

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

Milad Bagheri¹,
 Abbas Khodabakhshi²,
 Gholam Reza Mobini³,
 Mitra Bagheri⁴,
 Majid Validi⁵,
 Ali Ahmadi⁶,
 Marzieh Farhadkhani⁷,
 Sara Hemati⁸,
 Fazel Mohammadi-Moghadam²

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)

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

میلاد باقری¹
عباس خدابخشی²
غلامرضا مبینی³
میترا باقری⁴
مجید ولیدی⁵
علی احمدی⁶
مرضیه فرهادخانی⁷
سارا همتی⁸
فاضل محمدی مقدم²

چکیده

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

مواد و روش ها: این مطالعه از نوع توصیفی - تحلیلی می باشد. نمونه برداری از بیوآئروسول ها با استفاده از نمونه بردار تک مرحله ای آندرسون با دبی 28/3 لیتر بر دقیقه و به مدت 5 دقیقه بر روی محیط کشت ساپروود دکستروز آگار (SDA) و تربیتیک سوی آگار (TSA) به ترتیب برای بیوآئروسول های باکتریایی و قارچی انجام شد.

یافته ها: نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت بیوآئروسول های قارچی در فصل گرم و سرد نسبت به بیوآئروسول های باکتریایی بیش تر بود. جنس غالب باکتری ها در هر دو فصل گرم و سرد به ترتیب 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 قارچ ها کلادوسپوریوم (41 درصد)، آلترناریا (16 درصد) و اسپریژیلوس (11 درصد) بود. بر اساس نتایج آنالیز همبستگی در فصل گرم بین جهت باد و رطوبت نسبی با غلظت بیوآئروسول ها همبستگی مثبت و معنی دار و بین دما، سرعت باد و تابش UV همبستگی منفی و معنی دار وجود دارد.

استنتاج: گونه های غالب بیوآئروسول های شناسایی شده در این مطالعه جزو عوامل بیماری زای فرصت طلب و آلرژن بودند که قادر به تهدید سلامت عمومی هستند، بنابراین پایش غلظت بیوآئروسول های هوا برد برای ارزیابی اثرات سلامتی آلودگی هوای آزاد در شهرها امری حیاتی است.

واژه های کلیدی: بیوآئروسول، باکتری های هوا برد، قارچ های هوا برد، شهرکرد

مقدمه

بیوآئروسول ها، ذرات هوا برد بسیار ریزی (0/001 تا 100 میکرون) هستند که شامل باکتری های زنده و مرده،

E-mail: fm.moghadam@skums.ac.ir

مؤلف مسئول: فاضل محمدی مقدم - شهرکرد: دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، دانشکده بهداشت
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

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

باکتری‌ها و قارچ‌ها فراوان‌ترین ترکیبات بیوآئروسول‌های موجود در محیط‌های داخلی و بیرونی هستند که کمیت و کیفیت آن‌ها به فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بستگی دارد (5). بیوآئروسول‌های باکتریایی در اتمسفر در همه جا حضور دارند. کوچک‌ترین ذرات باکتری‌ها می‌توانند در جو معلق شوند و گاهی اوقات نیز به تروپوسفر بالایی برسند، جایی که این باکتری‌ها ممکن است نور خورشید دریافتی را منعکس یا جذب کنند 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 بیوآئروسول‌های 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 بیوآئروسول‌های 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 بیوآئروسول‌ها با بیماری‌هایی نظیر آنفولوانزا، 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 به دلیل ارتباط بیوآئروسول‌ها با بیماری‌های انسانی، شناخت از غلظت بیوآئروسول‌های موجود می‌تواند یک پارامتر مهم در پیش‌بینی وقوع بیماری‌های ذکر شده باشد (12). علاوه بر شناسایی و تشخیص نوع بیوآئروسول‌ها، 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 بیوآئروسول‌ها 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. بیوآئروسول‌ها 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 بیوآئروسول‌ها 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 اخیراً نتایج یک مطالعه نشان داد که مقادیر قابل

