 3: توزیع فراوانی و گونه‌های قارچی شناسایی شده در محل‌های نمونه برداری

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

بحث

در این مطالعه غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی در طول دو فصل گرم و سرد در یک دوره 6 ماهه در سه نقطه متفاوت از شهر شهرکرد، معروف به بام ایران مورد بررسی قرار گرفت. غلظت باکتریایی ممکن است تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی مانند ترافیک خودرو، کشاورزی، تراکم جمعیت و همچنین پوشش گیاهی باشد(22). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که غلظت باکتری‌ها در مناطق پرجمعیت و دارای ترافیک زیاد است، در حالی که مناطق سبزتر که فعالیت انسانی کم‌تری دارند، کم‌تر آلوده می‌باشند(16). در مقابل، برخی مطالعات نشان داده‌اند که غلظت قارچ‌ها در مناطق روستایی و کشاورزی زیاد است(23). در حال حاضر هیچ استانداردی برای بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی در فضای باز در دسترس نیست(18). طبق جدول شماره 2، غلظت بیوآئروسل‌های قارچی در هر دو فصل گرم و سرد نسبت به بیوآئروسل‌های باکتریایی بیش‌تر است($P<0/05$). همچنین میانگین غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی در فصل گرم بیش‌تر از فصل سرد است($P<0/05$). نتایج تحقیق حاضر مشابه مطالعات قبلی بود(26-24).

در مطالعه Zhong و همکاران (2016) فعالیت میکروبی بیوآئروسل‌ها به ترتیب به‌صورت تابستان> پاییز> زمستان> بهار بود. که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد(20).

Al-Dabbas و همکاران (2011) بالاترین غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی را در اوایل فصل تابستان به دلیل افزایش حوادث گرد و غباری گزارش دادند(27). اسپورهای قارچی با توجه به ویژگی‌های منطقه‌ای، آب و هوا، تنوع گونه‌ها، تغییرات فصلی و حتی سال شناسایی متفاوت هستند(28)، در مطالعه Fang و همکاران (2005) بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت اسپورهای قارچی در محیط بیرونی به ترتیب در تابستان و زمستان مشاهده شد(29).

اما Du و همکاران (2018) گزارش دادند که غلظت بیوآئروسل‌ها در فصل زمستان بیش‌تر از تابستان بود(28). به دلیل دمای پایین در طول فصل زمستان غلظت بیوآئروسل‌ها کم می‌باشد، در حالی که به دلیل دستیابی به دمای مطلوب، فصل تابستان دارای غلظت‌های بالاتر می‌باشد. همه عوامل بیماری‌زا در ارتباط با میکروارگانیسم‌های مزوفیلی می‌توانند در محدوده دمای مطلوب 20-40°C رشد کنند. بنابراین، احتمال ابتلا به عفونت ناشی از قرار گرفتن در معرض بیوآئروسل‌های بیماری‌زا در زمستان در مقایسه با فصول دیگر کم است(17).

جدول شماره 3: ضریب همبستگی پیرسون بین غلظت بیوآئروسل ها و پارامترهای هواشناسی در طول نمونه برداری

	باکتری	قارچ	دما (°C)	رطوبت نسبی (%)	سرعت باد (Km/h)	جهت باد	تابش UV
فصل گرم							
باکتری	1						
قارچ		1					
دما (°C)	-0/504**	-0/413*	1				
رطوبت نسبی (%)	0/485**	0/645**	-0/743**	1			
سرعت باد (Km/h)	-0/407*	- 0/343	0/621**	0/605**	1		
جهت باد	0/480**	0/276	- 0/429*	0/257	- 0/214	1	
تابش UV	- 0/378*	- 0/385*	0/846**	- 0/678**	0/558**	- 0/265	1
فصل سرد							
باکتری	1						
قارچ		1					
دما(°C)	- 0/059	- 0/157	1				
رطوبت نسبی(%)	- 0/072	- 0/072	- 0/514**	1			
سرعت باد(Km/h)	0/102	0/102	0/350*	- 0/165	1		
جهت باد	- 0/284	- 0/284	- 0/016	0/283	- 0/082	1	
تابش UV	- 0/021	- 0/021	0/136	- 0/510**	- 0/372*	- 0/161	1