1. Chronic Obstructive Pulmonary Disease

توجهی از بیوآئروسول‌های 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 $45/71 \text{ CFU/m}^3$ بود (15). گودرزی و همکاران نیز میانگین غلظت باکتری‌ها در هوای شهر اهواز را $620/6 \text{ CFU/m}^3$ گزارش دادند (16). همچنین در مطالعه Madhwal میانگین غلظت باکتری‌ها و قارچ‌ها در هوای شهر دهرادون هند به ترتیب $1962/95 \text{ CFU/m}^3$ و $1118/95$ به دست آمد (17).

نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد اثرات بیوآئروسول‌ها بر روی بهداشت و مواجهه با آن‌ها در موقعیت‌های مختلف، اندازه‌گیری تراکم و تنوع بیوآئروسول‌های هوا یک ضرورت برای برنامه‌ریزی جهت کاهش انتشار ذرات هوا برد بیولوژیکی و کاهش مواجهه با آن‌ها در محیط‌های باز می‌باشد (15، 17، 18). در این مطالعه غلظت بیوآئروسول‌های 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 به منظور تجزیه و تحلیل تأثیر آن‌ها بر بیوآئروسول‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه درک ما را از پویایی بیوآئروسول‌های موجود در هوا در شرایط مختلف هواشناسی به ویژه در مناطق مرتفع بهبود می‌بخشد و تا حدودی به شباهت عمومی در رابطه با غلظت بیوآئروسول‌های هوا برد در فصول سرد و گرم پاسخ می‌دهد.

مواد و روش‌ها

1-2- محدوده مورد مطالعه

این مطالعه از نوع توصیفی - تحلیلی می‌باشد. شهر

شهرکرد (E 32° 51' 32" and N 32° 19' 36")، 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 مرتفع‌ترین 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 بیوآئروسول‌ها در سه ایستگاه چهار راه استانداری در مرکز شهر به دلیل ازدحام جمعیت و ترافیک بالا، پایانه مسافری 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 بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی 66 نمونه جمع‌آوری و مورد آزمایش قرار گرفت. محیط کشت‌های ساپروود دکستروز آگار (Sabroud Dextrose Agar:SDA) و تریپتیک سوی

شامل کاتالاز، اکسیداز، کوآگولاز، اکسیداسیون/تخمیر (OF) و MR/VP انجام شد. گونه‌های قارچی در زیر میکروسکوپ نوری (مشخصات میکروسکوپ) یا بزرگ‌نمایی 400×100 تشخیص داده شدند (18). لازم به ذکر است تمام محلول‌ها، معرف‌ها و محیط کشت‌ها از شرکت مرک آلمان خریداری شده‌اند.

4-2- آنالیزهای آماری

آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن 23 انجام شد. جهت توضیح غلظت بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی از مینیمم، ماکسیمم، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. جهت بررسی نرمال یا غیرنرمال بودن داده‌ها از آزمون One-Sample Kolmogorove-Smirnov استفاده شد و چنانچه sig. آزمون از α کم‌تر باشد فرض نرمال بودن داده‌ها در سطح خطای α رد خواهد شد. همچنین جهت ارزیابی همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و غلظت بیوآئروسول‌ها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. مقادیر P-value کم‌تر از 0/05 معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

3-1- غلظت بیوآئروسول‌ها

غلظت بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی هوای سه ایستگاه نمونه برداری در جدول شماره 2 نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین غلظت بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی در چهار راه استانداردی نسبت به دو ایستگاه دیگر بیش‌تر است.