*: $P< 0/05$

**: $P<0/01$

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

نتـایج مطالعـه Lee و همکـاران (2016) نشـان داد غلظـت کـل بیوآئروسـل‌هـای قـارچی بـیش‌تـر از بیوآئروسل‌های باکتریایی بود که با نتایج مطالعه حاضـر مطابقت دارد(12). اما نتایج مطالعات مختلـف بیـان کـرد که غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی در نمونه‌هـای خـارجی به‌طور قابل توجهی بیش‌تر از بیوآئروسل‌های قارچی بود که دلیل آن تسـلط جمعیـت بـاکتری‌هـا بـر قـارچ‌هـا در محیط‌های طبیعی (مانند پوشش گیاهی، خـاک و غیـره) می‌باشد(17،18). تفاوت‌هـای قابـل توجـه بـین یافتـه‌هـای مطالعات مختلف را می‌تـوان بـه دلیـل تفـاوت در روش نمونه‌برداری، مدت و میزان جریـان نمونـه‌بـرداری، نـوع محیط، موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و تجزیه و تحلیل داده‌ها دانست. در میان باکتری‌های شناسایی شده استافیلوکوکوس اورئوس و باسـیلوس سـوبتیلیس باعـث ایجاد طیف گسترده‌ای از عفونـت‌هـا مـی‌شـوند و یـک پاتوژن بالقوه انسانی هستند. گونـه‌هـای میکروکوکـوس لوتئوس پاتوژن‌هـای فرصـت‌طلـب بـه ویـژه در بیمـاران دارای نقص سیستم ایمنی هستند. سـودوموناس آئروژینـوزا نیز باعث ایجاد عفونت در بیماران سوختگی می‌شود(27).

در مطالعه Madhwal (2020) نیز باکتری‌های گـرم مثبت غالب بودند به ایـن ترتیـب کـه باسـیلوس (17/10 درصد)، استرپتوباسـیلوس (12/20 درصـد)، اسـتافیلوکوک (9/76 درصد) و میکروکوکـوس (9/76 درصـد) تقریبـاً 50 درصد از کل تنوع میکروبـی را بـه خـود اختصـاص دادند(17). میرخوند چگینی و همکاران (2020) گزارش دادند که جنس غالب باکتری‌های موجود در هوای آزاد شهر رشـت باسـیلوس (26/7 درصـد)، اسـتافیلوکوکوس اورئوس(25/3 درصد) و میکروکوکوس (23/2 درصـد) بود(30).

گـودرزی و همکـاران (2014) جـنس غالـب باکتری‌های موجود در هـوای اهـواز را گونـه باسـیلوس (24/2 درصـد)، استرپتومایسـس (18 درصـد)، کورینـه بـاکتریوم (9/5 درصـد) و پنـی‌باسـیلوس (2/55 درصـد) گزارش دادند(16). در حالی‌که گونه‌های مهم باکتریـایی شناسایی شده در هوای آزاد در ترکیه باسیلوس، کورینه باکتریوم و استافیلوکوکوس بودند(31).

مطالعات زیادی گزارش کرده‌اند کـه بـاکتری‌هـای گرم مثبت در خاک، محیط‌های آبـی و پوشـش گیـاهی وجـود دارنـد و برخـی از آن‌هـا فلـور طبیعـی مخـاط و پوست انسان هستند. از آن‌جا که مقاومـت بـاکتری‌هـای گرم مثبت نسبت به گرم منفـی بـیش‌تـر اسـت، بنـابراین می‌توانند حتی در شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی، تابش شدید خورشید و آلاینده‌های شیمیایی زنده بمانند. اسـتافیلوکوک و میکروکـوک روی پوسـت و مخـاط انسان و حیوانـات یافـت مـی‌شـوند. مانـدگاری طـولانی مدت باسیل‌های گرم مثبت ممکن است به دلیل توانـایی آن‌ها در تشکیل اسپورهای مقـاوم بـه خشـکی باشـد، در حالی که کوکسی‌های گرم مثبت بـا اسـتفاده از تشـکیل رنگدانه زنده می‌مانند(17). گونه‌هـای باسـیلوس در برابـر شرایط نامطلوب مقاوم هسـتند و در آب، گـرد و غبـار و حتـی خـاک یافـت مـی‌شـوند(31). همچنـین باسـیلوس می‌تواند در مسیر انتقال به مسافت‌هـای طـولانی بـیش از سایر باکتری‌ها زنده بماند. بیش‌تر باکتری‌هـا در شـرایط خشک و در معرض نور خورشید زنده نمی‌مانند. بـا ایـن حـال، اسـپورهای باسـیلوس تـا حـدودی در برابـر نـور خورشید، رطوبت کم و مواد مغـذی مقـاوم هسـتند(32). بنابراین توجیه‌پذیر است کـه ایـن بـاکتری‌هـا در محـیط داخل و خارج جنس غالـب باشـند. همچنـین مـی‌تـوان گفت تعلیق مجدد گردوغبار و خاک‌های اطراف جـاده به‌دلیل ترافیک و فعالیت‌های انسانی با تـراکم بـاکتری‌هـای گرم مثبت در محل نمونه‌برداری مـرتبط اسـت(17). تفـاوت نتایج در مطالعـات مختلـف بـه دلیـل اخـتلاف در محـل نمونه‌برداری، شرایط هواشناسـی و موقعیـت جغرافیـایی، مدت زمان انکوباسیون و فصل مورد مطالعه قابـل توجیـه است. در این مطالعه در میان قـارچ‌هـای شناسـایی شـده، کلادوسپوریم یکی از قارچ‌های آلرژن است کـه اغلـب با گرده‌های موجـود در هـوا واکـنش مـی‌دهـد و باعـث افزایش پاسخ‌های آلرژیک و آسم در انسـان مـی‌شـود(33).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

آلترناریا یکی از گونه‌های متداول قارچی است. اسپورهای آلترناریا آلرژن هستند و مواجهه با آن در محیط های نیمه خشک ممکن است باعث ایجاد آسم شود. همچنین گزارش شده آلترناریا یک عامل بالقوه استرس‌های تنفسی هست(10). آسپرژیلوس‌ها به عنوان پاتوژن فرصت طلب و عامل انواع مختلفی از بیماری‌های مرتبط با آلرژن در افراد دارای نقص ایمنی شناخته می‌شوند. پنیسیلیوم می‌تواند باعث پنیسیلیوز ریوی (pulmonary penicilliosis) حساسیت شدید و سایر بیماری‌های مرتبط با آلرژن‌ها شود(33).

مطالعات دیگر نیز کلادوسپوریوم، آلترناریا، آسپرژیلوس و پنی‌سیلیوم را به عنوان گونه قارچی غالب در فضای باز در زمستان و تابستان شناسایی کرده‌اند(17،29،30،34).

Topbaş و همکاران (2006) دریافتند که گونه‌های اصلی قارچی شناسایی شده از هوای بیرون ترکیه پنیسیلیوم، آلترناریا و فوزاریوم بود (35). یکی از دلایل بالا رفتن سطح آسپرژیلوس و پنیسیلیوم را می‌توان به اسپورهایش مخروطی کوچک و خشک آن‌ها اشاره کرد که باعث تسهیل ورود و پراکندگی جوی آن‌ها حتی در سرعت باد کم می‌شود(17). گونه‌های قارچی مانند کلادوسپوریوم و آلترناریا حتی در شرایط رطوبت کم و سرعت باد بالا، به ویژه در دوره‌های بعد از ظهر گرم ممکن است در جو وجود داشته باشند(10).