آگار (Tryptic Soy Agar: TSA) به ترتیب برای بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی مورد استفاده قرار گرفت (20). بعد از نمونه برداری، محیط کشت‌ها توسط پارافیلیم پوشش داده شدند و در دمای 4°C به آزمایشگاه انتقال داده شدند. پارامترهای هواشناسی از جمله رطوبت نسبی، درجه حرارت، سرعت باد، جهت باد و مقدار بارندگی در طی پروسه نمونه‌برداری از سازمان هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری و میزان تابش اشعه فرابنفش از سایت Accuweather به دست آمد (جدول شماره 1).

جدول شماره 1: مقادیر میانگین پارامترهای هواشناسی در طول فصول مختلف

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

2-3- شناسایی بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی

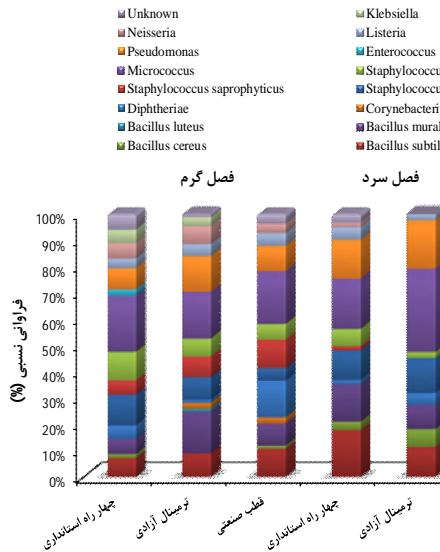
بعد از نمونه برداری، محیط کشت SDA به مدت 48-72h در دمای $35-37^{\circ}\text{C}$ جهت شناسایی اسپوره‌های باکتریایی، و محیط کشت TSA به مدت 3-5 d در دمای آزمایشگاه ($20-28^{\circ}\text{C}$) جهت شناسایی اسپوره‌های قارچی انکوبه شدند. غلظت بیوآئروسول‌ها براساس CFU/m³ بیان شد (21). شناسایی باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی موجود در هوا با استفاده از مورفولوژی، رنگ‌آمیزی گرم و انجام آزمایشات استاندارد بیوشیمیایی

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

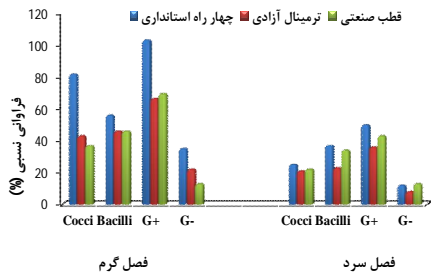
قطب صنعتی	تربیتال آزادی		چهار راه استانداردی	
	انحراف معیار \pm میانگین	Min-Max	انحراف معیار \pm میانگین	Min-Max
14/13 - 84/80	28/68 \pm 53/32	7/06 - 197/88	53/30 \pm 57/17	21/20 - 212/01
7/06 - 91/87	23/10 \pm 35/97	7/06 - 49/47	14/48 \pm 28/26	0 - 183/74
17/6 - 335/6	104/57 \pm 117/24	17/66 - 565/37	166/01 \pm 122/06	35/33 - 318/02
17/66 - 176/6	48/99 \pm 72/27	17/66 - 176/67	56/12 \pm 72/27	17/66 - 247/35

2-2- غلظت و تنوع باکتریایی

ترکیب و درصد بیوآئروسول‌های 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 لوتوس (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.



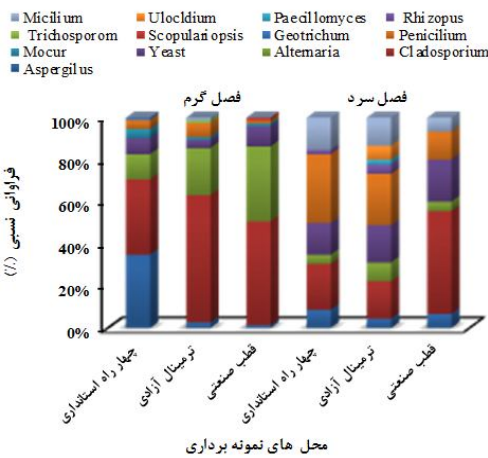
نمودار شماره 1: توزیع فراوانی و گونه‌های باکتریایی شناسایی شده در محل‌های نمونه برداری



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

3-3- غلظت و تنوع قارچ‌ها

درصد و گونه بیوآئروسول‌های 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 پنسیلیوم تنها در فصل سرد در هر سه ایستگاه غالب بود.