پارامترهای هواشناسی، شرایط اقلیمی، نوع منبع و محیط جغرافیایی بر غلظت و فراوانی بیوآئروسل های موجود در هوا تاثیر می گذارند. به دلیل تغییر زیاد در شرایط آب و هوایی و عوامل هواشناسی غلظت بیوآئروسل‌ها در مکان‌ها و زمان‌های مختلف یکسان نیستند. بیوآئروسل‌ها تحت تاثیر عوامل هواشناسی مانند دما، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد و تابش UV هستند(37،36). نتایج آنالیز همبستگی پیرسون طبق جدول شماره 3 نشان داد که در فصل گرم بین جهت باد و رطوبت نسبی با غلظت بیوآئروسل‌ها همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین دما، سرعت باد و تابش UV همبستگی منفی و معنی دار وجود دارد. این نتایج با یافته‌های چگینی میرخوندی و همکاران (2020)، Zhong و همکاران (2016)،Genitsaris و همکاران (2017) همخوانی نداشت، به‌طوری‌که در مطالعه آن ها بین غلظت باکتری‌های محیط بیرون با رطوبت نسبی و دما همبستگی معنی‌داری یافت نشد(38،30،20). در مطالعه Zhen و همکاران (2017) عامل اصلی مؤثر در فراوانی باکتری ها در فصل تابستان رطوبت نسبی بود که با نتایج مطالعه ما همخوانی دارد. همچنین آن ها گزارش دادند که فشار اتمسفر مهم‌ترین عامل بر فراوانی غلظت باکتری‌ها در فصل زمستان بود که با مطالعه حاضر مغایرت دارد به‌طوری‌که در فصل زمستان هیچ همبستگی معنی‌داری بین پارامترهای هواشناسی با غلظت بیوآئروسل‌ها مشاهده نشد(37). همچنین یک همبستگی منفی بین غلظت آئروسل‌های باکتریایی و دما در فضای باز شهری در شمال چین، و یک همبستگی ضعیف معنی‌دار بین رطوبت نسبی و غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی در ایلام گزارش شد(39،32).

در مطالعه Du و همکاران (2018) در فصل تابستان همبستگی بین سرعت باد و فعالیت میکروبی به طور معنی داری منفی بود به طوری که کاهش سرعت باد منجر به افزایش فعالیت میکروبی شد(28). همچنین نتایج مشابهی توسط Amarloei و همکاران (2020) گزارش شد(32)، اما Brągoszewska (2018) و Li (2017) نتوانستند بین غلظت میکروبی و سرعت باد ارتباط معنی‌داری پیدا کنند(39،36). باد با سرعت بالاتر از 8 متر بر ثانیه، ذرات گرد و غبار را از خاک سطحی به جو منتقل می‌کند. همچنین سرعت باد بالاتر ممکن است منجر به انتقال دامنه طولانی‌تر و غلظت میکروبی بالاتر شود، اما با توجه به این‌که باعث پراکندگی و پخش رطوبت می‌شود، ممکن است کاهش فعالیت میکروبی را در پی داشته باشد(40). علاوه بر این، در مطالعه ما همبستگی مثبت و معنی‌دار بین جهت باد و غلظت

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

باکتری‌ها در فصل گرم مشاهده شد. جهت باد بر ترکیب و غلظت بیوآئروسل‌ها به دلیل حمل ذرات بیولوژیکی از منابع متنوع، موثر است. اما در مطالعه Du و همکاران (2018) هیچ همبستگی بین جهت باد و غلظت باکتری‌ها مشاهده نشد که دلیل آن را توزیع منابع پایدار در اطراف محل نمونه‌برداری دانستند(28). در این مطالعه بین غلظت بیوآئروسل‌های قارچی و رطوبت نسبی در فصل گرم همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین دما و تابش UV همبستگی منفی و معنی‌دار مشاهده شد. Asan و همکاران (2010)، نیز از همبستگی مثبت قوی بین گونه‌های قارچی و رطوبت نسبی در یک منطقه روستایی در ترکیه خبر دادند(41). همچنین همبستگی معنی داری بین دما و غلظت بیوآئروسل های قارچی در مطالعه Zhong و همکاران (2016) در محیط بیرونی منطقه Qingdao چین، Du و همکاران (2018) در چین، Genitsaris و همکاران (2017) مشاهده شد(38،28،20). اما در مطالعه Lee و همکاران (2016) در فصل زمستان تنها بین دما و غلظت بیوآئروسول‌های قارچی رابطه منفی ضعیفی وجود داشت که با نتایج مطالعه ما همخوانی نداشت(12). دما ممکن است به‌طور مستقیم بر متابولیسم و بقای بیوآئروسل‌ها تأثیر بگذارد. در دمای پایین بیش‌تر میکروارگانیسم‌ها دارای فعالیت متابولیکی محدود هستند. تفاوت‌های قابل توجه در فعالیت متابولیکی و بقای میکروارگانیسم‌ها در دمای بالاتر از انجماد به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی در جوامع میکروبی است(42). دلیل همبستگی مثبت این است که افزایش دمای محیط باعث رشد و تکثیر باکتری‌ها می‌شود. از طرف دیگر در فصول گرم سال دمای بالاتر با اشعه ماوراء بنفش قوی همراه است که برای تولید مثل باکتری‌ها مناسب نیست و رشد آن‌ها را مهار می‌کند و منجر به دناتوراسیون و غیرفعال کردن پروتئین‌ها می‌شود(20،10). رطوبت نسبی به طور معمول برای سوخت و ساز و رشد باکتری‌ها مطلوب است. رطوبت نسبی بالا ممکن است به عنوان یک پوشش محافظ برای تابش UV و CO عمل کند.

همچنین در RH کم، فعالیت میکروبی بیوآئروسل‌ها مهار می‌شود زیرا یک محیط خشک، متابولیسم و فعالیت‌های فیزیولوژیکی میکروارگانیسم ها را بر هم می‌زند(36،20). با توجه به جدول شماره 3 هیچ همبستگی معنی‌داری بین غلظت بیوآئروسل‌های باکتریایی و قارچی با پارامترهای هواشناسی در طول فصل زمستان مشاهده نشد. در مطالعه Meng و همکاران (2016) نیز ارتباط معنی‌داری بین غلظت بیوآئروسل‌ها با عوامل هواشناسی مانند دما، رطوبت نسبی و شدت اشعه ماوراء بنفش در فصل زمستان مشاهده نشد(43). با این حال نتایج مطالعه Zhen و همکاران (2017) نشان داد که فشار اتمسفر تاثیر عمده‌ای بر فراوانی بیوآئروسل‌های هوابرد در فصل زمستان داشت(37). از آن‌جایی که گونه‌های غالب بیوآئروسل‌های شناسایی شده در این مطالعه جزو عوامل بیماری‌زا و آلرژن بودند و می‌توانند سلامت عمومی را تهدید کنند، نظارت جامع بر غلظت بیوآئروسل‌های هوابرد نه تنها برای مدیریت محیط زیست بلکه برای ارزیابی اثرات سلامتی آلودگی هوا بسیار مهم است. نتایج این مطالعه می‌تواند به محققان کمک کند تا محیط‌هایی را که باعث رشد بیش‌تر باکتری‌ها یا پاتوژن‌ها می‌شوند، شناسایی کنند و به افراد اجازه دهند اقدامات کنترلی علیه آلودگی میکروبی و بیماری‌های موجود در هوا را انجام دهند.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل پایان نامه دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط می‌باشد. بدینوسیله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد که حمایت مالی این تحقیق با شماره طرح 4058 و کد اخلاق IR.SKUMS.REC.1398.248 را بر عهده داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری سازمان هواشناسی شهرکرد تشکر و قدردانی نمایند.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