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

4-4- تأثیر پارامترهای هواشنایی بر غلظت بیوآئروسول‌ها

جدول شماره 3 همبستگی پیرسون بین غلظت بیوآئروسول‌های 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.

بحث

پاییز < زمستان > بهار بود. که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (20).

Al-Dabbas و همکاران (2011) بالاترین غلظت بیوآئروسول‌های 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 بیوآئروسول‌ها در فصل زمستان بیش‌تر از تابستان بود (28). به دلیل دمای پایین در طول فصل زمستان غلظت بیوآئروسول‌ها 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 $20-40^{\circ}\text{C}$ رشد کنند. بنابراین، احتمال ابتلا به عفونت ناشی از قرار گرفتن در معرض بیوآئروسول‌های بیماری‌زا در زمستان در مقایسه با فصول دیگر کم است (17).

در این مطالعه غلظت بیوآئروسول‌های 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 استاندارد برای بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی در فضای باز در دسترس نیست (18). طبق جدول شماره 2، غلظت بیوآئروسول‌های قارچی در هر دو فصل گرم و سرد نسبت به بیوآئروسول‌های باکتریایی بیش‌تر است ($P < 0/05$). همچنین میانگین غلظت بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی در فصل گرم بیش‌تر از فصل سرد است ($P < 0/05$). نتایج تحقیق حاضر مشابه مطالعات قبلی بود (24-26). در مطالعه Zhong و همکاران (2016) فعالیت میکروبی بیوآئروسول‌ها به ترتیب به صورت تابستان <

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

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

P < 0/05 :*

P < 0/01 :**

شناسایی شده در هوای آزاد در ترکیه باسیلوس، کورینه باکتریوم و استافیلوکوکوس بودند (31).

مطالعات زیادی گزارش کرده‌اند که باکتری‌های گرم مثبت در خاک، محیط‌های آبی و پوشش گیاهی وجود دارند و برخی از آن‌ها فلور طبیعی مخاط و پوست انسان هستند. از آن‌جا که مقاومت باکتری‌های گرم مثبت نسبت به گرم منفی بیشتر است، بنابراین می‌توانند حتی در شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی، تابش شدید خورشید و آلاینده‌های شیمیایی زنده بمانند. استافیلوکوک و میکروکوک روی پوست و مخاط انسان و حیوانات یافت می‌شوند. ماندگاری طولانی مدت باسیل‌های گرم مثبت ممکن است به دلیل توانایی آن‌ها در تشکیل اسپورهای مقاوم به خشکی باشد، در حالی که کوکسی‌های گرم مثبت با استفاده از تشکیل رنگدانه زنده می‌مانند (17). گونه‌های باسیلوس در برابر شرایط نامطلوب مقاوم هستند و در آب، گرد و غبار و حتی خاک یافت می‌شوند (31). همچنین باسیلوس می‌تواند در مسیر انتقال به مسافت‌های طولانی بیش از سایر باکتری‌ها زنده بماند. بیش‌تر باکتری‌ها در شرایط خشک و در معرض نور خورشید زنده نمی‌مانند. با این حال، اسپورهای باسیلوس تا حدودی در برابر نور خورشید، رطوبت کم و مواد مغذی مقاوم هستند (32). بنابراین توجه‌پذیر است که این باکتری‌ها در محیط داخل و خارج جنس غالب باشند. همچنین می‌توان گفت تعلیق مجدد گردوغبار و خاک‌های اطراف جاده به دلیل ترافیک و فعالیت‌های انسانی با تراکم باکتری‌های گرم مثبت در محل نمونه‌برداری مرتبط است (17). تفاوت نتایج در مطالعات مختلف به دلیل اختلاف در محل نمونه‌برداری، شرایط هواشناسی و موقعیت جغرافیایی، مدت زمان انکوباسیون و فصل مورد مطالعه قابل توجه است. در این مطالعه در میان قارچ‌های شناسایی شده، کلادوسپوریم یکی از قارچ‌های آلرژن است که اغلب با گرده‌های موجود در هوا واکنش می‌دهد و باعث افزایش پاسخ‌های آلرژیک و آسم در انسان می‌شود (33).