References

1. Harbizadeh A, Mirzaee SA, Khosravi AD, Shoushtari FS, Goodarzi H, Alavi N, et al. Indoor and outdoor airborne bacterial air quality in day-care centers (DCCs) in greater Ahvaz, Iran. Atmos Environ 2019; 216(1): 116927 (Persian).
2. Humbal C, Gautam S, Trivedi U. A review on recent progress in observations, and health effects of bioaerosols. Environ Int 2018; 118: 189-193
3. Chen L-WA, Zhang M, Liu T, Fortier K, Chow JC, Alonzo F, et al. Evaluation of epifluorescence methods for quantifying bioaerosols in fine and coarse particulate air pollution. Atmos Environ 2019; 213: 620-628.
4. Shelton BG, Kirkland KH, Flanders WD, Morris GK. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. Appl Environ Microbiol 2002; 68(4): 1743-1753.
5. Fan X-Y, Gao J-F, Pan K-L, Li D-C, Dai H-H, Li X. More obvious air pollution impacts on variations in bacteria than fungi and their co-occurrences with ammonia-oxidizing microorganisms in $PM_{2.5}$. Environ Pollut 2019; 251: 668-680.
6. Kourtev PS, Hill KA, Shepson PB, Konopka A. Atmospheric cloud water contains a diverse bacterial community. Atmos Environ 2011; 45(30): 5399-5405.
7. Gong J, Qi J, Beibei E, Yin Y, Gao D. Concentration, viability and size distribution of bacteria in atmospheric bioaerosols under different types of pollution. Environ Pollut 2020; 257: 113485.
8. Fatahinia M, Zarei-Mahmoudabadi A, Shokri H, Ghaymi H. Monitoring of mycoflora in outdoor air of different localities of Ahvaz, Iran. J Mycol Med 2018; 28(1): 87-93 (Persian).
9. Schlosser O, Robert S, Debeaupuis C, Huyard A. Inhalable dust as a marker of exposure to airborne biological agents in composting facilities. Waste Manag 2018; 81: 78-87.
10. Soleimani Z, Goudarzi G ,Sorooshian A, Marzouni MB, Maleki H. Impact of Middle Eastern dust storms on indoor and outdoor composition of bioaerosol. Atmos Environ 2016; 138: 135-143.
11. Kim K-H, Kabir E, Jahan SA. Airborne bioaerosols and their impact on human health. J Environ Sci 2018; 67: 23-35.
12. Lee BU, Lee G, Heo KJ. Concentration of culturable bioaerosols during winter. J Aerosol Sci 2016; 94: 1-8.
13. Rodriguez-Gomez C, Ramirez-Romero C, Cordoba F, Raga GB, Salinas E, Martinez L , et al. Characterization of culturable airborne microorganisms in the Yucatan Peninsula. Atmos Environ 2020; 223: 1-27.
14. Lee BU, Hong IG, Lee DH, Chong E-S, Jung JH, Lee JH, et al. Bacterial bioaerosol concentrations in public restroom environments. Aerosol Air Qual Res 2012; 12(2): 251-255.
15. Rostami R, Tahsini M. Survey of urban and rural bioaerosols in passages' air of Damghan in the winter of 2012. Tolooe Behdasht 2014; 12(4): 97-104 (Persian).
16. Goudarzi G, Shirmardi M, Khodarahmi F, Hashemi-Shahraki A, Alavi N, Ankali KA, et al. Particulate matter and bacteria characteristics of the Middle East Dust (MED) storms over Ahvaz, Iran. Aerobiologia 2014; 30(4): 345-356 (Persian).
17. Madhwal S, Prabhu V, Sundriyal S, Shridhar V. Ambient bioaerosol distribution and

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

associated health risks at a high traffic density junction at Dehradun city, India. Environ Monit Assess 2020;192(3):1-15.

18. Faridi S, Hassanvand MS, Naddafi K, Yunesian M, Nabizadeh R, Sowlat MH, et al. Indoor/outdoor relationships of bioaerosol concentrations in a retirement home and a school dormitory. Environ Sci Pollut Res 2015; 22(11): 8190-8200.
19. Talaiekhozani A, Nematzadeh S, Eskandari Z, Dehkordi AA, Rezania S. Gaseous emissions of landfill and modeling of their dispersion in the atmosphere of Shahrekord, Iran. Urban climate 2018; 24: 852-862.
20. Zhong X, Qi J, Li H, Dong L, Gao D. Seasonal distribution of microbial activity in bioaerosols in the outdoor environment of the Qingdao coastal region. Atmos Environ 2016; 140: 506-513.
21. Sautour M, Sixt N, Dalle F, L'Ollivier C, Fourquenet V ,Calinon C, et al. Profiles and seasonal distribution of airborne fungi in indoor and outdoor environments at a French hospital. Sci Total Environ 2009; 407(12): 3766-3771.
22. Akpeimeh G, Fletcher L, Evans B. Exposure to bioaerosols at open dumpsites: A case study of bioaerosols exposure from activities at Olusosun open dumpsite, Lagos Nigeria. Waste manage 2019; 89: 37-47.
23. Tarigan YG, Chen R-Y, Lin H-C, Jung C-Y, Kallawicha K, Chang T-P, et al. Fungal bioaerosol exposure and its effects on the health of mushroom and vegetable farm workers in Taiwan. Aerosol Air Qual Res 2017; 17(8): 2064-2075.
24. Gao M, Yan X, Qiu T, Han M, Wang X. Variation of correlations between factors and culturable airborne bacteria and fungi. Atmos Environ 2016; 128: 10-19.
25. Li M, Qi J, Zhang H, Huang S, Li L, Gao D. Concentration and size distribution of bioaerosols in an outdoor environment in the Qingdao coastal region. Sci Total Environ 2011; 409(19): 3812-3819.
26. Nasir ZA, Colbeck I, Sultan S, Ahmed S. Bioaerosols in residential micro-environments in low income countries: A case study from Pakistan. Environ pollut 2012; 168: 15-22.
27. Al-Dabbas M, Abbas MA, Al-Khafaji R. The mineralogical and micro-organisms effects of regional dust storms over Middle East region. Int J Water Resources Arid Environ 2011; 1(2): 129-141.
28. Du P, Du R, Ren W, Lu Z, Zhang Y, Fu P. Variations of bacteria and fungi in PM2. 5 in Beijing, China. Atmos Environ 2018; 172(2): 55-64.
29. Fang Z, Ouyang Z, Hu L, Wang X, Zheng H, Lin X. Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China. Sci Total Environ 2005; 350(1-3): 47-58.
30. Chegini FM, Baghani AN, Hassanvand MS, Sorooshian A, Golbaz S, Bakhtiari R, et al. Indoor and outdoor airborne bacterial and fungal air quality in kindergartens: seasonal distribution, genera, levels, and factors influencing their concentration. Build Environ 2020; 175(2): 1-35.
31. Aydogdu H, Asan A, Otkun MT. 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.
32. Amarloei A, Fazlzadeh M, Jafari AJ, Zarei A, Mazloomi S. Particulate matters and bioaerosols during Middle East dust storms events in Ilam, Iran. Microchem J 2020; 152: 104280.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