نتایج مطالعه Lee و همکاران (2016) نشان داد غلظت کل بیوآئروسول‌های قارچی بیش‌تر از بیوآئروسول‌های باکتریایی بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (12). اما نتایج مطالعات مختلف بیان کرد که غلظت بیوآئروسول‌های باکتریایی در نمونه‌های خارجی به‌طور قابل توجهی بیش‌تر از بیوآئروسول‌های قارچی بود که دلیل آن تسلط جمعیت باکتری‌ها بر قارچ‌ها در محیط‌های طبیعی (مانند پوشش گیاهی، خاک و غیره) می‌باشد (17، 18). تفاوت‌های قابل توجه بین یافته‌های مطالعات مختلف را می‌توان به دلیل تفاوت در روش نمونه‌برداری، مدت و میزان جریان نمونه‌برداری، نوع محیط، موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و تجزیه و تحلیل داده‌ها دانست. در میان باکتری‌های شناسایی شده استافیلوکوکوس و باسیلوس سوبتیلیس باعث ایجاد طیف گسترده‌ای از عفونت‌ها می‌شوند و یک پاتوژن بالقوه انسانی هستند. گونه‌های میکروکوکوس لوتوس پاتوژن‌های فرصت‌طلب به ویژه در بیماران دارای نقص سیستم ایمنی هستند. سودوموناس آئروژینوزا نیز باعث ایجاد عفونت در بیماران سوختگی می‌شود (27).

در مطالعه Madhwal (2020) نیز باکتری‌های گرم مثبت غالب بودند به این ترتیب که باسیلوس (17/10 درصد)، استرپتوباسیلوس (12/20 درصد)، استافیلوکوک (9/76 درصد) و میکروکوکوس (9/76 درصد) تقریباً 50 درصد از کل تنوع میکروبی را به خود اختصاص دادند (17). می‌رخوند چگینی و همکاران (2020) گزارش دادند که جنس غالب باکتری‌های موجود در هوای آزاد شهر رشت باسیلوس (26/7 درصد)، استافیلوکوکوس اورئوس (25/3 درصد) و میکروکوکوس (23/2 درصد) بود (30).

گودرزی و همکاران (2014) جنس غالب باکتری‌های موجود در هوای اهواز را گونه باسیلوس (24/2 درصد)، استرپتومایسس (18 درصد)، کورینه باکتریوم (9/5 درصد) و پنی‌باسیلوس (2/55 درصد) گزارش دادند (16). در حالی که گونه‌های مهم باکتریایی

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

مطالعات دیگر نیز کلادوسپوریوم، آلترناریا، اسپرژیلوس 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 پنسیلیوم، آلترناریا و فوزاریوم بود (35). یکی از دلایل بالا رفتن سطح اسپرژیلوس و پنسیلیوم را می‌توان به اسپوره‌های 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 بیوآئروسول‌های موجود در هوا تاثیر می‌گذارند. به دلیل تغییر زیاد در شرایط آب و هوایی و عوامل هواشناسی غلظت بیوآئروسول‌ها در مکان‌ها و زمان‌های مختلف یکسان نیستند. بیوآئروسول‌ها تحت تاثیر عوامل هواشناسی مانند دما، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد و تابش UV هستند (36, 37). نتایج آنالیز همبستگی پیرسون طبق جدول شماره 3 نشان داد که در فصل گرم بین جهت باد و رطوبت نسبی با غلظت بیوآئروسول‌ها همبستگی مثبت و

معنی‌دار و بین دما، سرعت باد و تابش UV همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. این نتایج با یافته‌های چگینی میرخوندی و همکاران (2020)، Zhong و همکاران (2016)، Genitsaris و همکاران (2017) همخوانی نداشت، به طوری که در مطالعه آن‌ها بین غلظت باکتری‌های محیط بیرون با رطوبت نسبی و دما همبستگی معنی‌داری یافت نشد (20, 30, 38). در مطالعه Zhen و همکاران (2017) عامل اصلی مؤثر در فراوانی باکتری‌ها در فصل تابستان رطوبت نسبی بود که با نتایج مطالعه ما همخوانی دارد. همچنین آن‌ها گزارش دادند که فشار اتمسفر مهم‌ترین عامل بر فراوانی غلظت باکتری‌ها در فصل زمستان بود که با مطالعه حاضر مغایرت دارد به طوری که در فصل زمستان هیچ همبستگی معنی‌داری بین پارامترهای هواشناسی با غلظت بیوآئروسول‌ها مشاهده نشد (37). همچنین یک همبستگی منفی بین غلظت آئروسول‌های باکتریایی و دما در فضای باز شهری در شمال چین، و یک همبستگی ضعیف معنی‌دار بین رطوبت نسبی و غلظت بیوآئروسول‌های باکتریایی در ایلام گزارش شد (32, 39).

در مطالعه Du و همکاران (2018) در فصل تابستان همبستگی بین سرعت باد و فعالیت میکروبی به طور معنی‌داری منفی بود به طوری که کاهش سرعت باد منجر به افزایش فعالیت میکروبی شد (28). همچنین نتایج مشابهی توسط Amarloe و همکاران (2020) گزارش شد (32)، اما Bragoszewska (2018) و Li (2017) نتوانستند بین غلظت میکروبی و سرعت باد ارتباط معنی‌داری پیدا کنند (36, 39). 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 این که 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

همچنین در RH کم، فعالیت میکروبی بیوآئروسول‌ها مهار می‌شود زیرا یک محیط خشک، متابولیسم و فعالیت‌های فیزیولوژیکی میکروارگانیسم‌ها را بر هم می‌زند (20، 36). با توجه به جدول شماره 3 هیچ همبستگی معنی‌داری بین غلظت بیوآئروسول‌های باکتریایی و قارچی با پارامترهای هواشناسی در طول فصل زمستان مشاهده نشد. در مطالعه Meng و همکاران (2016) نیز ارتباط معنی‌داری بین غلظت بیوآئروسول‌ها 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 تأثیر عمده‌ای بر فراوانی بیوآئروسول‌های هوابرد در فصل زمستان داشت (37). از آنجایی که گونه‌های غالب بیوآئروسول‌های شناسایی شده در این مطالعه جزو عوامل بیماری‌زا و آلرژن بودند و می‌توانند سلامت عمومی را تهدید کنند، نظارت جامع بر غلظت بیوآئروسول‌های 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.

باکتری‌ها در فصل گرم مشاهده شد. جهت باد بر ترکیب و غلظت بیوآئروسول‌ها 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 بیوآئروسول‌های 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 معنی‌داری بین دما و غلظت بیوآئروسول‌های 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 بیوآئروسول‌ها 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 دنا تورا سیون و غیرفعال کردن پروتئین‌ها می‌شود (10، 20). رطوبت نسبی به‌طور 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.

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, Debeauvais 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

- 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. Talaiekhosani A, Nematzadeh S, Eskandari Z, Dehkordi AA, Rezanian 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, Fourquenot 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 PM_{2.5} 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.

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, Kaklıkkaya N, Aydın 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. Braçoszewska 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.