33. Nourmoradi H, Moradnejadi K, Mohammadi-Moghadam F, Khosravi B, Hemati L, Khoshniyat R, et al. The effect of dust storm on the microbial quality of ambient air in Sanandaj: A city located in the west of Iran. Glob J Health Sci 2015; 7(7): 114-119.
34. Shams-Ghahfarokhi M, Aghaei-Gharehbolagh S, Aslani N, Razzaghi-Abyaneh M. Investigation on distribution of airborne fungi in outdoor environment in Tehran, Iran. J Environ Health Sci Eng 2014; 12(1): 1-7 (Persian).
35. Topbaş M, Tosun I, Çan G, Kaklikkaya N, Aydin F. Identification and seasonal distribution of airborne fungi in urban outdoor air in an eastern Black Sea Turkish town. Turk J Med Sci 2006; 36(1): 31-36.
36. Brągoszewska E, Pastuszka JS. Influence of meteorological factors on the level and characteristics of culturable bacteria in the air in Gliwice, Upper Silesia (Poland). Aerobiologia 2018; 34(2): 241-255.
37. Zhen Q, Deng Y, Wang Y, Wang X, Zhang H, Sun X, et al. Meteorological factors had more impact on airborne bacterial communities than air pollutants. Sci Total Environ 2017; 601-602: 703-712.
38. Genitsaris S, Stefanidou N, Katsiapi M, Kormas KA, Sommer U, Moustaka-Gouni M. Variability of airborne bacteria in an urban Mediterranean area (Thessaloniki, Greece). Atmos Environ 2017; 157: 101-110.
39. Li Y, Lu R, Li W, Xie Z, Song Y. Concentrations and size distributions of viable bioaerosols under various weather conditions in a typical semi-arid city of Northwest China. J Aerosol Sci 2017; 106: 83-92.
40. Gonzalez-Martin C, Teigell-Perez N, Lyles M, Valladares B, Griffin DW. Epifluorescent direct counts of bacteria and viruses from topsoil of various desert dust storm regions. Res Microbiol 2012; 164(1): 17-21.
41. Asan A, Okten SS, Sen B. Airborne and soilborne microfungi in the vicinity Hamitabat Thermic Power Plant in Kirklareli City (Turkey), their seasonal distributions and relations with climatological factors. Environ Monit Assess 2010; 164(1-4): 221-231.
42. Mocali S, Chiellini C, Fabiani A, Decuzzi S, de Pascale D, Parrilli E, et al. Ecology of cold environments: new insights of bacterial metabolic adaptation through an integrated genomic-phenomic approach. Sci Rep 2017; 7(1): 839.
43. Meng X, Li M, Li H, Gao D, Qi J. Microbial activity in bioaerosols in winter at the coastal region of Qingdao. Huan jing ke xue 2016; 37(11): 4147-4155.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]